



JURNAL ELEKTRO DAN INFORMATIKA

SWADHARMA

P-ISSN : 2774 - 5775 | E-ISSN : 2774 - 5767

Volume 6 Nomor 1 – Januari 2026

ANALISIS DAN PENGEMBANGAN MODEL JARINGAN KOMPUTER DI SMAN 1 WARINGINKURUNG MENGGUNAKAN METODE RAPID APPLICATION DEVELOPMENT Angga Fadzar, Dzakiya Fikri Murtianingsih, Naira Maisye	1 – 9
PENERAPAN ALGORITMA BRUTE FORCE PADA INFORMATION RETRIEVAL SYSTEM UNTUK Pencarian BUKU DI PERPUSTAKAAN SEKOLAH Risman, Muhamad Miftahudin	10 – 18
APLIKASI ZAPCHECK BERBASIS QR CODE UNTUK Uji Berkala KENDARAAN LISTRIK DI ERA SMART MOBILITY Meutya Jasmine, Amelia Febri Azzahra, Rizal Aprianto	19 – 25
DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PANEL SURYA OFF-GRID BERDAYA 550 WP UNTUK APLIKASI ENERGI MANDIRI Nurkahfi Irwansyah, Woro Agus Nurdiyanto, Maman Firmansyah, Irawati	26 – 36
EFEKTIFITAS IMPLEMENTASI MANGLE FIREWALL PADA MANAJEMEN BANDWIDTH DI POLITEKNIK NEGERI CILACAP MELALUI PENDEKATAN PPDIOO Andesita Prihantara, Antonius Agung Hartono, Hakim Annaisaburi	37 – 46
INOVASI SMART WATERING SYSTEM MENGGUNAKAN SENSOR SOIL MOISTURE DENGAN NODEMCU ESP8266 BERBASIS IOT THINGSPEAK Guntur Maulana, Tuhfatul Habibah Hasibuan, Andy Dharmalau, Hari Suryantoro, Harun Ar-Rasyid	47 – 57
PERBANDINGAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN LOGISTIC REGRESSION DALAM PREDIKSI PENYAKIT DIABETES Zidan Januri Zumantara, Budi Sudrajat, Hasta Herlan Asymar	58 – 65
ANALISIS PERBANDINGAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN NAIVE BAYES DALAM KLASIFIKASI PENYAKIT AIDS Muhamad Tedi Saprudin, Budi Sudrajat, Hasta Herlan Asymar	66 – 74
APLIKASI MULTIMEDIA INTERAKTIF PENGENALAN AKSARA SUNDA DENGAN METODE DASTBAZ Adzkia Hermayulia, Teguh Ikhlas Ramadhan, Dede Syahrul Anwar	75 – 81
RANCANG BANGUN OTOMATISASI LAMPU RUANGAN BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN KENDALI WEB SERVER LOKAL Sujono, Erdi Masyudi	82 – 89
dan sepuluh paper lainnya ...	... – 180

JEIS : JURNAL ELEKTRO DAN INFORMATIKA
SWADHARMA

TERAKREDITASI SINTA 5 - SK No : 152/E/KPT/2023

PENANGGUNG JAWAB

Kepala LPPM ITB Swadharma Jakarta

MANAGING EDITOR

Ahmad Fitriansyah, M.Kom

EDITOR-IN-CHIEF

Dr. Adi Sopian, M.Kom

EDITORIAL BOARDS

Andy Dharmalau, S.Kom, M.Kom (ITB Swadharma Jakarta)
Aniek Suryanti Kusuma, M.Kom (Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia Bali)
Azahari, M.Kom (STMIK Widya Cipta Dharma Samarinda)
Ir. Bambang Suhartono, S.Kom, MM, M.Kom(Univ. Insan Pembangunan Indonesia)
Hairul Fahmi, S.Kom, M.Kom (STMIK Lombok)
Irawati, ST, MT (Universitas Pamulang)
Joko Santoso, M.Kom (ITB STIKOM Bali)
Mohammad Imam Shalahudin, ST, M.Si (STTI NIIT Jakarta)
Mohammad Imam Shalahudin, ST, M.Si (STTI NIIT I-Tech Jakarta)
Muhammad Syarif Hartawan S.Kom, M.Kom (Universitas Krisnadwipayana Jakarta)
Sri Ipinuwati, S.Kom, M.Kom (Institut Bakti Nusantara Pringsewu Lampung)

PEER REVIEWER

Prof. Dr. Dahlan Abdullah, ST, M.Kom (Universitas Malikussaleh Aceh Utara)
Prof. Dr. Dewa Gede Hendra Divayana, S.Kom, M.Kom (Univ. Pendidikan Ganesha)
Prof. Dr. Henderi, S.Kom, M.Kom (Universitas Raharja Tangerang)
Dr. Dwinita Arwidiyarti, M.Kom (Universitas Teknologi Mataram)
Dr. Rufman Iman Akbar Effendi, SE, MM, M.Kom (Universitas Pembangunan Jaya)
Dr. Sarwo, S.Kom, M.Kom (STMIK Mercusuar Bekasi)
Dr. Susanti Margaretha Kuway, S.Kom, M.Kom (STMIK Pontianak)
Dr. Tata Sutabri, S.Kom, MMSI (Universitas Bina Darma Palembang)
Dr. Trinugi Wira Harjanti, ST, M.Kom (STTI NIIT Jakarta)
Dr. Yasin Efendi, S.Kom, M.Kom (Universitas Muhammadiyah Jakarta)

PENGANTAR REDAKSI

Dengan ucapan puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa. Karena berkat rahmat dan hidayahnya Jurnal Elektro dan Informatika Swadharma (JEIS) Institut Teknologi dan Bisnis (ITB) Swadharma Volume 6 Nomor 1 Edisi Januari 2026 dapat diterbitkan. Jurnal Ilmiah ini diterbitkan untuk menampung tulisan dan menyebarluaskan ilmu pengetahuan di bidang elektro dan informatika, hasil penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan para sivitas akademika ITB Swadharma maupun kontribusi dari pihak lain.

Jurnal ilmiah ini memuat makalah hasil penelitian, studi literature, pemodelan, simulasi, studi pustaka, dan hasil pemikiran lainnya. Pada edisi ini memuat 20 (dua puluh) karya ilmiah di bidang elektro dan Informatika. Dari 20 paper tersebut, 2 paper berasal dari internal ITB Swadharma dan 18 paper lainnya berasal dari luar ITB Swadharma, yaitu Universitas Bina Sarana Informatika Jakarta (3 Paper), UIN KH. Abdurrahman Wahid Pekalongan (3 paper), dan sisanya masing-masing 1 paper dari Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Serang, Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Cibiru, Universitas Binaniaga Indonesia Bogor, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal, Universitas Pamulang Tangerang Selatan, Politeknik Negeri Cilacap, Universitas Perjuangan Tasikmalaya, Universitas KH. Abdul Wahab Hasbullah Jombang, UIN Sunan Ampel Surabaya, Universitas Krisnadwipayana Jakarta, Univesitas Bumigora Mataram, dan Universitas Siliwangi Tasikmalaya.

Redaksi mengucapkan terima kasih kepada para penulis yang telah mengirimkan papernya untuk diterbitkan pada edisi ini. Sementara beberapa paper lainnya yang sudah ada di redaksi namun belum dapat diterbitkan akan kami muat pada edisi berikutnya.

Redaksi mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari seluruh pembaca, utamanya Sivitas Akademika ITB Swadharma demi meningkatkan mutu jurnal ilmiah pada edisi yang akan datang.

Jakarta, 30 Januari 2026

Managing Editor

JEIS : JURNAL ELEKTRO DAN INFORMATIKA SWADHARMA

Volume 06 Nomor 01, Januari 2026

DAFTAR ISI

	Halaman
Susunan Redaksi	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
1. ANALISIS DAN PENGEMBANGAN MODEL JARINGAN KOMPUTER DI SMAN 1 WARINGINKURUNG MENGGUNAKAN METODE RAPID APPLICATION DEVELOPMENT Angga Fadzar, Dzakiya Fikri Murtianingsih, Naira Maisye	1 – 9
2. PENERAPAN ALGORITMA BRUTE FORCE PADA INFORMATION RETRIEVAL SYSTEM UNTUK Pencarian Buku di Perpustakaan Sekolah Risman, Muhamad Miftahudin	10 – 18
3. APLIKASI ZAPCHECK BERBASIS QR CODE UNTUK Uji Berkala Kendaraan Listrik di Era Smart Mobility Meutya Jasmine, Amelia Febri Azzahra, Rizal Aprianto	19 – 25
4. DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PANEL SURYA OFF-GRID BERDAYA 550 WP UNTUK APLIKASI ENERGI MANDIRI Nurkahfi Irwansyah, Woro Agus Nurdiyanto, Maman Firmansyah, Irawati	26 – 36
5. EFEKTIFITAS IMPLEMENTASI MANGLE FIREWALL PADA MANAJEMEN BANDWIDTH DI POLITEKNIK NEGERI CILACAP MELALUI PENDEKATAN PPDIOO Andesita Prihantara, Antonius Agung Hartono, Hakim Annaisaburi	37 – 46
6. INOVASI SMART WATERING SYSTEM MENGGUNAKAN SENSOR SOIL MOISTURE DENGAN NODEMCU ESP8266 BERBASIS IOT THINGSPEAK Guntur Maulana, Tuhfatul Habibah Hasibuan, Andy Dharmalau, Hari Suryantoro, Harun Ar-Rasyid	47 – 57
7. PERBANDINGAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN LOGISTIC REGRESSION DALAM PREDIKSI PENYAKIT DIABETES Zidan Januri Zumantara, Budi Sudrajat, Hasta Herlan Asymar	58 – 65
8. ANALISIS PERBANDINGAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN NAIVE BAYES DALAM KLASIFIKASI PENYAKIT AIDS Muhamad Tedi Saprudin, Budi Sudrajat, Hasta Herlan Asymar	66 – 74

9.	APLIKASI MULTIMEDIA INTERAKTIF PENGENALAN AKSARA SUNDA DENGAN METODE DASTBAZ Adzkia Hermayulia, Teguh Ikhlas Ramadhan, Dede Syahrul Anwar	75 – 81
10.	RANCANG BANGUN OTOMATISASI LAMPU RUANGAN BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN KENDALI WEB SERVER LOKAL Sujono, Erdi Masyudi	82 – 89
11	EVALUASI PENGUJIAN KERENTANAN WEBSITE UNIVERSITAS DI SURABAYA MENGGUNAKAN OWASP TOP 10 DENGAN PENDEKATAN BLACKBOX Dimaz Aidil Firdaus, Mochammad Hasnan Al Abiyyu, Ahmad Khozi Darmawan, Yuzuf Amrozi	90 – 98
12	RANCANG BANGUN KEAMANAN PINTU BRANKAS MENGGUNAKAN RFID RC-522 DAN MODUL IoT WEMOS-D1-R1 Sri Hartanto, Muhammad Rafli Nurdiantoro, Abdul Kodir Al Bahar	99 – 110
13	EFEKTIVITAS GAME SCRATCH INTERAKTIF PADA PEMBELAJARAN ALGORITMA PEMROGRAMAN TERHADAP PEMAHAMAN MAHASISWA Puspa Dwi Setyorini, Ramona Aprilia Yuniar, Isnaeni Kholifatun, Mutiara Sofia Ramadhani, Dicky Anggriawan Nugroho	111 - 117
14	PENENTUAN KEKUATAN SINYAL WIFI UNTUK LAYANAN AKSES INTERNET BAGI KONSUMEN KAFE DI MATARAM Agus Pribadi, Suriyati, Bambang Krismono Triwijoyo, Ahmat Adil	118 - 129
15	ANALISIS EFISIENSI MEMORI DAN WAKTU EKSEKUSI ALGORITMA QR SORT DAN BUBBLE SORT DALAM C++ Adi Handika, Hafizhah Azzahrani, Rizqi Karima, Mualim, Imam Prayogo Pujiono	130 - 138
16	OPTIMASI DEEP LEARNING DAN KLASSTERING UNTUK DETEKSI OBJEK SERTA SEGMENTASI CITRA MEDIS Muhammad Yusril Fauzi, Alam Rahmatullah	139 - 145
17	PENGEMBANGAN APLIKASI PEMBELAJARAN BAHASA SUNDA UNTUK MATA PELAJARAN BAHASA SUNDA DI SMA LABSCHOOL UPI CIBIRU Chandra Mahendra, Bagas Fathin, Fikri Umar, Luthfiansyah Dzikri, Rizky Aufar	146 - 154
18	ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI ALGORITMA INTROSORT DENGAN ALGORITMA TRADISIONAL BUBBLE SORT DAN SELECTION SORT Salsabila Amanda, Lilina Dwi Anastasya, Fira Sulistia, Nafisa Purnamasari, Imam Prayogo Pujiono	155 - 165
19	ANALISIS SENTIMEN ULASAN GAME DELTA FORCE MOBILE MENGGUNAKAN NAIVE BAYES DAN SUPPORT VECTOR MACHINE Faiz Najwan Zaky, Muhamad Rendi Gibran, Sumanto, Jefina Tri Kumalasari, Ghofar Taufiq, Ade Christian	166 - 172
20	PERANCANGAN JARINGAN LAN DENGAN METODE ROUTING INFORMATION PROTOCOL (RIP) VERSION 2 PADA PT. BERKARYA BERSAMA ANAK BANGSA Khusnul Khoiriyah, Lela Nurlaela, Andy Dharmalau	173 - 180

ANALISIS DAN PENGEMBANGAN MODEL JARINGAN KOMPUTER DI SMAN 1 WARINGINKURUNG MENGGUNAKAN METODE *RAPID APPLICATION DEVELOPMENT*

Angga Fadzar¹⁾, Dzakiya Fikri Murtianingsih²⁾, Naira Maisye³⁾

^{1,2,3}Prodi Sistem Informasi Kelautan, Kampus Daerah Serang, Universitas Pendidikan Indonesia

Correspondence author: A.Fadzar, anggafadzar21@upi.edu, Serang, Indonesia

Abstract

This study aims to analyze and develop a computer network model at SMAN 1 Waringinkurung using the *Rapid application development* (RAD) method. The main problems at the school are an unstructured network topology, limited devices, an unstable internet connection, and the lack of a network monitoring system. The study involved direct observation and the identification of network needs. It designed a topology using RAD and tested it through simulation with *Cisco Packet Tracer*. The results show that a star topology, with well-placed *Access Points* and efficient IP segmentation, can improve coverage and stability throughout the school. The proposed model may be tested and improved before implementation and remains flexible for future needs. This study is expected to serve as a reference for similar educational environments.

Keywords: computer networks, rad, star topology, packet tracer, education

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengembangkan model jaringan komputer di SMAN 1 Waringinkurung menggunakan metode *Rapid application development* (RAD). Permasalahan utama yang dihadapi sekolah adalah topologi jaringan yang tidak terstruktur, keterbatasan perangkat, koneksi internet yang tidak stabil, dan belum adanya sistem monitoring jaringan. Penelitian dilakukan melalui observasi langsung, identifikasi kebutuhan jaringan, perancangan topologi dengan pendekatan RAD, serta simulasi dan pengujian menggunakan *Cisco Packet Tracer*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan topologi star dengan penambahan *Access Point* pada titik strategis dan segmentasi IP yang efisien mampu meningkatkan jangkauan dan stabilitas jaringan di seluruh area sekolah. Model jaringan yang dihasilkan dapat diuji dan diperbaiki secara iteratif sebelum implementasi nyata, serta fleksibel terhadap kebutuhan pengembangan di masa mendatang. Penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi pengembangan jaringan komputer di lingkungan pendidikan yang memiliki kebutuhan serupa.

Kata Kunci: pengembangan, jaringan komputer, rad, packet tracer, sman

A. PENDAHULUAN

Era globalisasi mendorong kebutuhan manusia untuk berkomunikasi dan mengakses informasi secara cepat dan mudah. Salah satu alat yang mendorong cepatnya persebaran informasi adalah jaringan komputer yang didorong dengan internet. Penggunaan jaringan komputer dapat memberikan interaksi dengan komputer lain yang bermanfaat sebagai sarana utama manusia berkomunikasi di masa sekarang ini (Tangkowit et al., 2021). Semakin luas jaringan komputer, maka semakin cepat akses informasi yang bersifat *real-time*. Pengguna dari jaringan komputer ini bukan hanya dari pekerja atau karyawan perusahaan saja, melainkan pejabat pemerintah, masyarakat, hingga instansi pendidikan. Pada instansi pendidikan, jaringan komputer berguna untuk kemudahan belajar-mengajar para siswa dan guru. Namun, ada beberapa tantangan jaringan komputer yang sering dihadapi di sekolah, seperti akses yang terbatas dan koneksi yang lambat. Masalah tersebut tentu saja dapat mengganggu proses aktivitas belajar-mengajar para siswa dan guru (Mananggal et al., 2021).

Salah satu Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Waringinkurung yang berada di Cilegon, Banten menjadi studi kasus penelitian ini. Peneliti melakukan observasi di lokasi tersebut untuk mengumpulkan beberapa informasi jaringan komputer. Hasil observasi mendapatkan kesimpulan bahwa SMAN 1 Waringinkurung sudah memiliki jaringan komputer untuk mengakses internet. Namun, dengan banyaknya pengguna yang mengakses internet tersebut, terkadang performa dari internet tersebut sedikit lambat. Selain itu, sekolah tersebut juga berencana akan menambah satu ruang laboratorium komputer dan tiga ruang kelas. Maka dari itu, peneliti akan menggambarkan jaringan komputer di sekolah tersebut menggunakan *Cisco Packet Tracer* dan mengembangkan beberapa jaringan untuk menyesuaikan

dengan rencana penambahan ruangan tersebut.

Peneliti mengumpulkan beberapa penelitian terdahulu untuk mencari gap penelitian. Penelitian dari (Sipayung et al., 2024) yang menggunakan PPDIOO sebagai metode pengembangan jaringan menghasilkan bahwa perancangan berhasil dilakukan sesuai dengan kebutuhan pengguna dan akses data mengirim informasi menjadi lebih cepat. Penelitian lain yang menggunakan metode PPDIOO oleh (Sitompul et al., 2021) mendapatkan kualitas jaringan lebih cepat setelah mendesain ulang jaringan komputer. Selain metode PPDIOO. Penelitian lain menggunakan metode NDLC oleh (Sumarni & Purnama, 2023) bahwa untuk mendesain ulang jaringan komputer bisa menggunakan metode NDLC. Selain itu, penelitian oleh (Harjanto & Purnama, 2024) menghasilkan identifikasi permasalahan yang terdapat di jaringan PT. V2 Indonesia untuk dilakukan perbaikan. Selain metode PPDIOO dan NLDC, terdapat metode waterfall dalam pengembangan model jaringan, seperti yang dilakukan oleh (Seftian et al., 2025) bahwa jaringan dapat terkoneksi dengan baik dan pengiriman data dapat diakses dengan cepat. Selain itu, penelitian oleh (Widodo, 2019) menunjukkan bahwa peneliti berhasil merancang jaringan komputer di SMK Muhammadiyah Purwodadi dengan harapan dapat menjadi referensi perbaikan di masa mendatang.

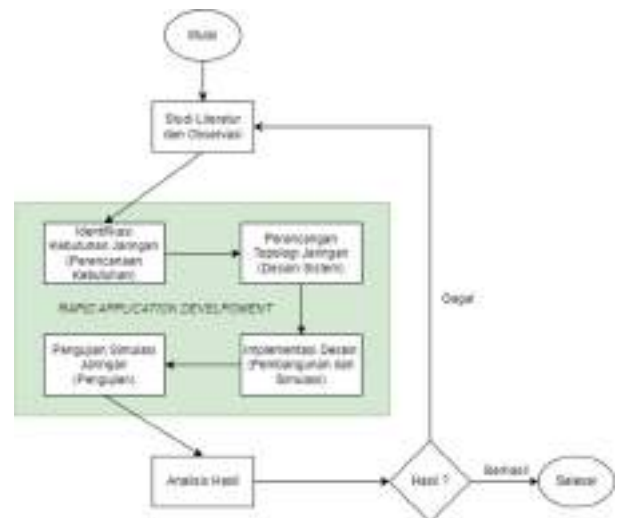
Berdasarkan penelitian terdahulu yang sudah dipaparkan, maka penelitian ini akan menggunakan metode *Rapid application development* atau RAD sebagai model pengembangan jaringan komputer di SMAN 1 Waringinkurung karena belum banyak yang menggunakan metode ini. Metode RAD dipilih karena memiliki keunggulan dalam hal kecepatan dan fleksibilitas, memungkinkan proses desain dan pengembangan jaringan dilakukan secara bertahap dan iteratif. Pendekatan ini sangat relevan dalam konteks pengembangan jaringan komputer di sekolah, di mana

kebutuhan pengguna dapat berubah atau disesuaikan seiring berjalannya proses perancangan. Perangkat lunak pendukung yang dibutuhkan adalah *Cisco Packet Tracer* sebagai media simulasi memungkinkan visualisasi topologi jaringan secara menyeluruh, mulai dari pengaturan perangkat keras virtual hingga konfigurasi protokol jaringan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang, mensimulasikan, dan menganalisis topologi jaringan komputer di lingkungan SMAN 1 Waringinkurung guna mendukung kebutuhan konektivitas yang efektif dan efisien serta menyesuaikan dengan rencana penambahan ruangan di sekolah tersebut. Penelitian ini difokuskan pada penggunaan perangkat lunak *Cisco Packet Tracer* sebagai alat bantu simulasi, serta pendekatan *Rapid application development* sebagai metode pengembangan yang memungkinkan proses desain dilakukan secara iteratif dan responsif terhadap kebutuhan pengguna. Melalui tahapan perencanaan kebutuhan, desain simulasi jaringan, pengembangan jaringan, penelitian ini menghasilkan sebuah model topologi jaringan yang tidak hanya sesuai dengan kebutuhan institusi pendidikan, tetapi juga dapat diuji dan diperbaiki secara dinamis sebelum diimplementasikan secara nyata. Hasil dari penelitian ini berupa desain jaringan akhir dalam bentuk simulasi.pkt, dokumentasi konfigurasi, serta analisis hasil uji konektivitas dan efektivitas topologi.

B. METODE PENELITIAN

Diagram alir pada gambar 1 di bawah menggambarkan tahapan sistematis dari penelitian ini yang bertujuan untuk merancang, mensimulasikan, dan menganalisis topologi jaringan komputer di SMAN 1 Waringinkurung dengan pendekatan metode RAD (Nilawati et al., 2020).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dengan tahapan awal yaitu studi literatur dan observasi. Studi literatur dilakukan untuk menelusuri berbagai referensi teoritis dan penelitian terdahulu terkait topologi jaringan, metode RAD, serta praktik implementasi jaringan komputer di lingkungan pendidikan. Kegiatan observasi dilakukan langsung ke sekolah untuk mengidentifikasi kebutuhan jaringan saat ini dan tantangan yang dihadapi, baik dari sisi infrastruktur, jumlah pengguna, maupun ruang lingkup area jaringan (Nilawati et al., 2020).

Berdasarkan hasil observasi tersebut, penelitian kemudian memasuki tahap identifikasi kebutuhan jaringan, yang merupakan bagian dari proses perencanaan kebutuhan. Pada tahap ini, peneliti mendefinisikan kebutuhan teknis jaringan seperti jumlah perangkat komputer, *router*, *switch*, kebutuhan konektivitas internet, luas area yang akan dicakup jaringan, serta tingkat keamanan dan efisiensi jaringan yang diharapkan. Tahap ini menjadi krusial karena menjadi dasar untuk perancangan sistem jaringan selanjutnya.

Setelah kebutuhan jaringan teridentifikasi dengan baik, proses berlanjut ke tahap perancangan topologi jaringan atau Desain Sistem. Pada tahap ini, peneliti merancang struktur jaringan berdasarkan kebutuhan yang telah dihimpun. Rancangan mencakup

pemilihan jenis topologi yang paling sesuai, seperti *star*, *tree*, atau *hybrid*, pembagian *subnetting*, alokasi *IP address*, dan penempatan perangkat-perangkat utama. Perancangan ini tidak hanya mencerminkan arsitektur fisik jaringan, tetapi juga mencakup konfigurasi logis yang menggambarkan alur data, keamanan, dan manajemen jaringan.

Tahapan berikutnya dalam metode RAD adalah tahap implementasi desain yang dilakukan melalui perangkat lunak *Cisco Packet Tracer*, dan disebut sebagai Pembangunan dan Simulasi. Desain jaringan yang telah dirancang sebelumnya mulai dibangun secara virtual dalam simulator ini. *Cisco Packet Tracer* memungkinkan pengguna untuk menyusun, menghubungkan, dan mengonfigurasi perangkat jaringan secara mendetail, sehingga menjadi alat yang efektif untuk menguji kelayakan desain tanpa harus menggunakan perangkat keras secara langsung.

Setelah jaringan berhasil dibangun dalam simulator, proses dilanjutkan ke tahap pengujian simulasi jaringan, yang menjadi tahap Pengujian. Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana jaringan dapat berfungsi sesuai yang direncanakan. Pengujian mencakup konektivitas antar node menggunakan perintah ping, uji routing, serta pengujian throughput dan stabilitas jaringan dalam kondisi beban tertentu. Hasil dari tahap ini menjadi tolak ukur apakah jaringan bekerja secara optimal atau perlu dilakukan revisi desain.

Jika hasil simulasi menunjukkan performa yang baik, maka tahapan akhir adalah analisis hasil yang bertujuan untuk menginterpretasikan data dari simulasi dan pengujian. Peneliti mengevaluasi apakah desain jaringan telah memenuhi kebutuhan fungsional, efisien dari segi sumber daya, serta cukup fleksibel untuk kebutuhan di masa mendatang. Namun, jika ditemukan kekurangan, proses dapat kembali diulang ke dalam siklus RAD tanpa harus memulai dari nol, memungkinkan pengembangan yang lebih cepat dan fleksibel. Setelah diperoleh

hasil yang memadai, penelitian diakhiri dengan menyusun dokumentasi dan laporan sebagai bentuk pertanggungjawaban ilmiah atas proses dan temuan yang telah diperoleh.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi

Jaringan komputer di SMAN 1 Waringinkurung menggunakan jenis topologi jaringan berbentuk STAR skema dinamis, dengan perangkat keras berupa PC dan komputer berjumlah 52 buah dan *smartphone* yang digunakan oleh guru dan siswa di SMAN 1 Waringinkurung. Adapun permasalahan yang seringkali dialami oleh siswa dan guru dikarenakan banyaknya pengguna yang mengakses internet tersebut, terkadang performa dari internet tersebut sedikit lambat. SMAN 1 Waringinkurung memiliki rencana untuk melakukan pembangunan ruang khusus lab komputer.

Tahap identifikasi dilakukan untuk memahami kondisi eksisting jaringan komputer di SMAN 1 Waringinkurung. Berdasarkan observasi dan wawancara dengan pihak sekolah, ditemukan beberapa permasalahan utama, yaitu: (1) Topologi jaringan yang tidak terstruktur dan tidak terdokumentasi dengan baik; (2) Jumlah perangkat jaringan yang tidak memadai untuk mendukung seluruh kegiatan pembelajaran berbasis digital; (3) Koneksi internet yang tidak stabil dan sering mengalami gangguan; (4) Tidak adanya sistem monitoring untuk mendeteksi gangguan jaringan secara *real time*.

Permasalahan - permasalahan ini berdampak pada efektivitas proses belajar mengajar, terutama dalam kegiatan yang memerlukan akses jaringan atau internet. Oleh karena itu, diperlukan analisis dan pengembangan model jaringan yang lebih efisien dan sesuai kebutuhan.

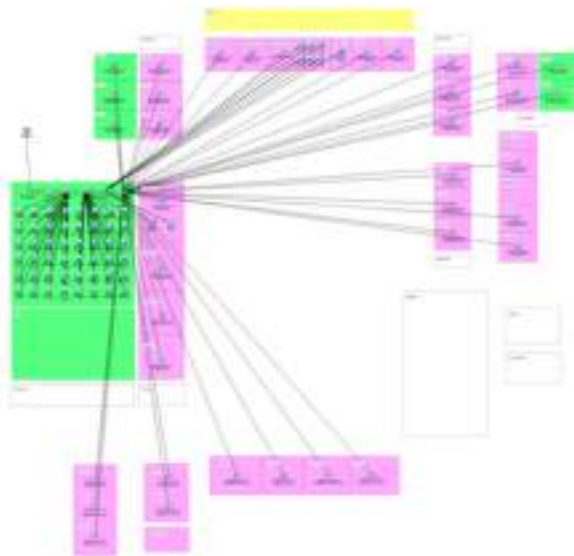
Perancangan

Tahap perancangan dilakukan dengan mengacu pada metode *Rapid application*

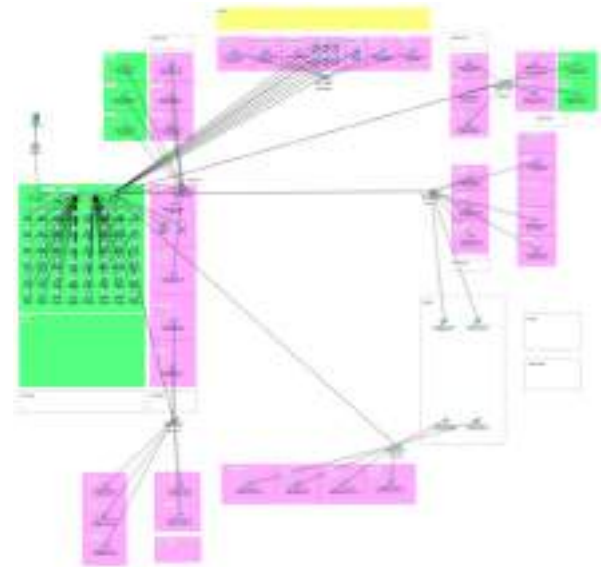
development (RAD), yang menekankan pada kecepatan proses pengembangan melalui prototyping dan iterasi cepat.

1. Perancangan Topologi Jaringan

Topologi jaringan yang diterapkan di SMA Negeri 01 Waringinkurung adalah topologi *star* (bintang), di mana setiap perangkat terhubung ke satu titik pusat, yaitu *switch* atau hub. Pemilihan topologi ini dinilai sudah cukup tepat dan sesuai untuk memenuhi kebutuhan jaringan di lingkungan sekolah, karena memudahkan pengelolaan serta pemeliharaan jaringan. Namun, meskipun secara umum topologi ini telah digunakan dengan baik, kenyataannya masih terdapat beberapa ruang kelas yang belum sepenuhnya mendapatkan akses internet secara maksimal. Hal ini menyebabkan gangguan dan hambatan dalam penggunaan jaringan internet, khususnya dalam kegiatan belajar mengajar yang membutuhkan koneksi internet. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, direncanakan adanya pembaruan atau peningkatan pada struktur topologi jaringan yang ada. Tujuannya adalah untuk memperluas jangkauan jaringan, memperbaiki kualitas koneksi, serta memastikan seluruh area sekolah, termasuk ruang-ruang kelas yang sebelumnya tidak terjangkau, dapat mengakses internet dengan lancar dan stabil.



Gambar 2. Topologi Jaringan Lama



Gambar 3. Topologi Jaringan Baru

Pembaruan pada sistem topologi jaringan yang dilakukan di SMA Negeri 01 Waringinkurung mencakup penambahan perangkat *Access Point* (AP) di berbagai sudut ruangan, khususnya pada area-area yang sebelumnya tidak mendapatkan sinyal atau jangkauan internet secara optimal. Langkah ini diambil sebagai upaya untuk memperluas dan memperkuat distribusi sinyal jaringan di seluruh lingkungan sekolah. Sebelumnya, jaringan internet hanya didukung oleh satu *Access Point* yang terletak di Laboratorium Komputer di lantai 2. Kondisi ini menyebabkan jangkauan jaringan menjadi sangat terbatas, di mana sinyal internet tidak dapat menjangkau ruangan-ruangan lain secara merata, terutama yang berada jauh dari titik tersebut. Akibatnya, banyak aktivitas pembelajaran yang bergantung pada koneksi internet menjadi terganggu. Dengan adanya penambahan beberapa *Access Point* di titik-titik strategis, diharapkan distribusi sinyal jaringan dapat mencakup seluruh bagian sekolah secara menyeluruh, sehingga seluruh siswa dan tenaga pendidik dapat mengakses internet dengan lebih stabil, cepat, dan merata tanpa hambatan berarti.

2. Perencanaan *IP addressing*

Penentuan rentang IP statis dan dinamis berdasarkan kebutuhan laboratorium komputer, ruang guru, dan ruang kelas. Diterapkan segmentasi jaringan (*subnetting*) untuk efisiensi pengelolaan. Dalam perancangan jaringan komputer, salah satu aspek krusial yang harus diperhatikan adalah pemilihan subnet yang sesuai dengan jumlah host yang akan dilayani. Pada kasus ini, diasumsikan bahwa jaringan harus mampu mengakomodasi setidaknya 1.144 host dalam satu subnet. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan untuk menentukan jumlah bit host yang memadai, serta penyesuaian subnet mask yang sesuai dengan kelas IP yang digunakan.

Secara umum, jumlah alamat IP yang dapat digunakan untuk host dalam sebuah subnet ditentukan oleh rumus $2^h - 2$, dengan h merupakan jumlah bit yang dialokasikan untuk host. Pengurangan sebanyak dua alamat IP disebabkan oleh reservasi alamat pertama untuk alamat jaringan (*network address*) dan alamat terakhir untuk alamat siaran (*broadcast address*). Berdasarkan perhitungan, apabila digunakan 10 bit untuk host, maka jumlah alamat yang tersedia adalah $2^{10} - 2 = 1.022$, yang belum mencukupi. Namun, dengan menggunakan 11 bit, jumlah alamat yang tersedia meningkat menjadi $2^{11} - 2 = 2.046$, yang telah mencukupi kebutuhan.

Dalam jaringan kelas B, subnet mask default adalah 255.255.0.0 atau /16. Apabila digunakan 11 bit untuk host, maka sisanya, yaitu $32 - 11 = 21$ bit, digunakan untuk penentuan jaringan. Dengan demikian, subnet mask yang dibutuhkan adalah /21, atau setara dengan 255.255.248.0.

Sebagai implementasi, digunakan alamat jaringan 172.16.0.0/21, yang masih berada dalam rentang alamat IP kelas B (yaitu 128.0.0.0 hingga 191.255.255.255). Dengan subnet mask tersebut, maka rentang alamat IP yang tersedia dalam subnet ini adalah dari 172.16.0.1 hingga 172.16.7.254, dengan 172.16.0.0 sebagai alamat jaringan, dan

172.16.7.255 sebagai alamat siaran. Total alamat yang dapat digunakan oleh host adalah 2.046, yang telah memenuhi kebutuhan minimal sebanyak 1.144 host. Dengan demikian, konfigurasi jaringan menggunakan alamat jaringan 172.16.0.0/21 dan subnet mask 255.255.248.0 merupakan solusi yang tepat dan efisien untuk memenuhi kebutuhan jaringan dengan jumlah host yang cukup besar dalam satu segmen jaringan.

Implementasi

Salah satu tahapan penting dalam pengembangan jaringan komputer di SMAN 1 Waringinkurung adalah implementasi. Tahap ini menghubungkan hasil perancangan dengan implementasi sistem jaringan secara virtual menggunakan perangkat lunak *Cisco Packet Tracer*, tahap ini melibatkan penggunaan metode *Rapid application development* (RAD).

1. Pembangunan Jaringan Virtual dengan *Cisco Packet Tracer*

Pada tahap ini, desain topologi jaringan yang telah dirancang sebelumnya diimplementasikan secara virtual menggunakan perangkat lunak *Cisco Packet Tracer*. Seluruh perangkat jaringan seperti *switch*, *router*, *Access Point*, serta komputer dan perangkat mobile dimasukkan ke dalam simulasi sesuai dengan kebutuhan dan hasil perancangan. *Cisco Packet Tracer* memungkinkan tim pengembang untuk menghubungkan dan mengonfigurasi perangkat-perangkat tersebut secara mendetail, mulai dari pengaturan *IP address*, segmentasi jaringan (*subnetting*), hingga konfigurasi VLAN.

2. Penambahan dan Penempatan *Access Point*

Penambahan beberapa lokasi akses di lokasi strategis sekolah adalah komponen implementasi yang penting, terutama berlaku di daerah yang sebelumnya tidak memiliki akses internet yang optimal. Langkah ini bertujuan memperluas dan memperkuat jangkauan jaringan sehingga seluruh ruang

kelas, laboratorium, dan area guru dapat mengakses internet dengan lancar dan stabil. Konfigurasi *Access Point* dilakukan dengan memperhatikan overlap sinyal agar tidak terjadi interferensi dan memastikan setiap area mendapatkan kekuatan sinyal yang memadai.

3. Konfigurasi *IP address* dan *Subnetting*

Implementasi juga mencakup penetapan skema *IP address* yang efisien. Dalam kasus ini, digunakan alamat jaringan 172.16.0.0/21 dengan subnet mask 255.255.248.0, yang mampu mengakomodasi lebih dari 2.000 host dalam satu subnet. Pembagian IP dilakukan secara statis untuk perangkat-perangkat utama seperti server, *router*, dan *Access Point*, sedangkan untuk perangkat user seperti komputer siswa dan guru menggunakan DHCP agar pengelolaan lebih mudah dan dinamis. Segmentasi jaringan juga diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan jaringan.

Pengujian

Setelah implementasi selesai, dilakukan pengujian untuk memastikan sistem jaringan berjalan dengan optimal. Pengujian dilakukan dalam beberapa aspek:

1. Pengujian Konektivitas Antar VLAN

Dilakukan dengan perintah *ping*, *tracert*, dan pengecekan koneksi antar perangkat di berbagai subnet. Hasil menunjukkan tidak ada paket data yang hilang dan *latency* dalam batas normal.

```
C:\>ping 172.16.0.45

Pinging 172.16.0.45 with 32 bytes of data:

Reply from 172.16.0.45: bytes=32 time=367ms TTL=128
Reply from 172.16.0.45: bytes=32 time=114ms TTL=128
Reply from 172.16.0.45: bytes=32 time=14ms TTL=128
Reply from 172.16.0.45: bytes=32 time=193ms TTL=128

Ping statistics for 172.16.0.45:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 14ms, Maximum = 367ms, Average = 172ms
```

Gambar 4. Hasil ping ke 172.16.0.45

```
C:\>ping 172.16.0.97

Pinging 172.16.0.97 with 32 bytes of data:

Reply from 172.16.0.97: bytes=32 time=105ms TTL=128
Reply from 172.16.0.97: bytes=32 time=55ms TTL=128
Reply from 172.16.0.97: bytes=32 time=145ms TTL=128
Reply from 172.16.0.97: bytes=32 time=3ms TTL=128

Ping statistics for 172.16.0.97:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 145ms, Average = 70ms
```

Gambar 5. Hasil ping ke 172.16.0.97

2. Pengujian Koneksi Internet

```
Pinging 8.8.8.8 with 32 bytes of data:

Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=21ms TTL=114
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=23ms TTL=114
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=24ms TTL=114
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=63ms TTL=114

Ping statistics for 8.8.8.8:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 21ms, Maximum = 63ms, Average = 32ms
```

Gambar 6. Ping ke 8.8.8.8

```
Pinging youtube-us-1.google.com [142.251.32.93] with 32 bytes of data:

Reply from 142.251.32.93: bytes=32 time=32ms TTL=109
Reply from 142.251.32.93: bytes=32 time=38ms TTL=109
Reply from 142.251.32.93: bytes=32 time=23ms TTL=109
Reply from 142.251.32.93: bytes=32 time=37ms TTL=109

Ping statistics for 142.251.32.93:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 23ms, Maximum = 37ms, Average = 32ms
```

Gambar 7. Ping ke YouTube

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis, perancangan, dan simulasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan model jaringan komputer di SMAN 1 Waringinkurung menggunakan metode *Rapid application development* (RAD) mampu memberikan solusi yang efektif terhadap permasalahan jaringan yang ada. Permasalahan utama seperti topologi jaringan yang tidak terstruktur, koneksi internet yang tidak stabil, serta kurangnya jangkauan akses internet di beberapa ruang kelas berhasil diidentifikasi dan diatasi melalui pembaruan desain jaringan. Penerapan topologi star dengan penambahan beberapa *Access Point* pada titik strategis terbukti mampu memperluas jangkauan jaringan dan meningkatkan stabilitas koneksi internet di seluruh area sekolah.

Implementasi desain jaringan secara virtual menggunakan *Cisco Packet Tracer* memudahkan proses simulasi, pengujian, dan perbaikan desain secara iteratif sebelum diterapkan secara nyata. Dengan demikian, model jaringan yang dihasilkan tidak hanya memenuhi kebutuhan saat ini, tetapi juga cukup fleksibel untuk pengembangan di masa mendatang, termasuk rencana penambahan ruang laboratorium dan kelas baru. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa metode RAD sangat cocok digunakan dalam pengembangan jaringan komputer di lingkungan pendidikan yang membutuhkan proses desain yang cepat, responsif, dan dapat diuji secara dinamis. Model dan dokumentasi yang dihasilkan dapat dijadikan referensi untuk pengembangan jaringan di institusi pendidikan lain yang memiliki kebutuhan serupa.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Harjanto, & Purnama, G. (2024). Perancangan Dan Simulasi Jaringan Komputer Dengan Metode Pengembangan Network Development Life Cycle (NDLC) Pada Kantor Cabang PT. V2 Indonesia. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 8(4), 8032–8039.
<https://doi.org/10.36040/jati.v8i4.10622>
- Mananggell, A. V., Mewengkang, A., & Djamen, A. C. (2021). Perancangan Jaringan Komputer Di SMK Menggunakan Cisco Packet Tracer. *Edutik: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 1(2), 119–131.
<https://doi.org/10.53682/edutik.v1i2.1124>
- Nilawati, L., Sulastri, D., & Yuningsih, Y. (2020). Penerapan Model Rapid Application Development Pada Perancangan Sistem Informasi Jasa Pengiriman Barang. *Paradigma: Jurnal Komputer Dan Informatika*, 22(2), 197–204.
<https://doi.org/10.31294/p.v22i2.8314>
- Seftian, M. G., Wildan, M., & Pratama, D. (2025). Perancangan Jaringan LAN dengan Server Cloud Storage: Studi Kasus Menggunakan Cisco Packet Tracer. *J-SIMTEK: Jurnal Sistem Informasi, Manajemen Dan Teknologi Informasi*, 3(1), 54–63.
<https://doi.org/10.33020/jsimtek.v3i1.804>
- Sipayung, P. I. O. B., Purba, V., & Agussalim, A. (2024). Analisis, Perancangan, dan Simulasi Jaringan VLAN Menggunakan Metode PPDIOO (Studi Kasus: SMAS Santo Yusup Surabaya). *TeknoIS: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Dan Sains*, 14(1), 110–118.
<https://doi.org/10.36350/jbs.v14i1.237>
- Sitompul, D. R. H., Harmaja, O. J., & Indra, E. (2021). Perancangan Pengembangan Desain Arsitektur Jaringan Menggunakan Metode PPDIOO. *JUSIKOM PRIMA: Jurnal Sistem Informasi Dan Ilmu Komputer Prima*, 4(2), 18–22.
<https://jurnal.unprimdn.ac.id/index.php/JUSIKOM/article/view/2306>
- Sumarni, D., & Purnama, G. (2023). Perancangan Infrastruktur Jaringan Komputer berbasis Cisco Packet Tracer dengan penerapan Metode NDLC Pada Lembaga Pendidikan (Studi Kasus SMK Pelayaran Malahayati). *ILKOMINFO: Ilmu Komputer & Informatika*, 6(2), 216–227.
<https://doi.org/10.47324/ilkominfo.v6i2.200>
- Tangkowit, A., Palilingan, V. R., & Liando, O. E. S. (2021). Analisis Dan Perancangan Jaringan Komputer Di Sekolah Menengah Pertama. *Edutik: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 1(1), 69–82.



<https://doi.org/10.53682/edutik.v1i1.1044>

Widodo, S. A. (2019). Perancangan Jaringan LAN Pada Gedung Baru SMK Muhammadiyah Purwodadi Dengan Metode Waterfall Menggunakan Software Cisco Packet Tracer. *INTEK : Informatika Dan Teknologi Informasi*, 2(2), 90–95.
<https://doi.org/10.37729/intek.v2i2.351>

PENERAPAN ALGORITMA *BRUTE FORCE* PADA *INFORMATION RETRIEVAL SYSTEM* UNTUK PENCARIAN BUKU DI PERPUSTAKAAN SEKOLAH

Risman¹⁾, Muhamad Miftahudin²⁾

^{1,2}Prodi Teknik Informatika, Fakultas Informatika dan Komputer, Univ. Binaniaga Indonesia

Correspondence author: M. Miftahudin, m.miftahudin@unbin.ac.id, Bogor, Indonesia

Abstract

The aim of this research is to apply the brute-force algorithm to a prototype information retrieval system (IRS) to obtain book search results more quickly. This improves the effectiveness and efficiency of the book search process. The study uses the brute-force string-matching algorithm and a prototyping approach for IRS development. Results show the algorithm efficiently supports book searches in school libraries. Tests yield faster book searches, with average search times of 0.0003988 seconds for one pattern and 0.00040125 seconds for two patterns. Developers successfully designed the IRS prototype using the algorithm. The system also proves more effective and efficient in providing book search information, with an average feasibility percentage of 95.59%. Evaluators rated the IRS 'Very Feasible' for book searches in school libraries using the brute-force algorithm. This research significantly contributes to more effective and efficient book searches in school libraries by applying artificial intelligence (AI) through an IRS.

Keywords: brute-force algorithm, information retrieval system, search, library

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma *brute force* pada prototipe aplikasi *information retrieval system* (IRS) untuk mendapatkan hasil pencarian buku dengan lebih cepat, meningkatkan efektivitas dan efisiensi pada proses pencarian buku. Penelitian ini menggunakan pendekatan *algoritma brute force* yang merupakan algoritma *string matching* dan metode pengembangan aplikasi IRS menggunakan pendekatan *prototyping*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *brute force* dapat diterapkan pada IRS untuk pencarian buku di perpustakaan sekolah. Berdasarkan pengujian, diperoleh hasil pencarian buku yang lebih cepat dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam melakukan pencarian pencarian 0.0003988 detik pada pengujian 1 *pattern* dan 0.00040125 detik pada pengujian 2 *pattern*. Prototipe IRS yang dikembangkan telah berhasil dirancang dengan penerapan algoritma tersebut. Selain itu sistem ini terbukti lebih efektif dan efisien dalam memberikan informasi terkait pencarian buku, dengan hasil perhitungan rata-rata persentase kelayakan sebesar 95.59%, yang menunjukkan bahwa IRS dinyatakan “Sangat Layak” sebagai sebuah *information retrieval system* untuk pencarian buku di perpustakaan sekolah. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efektifitas dan efisiensi pencarian buku

di perpustakaan sekolah melalui penerapan *artificial intelligence* (AI) dalam bentuk *information retrieval system* (IRS).

Kata Kunci: algoritma *brute force*, *information retrieval system*, pencarian, buku

A. PENDAHULUAN

Perpustakaan merupakan institusi yang memiliki peran penting dalam kemajuan pertumbuhan intelektual, pendidikan, dan budaya masyarakat. Berfungsi sebagai pusat sumber informasi, perpustakaan memfasilitasi akses ke berbagai jenis materi, literatur dan pengetahuan yang mendukung pembelajaran, penelitian, dan kemajuan masyarakat secara keseluruhan (Usholicchah et al., 2024).

Keberadaan perpustakaan menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam proses belajar mengajar yang diselenggarakan di berbagai institusi pendidikan, seperti Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama (SMP), Sekolah Menengah Atas (SMA) atau Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), ataupun Perguruan Tinggi baik negeri maupun swasta. Ketersediaan informasi mengenai buku-buku ataupun dokumen di perpustakaan masih kurang sehingga menghambat para pengunjung dalam menemukan informasi yang dibutuhkan (Lailiyah, 2024).

Salah satu tahapan untuk mendapatkan sebuah informasi tentang buku yang dibutuhkan yaitu melalui pencarian sebagai tahap awal yang dilakukan oleh pengunjung perpustakaan. Permasalahan pencarian merupakan permasalahan yang sering muncul ketika hasil pencarian yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang diinginkan. Kemajuan teknologi membuka peluang untuk menciptakan sistem pencarian berbasis algoritma yang lebih efisien (Nurwanto, 2021).

Penerapan algoritma *brute force* memungkinkan pencocokan *string* cepat dan sederhana, menjadikannya solusi tepat untuk sistem pencarian buku yang optimal (Saputra S. et al., 2021). Algoritma *brute force* merupakan algoritma *string matching* yang

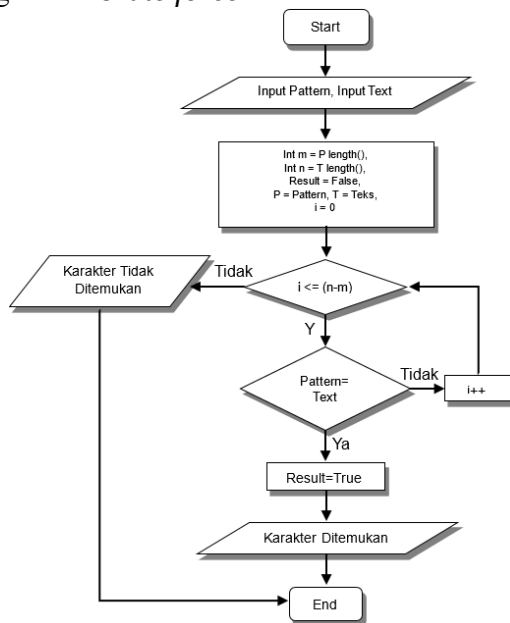
melakukan pencocokan karakter dengan melakukan pemeriksaan terhadap setiap karakter yang dimulai dari sebelah kiri ke sebelah kanan (Nadilla et al., 2025). *Brute force* memiliki pola pikir yang sederhana, mampu menyelesaikan suatu permasalahan tanpa memakan banyak waktu. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Azis et al., 2021) menyebutkan bahwa penggunaan metode *string matching* dan algoritma *brute force* memudahkan pengguna dalam melakukan pencarian data. Penelitian ini mengangkat tema mengenai penerapan algoritma *brute force* pada *information retrieval system* untuk pencarian buku di perpustakaan sekolah.

Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan waktu proses pencarian buku secara lebih efektif dan efisien, mengembangkan *prototype* aplikasi *information retrieval system* untuk membantu dalam proses pencarian buku dan mengukur tingkat kecepatan dan efisiensi algoritma *brute force* untuk pencarian buku. Dengan penerapan algoritma *brute force* dapat meningkatkan kecepatan dan efisiensi sistem pencarian buku di perpustakaan sekolah.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Algoritma *Brute force* yang merupakan algoritma *string matching* yang melakukan pencocokan karakter dengan melakukan pemeriksaan terhadap setiap karakter yang dimulai dari sebelah kiri ke sebelah kanan secara langsung tanpa optimasi tertentu. Algoritma *brute force* bekerja dengan menyamakan *string* yang diinput oleh pengguna dengan seluruh *string* yang terdapat sampai ditemuinya *string* yang jadi sasaran pencarian (Rismayani et al., 2021). Algoritma *Brute force* terdiri dari pengecekan pada

semua posisi dalam teks antara 0 dan n-m, lalu setelah setiap percobaan, algoritma ini menggeser pola tepat satu posisi ke kanan (Charras & Lecroq, 2004). Pada gambar 1 dibawah ini menunjukkan diagram alur pada algoritma *brute force*.



Gambar 1. Flowchart Algoritma *Brute force*

Algoritma *Brute force* digunakan dalam pengecekan pada setiap kedudukan dalam teks mulai dari karakter pertama, kemudian setelah pengecekan pada karakter pertama selesai proses shift selanjutnya dilakukan dengan berpindah tepat satu posisi ke arah kanan (berpindah ke karakter kedua, ketiga dan seterusnya sampai karakter terakhir). Selama pencarian pergeseran dilakukan sepanjang teks dari kiri ke kanan secara berkala sesuai dengan aturan yang spesifik pada algoritma, ketika berada pada posisi tertentu pada teks, algoritma memeriksa apakah pola tersebut muncul disana atau tidak dengan membandingkan beberapa simbol yang sejajar dengan pola. Metode ini diimplementasikan kedalam *information retrieval system* untuk melakukan pencarian buku.

Pengembangan sistem menggunakan pendekatan prototyping, memungkinkan pengembang untuk mengembangkan perangkat lunak yang semakin kompleks di versi selanjutnya. Model ini dimulai dengan mengumpulkan kebutuhan pengguna,

kemudian membuat desain cepat yang selanjutnya akan dievaluasi dan direvisi untuk memenuhi kebutuhan pengguna.

Aspek efisiensi diuji menggunakan metode Running Time yaitu metode pengujian algoritma yang mengukur waktu komputasi atau running time untuk mengetahui efisiensi dari suatu algoritma. Efisiensi dapat diukur dalam waktu tugas (task time) yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas dengan sukses. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu tugas kemudian dapat dihitung dengan mengurangi waktu mulai (t_{start}) dari waktu selesai (t_{end}) seperti yang ditunjukkan pada persamaan di berikut ini.

$$t_{ij} = t_{start} - t_{end}$$

Kemudian perhitungan efisiensi menggunakan rumus efisiensi waktu berikut ini (Wahyuningrum, 2021).

$$\bar{P}_t = \frac{\sum_{j=1}^R \sum_{i=1}^N n_{ij} t_{ij}}{NR}$$

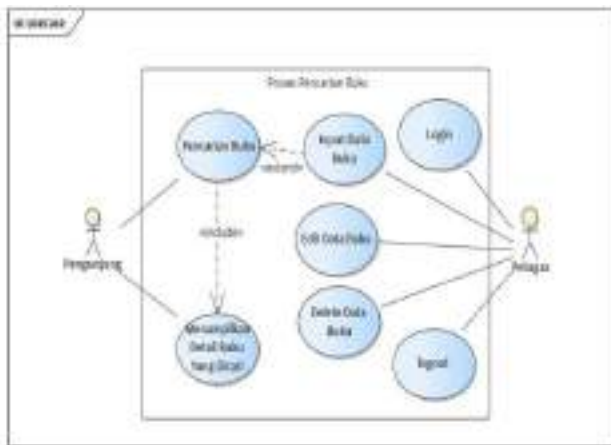
Keterangan:

- $\bar{P}_t$ adalah time-based efficiency,
- R jumlah percobaan atau iterasi pencarian yang dilakukan,
- N total jumlah data buku dalam dataset yang digunakan untuk pencarian,
- n_{ij} adalah hasil dari tugas i oleh partisipan j , akan bernilai 1 jika berhasil atau 0 jika gagal menyelesaikan tugas,
- t_{ij} adalah waktu yang dibutuhkan partisipan j pada skenario tugas.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan Sistem

Desain perancangan sistem akan disajikan dalam bentuk diagram use case berdasarkan pada proses pencarian buku yang nantinya akan dikembangkan pada *prototype* aplikasi sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Pada gambar 2 dibawah digambarkan terdapat 2 aktor pada sistem, yaitu pengunjung (pengguna) dan Petugas (admin) dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Use Case Diagram

Hasil

Analisis langkah-langkah pencocokan menggunakan algoritma *brute force* pada *information retrieval system* dalam penelitian ini yaitu:

diberikan teks (T): y = Desain Grafis;
 pola atau *pattern* (P): x = Grafis;
 panjang teks: n = 13;
 panjang *pattern*: m = 6;

Iterasi dilakukan sebanyak: panjang teks – panjang pola + 1 = 13 – 6 + 1 = 8 kali; pencocokan pola dari setiap posisi dalam teks dimulai dari posisi awal = 0 (index teks), lalu algoritma mengecek setiap karakter pola terhadap karakter teks. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Langkah Pertama

Tabel 1. Langkah 1 Analisis Pencocokan

Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Teks	D	E	S	A	I	N		G	R	A	F	I	S
Pattern	G	R	A	F	I	S							

Pada tabel 1 menjabarkan proses analisis pencocokan, terjadi ketidaksesuaian antara huruf yang ada pada *pattern* G dengan huruf teks D pada index 0, maka *pattern* G bergeser sebanyak 1 langkah ke kanan.

2. Langkah Kedua

Tabel 2. Langkah 2 Analisis Pencocokan

Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Teks	D	E	S	A	I	N		G	R	A	F	I	S
Pattern		G	R	A	F	I	S						

Selanjutnya pada tabel 2 menjelaskan langkah analisis pencocokan, terjadi ketidaksesuaian antara huruf yang ada pada *pattern* G dengan huruf teks E pada index 1, maka *pattern* G bergeser sebanyak 1 langkah ke kanan.

3. Langkah Ketiga

Tabel 3. Langkah 3 Analisis Pencocokan

Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Teks	D	E	S	A	I	N		G	R	A	F	I	S
Pattern			G	R	A	F	I	S					

Selanjutnya pada tabel 3 menjelaskan analisis pencocokan terjadi ketidaksesuaian antara huruf yang ada pada *pattern* G dengan huruf teks S pada index 2, maka *pattern* G bergeser sebanyak 1 langkah ke kanan.

4. Langkah Keempat

Tabel 4. Langkah 4 Analisis Pencocokan

Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Teks	D	E	S	A	I	N		G	R	A	F	I	S
Pattern				G	R	A	F	I	S				

Selanjutnya pada tabel 4 menjelaskan analisis pencocokan terjadi ketidaksesuaian antara huruf yang ada pada *pattern* G dengan huruf teks A pada index 3, maka *pattern* G bergeser sebanyak 1 langkah ke kanan.

5. Langkah Kelima

Tabel 5. Langkah 5 Analisis Pencocokan

Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Teks	D	E	S	A	I	N		G	R	A	F	I	S
Pattern					G	R	A	F	I	S			

Selanjutnya pada tabel 5 menjelaskan analisis pencocokan terjadi ketidaksesuaian antara huruf yang ada pada *pattern* G dengan huruf teks I pada index 4, maka *pattern* G bergeser sebanyak 1 langkah ke kanan.

6. Langkah Keenam

Tabel 6. Langkah 6 Analisis Pencocokan

Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Teks	D	E	S	A	I	N		G	R	A	F	I	S
Pattern						G	R	A	F	I	S		

Selanjutnya pada tabel 6 menjelaskan analisis pencocokan terjadi ketidaksesuaian antara huruf pada *pattern* G dengan huruf teks N pada index 5, maka *pattern* G bergeser sebanyak 1 langkah ke kanan.

7. Langkah Ketujuh

Tabel 7. Langkah 7 Analisis Pencocokan

Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Teks	D	E	S	A	I	N		G	R	A	F	I	S
Pattern							G	R	A	F	I	S	

Tabel 7 menjelaskan analisis pencocokan, terjadi ketidaksesuaian antara huruf pada *pattern* G dengan huruf teks kosong pada index 6, maka *pattern* G bergeser sebanyak 1 langkah ke kanan.

8. Langkah Kedelapan

Tabel 8. Langkah 8 Analisis Pencocokan

Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Teks	D	E	S	A	I	N		G	R	A	F	I	S
Pattern								G	R	A	F	I	S

Terakhir pada tabel 8 menjelaskan analisis pencocokan terjadi sebuah persamaan antara huruf yang ada pada *pattern* G dengan huruf teks G pada index 7, maka pergeseran proses pencocokan selesai.

Pembahasan

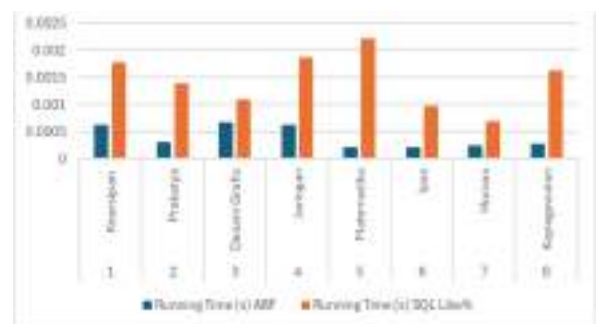
Uji hasil yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan cara menghitung *running time* dari algoritma dalam melakukan pencarian kata kunci yang didapat oleh algoritma *brute force* serta tidak menggunakan algoritma dilakukan terhadap *string*. Perhitungan dilakukan pada kecepatan pencarian yang dimulai dengan mencocokkan antara *pattern* (P) yang merupakan inputan kata kunci pencarian, dan text (T) yang merupakan susunan data buku yang terdapat pada *database*. Dilakukan pengujian *running time* menggunakan satuan waktu second (s). Hasil

dari pengujian dengan menggunakan 1 *pattern* dapat dilihat pada tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9. Hasil Pengujian Menggunakan 1 *Pattern*

No.	String	Running Time (s)	
		ABF	SQL Like%
1	Kearsipan	0.00063	0.00177
2	Prakarya	0.00031	0.00138
3	Desain Grafis	0.00067	0.00109
4	Jaringan	0.00063	0.00187
5	Matematika	0.00022	0.00221
6	Ipas	0.00021	0.00098
7	Humas	0.00024	0.00068
8	Kepegawaian	0.00028	0.00162
Total		0.00319	0.0116
Rata-rata		0.0003988	0.00145

Berdasarkan nilai perbandingan kecepatan *running time* pada tabel 9 diatas, maka digambarkan grafik agar mempertegas tingkat perbandingan melalui *running time*. Grafik perbandingan *running time* dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik Pengujian Kecepatan Pencarian Dengan 1 *Pattern*

Hasil dari grafik diatas pada pengujian dengan menggunakan 1 *pattern* mendapat hasil dimana algoritma *Brute force* memiliki tingkat kecepatan pencarian lebih baik dengan hanya menghabiskan lebih sedikit waktu dengan rata-rata penemuan *string* 0.0003988 detik, dibanding pencarian manual tanpa algoritma yang menghabiskan lebih banyak waktu dengan rata-rata waktu penemuan *string* 0.00145 detik. Berdasarkan tabel 9 hasil pengujian menggunakan 1 *pattern* dapat

dihitung efisiensi waktu untuk masing-masing menggunakan Algoritma *Brute force* dan tanpa algoritma dengan SQL LIKE % dengan rumus efisiensi.

(a) Efisiensi waktu pencarian Algoritma *Brute force*

Total waktu pencarian =
 $0.00063 + 0.00031 + 0.00067 + 0.00063 + 0.00022 + 0.00021 + 0.00024 + 0.00028 = 0.00319$ s.

Rata-rata efisiensi waktu ($\bar{P}_t$):

$$\bar{P}_t = \frac{0.00319}{8+1} = 0.0003988 \text{ s/string.}$$

(b) Efisiensi waktu pencarian tanpa algoritma dengan SQL Like%

Total waktu pencarian =
 $0.00177 + 0.00138 + 0.00109 + 0.00187 + 0.00221 + 0.00098 + 0.00068 + 0.00162 = 0.0116$ s.

Rata-rata efisiensi waktu ($\bar{P}_t$):

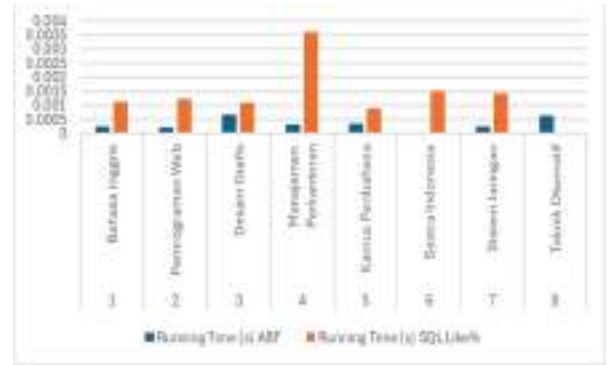
$$\bar{P}_t = \frac{0.0116}{8+1} = 0.00145 \text{ s/string.}$$

Untuk pengujian kedua yaitu menggunakan 2 *pattern* dapat dilihat pada tabel 10 berikut.

Tabel 10. Hasil Pengujian Menggunakan 2 *Pattern*

No.	String	Running Time (s)	
		ABF	SQL Like%
1	Bahasa Inggris	0.00024	0.00114
2	Pemrograman Web	0.00022	0.00122
3	Desain Grafis	0.00067	0.00109
4	Manajemen Perkantoran	0.00032	0.00363
5	Kamus Peribahasa	0.00035	0.00088
6	Sastra Indonesia	0.00052	0.00151
7	Sistem Jaringan	0.00025	0.00142
8	Teknik Otomotif	0.00064	0.00144
Total		0.00321	0.01233
Rata-rata		0.00040125	0.00154125

Berdasarkan nilai perbandingan kecepatan running time pada tabel diatas, maka digambarkan grafik agar mempertegas tingkat perbandingan melalui running time. Grafik perbandingan rata-rata running time dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Grafik Pengujian Kecepatan Pencarian Dengan 2 *Pattern*

Hasil dari grafik diatas pada pengujian dengan menggunakan 2 *pattern* mendapat hasil dimana algoritma *Brute force* memiliki tingkat kecepatan pencarian lebih baik dengan hanya menghabiskan lebih sedikit waktu dengan rata-rata penemuan *string* 0.00040125 detik, dibanding pencarian manual tanpa algoritma yang menghabiskan lebih banyak waktu dengan rata-rata waktu penemuan *string* 0.00154125 detik. Berdasarkan tabel 10 hasil pengujian menggunakan 2 *pattern* dapat dihitung efisiensi waktu untuk masing-masing menggunakan algoritma *brute force* dan tanpa menggunakan algoritma dengan SQL LIKE % dengan rumus efisiensi.

(a) Efisiensi waktu pencarian algoritma *Brute force*

Total waktu pencarian =
 $0.00024 + 0.00022 + 0.00067 + 0.00032 + 0.00035 + 0.00052 + 0.00025 + 0.00064 = 0.00321$ s.

Rata-rata efisiensi waktu ($\bar{P}_t$):

$$\bar{P}_t = \frac{0.00321}{8+1} = 0.00040125 \text{ s/string.}$$

(b) Efisiensi waktu pencarian tanpa algoritma dengan SQL Like %

Total waktu pencarian =
 $0.00114 + 0.00122 + 0.00109 + 0.00363 + 0.00088 + 0.00151 + 0.00142 + 0.00144 = 0.01233$ s.

Rata-rata efisiensi waktu ($\bar{P}_t$):

$$\bar{P}_t = \frac{0.01233}{8+1} = 0.00154125 \text{ s/string.}$$

Dengan demikian, hasil perhitungan kecepatan efisiensi waktu pada 2 pengujian ini menunjukkan bahwa algoritma *brute force* mampu menyelesaikan pencarian dengan waktu yang lebih singkat dan membuktikan bahwa algoritma *brute force* dapat membuat proses pencarian *string* terhadap data buku menjadi lebih cepat dan efektif secara signifikan meningkatkan efisiensi waktu pencarian.

Prototype Aplikasi

Adapun rancangan aplikasi web pada sistem ini dalam proses pembuatan aplikasi menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework* Codeigniter 3, database MySql dan Apache Web Server dengan menerapkan algoritma *brute force* pada *information retrieval system*. Aplikasi ini memiliki 6 *interface* yang terdiri dari halaman pencarian, hasil pencarian buku dan halaman detail buku yang dapat diakses oleh pengunjung (pengguna). Kemudian terdapat *interface* yang hanya bisa diakses oleh petugas (admin) yaitu form login, menu data buku, form input data buku. Berikut merupakan implementasi aplikasi web *information retrieval system* untuk pencarian buku di perpustakaan sekolah.



Gambar 5. Halaman Pencarian Buku



Gambar 6. Halaman Hasil Pencarian Buku



Gambar 7. Halaman Detail Buku



Gambar 8. Form Login Admin



Gambar 9. Form Input Data Buku



Gambar 10. Menu Data Buku

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa algoritma *brute force* dapat diterapkan pada *information retrieval system* (IRS) untuk pencarian buku di perpustakaan sekolah.

Mengembangkan *prototype information retrieval system* (IRS) untuk Pencarian Buku di Perpustakaan Sekolah telah mampu dibangun dan dirancang dengan penerapan algoritma *Brute force*.

Information retrieval system efisien digunakan dalam pemberian informasi pada pencarian buku di perpustakaan sekolah. Berdasarkan pengujian pada algoritma diperoleh hasil pencarian buku menggunakan algoritma *brute force* lebih cepat dengan rata-rata waktu pencarian 0.0003988 detik pada pengujian 1 *pattern* dan 0.00040125 detik pada pengujian 2 *pattern*. Sedangkan pencarian tanpa algoritma menghabiskan lebih banyak waktu dengan rata-rata waktu pencarian 0.00145 detik pada pengujian 1 *pattern* dan 0.00154125 detik pada pengujian 2 *pattern*. Sehingga dapat disimpulkan waktu yang digunakan dalam proses pencarian buku menjadi lebih cepat dan efisien.

Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya diharapkan melakukan penerapan menggunakan algoritma *knuth morris pratt* karena algoritma ini bisa mengolah data apabila dengan kompleksitas tinggi.

Untuk dapat menambahkan fitur pencarian lanjutan seperti filter pencarian berdasarkan kategori, penulis, atau tahun terbit yang mungkin diinginkan pengguna memudahkan bagi pengguna untuk melakukan pencarian buku.

E. DAFTAR PUSTAKA

Azis, M. R., Fitri, I., & Rahman, B. (2021). Penggunaan Algoritma Brute Force String Matching Dalam Pencarian Orang Hilang Pada Website Temukandia.com. *JUPI : Jurnal Ilmiah Penelitian Dan*

Pembelajaran Informatika, 6(2), 205–212.
<https://doi.org/10.29100/jipi.v6i2.1979.g1021>

Charras, C., & Lecroq, T. (2004). *Handbook of Exact String Matching Algorithms*. Kings College Publications.

Lailiyah, S. (2024). Pemanfaatan Perpustakaan Sebagai Sumber Belajar Siswa di MTs Ma'arif Sukoharjo. *Ikhlas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Islam*, 1(4), 238–246.
<https://doi.org/10.61132/ikhlas.v1i4.176>

Nadilla, S., Adek, R. T., & Suwanda, R. (2025). Implementasi Algoritma Boyer-Moore dan Brute Force Untuk Pencarian Tafsir di Ensiklopedia Al-Qur'an Berbasis Website. *RABIT : Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, 10(2), 1393–1404.
<https://doi.org/10.36341/rabit.v10i2.6552>

Nurwanto. (2021). Aplikasi Perpustakaan Berbasis Web dengan Mengimplementasikan Metode Sequential Search. *INFORMATIKA : Informatika, Manajemen Dan Komputer*, 13(1), 24–31.
<https://doi.org/10.36723/juri.v13i1.259>

Rismayani, R., Layuk, N. S., Wahyuni, S., Wali, H., & Marselina, N. K. (2021). Pencarian Kata Pada Aplikasi Kamus Istilah Komputer dan Informatika Menggunakan Algoritma Brute Force Berbasis Android. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, 10(1), 43–52.
<https://doi.org/10.34010/komputika.v10i1.3644>

Saputra S., K., Al-Areef, M. H., Fadhilah, N., Naufal, M. R., Maulana, M. R., & Harahap, M. F. (2021). Implementasi Algoritma Brute Force Dalam Pencocokan String Pada Aplikasi Pencarian Musik. *Jurnal Informatika UPGRIS*, 7(2), 6–9.
<https://doi.org/10.26877/jiu.v7i2.8464>

- Usholicchah, N., Agustina, M., Utami, M. D.,
Tusaqdia, A., Barokah, L., & Febriyanti,
F. (2024). Perpustakaan Sebagai Pusat
Sumber Belajar. *Journal of Law,
Administration, and Social Science*, 4(4),
614–623.
<https://doi.org/10.54957/jolas.v4i4.850>
- Wahyuningrum, T. (2021). *Mengukur
Usability Perangkat Lunak*. Yogyakarta :
Deepublish.

APLIKASI ZAPCHECK BERBASIS QR CODE UNTUK UJI BERKALA KENDARAAN LISTRIK DI ERA *SMART MOBILITY*

Meutya Jasmine¹⁾, Amelia Febri Azzahra²⁾, Rizal Aprianto³⁾

^{1,2,3}Prodi Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Trasnportasi Jalan

Correspondence author: M. Jasmine, meutyaj@gmail.com, Tegal, Indonesia

Abstract

The development of electric vehicles in Indonesia as part of the energy transition requires more sophisticated safety management, particularly through the implementation of regulation-based periodic testing. This research aims to develop the ZapCheck application as a digital solution to support the regulation of periodic testing of electric vehicles. The application was developed using the Extreme Programming (XP) method. The research results include a ZapCheck application that manages periodic test data in real time and displays test results, vehicle history, repair recommendations, and the next test schedule. The implementation of QR Codes enables users to access the application, reduces administrative burden, and supports the concept of smart transportation. The research results show that this application can accelerate monitoring by providing a safe, efficient, and environmentally friendly solution.

Keywords: application, periodic testing, electric vehicles, QR Code

Abstrak

Perkembangan kendaraan listrik di Indonesia sebagai bagian dari transisi energi memerlukan pengelolaan keselamatan yang lebih canggih, terutama melalui penerapan uji berkala berbasis regulasi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi ZapCheck sebagai solusi digital untuk mendukung regulasi uji berkala kendaraan listrik. Pengembangan aplikasi menggunakan metode *Extreme Programming* (XP). Hasil penelitian berupa aplikasi ZapCheck yang dapat mengelola data uji berkala secara *real-time*, menampilkan hasil uji, riwayat kendaraan, rekomendasi perbaikan, dan jadwal uji selanjutnya. Penerapan QR Code untuk mempermudah akses pengguna ke aplikasi, mengurangi proses administratif, dan mendukung konsep transportasi cerdas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi ini mampu mempercepat proses pengawasan melalui solusi yang aman, efisien, dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: aplikasi, uji berkala, kendaraan listrik, QR Code

A. PENDAHULUAN

Perkembangan kendaraan listrik di Indonesia sebagai bagian dari transisi energi dan upaya mengurangi emisi karbon telah

menciptakan tantangan baru dalam pengelolaan keselamatan kendaraan bermotor (Masayu & A'yun, 2024). Pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Presiden Nomor 79 Tahun 2023 yang mewajibkan uji berkala

kendaraan listrik berbasis baterai untuk memastikan kelayakan operasionalnya (Buhori et al., 2024). Namun, implementasi kebijakan ini masih menghadapi kendala, seperti keterbatasan infrastruktur pengujian, kompetensi penguji, serta sistem pencatatan manual yang kurang terintegrasi (Nariasih et al., 2022).

Salah satu solusi potensial untuk mengatasi masalah ini adalah pemanfaatan teknologi digital dalam sistem uji berkala (Qatrunada et al., 2024). Inovasi seperti *Internet of Things* (IoT), platform berbasis web, dan QR Code dapat meningkatkan efisiensi pengawasan kendaraan listrik (Prananta et al., 2025). Sistem berbasis web memungkinkan pengelolaan data uji secara real-time dan transparan, sementara QR Code mempermudah identifikasi kendaraan serta penyimpanan data teknis (Hadi et al., 2022; Yassir et al., 2024). Pendekatan ini sejalan dengan prinsip transportasi cerdas (*smart mobility*) yang mengedepankan keamanan dan keberlanjutan.

Regulasi uji berkala kendaraan listrik saat ini masih dalam tahap penyempurnaan, terutama untuk menyesuaikan dengan karakteristik unik kendaraan listrik, seperti kinerja baterai dan sistem kelistrikan (Sembiring, 2025). Selain itu, pengembangan infrastruktur pengujian dan peningkatan kapasitas penguji menjadi faktor kunci agar proses uji berkala dapat berjalan efektif (Antrasena et al., 2024). Integrasi teknologi digital diharapkan dapat mempercepat adaptasi sistem pengujian ini, sekaligus mendukung kebijakan pemerintah dalam mewujudkan transportasi yang lebih aman dan ramah lingkungan (Kembau et al., 2024).

Berdasarkan konteks tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana integrasi sistem aplikasi dan QR Code dapat meningkatkan efektivitas pengawasan kelaikan teknis dan administratif kendaraan listrik. Selain itu, studi ini juga mengkaji penerapan sistem digital dalam kerangka transportasi cerdas yang memanfaatkan IoT dan *Intelligent Transportation Systems* (ITS). Dengan

demikian, inovasi ini tidak hanya mendukung kepatuhan regulasi tetapi juga memperkuat ekosistem smart mobility di Indonesia.

Penelitian ini didasarkan pada beberapa studi sebelumnya, seperti pengembangan *e-rampcheck* berbasis web, sistem diagnosa kerusakan kendaraan listrik, dan aplikasi inspeksi digital (Kurniawan & Christanto, 2023; Prastyanto et al., 2021). Temuan dari penelitian-penelitian tersebut menjadi landasan bagi pengembangan sistem uji berkala kendaraan listrik yang lebih terintegrasi dan efisien.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan *Extreme Programming* (XP) yang berfokus pada pendekatan berorientasi objek (Sayfulloh, 2021). Metode ini dipilih karena sesuai untuk tim kecil hingga menengah serta mampu menangani kebutuhan yang dinamis. Tahapan XP meliputi :

1. Perencanaan (*Planning*) meliputi Identifikasi masalah, analisis kebutuhan, dan penyusunan jadwal pengembangan sistem. Pada tahap ini juga dipertimbangkan penggunaan platform berbasis web seperti MIT App Inventor untuk mempermudah proses pembuatan aplikasi mobile yang akan terintegrasi dengan sistem.
2. Perancangan (*Design*) meliputi Pemodelan sistem dan basis data menggunakan diagram UML dan flowchart, serta perancangan antarmuka aplikasi mobile menggunakan MIT App Inventor yang menyediakan lingkungan pemrograman visual berbasis blok sehingga memudahkan pengembangan aplikasi tanpa perlu keahlian coding yang mendalam.
3. Pengujian (*Testing*) meliputi Evaluasi sistem untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna, termasuk pengujian aplikasi mobile secara real-time menggunakan fitur MIT AI2 Companion yang memungkinkan pengembangan

melakukan *debugging* dan pengujian langsung pada perangkat Android atau iOS selama proses pengembangan (Yudhistira, 2024).

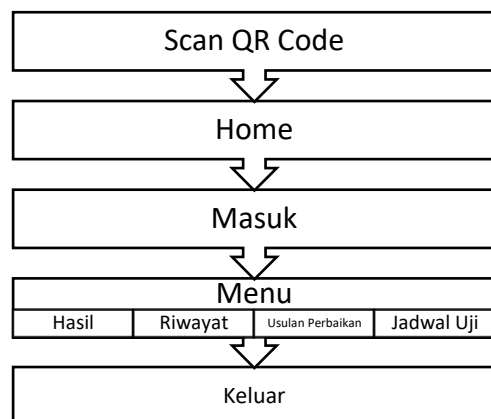
Data dikumpulkan melalui : Studi pustaka dengan menganalisis buku, jurnal, dan literatur terkait.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa

ZapCheck ini dirancang dengan tujuan utama untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pelaksanaan uji berkala. Uji berkala sendiri berperan penting dalam memastikan kendaraan tetap aman, efisien, dan ramah lingkungan sepanjang masa operasionalnya.

Mengikuti perkembangan teknologi, ZapCheck menggunakan platform penyimpanan data terpusat yang memungkinkan akses lebih mudah terhadap hasil uji berkala. Aplikasi ini dapat diakses secara *real-time* oleh pengguna ZapCheck, termasuk pegawai dan penguji, sehingga mempermudah pengelolaan dan pemantauan data uji berkala.



Gambar 1. Diagram ZapCheck

Pengembangan Aplikasi

Hasil dari perancangan website ini yaitu terciptanya platform digital yang berfungsi sebagai media informasi sekaligus sarana akses sistem bagi admin dan pengguna untuk melaksanakan uji berkala serta memantau hasil data pemeriksaan secara terintegrasi.

Aplikasi ini dirancang untuk pengawasan keselamatan kendaraan listrik di Indonesia, yang semakin penting seiring transisi energi dan penerapan regulasi uji berkala kendaraan listrik berbasis baterai. Dengan mengadopsi solusi digital berbasis web, sistem ini memungkinkan pengelolaan data uji berkala secara *real-time*, transparan, dan mudah diakses oleh pihak terkait.



Gambar 2. QR Code

QR Code yang ditampilkan ini merupakan alat yang digunakan untuk mengakses aplikasi ZapCheck. Dengan memindai QR Code ini, pengguna dapat langsung diarahkan ke halaman masuk aplikasi. Fitur ini dirancang untuk meningkatkan kemudahan dan kecepatan akses, sehingga pengguna dapat langsung memanfaatkan layanan yang disediakan oleh aplikasi ZapCheck.



Gambar 3. Halaman Awal

Untuk halaman awal pada aplikasi ZapCheck seperti pada gambar 3, dirancang untuk memberikan pengenalan singkat tentang aplikasi dan fungsinya. Halaman ini memberikan informasi bahwa aplikasi ZapCheck menyediakan layanan uji berkala kendaraan listrik secara teratur sesuai regulasi. Hasil uji dapat diakses dengan mudah melalui QR Code pada stiker kendaraan, memastikan transparansi dan kemudahan informasi.



Gambar 4. Halaman Masuk

Pada halaman masuk seperti pada gambar 4, menampilkan form masuk yang meminta pengguna untuk memasukkan Username dan Nomor Uji. Komponen ini dirancang untuk memastikan kesesuaian antara pengguna dan nomor yang di uji. Setelah memasukkan username serta nomor uji, pengguna dapat menekan tombol masuk untuk melanjutkan ke fitur utama aplikasi.



Gambar 5. Halaman Menu

Kemudian untuk halaman menu pada aplikasi ZapCheck seperti pada gambar 5, menampilkan berbagai opsi yang dapat diakses pengguna untuk melihat dan mengelola data uji berkala kendaraan listrik berupa hasil, riwayat, usulan perbaikan, jadwal uji selanjutnya, serta opsi next untuk beralih ke halaman selanjutnya.



Gambar 6. Halaman Hasil

Jika tombol hasil telah ditekan maka pengguna akan masuk ke halaman hasil seperti pada gambar 6. Halaman hasil ini menampilkan status akhir dari uji berkala kendaraan listrik. Hasil uji ini langsung memunculkan hasil lulus atau tidaknya kendaraan listrik yang telah diuji.



Gambar 7. Halaman Riwayat

Untuk halaman riwayat pada aplikasi ini menampilkan catatan hasil uji berkala kendaraan yang telah dilakukan seperti pada gambar 7. Hal ini dapat memungkinkan pengguna untuk melacak performa kendaraan dari waktu ke waktu.



Gambar 8. Halaman Usulan Perbaikan

Halaman usulan perbaikan pada aplikasi ZapCheck seperti pada gambar 8, memiliki fungsi untuk memberikan informasi mengenai rekomendasi atau saran perbaikan yang perlu dilakukan berdasarkan hasil uji kendaraan.



Gambar 9. Halaman Jadwal Uji Selanjutnya

Pada halaman ini pengguna diberikan informasi mengenai jadwal pengujian kendaraan berikutnya untuk memastikan

kendaraan tetap memenuhi standar yang berlaku seperti pada gambar 9.



Gambar 10. Halaman Keluar

Halaman ini merupakan halaman penutup yang muncul ketika pengguna menekan tombol next pada halaman menu seperti pada gambar 10. Halaman ini dirancang untuk menyelesaikan interaksi pengguna dengan ramah dan memastikan pengalaman pengguna tetap positif hingga akhir.

D. PENUTUP

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital berbasis web dan QR Code dalam sistem uji berkala kendaraan listrik memberikan solusi yang signifikan terhadap tantangan implementasi regulasi uji berkala di Indonesia. Aplikasi ZapCheck dirancang untuk meningkatkan efisiensi, transparansi, dan aksesibilitas proses pengawasan kendaraan listrik yang sangat penting dalam mendukung transisi energi dan upaya pengurangan emisi karbon.

Aplikasi ini memungkinkan pengelolaan data secara *real-time* melalui platform berbasis web, sehingga mengurangi ketergantungan pada sistem manual yang rawan kesalahan dan mempercepat pengambilan keputusan terkait keselamatan kendaraan. Selain itu, penggunaan QR Code sebagai sarana akses aplikasi memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memanfaatkan layanan uji berkala tanpa proses administratif yang rumit.

Secara keseluruhan, ZapCheck menaqqarkan solusi yang tidak hanya relevan dengan kebutuhan saat ini, tetapi juga memiliki potensi besar untuk berkembang lebih jauh dalam mendukung transformasi digital di sektor transportasi cerdas.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Antrasena, I. P. G., Prabawati, N. P. A., & Wirantari, I. D. A. P. (2024). Kualitas Pelayanan Uji Kendaraan Bermotor Melalui Inovasi Pelayanan Drive Thru Studi Kasus pada UPT Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kota Denpasar. *Ethics and Law Journal: Business and Notary*, 2(1), 14–28. <https://doi.org/10.61292/eljbn.98>
- Buhori, A. A. F., Rafiqi, I. D., Junaidi, A., Pramesti, A. A., Permani, D., & Nainggolan, P. D. (2024). Pengadaan Berkelanjutan Dalam Kebijakan Pengadaan Kendaraan Listrik Pemerintah. *Wijaya Putra Law Review*, 3(2), 184–200. <https://doi.org/10.38156/wplr.v3i2.196>
- Hadi, C. F., Yasi, R. M., & Agustin, C. (2022). Aplikasi Teknologi QR Code Pada Identifikasi Tumbuhan Di Wisata De-Djawatan. *TEKIBA : Jurnal Teknologi Dan Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 7–12. <https://doi.org/10.36526/tekiba.v2i1.1583>
- Hartono, R. (2024). Rancang Bangun Sistem Informasi Sapu Bersih Pungutan Liar di Kabupaten Ciamis Menggunakan Metode Extreme Programming. *JITET : Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(2), 1178–1192. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4183>
- Kembau, A. S., Setiawan, G. H., & Lendo, F. B. (2024). Strategi Ritel Phygital: Meningkatkan Kepuasan Pelanggan melalui Integrasi Teknologi Digital dan Interaksi Media Sosial. *Journal of Business & Applied Management*, 17(2), 131–146. <https://doi.org/10.30813/jbam.v17i2.6175>
- Kurniawan, F., & Christanto, F. W. (2023). Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Kendaraan Listrik Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Website. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 28(2), 122–136. <https://doi.org/10.35760/ik.2023.v28i2.9451>
- Masayu, R. O., & A'yun, A. Q. (2024). Menuju Energi Berkelanjutan: Dinamika Penerapan Kendaraan Listrik di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(14), 835–846. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13748937>
- Nariasih, L. P., Lemes, I. N., & Remaja, I. N. G. (2022). Peranan Dinas Perhubungan Kabupaten Buleleng Dalam Pelaksanaan Program Keselamatan Perhubungan Darat Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2017 Tentang Keselamatan Lalu Lintas Angkutan Jalan. *Kertha Widya : Jurnal Hukum*, 10(1), 45–75. <https://doi.org/10.37637/kw.v10i1.1034>
- Prananta, M. M. J., Pardede, A. M. H., & Sitompul, M. P. U. (2025). Rancang Bangun Pengembangan Robot Pembersih Sampah Berbasis Internet of Thing (IOT) Untuk Pemantauan dan Pengontrolan Jarak Jauh. *Repeater : Publikasi Teknik Informatika Dan Jaringan*, 3(2), 63–74. <https://doi.org/10.62951/repeater.v3i2.407>
- Prastyanto, D., Rozaq, I. A., & Solekhan, S. (2021). Aplikasi Android Untuk Inspeksi dan Sistem Informasi Equipment Main PLC 08. *ELKON : Jurnal Elektro Kontrol*, 1(1), 9–14. <https://doi.org/10.24176/elkon.v1i1.6965>
- Qatrunada, F., Shofiah, S., & Aprianto, R. (2024). System Usability Scale (SUS) Aplikasi Android Pemeriksaan Persyaratan Teknis Kendaraan Bermotor. *JUPRIT : Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, 3(4), 96–104. <https://doi.org/10.55606/juprit.v3i4.4361>

- Sayfulloh, A. (2021). Perancangan Program Penjualan Mainan Berbasis Web Menggunakan Metode Extreme Programming. *REMIK: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 5(2), 306–312. <https://doi.org/10.33395/remik.v5i2.11150>
- Sembiring, R. H. (2025). Strategi Kebijakan Peningkatan Adopsi Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) di Indonesia. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 4(11), 8753–8768. <https://doi.org/10.53625/jirk.v4i11.10076>
- Yassir, M., Agunawan, Gafur, Rahmab, A., & Fitriati, I. (2024). Sistem Informasi Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah. *INSTEK : Jurnal Informatika Sains Dan Teknologi*, 9(1), 156–165. <https://doi.org/10.24252/instek.v9i1.46422>
- Yudhistira, J. (2024). Perancangan Sistem Informasi Ujian Online Menggunakan Metode Extreme Programming. *JAITI : Journal of Artificial Intelligence and Technology Information*, 2(2), 87–95. <https://doi.org/10.58602/jaiti.v2i2.122>

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PANEL SURYA *OFF-GRID* BERDAYA 550 WP UNTUK APLIKASI ENERGI MANDIRI

Nurkahfi Irwansyah¹⁾, Woro Agus Nurtiyanto²⁾, Maman Firmansyah³⁾, Irawati⁴⁾

^{1,2,3,4}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

Correspondence author: N.Irwansyah, dosen01318@unpam.ac.id, Tangerang Selatan, Indonesia

Abstract

Indonesia's electricity demand continues to increase year by year, necessitating alternative renewable energy solutions to reduce dependence on fossil fuels. This study designs and implements an Off-grid Solar Power Plant (PLTS) system with a capacity of 550 Wp using monocrystalline solar panels. The system consists of solar panels, a solar charge controller, a battery, and an inverter designed for small-scale applications. Tests were conducted to evaluate the system's efficiency, including the relationship between solar radiation intensity, voltage, and output current. At an average daily solar radiation intensity of 560.9 W/m², the system produced an average voltage of 28.4 V and an average current of 2.4 A. Additional analysis of the effects of shading and variations in panel tilt angles (16.75°, 28.75°, and 35.8°) showed average daily power outputs of 66.06 W, 70.81 W, and 66.52 W, respectively. The system was proven capable of supplying loads of up to 375 W for household appliances with sufficient energy reserves during the day. These results indicate that the designed Off-grid PV system is feasible and effective for use as an energy source in areas not yet connected to the main electricity grid.

Keywords: electricity, renewable energy, solar power generation, small-scale, household

Abstrak

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun, sehingga diperlukan solusi alternatif berbasis energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-grid* berkapasitas 550 Wp menggunakan panel surya tipe monokristalin. Sistem terdiri dari panel surya, *solar charge controller*, baterai, dan inverter yang dirancang untuk aplikasi skala kecil. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi sistem, termasuk hubungan antara intensitas radiasi matahari, tegangan, dan arus keluaran. Pada rata-rata intensitas radiasi matahari harian sebesar 560,9 W/m², sistem menghasilkan tegangan rata-rata 28,4 V dan arus rata-rata 2,4 A. Analisis tambahan terhadap efek bayangan dan variasi sudut kemiringan panel (16,75°, 28,75°, dan 35,8°) menunjukkan daya rata-rata harian masing-masing sebesar 66,06 W, 70,81 W, dan 66,52 W. Sistem terbukti mampu menyuplai beban hingga 375 W untuk peralatan rumah tangga dengan cadangan energi yang cukup selama siang hari. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem PLTS *Off-grid* yang dirancang layak dan efektif untuk digunakan sebagai sumber energi di daerah yang belum terjangkau jaringan listrik utama.

Kata Kunci: energi listrik, energi terbarukan, pembangkit listrik tenaga surya, skala kecil, rumah tangga

A. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik nasional terus meningkat seiring pertumbuhan ekonomi dan populasi, namun ketergantungan terhadap sumber energi fosil masih mendominasi, sehingga diperlukan transisi menuju energi terbarukan yang lebih berkelanjutan (Yana et al., 2021). Potensi energi terbarukan dari energi surya saat ini belum banyak dimanfaatkan, padahal potensi energi terbarukan sangat besar khususnya di Indonesia (Afif & Martin, 2022). Energi surya merupakan salah satu sumber energi alternatif yang paling potensial di Indonesia, mengingat negara ini berada di garis khatulistiwa dengan intensitas radiasi matahari rata-rata 4,8 kWh/m² per hari (Amalia et al., 2022). Salah satu penerapan energi surya yang relevan untuk daerah tanpa akses listrik PLN adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid*, yaitu sistem yang berdiri sendiri dan tidak terhubung ke jaringan pusat. Sistem ini sangat cocok untuk wilayah pedesaan dan kepulauan yang terpencil (Sihombing & Suwarno, 2021). PLTS *off-grid* umumnya terdiri dari empat komponen utama: panel surya, *solar charge controller* (SCC), baterai, dan inverter. Panel surya berfungsi untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik, SCC mengatur proses pengisian dan pengosongan baterai, baterai menyimpan energi listrik, dan inverter mengubah arus DC menjadi AC agar dapat digunakan oleh peralatan rumah tangga (Syahwil & Kadir, 2021). Kinerja sistem PLTS sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, temperatur lingkungan, dan sudut kemiringan panel. Beberapa studi menunjukkan bahwa efisiensi sistem meningkat secara signifikan jika sudut kemiringan panel disesuaikan dengan lintang geografis lokasi (Mongi et al., 2024). Selain itu, meningkatnya temperatur permukaan panel dapat menurunkan efisiensi konversi energi, terutama pada panel jenis polikristalin (Maulana et al., 2024). Pemilihan jenis panel juga mempengaruhi performa sistem. Panel surya tipe monokristalin dinilai lebih efisien dan cocok untuk area dengan luas

terbatas dibandingkan dengan jenis polikristalin atau thin film (Akbar, 2022). Disisi lain, pengaturan konfigurasi (seri atau paralel) panel turut mempengaruhi tegangan dan arus keluaran yang dibutuhkan oleh sistem (Siregar et al., 2021; Suprajitno et al., 2022).

Penelitian oleh (Karjadi, 2025) menunjukkan bahwa sistem PLTS *off-grid* dengan kapasitas 550 Wp mampu menghasilkan energi cukup untuk memenuhi kebutuhan dasar rumah tangga kecil, dengan hasil pengujian menunjukkan efisiensi sistem yang stabil dalam berbagai sudut kemiringan. Selain itu, penggunaan inverter tipe *modified sine wave* menunjukkan performa yang cukup baik dalam mengonversi arus, meskipun efektivitasnya masih dapat ditingkatkan dengan penggunaan inverter pure *sine wave* (Iskandar et al., 2021).

Dalam pengelolaan beban, sistem juga diuji terhadap berbagai variasi peralatan, termasuk beban resistif dan beban motorik ringan, dengan hasil yang menunjukkan kemampuan sistem dalam mempertahankan tegangan stabil (Toding et al., 2024). Studi-studi lain juga mengonfirmasi bahwa sistem serupa dapat diterapkan di daerah-daerah pelosok, seperti di Nusa Tenggara atau Kalimantan, sebagai solusi elektrifikasi berbasis energi bersih (Sihombing & Suwarno, 2021).

Dengan mempertimbangkan aspek teknis, geografis, dan efisiensi komponen, sistem PLTS *off-grid* 550 Wp dapat dijadikan sebagai alternatif andalan dalam mendukung transisi energi terbarukan di Indonesia (Kusnandar & Sukerayasa, 2021). Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid*, atau dikenal juga sebagai *stand-alone system*, merupakan sistem pembangkitan energi surya yang beroperasi secara independen tanpa terhubung dengan jaringan listrik konvensional seperti PLN. Sistem ini dirancang untuk secara langsung menyuplai energi listrik ke beban pengguna melalui jalur distribusi mandiri (Akbar, 2022). Agar sistem dapat bekerja secara berkelanjutan, baterai penyimpanan menjadi komponen penting yang berfungsi untuk menampung energi

listrik yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik pada siang hari, guna digunakan pada malam hari atau saat intensitas cahaya rendah (Firmansyah et al., 2025).

PLTS yang dirancang ini menggunakan sistem PLTS *off-grid* dengan penyambungan DC atau DC *coupling* karena sistem ini tidak bergantung dengan energi listrik PLN dan tetap dapat menghasilkan energi listrik jika sedang terjadi pemadaman listrik dan memiliki baterai yang berfungsi untuk menyimpan daya (Riafinola et al., 2022).



Gambar 1. PLTS Off Grid

Panel surya jenis Monocrystalline memiliki energi total lebih besar dari panel surya jenis Polycrystalline, dengan selisih energi total dari kedua panel tersebut adalah 4,3763 kWh. Intensitas radiasi matahari dan suhu sekitar memiliki pengaruh terhadap daya listrik yang dihasilkan, semakin besar nilai intensitas radiasi matahari daya listrik yang dihasilkan juga semakin besar dan suhu memiliki pengaruh terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya (Alamsyah et al., 2021).

Solar charge controller atau lebih dikenal dengan singkatan SCC, merupakan alat elektronik untuk mengatur besaran arus dan tegangan yang datang dari solar panel, terlihat digambar dibawah ini :

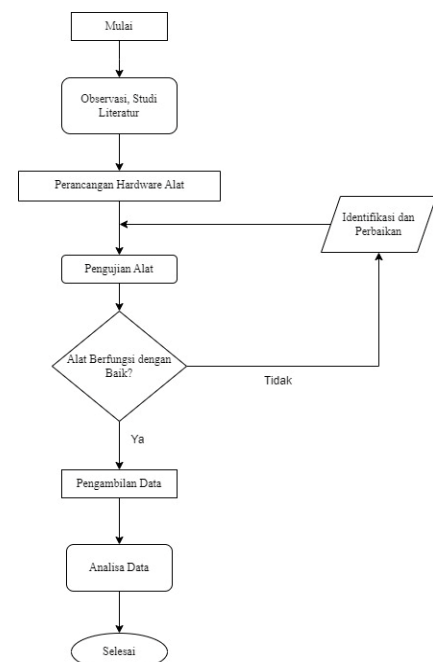


Gambar 2. Solar charge controller.

Terdapat beberapa kegunaan dari *solar charge controller* yaitu menghalangi arus balik, menghindari baterai *overcharge*, *overload protection*, monitoring, dan *control set point*. SCC berfungsi sebagai menghalangi arus balik dari baterai menuju solar panel. Hal tersebut dapat terjadi apabila pada malam hari, ketika solar panel tidak menghasilkan tegangan listrik. Arus Listrik yang sangat rendah pada solar panel memungkinkan untuk baterai memberikan arus ke alat elektronik yang rendah tegangan yaitu solar panel. SCC diberikan untuk memastikan tidak ada arus balik yang dapat memasuki solar panel pada malam hari atau ketika solar panel tidak menghasilkan arus Listrik.

B. METODE PENELITIAN

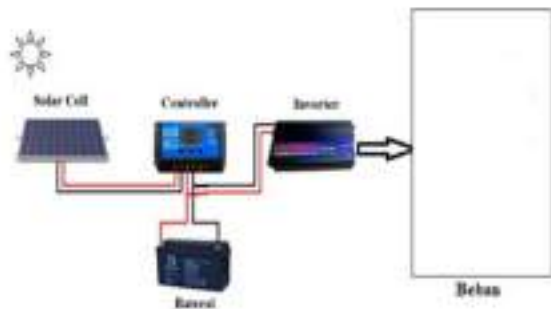
Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan metode rancang bangun dan pengujian sistem PLTS *off-grid* berkapasitas 550 Wp. Tahapan metode dilaksanakan secara sistematis mulai dari perancangan, implementasi, hingga evaluasi performa sistem berdasarkan parameter kelistrikan yang terukur.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

Gambar 3 menunjukkan Flowchart untuk memudahkan dalam penelitian, maka dapat dijelaskan pembahasan setiap Langkah pada penelitian.

Blok Diagram Alat

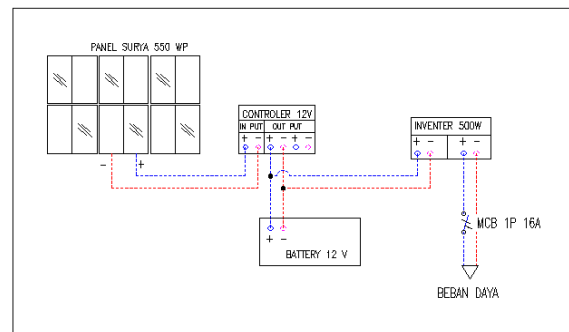


Gambar 4. Blok Diagram Alat

Gambar 4 menunjukkan komponen komponen yang digunakan pada sistem PLTS, bagian pertama adalah panel surya dengan kapasitas 550WP (*watt peak*) yang berfungsi sebagai konversi energi surya menjadi listrik, selanjutnya sebagai *control charger* otomatis ke baterai digunakan SCC (*solar controller charger*) dengan kapasitas 40A, sebagai penyimpan energi listrik digunakan baterai 45Ah, kemudian dari baterai dihubungkan ke inverter untuk merubah arus searah menjadi bolak balik dengan tipe *Sine wave* 500watt. Selanjutnya output dari inverter dihubungkan ke beban.

Perancangan Hardware Alat

Pada PLTS Rangkaian *Off Grid* dengan kapasitas 550Wp dengan jenis monocrystalline tipe TSM-550DE19 dan inverter yang digunakan adalah inverter dengan merk *Pure Sine wave Power Inverter* DC 12V to AC 220V 2000W, dengan rangkaian sederhana agar dapat beroperasi secara maksimal. Berikut dibawah ini rangkaian sederhana PLTS 550 wp.



Gambar 5. Single Line Diagram Wiring Instalasi Panel Surya

Cara perakitan panel surya sendiri untuk skema panel surya sederhana adalah cara terbaik untuk menghemat biaya dan memaksimalkan potensi energi matahari.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian daya keluaran pada alat

PLTS *system Off Grid* berkerja mandiri atau independen dari jaringan listrik yang di suplay oleh PLN. PLTS *Off Grid* menggunakan baterai untuk menyimpan listrik cadangan yang lebih besar yang terus beroperasi sebagai antisipasi saat cuaca kurang mendukung, saat malam hari, atau terjadi pemadaman jaringan listrik.

Berikut daya dari solar panel 550 WP yang di gunakan untuk alat elektronik saat pengetesan beban di waktu siang hari dalam keadaan panas.

Tabel 1. Beban Peralatan Elektronik

No	Nama Alat	Jumlah	Daya
1	Kipas Angin	1 buah	45 watt
2	Pompa Air	1 buah	150 watt
3	Pompa Aquarium	1 buah	45 watt
4	Charger Laptop	3 buah	135 watt
Total			375 watt

Dari pengambilan data beban yang di pakai untuk peralatan elektronik seperti kipas angin, pompa air, pompa aquarium dan *charger* laptop yang di gunakan disaat siang hari dalam keadaan panas, total daya yang di pakai adalah 375 watt, sedangkan solar panel yang dipasang bekapasitas 550 watt, jadi masih ada sisa sekitar 175 watt lagi.

Tabel 2. Alat, Input dan Output pada Rangkaian

No	Alat	Input	Output
1	Solar Cell	33,5 VDC	33,5 VDC
2	Solar charge controller	33,5 VDC	12,1 VDC
3	Battery	12,1 VDC	12,1 VDC
4	Inverter	12,1 VDC	223 VAC



Gambar 6. Pengukuran Output dari Inverter

Pada Tabel 2. dan Gambar 6. menunjukan arus tegangan yang terbaik pada rancang bangun yang dimana pada hasil input Solar Cell yaitu 33,5 VDC dan Output pada Inverter yaitu 223 VAC. Hasil nilai yang ada di tabel 2 menggunakan alat multitester dan tang amper sebagai alat ukur tegangan dan watt meter.

Pengujian Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Panel Surya

Pada pengujian ini, untuk mengetahui intensitas cahaya matahari terhadap panel surya menggunakan alat Solar power panel. Dimana Solar power meter yang berfungsi untuk mengukur intensitas radiasi matahari.



Gambar 7. Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari

Efisiensi panel surya merupakan ukuran keluaran daya listrik panel surya dibagi dengan luas penampang dan intensitas cahaya matahari. Umumnya semakin tinggi efisiensi

sebuah panel surya maka semakin banyak daya yang dihasilkan panel surya. Berikut Tabel Data Hasil Pengujian Intensitas Cahaya Matahari dan Tegangan

Tabel 3. Data Intensitas Cahaya Matahari dan Tegangan

No	Waktu	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Tegangan (V)
1	09:00	472,2	29,4
2	09:30	539,5	30,4
3	10:00	599	31,3
4	10:30	742,1	32,3
5	11:00	813,7	34,2
6	11:30	830,9	33,2
7	12:00	841,8	35,5
8	13:00	735,1	32,3
9	13:30	608,7	31,9
10	14:00	597,6	30,9
11	14:30	493,3	30,8
12	15:00	272,8	19,4
13	15:30	170,1	13,6
14	16:00	135,3	12,4
Rata – Rata		560,9	28,4

Berdasarkan pengukuran pada tabel 3 hasil dari pengambilan data Intensitas Cahaya matahari terhadap tegangan, diketahui Intensitas Cahaya matahari tertinggi 841,8 W/m² pada tegangan 35,5 V dan pada saat Intensitas Cahaya matahari terendah 135,3 W/m² pada tegangan 12,4 V. Dan rata rata setiap harinya Intensitas Cahaya matahari diketahui sebesar 560,9 W/m² dan tegangan rata rata setiap harinya diketahui sebesar 28,4 V.



Gambar 8. Grafik Intensitas Cahaya Matahari dan Tegangan

Berikut Tabel Data Hasil Pengujian Intensitas Cahaya Matahari dan Arus

Tabel 4. Data Intensitas Cahaya Matahari dan Arus

No	Waktu	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Arus (A)
1	09:00	472,2	0,5
2	09:30	539,5	1,9
3	10:00	599	2,3
4	10:30	742,1	3,0
5	11:00	813,7	3,2
6	11:30	830,9	3,0
7	12:00	841,8	4,1
8	13:00	735,1	3,2
9	13:30	608,7	3,1
10	14:00	597,6	2,9
11	14:30	493,3	0,7
12	15:00	272,8	1,9
13	15:30	170,1	1,9
14	16:00	135,3	1,3
Rata – rata		560,9	2,4

Berdasarkan pengukuran pada gambar 8 hasil dari pengambilan data Intensitas Cahaya matahari terhadap arus diketahui Intensitas Cahaya matahari tertinggi 841,8 W/m² pada arus tertinggi 3,8 A dan Intensitas Cahaya

matahari terendah 135,3 W/m² pada arus terendah 1,3 A pada saat. Dan rata rata setiap harinya Intensitas Cahaya matahari diketahui sebesar 560,9 W/m² dan tegangan rata rata setiap harinya diketahui sebesar 2,4 A.



Gambar 9. Grafik Intensitas Cahaya Matahari dan Arus.

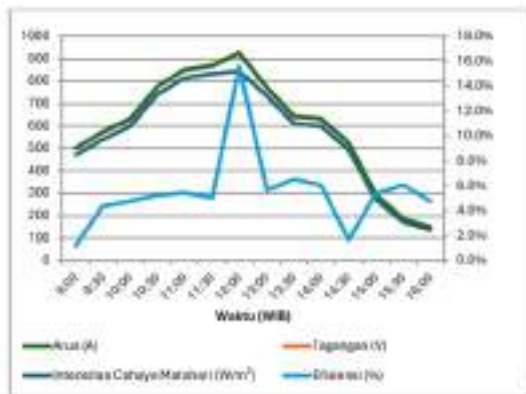
Berikut data Efisiensi yang didapatkan pada penelitian ini :

Tabel 5. Data Efisiensi

No	Waktu	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Rata rata Tegangan (V)	Rata rata Arus (A)	Efisiensi(%)
1	09:00	472,2	29,4	0,5	1,2%
2	09:30	539,5	30,4	1,9	4,3%
3	10:00	599	31,34	2,3	4,7%
4	10:30	742,1	32,29	3,0	5,3%
5	11:00	813,7	34,2	3,2	5,4%
6	11:30	830,9	34,9	3,0	5,1%
7	12:00	841,8	35,5	4,1	15,6%
8	13:00	735,1	32,3	3,2	5,7%
9	13:30	608,7	31,9	3,1	6,5%
10	14:00	597,6	30,9	2,9	6,1%
11	14:30	493,3	30,8	0,7	1,6%
12	15:00	272,8	19,4	1,9	5,4%
13	15:30	170,1	13,6	1,9	6,1%
14	16:00	135,3	12,4	1,3	4,8%
Rata - Rata		560,9	31,7	2,4	5,5%

Berdasarkan pengukuran pada gambar 9 hasil dari pengambilan data Intensitas Cahaya, tegangan, arus dan efisiensi diketahui Intensitas Cahaya 841,8 W/m² dengan tegangan tertinggi 35,5 V dan arus tertinggi 4,1 menjadikan efisiensi tertinggi 15,6% sedangkan pada tabel ini diketahui

Intensitas Cahaya terendah 135 W/m² dengan tegangan 12,4 V dan arus terendah 1,3 A serta efisiensi terendah 1,6%, sehingga rata rata hari pertama Intensitas Cahaya 560,9, rata rata tegangan 31,7 V, dan rata rata arus 2,4 sehingga menghasilkan efisiensi rata rata 5,5%.

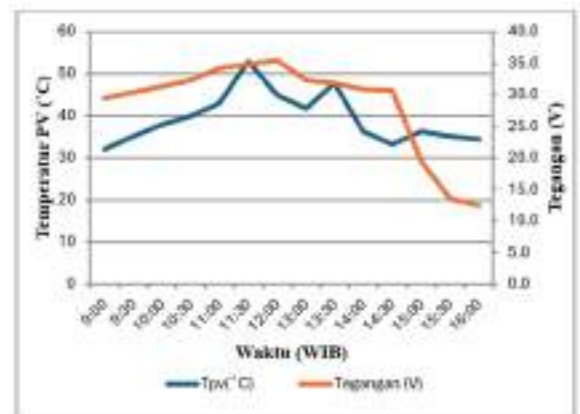


Gambar 10. Grafik Efisiensi

Tabel 6. Data Temperatur PV dan Tegangan

No	Waktu	Tpv(°C)	Tegangan (V)
1	09:00	32	29,4
2	09:30	35	30,4
3	10:00	38	31,3
4	10:30	40	32,3
5	11:00	43	34,2
6	11:30	53	34,9
7	12:00	45	35,5
8	13:00	42	32,3
9	13:30	48	31,9
10	14:00	36	30,9
11	14:30	33	30,8
12	15:00	36	19,4
13	15:30	35	13,6
14	16:00	35	12,4
Rata - Rata		39,3	28,5

Berdasarkan pengukuran pada 10. hasil dari pengambilan data temperatur terhadap tegangan diketahui temperatur tertinggi 53°C pada Pada Tegangan 34,9 V dan Temperatur terendah 32 °C pada saat Tegangan 29,4 V. Dan rata rata setiap harinya temperature 40 °C diketahui dan tegangan rata rata setiap harinya diketahui sebesar 32 V.



Gambar 11. Grafik Temperatur PV dan Tegangan

Pengujian pengukuran untuk mengetahui hasil pengaruh bayangan pada Tegangan PV, selama 1 hari penuh dengan waktu pengambilan data setiap 30 menit sekali dari pukul 09:00 sampai 16:00, agar mendapatkan hasil yang baik dan akurat.

Tabel 7. Pengukuran Tegangan saat PV Shading

No	Jam	Radiasi (W/m2)	Tegangan (V)
1	09.00	172,30	21,42
2	09.30	189,80	36,80
3	10.00	270,60	12,50
4	10.30	185,10	31,36
5	11.00	64,1	13,05
6	11.30	137,20	19,09
7	12.00	120,20	13,74
8	13.00	112,8	32,99
9	13.30	395,1	12,69
10	14.00	275,5	12,89
11	14.30	62,40	12,69
12	15.00	98,00	29,37
13	15.30	83,20	18,52
14	16.00	72,10	18,48
Rata-rata		159,89	20,40

Berikut ini merupakan grafik pengambilan data dan dapat di jadikan gambaran untuk melihat Tegangan dari Produksi PLTS 550Wp saat Terkena Shading.



Gambar 12. Grafik Pengukuran Tegangan Saat PV Shading

Dapat kita lihat pada gambar 12. telah terjadi naik turunnya Tegangan setiap 30 menit berbeda beda, lalu untuk tegangan paling besar pada pukul 10:00 dengan nilai Tegangan 36,80 V dan nilai tegangan paling kecil pukul 14:30 dengan nilai tegangan 12,69 V, untuk nilai tegangan terkecil dikarenakan perubahan cuaca dan bergesernya matahari.

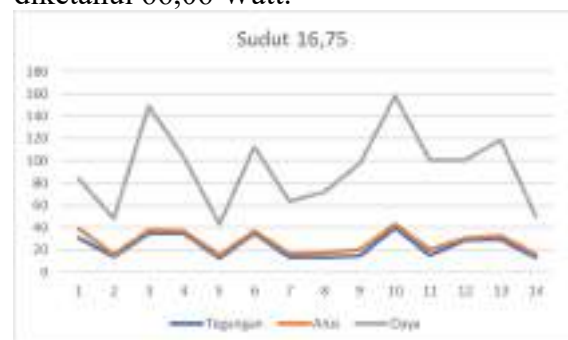
Pengujian pada sudut kemiringan

Pada pengambilan data Sudut kemiringan, Tegangan dan Arus terhadap pembangkit listrik tenaga surya ini untuk mengetahui hasil daya maksimal, maka dilakukan pengukuran pada panel surya. Pengukuran ini diambil secara experimental dimana pengambilan data dilakukan diluar ruangan (outdoor) tujuannya adalah untuk mengumpulkan data secara real di lapangan.

Tabel 8. Sudut Kemiringan 16,75°

No	Jam	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Sudut Kemiringan (°)
1	9:00	30,91	7,74	45,2	16,75
2	9:30	13,48	2,41	32,5	16,75
3	10:00	34,45	3,24	111,6	16,75
4	10:30	34,93	1,9	66,4	16,75
5	11:00	12,6	2,25	28,4	16,75
6	11:30	34,67	2,17	75,4	16,75
7	12:00	13,1	3,59	47	16,75
8	13:00	13,32	4,09	54,5	16,75
10	13:30	14,47	5,39	78	16,75
11	14:00	39,47	3,76	114,7	16,75
12	14:30	14,86	5,41	80,4	16,75
13	15:00	28,19	2,49	70,1	16,75
14	15:30	29,4	2,93	86,2	16,75
15	16:00	13,31	2,59	34,5	16,75
Rata – rata		23	3,5	66,06	

Berdasarkan pengukuran pada gambar 7. dengan sudut 16,75 pada hari pertama hasil dari pengambilan data Sudut kemiringan terhadap tegangan, arus dan daya, diketahui tegangan tertinggi yaitu 35,93 Volt, arus tertinggi yaitu 5,41 Ampere, dan daya tertinggi yaitu 114,7 Watt. Kemudian pada tegangan terendah 12,6 Volt, arus terendah yaitu 1,9 Ampere, dan daya terendah yaitu 28,4 Watt. Maka tegangan rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 23 Volt, arus rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 3,5 Ampere, dan daya rata - rata setiap harinya diketahui 66,06 Watt.



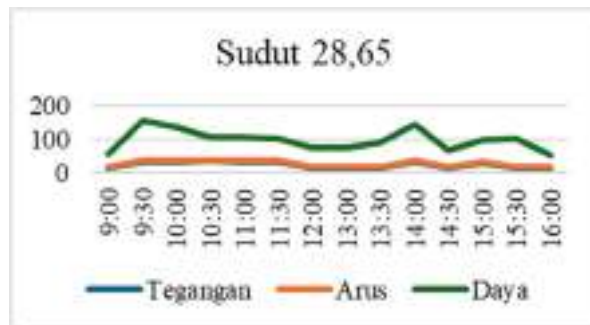
Gambar 13. Grafik Sudut Kemiringan 16,75°

Tabel 9. Sudut Kemiringan 28,75°

No	Jam	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Sudut Kemiringan (°)
1	9:00	12,58	3,04	38,3	28,75
2	9:30	33,5	3,78	118,4	28,75
3	10:00	34,1	2,89	98,6	28,75
4	10:30	34,58	2,51	69,1	28,75
5	11:00	32,41	2,25	73	28,75
6	11:30	34,4	1,95	67,1	28,75
7	12:00	13,31	4,96	55,3	28,75
8	13:00	13,34	4,29	57,2	28,75
10	13:30	13,62	5,17	70,4	28,75
11	14:00	32,99	3,25	107,1	28,75
12	14:30	14,1	3,25	49,2	28,75
13	15:00	28,51	2,29	66,3	28,75
14	15:30	14,2	3,55	86,2	28,75
15	16:00	13,34	2,64	35,2	28,75
Rata – rata		23	3,27	70,81	

Berdasarkan pengukuran pada tabel 9. dengan sudut 28,75° pada hari pertama hasil dari pengambilan data Sudut kemiringan terhadap tegangan, arus dan daya, diketahui tegangan tertinggi yaitu 34,58 Volt, arus

tertinggi yaitu 4,96 Ampere, dan daya tertinggi yaitu 118,4. Kemudian pada tegangan terendah 14,1 Volt, arus terendah yaitu 1,95 Ampere, dan daya terendah yaitu 35,2 Watt. Maka tegangan rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 23 Volt, arus rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 3,7 Ampere, dan daya rata - rata setiap harinya diketahui 70,81 Watt.



Gambar 14. Grafik Sudut Kemiringan 28,65°

Tabel 10. Sudut Kemiringan 35,8°

No	Jam	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Sudut Kemiringan (°)
1	9:00	33,54	3,33	111,6	35,8
2	9:30	12,8	0,56	7,2	35,8
3	10:00	33,99	2,79	94,7	35,8
4	10:30	34,93	1,9	35,4	35,8
5	11:00	30,53	2,29	69,8	35,8
6	11:30	34,1	1,98	67,1	35,8
7	12:00	13,42	4,9	65,8	35,8
8	13:00	13,41	4,57	61,3	35,8
10	13:30	33,43	3,92	131,2	35,8
11	14:00	34,17	2,78	94,9	35,8
12	14:30	13,28	1,9	25,2	35,8
13	15:00	29,75	2,23	86,2	35,8
14	15:30	14,2	3,55	48,7	35,8
15	16:00	13,29	2,43	32,3	35,8
Rata – rata		25	2,79	66,52	

Berdasarkan pengukuran pada Tabel 10. dengan sudut 35,8 pada hari pertama hasil dari pengambilan data Sudut kemiringan terhadap tegangan, arus dan daya, diketahui tegangan tertinggi yaitu 34,93 Volt, arus tertinggi yaitu 4,57 Ampere, dan daya tertinggi yaitu 131,2 Watt. Kemudian pada tegangan terendah 14,2 Volt, arus terendah yaitu 0,56 Ampere, dan daya terendah yaitu 7,2 Watt. Maka tegangan rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 25 Volt, arus rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 2,79 Ampere, dan daya rata - rata setiap harinya diketahui 66,52 Watt.



Gambar 15. Grafik Sudut Kemiringan 35,8°

D. PENUTUP

Perancangan *Hardware* Panel Surya yang digunakan pada penelitian ini yaitu Alat dan Bahan Untuk Perakitan Panel Surya dipilih, Modul PV Monocrystalline dengan kapasitas 550 Wp, SCC (Solar Controller Charger) 12/24 Volt, Baterai Aki 12 Volt, Inventer 5000 Watt, Multitester, Tang Amper, Solar Power Meter, Termometer, Power Meter, Watt meter, MCB (Miniature Circuit Breaker) 16 Amper, Kabel 2 x 1,5 mm.

Hasil pengambilan data beban yang di pakai untuk peralatan elektronik seperti kipas angin, pompa air, pompa akuarium dan *charger* laptop yang di gunakan disaat siang hari dalam keadaan panas, didapatkan total daya yang dipakai adalah 375 watt.

Hasil dari pengambilan data Intensitas Cahaya matahari terhadap tegangan, diketahui Intensitas Cahaya matahari tertinggi 841,8 W/m² pada tegangan 35 ,5 V dan pada saat Intensitas Cahaya matahari terendah 135,3 W/m² pada tegangan 12,4 V. Dan rata rata setiap harinya Intensitas Cahaya matahari diketahui sebesar 560,9 W/m² dan tegangan rata rata setiap harinya diketahui sebesar 28,4 V terhadap arus diketahui Intensitas Cahaya matahari tertinggi 841,8 W/m² pada arus tertinggi 3,8 A dan Intensitas Cahaya matahari terendah 135,3 W/m² pada arus terendah 1,3 A. Dan rata rata setiap harinya Intensitas Cahaya matahari diketahui sebesar 560,9 W/m² dan arus rata rata setiap harinya diketahui sebesar 2,4 A.

Hasil pengujian PV Shading terjadi naik turunnya tegangan setiap 30 menit berbeda

beda, untuk tegangan paling besar pada pukul 10:00 dengan nilai Tegangan 36,80 V dan nilai tegangan paling kecil pukul 14:30 dengan nilai tegangan 12,69 V, untuk nilai tegangan terkecil dikarenakan perubahan cuaca dan bergesernya matahari

Hasil pengukuran pada sudut kemiringan 16,75° pada hari pertama didapatkan hasil tegangan tertinggi yaitu 35,93 Volt, arus tertinggi yaitu 5,41 Ampere, dan daya tertinggi yaitu 114,7 Watt. Kemudian pada tegangan terendah 12,6 Volt, arus terendah yaitu 1,9 Ampere, dan daya terendah yaitu 28,4 Watt. tegangan rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 23 Volt, arus rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 3,5 Ampere, dan daya rata - rata setiap harinya diketahui 66,06 Watt

Dan sudut 28,75° diketahui tegangan tertinggi yaitu 34,58 Volt, arus tertinggi yaitu 4,96 Ampere, dan daya tertinggi yaitu 118,4. Kemudian pada tegangan terendah 14,1 Volt, arus terendah yaitu 1,95 Ampere, dan daya terendah yaitu 35,2 Watt. Maka tegangan rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 23 Volt, arus rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 3,7 Ampere, dan daya rata - rata setiap harinya diketahui 70,81 Watt.

Pada sudut 35,8° pada hari pertama hasil diketahui tegangan tertinggi yaitu 34,93 Volt, arus tertinggi yaitu 4,57 Ampere, dan daya tertinggi yaitu 131,2 Watt. Kemudian pada tegangan terendah 14,2 Volt, arus terendah yaitu 0,56 Ampere, dan daya terendah yaitu 7,2 Watt. Maka tegangan rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 25 Volt, arus rata – rata setiap harinya diketahui sebesar 2,79 Ampere, dan daya rata - rata setiap harinya diketahui 66,52 Watt.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Afif, F., & Martin, A. (2022). Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 6(1), 43–52. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v6i1.997>
- Akbar, M. A. (2022). *Analisis Teknis dan*

Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terintegrasi Vertical Indoor Farming. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru.

- Alamsyah, T., Hiendro, A., & Abidin, Z. (2021). Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Mono-Crystalline dan Poly-Crystalline Di Kota Pontianak dan Sekitarnya. *J3EIT: Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, 9(2), 1–9. <https://doi.org/10.26418/j3eit.v9i2.48425>
- Amalia, D., Abdillah, H., & Hariyadi, T. W. (2022). Analisa Perbandingan Daya Keluaran Panel Surya Tipe Monokristalin 50wp Yang Dirangkai Seri Dan Paralel Pada Instalasi Plts Off - Grid. *ELEMENTER: Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 8(1), 12–21. <https://doi.org/10.35143/elementer.v8i1.5187>
- Firmansyah, D. W., Widodo, K. A., & Agustini, N. P. (2025). Analisis Efisiensi Pengisian Baterai Pada PLTS Off Grid Dengan Sistem SCC PWM dan MPPT Menggunakan Simulink. *Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, 9(2), 130–144. <https://ejournal.itn.ac.id/magnetika/article/view/14604>
- Iskandar, M., Afroni, M. Y., & Basuki, B. M. (2021). Rancang Bangun Inverter Pur Sine Wave Satu Fasa Berbasis Arduino Uno. *Science Electro*, 13(3), 1–6. <https://jim.unisma.ac.id/index.php/jte/article/view/9734>
- Karjadi, M. (2025). Optimalisasi Efisiensi Panel Surya dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga. *Ranah Research: Journal Of Multidisciplinary Research and Development*, 7(4), 3002–3010. <https://doi.org/10.38035/rrij.v7i4.1579>

- Kusnandar, G. D., & Sukerayasa, I. N. S. K. I. W. (2021). Pengaruh Kebijakan, Regulasi, dan Anggaran Terhadap Perkembangan Kapasitas PLTS di Australia. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 20(2), 1–12. <https://doi.org/10.24843/MITE.2021.v20i02.P0X>
- Maulana, M. Y., Jati, B. P., & Widiastuti, I. (2024). Analisa Perbandingan Efisiensi Konversi Energi antara PV (Photovoltaic) Monocrystalline 50 WP dan Polycrystalline 50 WP Pada Berbagai Intensitas Cahaya. *Cyclotron: Jurnal Teknik Elektro*, 7(2), 1–7. <https://doi.org/10.30651/cl.v7i02.21821>
- Mongi, G., Maundeng, T., Ariantara, I. W. M., Momongan, H. G., & Manurip, R. A. (2024). Review Jurnal: Implementasi Teknologi PLTS Pada Pedesaan di Indonesia. *ELEKTRIK: ELEktronika, Kontrol Dan Tenaga ListRIK*, 03(02), 38–50. <https://doi.org/10.65485/elektrik.v3i1.1073>
- Riafinola, H., Karlina, I., Nur, L., & Sholihuddin, I. (2022). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Penggunaan Listrik Rumah Tangga. *JAEE : Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(2), 79–84. <https://doi.org/10.30871/jaee.v6i2.4809>
- Sihombing, G., & Suwarno. (2021). Pemanfaatan Energi Terbarukan of Grid di Daerah Terpencil Indonesia. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro Dan Informatika*, 16(2), 40–53. <https://doi.org/10.30587/e-link.v16i2.3027>
- Siregar, M., Evalina, N., Cholish, C., Abdullah, A., & Haq, M. Z. (2021). Analisa Hubungan Seri Dan Paralel Terhadap Karakteristik Solar Sel Di Kota Medan. *RELE : Rekayasa Elektrikal Dan Energi*, 3(2), 94–100. <https://doi.org/10.30596/rele.v3i2.6492>
- Suprajitno, A., Utomo, S. B., & Nugroho, D. (2022). Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Energi Angin dan Surya Melalui Sistem Battery Charging Switching. *Cyclotron: Jurnal Teknik Elektro*, 5(01), 14–20. <https://doi.org/10.30651/cl.v5i1.11281>
- Syahwil, M., & Kadir, N. (2021). Rancang Bangun Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem Off-grid Sebagai Alat Penunjang Praktikum Di Laboratorium. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 3(1), 26–35. <https://doi.org/10.14710/jplp.3.1.26-35>
- Toding, A. D., Wartana, I. M., & Krismanto, A. U. (2024). Analisis Pengaruh Integrasi PV Terhadap Kestabilan Statis Tegangan Pada Sistem Kelistrikan Lombokudul Sesuai Kebutuhan. *Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, 8(1), 184–199. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/magnetika/article/view/10215>
- Yana, S., Nizar, M., & Yulisma, A. (2021). Prospek Utama Pengembangan Energi Terbarukan Di Negara-Negara ASEAN. *JSE : Journal Serambi Engineering*, 6(2), 1702–1720. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i2.2866>

EFEKTIFITAS IMPLEMENTASI MANGLE FIREWALL PADA MANAJEMEN BANDWIDTH DI POLITEKNIK NEGERI CILACAP MELALUI PENDEKATAN PPDIOO

Andesita Prihantara¹⁾, Antonius Agung Hartono²⁾, Hakim Annaisaburi³⁾

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Politeknik Negeri Cilacap

Correspondence author: A.Prihantara, andesita.p@pnc.ac.id, Cilacap, Indonesia

Abstract

Computer networks are essential to almost all organizations, agencies, and companies, supporting their activities and serving as a top priority for facilitating information access. One such institution is the Cilacap State Polytechnic, which utilizes the internet to support academic activities. However, the high volume of user activity on the network has caused instability. This study aims to implement a bandwidth management configuration using a Mangle firewall. The study used the PPDIOO (Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize) approach, systematically following the steps to address this issue. The results of the study are a bandwidth management configuration using a mangle firewall in the raw rule, applying the connection bytes parameter, and also using the Peer Connection Queue (PCQ) method. The mangle firewall separates traffic, facilitating bandwidth allocation in the Queue Tree. The new configuration has proven to help allocate bandwidth using PCQ based on user needs at the Cilacap State Polytechnic.

Keywords: computer network, *bandwidth* management, *firewall*, *ppdioo*, *pcq*

Abstrak

Jaringan komputer sangat dibutuhkan hampir diseluruh organisasi, instansi maupun perusahaan untuk menunjang kegiatan, dan menjadi prioritas utama untuk mempermudah dalam mengakses informasi. Salah satunya adalah Politeknik Negeri Cilacap yang merupakan institusi yang menggunakan jaringan internet sebagai penunjang kegiatan akademik, namun dengan begitu banyak aktivitas pengguna dalam menggunakan jaringan internet tersebut membuat jaringan menjadi tidak stabil. Penelitian ini bertujuan mengimplemenyasikan konfigurasi manajemen *bandwidth* menggunakan *firewall* mangle. Penelitian dilakukan melalui pendekatan PPDIOO (*Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize*) secara sistematis melakukan langkah-langkah dalam memperbaiki permasalahan tersebut. Hasil penelitian berupa konfigurasi manajemen *bandwidth* dengan *firewall* mangle pada *raw rule* dengan menerapkan parameter *connection bytes* kemudian juga menggunakan metode *Peer Connection Queue* (PCQ). *Firewall* Mangle memiliki fungsi untuk memisahkan *traffic* sehingga akan mudah dalam pembagian *bandwidth* pada *Queue Tree*. Konfigurasi yang baru terbukti membantu dalam pembagian *bandwidth* yang dibagi menggunakan PCQ berdasarkan kebutuhan pengguna di Politeknik Negeri Cilacap.

Kata Kunci: jaringan komputer, manajemen *bandwidth*, *firewall*, *ppdioo*, *pcq*

A. PENDAHULUAN

Jaringan komputer sangat diperlukan di hampir semua organisasi, lembaga, dan perusahaan untuk mendukung aktivitas, serta menjadi prioritas utama dalam memudahkan akses informasi (Irawati & Fitriansyah, 2025). Namun, hal itu harus didukung oleh koneksi internet yang stabil, semakin banyak pengguna jaringan komputer di instansi tersebut, menyebabkan lalu lintas internet yang ada menjadi padat dan membuat koneksi internet tidak stabil (Idham et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan peningkatan dalam mutu jaringan komputer, salah satunya melalui pengelolaan penggunaan *bandwidth*.

Bandwidth adalah batas tertinggi yang dapat digunakan untuk mentransfer data dalam satuan bit per detik (Marlina & Perdana, 2022). Semakin tinggi kapasitas *bandwidth* yang ada, semakin besar pula jumlah paket data yang bisa diterima (Lienardy et al., 2025). Di sebuah lembaga, tentu terdapat banyak pengguna yang memanfaatkan jaringan internet di lembaga tersebut dengan kebutuhan *bandwidth* yang bervariasi seperti unduhan, penjelajahan, media sosial, dan *streaming*. Dengan variasi kebutuhan akses internet, *bandwidth* yang diperoleh setiap pengguna akan bervariasi, sehingga diperlukan manajemen *bandwidth* untuk mengatur kapasitas yang akan diterima setiap pengguna sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Manajemen *Bandwidth* adalah aspek penting dalam jaringan komputer, yaitu metode yang digunakan untuk mengatur seberapa banyak *bandwidth* yang akan dipakai oleh setiap pengguna di dalam jaringan berdasarkan trafik secara adil (Rafi et al., 2023). Pengelolaan *bandwidth* dapat dilaksanakan dengan menggunakan Mikrotik *routerOS* (Tutu et al., 2022).

Mikrotik *routerOS* adalah salah satu jenis produk yang diciptakan oleh perusahaan Mikrotik, yang dikenal dalam pembuatan perangkat jaringan komputer. Mikrotik *routerOS* adalah perangkat lunak yang *user-friendly* untuk pengelolaan *bandwidth* dan menawarkan beragam fitur, salah satunya

adalah Mangle *firewall* (Julian et al., 2023). Fungsi dari Mangle *firewall* ialah untuk menandai paket data yang lewat melalui *router* serta memberikan batasan *bandwidth* pada paket data yang sudah ditandai yang akan dibatasi di *Queue Tree* (Noor & Chandra, 2020).

Politeknik Negeri Cilacap adalah sebuah institusi pendidikan di Cilacap, Jawa Tengah, yang memanfaatkan koneksi internet untuk mendukung aktivitas akademis. Untuk mendukung tujuan ini, koneksi internet yang handal sangat dibutuhkan. Berdasarkan informasi dari sumber yang merupakan kepala TIK, unit yang bertanggung jawab atas jaringan internet, ada beberapa kelemahan dalam pengelolaan *bandwidth* yang ada. Dalam pengelolaan tersebut, alokasi dilakukan berdasarkan prioritas dari ruang yang membutuhkan akses internet cepat, namun *bandwidth* yang tersedia masih bersifat umum atau belum terfokus. Berdasarkan keterangan dari sumber, tantangan yang dihadapi saat ini adalah adanya ketidaksesuaian dalam kebutuhan jaringan. Ketika pengguna mengakses internet untuk aktivitas seperti menjelajah, mengunduh, menonton *streaming*, dan bersosial media, kestabilan *bandwidth* menjadi terganggu. Ini terjadi karena semua aktivitas tersebut bersaing memanfaatkan kuota *bandwidth* yang terbatas, terutama karena tidak ada pembatasan penggunaan pada jenis trafik tertentu, sehingga menyebabkan penggunaan *bandwidth* yang berlebihan. *Bandwidth* cenderung memberikan prioritas kepada pengguna yang memerlukan pengiriman data dalam jumlah besar, seperti saat mengunduh dan melakukan *streaming*, berbeda halnya dengan pengguna yang hanya browsing atau menggunakan media sosial. Inilah yang mengakibatkan koneksi bagi sebagian pengguna menjadi lambat.

Pada penelitian sebelumnya pernah dilakukan untuk mengatasi persoalan pengelolaan *bandwidth*, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan manajemen *bandwidth* melalui *Queue Tree* di BPJS Ketenagakerjaan telah berhasil

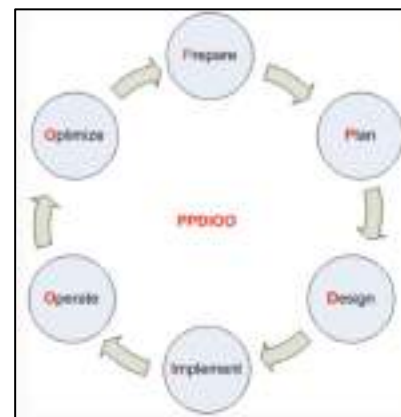
membagi *bandwidth* di setiap sektor secara seimbang, disesuaikan dengan kebutuhan saat pengguna mengakses jaringan internet (Azizah & Veritawati, 2021). Studi literatur mengenai pengelolaan *bandwidth* menggunakan *simple queue* dan *Queue Tree* juga pernah dilakukan sebelumnya, dimana pada penelitian tersebut menyampaikan bahwa manajemen kapasitas *bandwidth* lebih efektif dengan menggunakan *Queue Tree* dibandingkan dengan *simple queue*. Meskipun *Queue Tree* memiliki struktur yang lebih rumit dan tidak semudah *simple queue*. Namun, kinerja dari *Queue Tree* jauh lebih efisien, memberikan koneksi internet yang lebih stabil, serta optimal, sehingga para profesional di bidang teknologi yang memiliki pengalaman lebih cenderung memilih *Queue Tree* (Paskal, 2024).

Berdasarkan dari permasalahan maupun penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, diperlukan adanya pengelolaan kapasitas *bandwidth* yang dimiliki oleh Politeknik Negeri Cilacap. Pengelolaan kapasitas *bandwidth* yang dilakukan adalah dengan menambahkan *firewall* Mangle untuk memberikan *marking* atau menandai paket yang berjalan pada masing-masing trafik dan digabungkan dengan PCQ (*Peer Connection Queue*) dalam *Queue Tree* untuk membatasi serta membagi kapasitas *bandwidth* yang berjalan di Politeknik Negeri Cilacap, sehingga pengaturan penggunaan kapasitas *bandwidth* menjadi lebih mudah bagi administrator berdasarkan kebutuhan tiap pengguna terkait trafik yang ada.

B. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam implementasi *firewall* Mangle dan PCQ *raw rule* untuk pengelolaan *bandwidth* di Politeknik Negeri Cilacap adalah PPDIOO, yaitu *Prepare*, *Plan*, *Design*, *Implement*, *Operate*, dan *Optimize*. Metode PPDIOO adalah pendekatan yang efektif. Ini terbukti dari adanya langkah-langkah sistematis yang disusun untuk menyelesaikan pelaksanaannya (Subandri et al., 2023). PPDIOO berfungsi

sebagai proses optimasi kinerja jaringan. Terdapat enam langkah dalam PPDIOO, yang juga dikenal sebagai Layanan Siklus Hidup Cisco. Setiap tahapnya akan menjelaskan kegiatan yang berkaitan dengan penggunaan teknologi Cisco. Untuk mendukung pertumbuhan jaringan, Layanan Siklus Hidup Cisco dirancang khusus dalam konteks tersebut. PPDIOO: Enam tahap Layanan Siklus Hidup Cisco menawarkan pendekatan untuk mendukung jaringan.

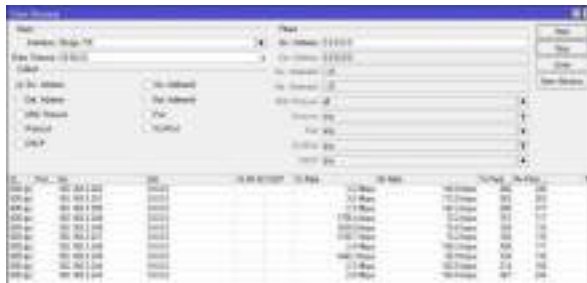


Gambar 1. Metode PPDIOO

Prepare

Prepare atau persiapan adalah fase yang paling krusial dalam pendekatan PPDIOO. Di fase ini, penulis mengevaluasi masalah yang ada dalam sistem jaringan yang beroperasi di Politeknik Negeri Cilacap serta meneliti kebutuhan jaringan di institusi tersebut. Prosedur yang diterapkan pada tahap ini mencakup cara untuk mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi, menyelesaikan masalah-masalah, mengenali rintangan yang umum terjadi, dan mempelajari teknologi terkait. Pada fase ini, peneliti melakukan survei dan wawancara dengan pengelola atau administrator jaringan komputer di Politeknik Negeri Cilacap. Gambar 2 memberikan gambaran skema penggunaan *bandwidth* yang berjalan pada 10 PC tanpa adanya pemisahan trafik. Dimana terdapat pembagian *bandwidth* yang tidak sama, yaitu saat user sedang *download* dan *streaming* bisa mendapatkan *bandwidth* yang lebih besar dibandingkan dengan *browsing* dan *social media*. Tidak sampai itu saja, bahkan antar PC dapat

bandwidth yang tidak merata seperti PC IP 192.168.3.252 memperoleh besaran *bandwidth* mencapai 3,2 Mbps sedangkan PC IP 192.168.3.249 hanya memperoleh 1,7 Mbps.



Gambar 2. Penggunaan *Bandwidth* Berjalan

Plan

Plan atau perencanaan merupakan fase yang diambil dalam melakukan eksperimen yang dilaksanakan di Politeknik Negeri Cilacap. Penulis melaksanakan eksperimen pengelolaan *bandwidth* di beberapa unit kerja di Politeknik Negeri Cilacap seperti Unit Pelaksana Teknis (UPT) Teknologi Informasi dan Komunikasi serta Unit Pelaksana Teknis (UPT) Perawatan Pemeliharaan Perbaikan dengan menerapkan konfigurasi *firewall mangle* dan *PCQ Raw Rule*.

Design

Design manajemen *bandwidth* pada jaringan di Politeknik Negeri Cilacap dilakukan dengan memetakan skema untuk setiap kebutuhan tiap pengguna dengan menambahkan fungsi *mangle* dan *raw rule* sehingga dapat dibagi dalam beberapa jenis trafik. Tabel 1 adalah skema pembagian trafik yang akan dilakukan.

Tabel 1. Skema pembagian trafik

No	Kebutuhan	Jenis Trafik
1	Video streaming	streaming
2	Browsing	umum
3	Media Sosial	medsos
4	Unduh < 85Mb	Unduh ringan
5	Unduh > 85Mb	Unduh berat

Pada setiap trafik yang dibuat akan terdapat batasan besaran *bandwidth* yang akan diujicoba sebesar 20 Mbps dengan pembagian trafik sebagai berikut, trafik *streaming* (4

Mbps), trafik umum (4 Mbps), trafik medsos (3 Mbps), trafik unduh ringan (4 Mbps), dan trafik unduh berat (5 Mbps). Skema hirarki juga dapat dibuat dengan mempertimbangkan *parent* dan *child* serta prioritas pada setiap hirarki yang digunakan, seperti terlihat pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Skema Hirarki

Implement

Pada fase ini, diimplemetasikan metode *firewall mangle* dan *PCQ Raw Rule*. Dimana sebelum menerapkan pembatasan melalui *Queue Tree*, penting untuk menandai aliran paket dengan cara menggunakan *mangle*, supaya paket tersebut bisa dikenali oleh *Queue Tree*. *Mangle* adalah istilah dalam mikrotik yang berfungsi untuk membedakan paket yang hanya untuk unduhan dan paket yang hanya untuk pengunggahan, sehingga pembatasan *bandwidth* dapat berfungsi dengan efisien.

Operate

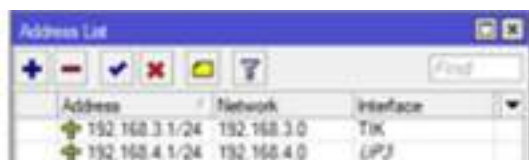
Fase ini dilaksankana pada jaringan yang telah aktif. Fase operasi ini memiliki fungsi sebagai penilaian terakhir terhadap kesesuaian desain. Fase ini mencakup Upaya menjaga keamanan jaringan melalui aktifitas harian, memastikan ketersediaan *bandwidth* dna menekan pengeluaran. Pengawasan kinerja yang berlangsung selama kegiatan operasional sehari-hari akan memberikan informasi dasar untuk periode pengawasan berikutnya.

Optimize

Optimasi adalah fase penutup dari pendekatan PPDIOO yang telah penulis lakukan di jaringan Politeknik Negeri Cilacap. Fase ini berfungsi sebagai langkah terakhir untuk meningkatkan jaringan dan memperbaiki hasil implementasi demi kualitas jaringan Politeknik negeri Cilacap yang lebih baik. Ada kemungkinan untuk melakukan penambahan konfigurasi pada mikrotik guna memaksimalkan jaringan di Politeknik Negeri Cilacap.

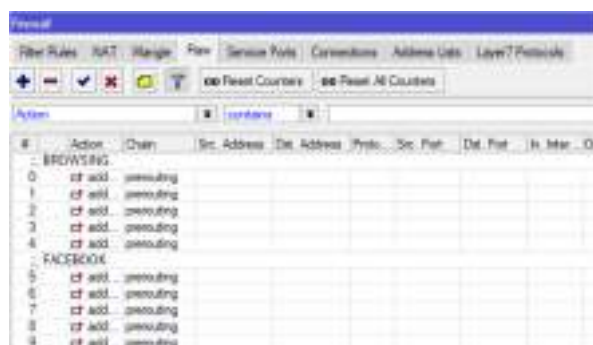
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan konfigurasi yang dilakukan untuk menyelesaikan persoalan penggunaan *bandwidth* yang tidak terkontrol pada jaringan yang ada di kampus. Beberapa langkah dapat dilaksanakan mulai dari konfigurasi interface *router* Mikrotik, dimana terdapat pembagian *port* yang akan digunakan untuk menerima sumber internet dan terdapat *port* koneksi *Local Area Network* (LAN) yang mengarah ke dua unit kerja yang menjadi target yaitu UPT Teknologi Informasi dan Komunikasi dan UPT Perawatan Pemeliharaan Perbaikan.



Gambar 4. Interface Router

Konfigurasi berikutnya yang dilakukan adalah dengan melakukan konfigurasi *firewall Raw*, konfigurasi ini digunakan untuk melakukan filtering paket disesuaikan dengan aplikasi sebelum masuk ke *connection tracking*.



Gambar 5. Firewall Raw

Pada *firewall raw* administrator bisa membuat *rule* untuk jaringan yang akan masuk ke *router*. Pada gambar 5 tersebut dibuat *rule* berdasarkan aplikasi sehingga dapat memudahkan dalam mengelompokkan dalam pembuatan *traffic*. Sebelum *rule* tersebut dibuat, maka perlu dibuatkan *address list* untuk kedua UPT tersebut seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Address List UPT

No.	Nama IP	IP
1	IP-TIK	192.168.3.0/24
2	IP-UP3	192.168.4.0/24

Rule yang dibuat nantinya akan memudahkan dalam pengelompokkan aplikasi berdasarkan jenis *traffic*. Pada Gambar 6, di tab general dapat di isi dengan “*prerouting*”. *Prerouting* mempunyai kegunaan ketika terdapat koneksi yang akan masuk diproses dan ditandai didalam *router* tersebut. *Prerouting* dapat membelokkan aliran dari koneksi, filtering *port* dan lain sebagainya (Musyaffa, 2021).



Gambar 6. Tab General Raw

Kemudian di tab Advanced tuliskan *Src.address list* dengan *address list* yang telah dibuat. Tujuan *address list* disini adalah untuk mengetahui asal dari alamat IP tersebut. Dan berikutnya di bagian Action dapat dipilih “*add dst to address list*” yang akan digunakan pada *mangle*. Tujuan dipilih *add dst to address list* yaitu menambahkan tujuan dari Alamat IP tersebut ke *address list* untuk tujuan pengelompokkan tujuan IP tersebut. Pada tabel 3 terlihat nama *address list* yang akan dibuat di tab Action.

Tabel 3. Daftar Address List

No.	Ruangan	Traffic	Nama IP Address List
1	TIK	Browsing	IP Browsing TIK
2	TIK	Streaming	IP Streaming TIK
3	TIK	Sosmed	IP Sosmed TIK
4	UP3	Browsing	IP Browsing UP3
5	UP3	Streaming	IP Streaming UP3
6	UP3	Sosmed	IP Sosmed UP3

Konfigurasi berikutnya yang dilakukan adalah Mangle, konfigurasi ini dilakukan untuk memberi tanda atau menandai paket data di suatu koneksi. Mekanisme Mangle saat dipadukan dengan *Raw* berfungsi untuk memberi tanda pada paket data dari berbagai aplikasi yang telah difilter oleh *firewall raw*, yang kemudian dikelompokkan mengikuti *traffic*. Setelah menetapkan *raw* untuk menandai *traffic*, langkah berikutnya adalah membangun *mangle*.

Konfigurasi *rule* Mangle dilakukan dengan mengisi *chain* dengan “*prerouting*”, kemudian pada bagian *Advanced* isikan *src address list* dengan berasal dari mana IP yang akan ditandai, kemudian pada bagian *dst address list* isikan dengan *address list* yang sudah dibuat. Terlebih untuk trafik dengan kategori unduh berat dan unduh ringan ditambahkan konfigurasi *connection bytes*, seperti terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Connection Bytes Unduh Berat

Connection Bytes merupakan salah satu ukuran dalam *firewall* yang berfungsi untuk memeriksa total byte yang telah dipindahkan (Pratama et al., 2022). *Connection bytes* diisi sesuai dengan kebutuhan untuk pengalihan trafik.



Gambar 8. Connection Bytes Unduh Ringan

Gambar 7 menunjukkan bahwa ketika ukuran *file* yang sudah di *download* menyentuh 85mb maka trafik akan berubah dari trafik unduh ringan ringan ke trafik unduh berat. Sebaliknya pada gambar 8 setelah diisi *connection bytes* dengan 5MB-85MB, maka ketika ukuran unduhan mencapai 5MB kemudian sampai 85MB berubah dari trafik umum menjadi trafik unduh ringan. Setelah mengisi parameter di bagian *Advanced*, berikutnya adalah mengisi *Action*. Isikan *Action* dengan “*new connection*” dan pada *new packet mark* isikan sesuai dengan *dst address list* pada bagian *advanced*. Isian pada *New Connection Mark* digunakan untuk memberikan tanda paket data yang masuk ke *router* dan sudah di *filter* oleh *raw* yang berikutnya akan dikelompokkan. Berikut adalah tabel 4 yang berisi daftar *New Packet Mark*.

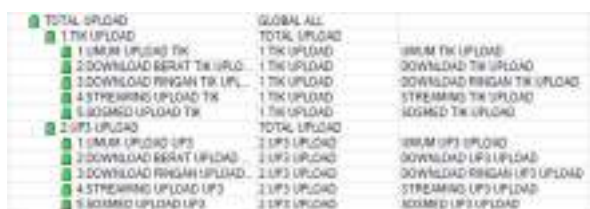
Tabel 4. Daftar Packet Mark

No.	Ruangan	Traffic	New Packet Mark
1	TIK	Browsing	Browsing TIK
2	TIK	Streaming	Streaming TIK
3	TIK	UnduhBerat	Unduh Besar TIK
4	TIK	Unduh Ringan	Unduh Ringan TIK
5	TIK	Sosmed	Sosmed TIK
6	UP3	Browsing	Browsing TIK
7	UP3	Streaming	Streaming TIK
8	UP3	Unduh Berat	Unduh Besar TIK
9	UP3	Unduh Ringan	Unduh Ringan TIK
10	UP3	Sosmed	Sosmed TIK

Berikutnya yang harus dilakukan adalah melakukan konfigurasi *Queue Tree*. *Queue Tree* merupakan sebuah fungsi dalam Mikrotik yang dipakai untuk mengelola jumlah *bandwidth* sesuai kebutuhan. Berikut adalah tampilan dari *Queue Tree* yang telah dibuat (Paryanto et al., 2022).



Gambar 9. Queue Tree pada traffic Unduh



Gambar 10. Queue Tree pada traffic Unggah

Pada *Queue Tree* berisikan nama, *parent*, *packet mark*, *queue type*, *priority*. Nama berfungsi untuk memudahkan dalam memberikan identitas pada suatu trafik. Sementara itu, *Parent* digunakan untuk menentukan apakah trafik tersebut terkait dengan child queue atau tidak. *Packet Mark* diisi dengan pengaturan yang telah dibuat dalam *Mangle Rule*. *Queue type* menjelaskan tipe yang akan diterapkan dalam jaringan. Pada tabel 5 menunjukkan semua jenis trafik yang telah dibuat disesuaikan dengan jumlah batas maksimal *bandwidth* yang digunakan.

Tabel 5. Daftar Queue Tree

Ruangan	Traffic	Nama Queue Tree	Max Limit
TIK	Browsing /Umum	Umum Unduh TIK	4Mbps
	Unduh Berat	Unduh Berat TIK	5Mbps
	Unduh Ringan	Unduh Ringan TIK	4Mbps
	Streaming	Streaming unduh TIK	4Mbps
	Sosial Media	Sosmed Unduh TIK	3Mbps
	Browsing / Umum	Umum Upload TIK	4 Mbps
	Unduh Berat	Download Berat Upload TIK	5Mbps

Ruangan	Traffic	Nama Queue Tree	Max Limit
	Unduh Ringan	Download Ringan Upload TIK	4Mbps
	Streaming	Streaming Upload TIK	4 Mbps
	Sosial Media	Sosmed Upload TIK	3Mbps
UP3	Browsing / Umum	Umum Download UP3	4Mbps
	Unduh Berat	Download Berat UP3	5Mbps
	Unduh Ringan	Download Ringan UP3	4Mbps
	Streaming	Streaming Download UP3	4Mbps
	Sosial Media	Sosmed Download UP3	3 Mbps
	Browsing / Umum	Umum Upload UP3	4 Mbps
	Unduh Berat	Download Berat Upload UP3	5Mbps
	Unduh Ringan	Download Ringan Upload UP3	4 Mbps
	Streaming	Streaming Upload UP3	4Mbps
	Sosial Media	Sosmed Upload UP3	3Mbps

Konfigurasi yang diperlukan dalam manajemen *bandwidth* telah selesai dilakukan, hal berikutnya yang perlu dilakukan adalah dengan melakukan pengujian terhadap konfigurasi tersebut. Pengujian dilakukan dengan beberapa skema, yaitu:

1. Pengujian *mangle* pada Queue Tree

Pengujian menggunakan 10 PC dengan kondisi semua PC membuka 5 tab browser yang berisi *streaming* dengan kualitas video 720p dan men-download 2 file besar secara bersamaan.



Gambar 11. Ujicoba *mangle* pada *Queue Tree*

Pada gambar 11 menunjukkan bahwa *mangle* berhasil memisahkan trafik antara *streaming* dan *download*, penggunaan *bandwidth* juga tidak melebihi maksimum limit yang telah ditetapkan, dan saat ujicoba tersebut *bandwidth* yang ada adalah 20 Mbps, namun *user* hanya memakai total 8,8Mbps untuk *download* sebesar 4,4Mbps dan 4,4Mbps untuk *streaming*.

2. Pengujian *mangle* pada PCQ dan *Queue Tree*

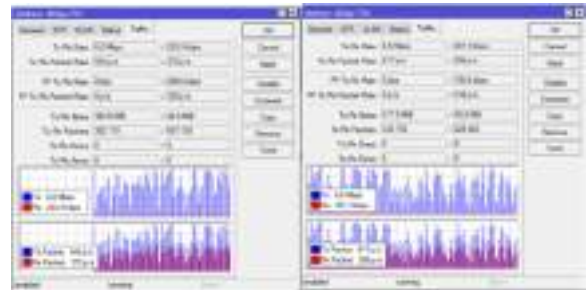
Pengujian dilakukan dengan memakai 10 PC secara bersamaan dengan kondisi proses *download*, *streaming*, *social media*, dan *browsing* dilakukan. Pada gambar 12 menunjukkan bahwa trafik yang berjalan sebelum dilakukan konfigurasi saat 2 PC melakukan *download*, 2 PC melakukan *streaming*, 3 PC mengakses media sosial, dan 3 PC melakukan *browsing*. Terlihat bahwa semua PC saling memperebutkan *bandwidth*, hal ini bisa terjadi karena tidak meratanya alokasi *bandwidth* tiap *user* yang diakibatkan tidak adanya batasan pada trafik.



Gambar 12. Pengujian Sebelum Konfigurasi

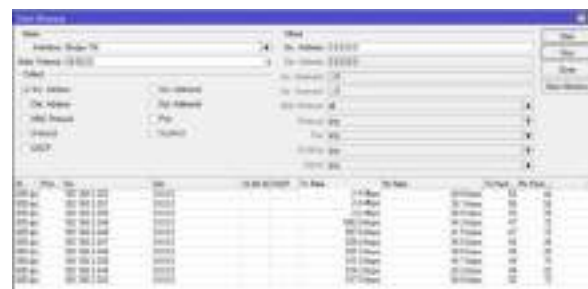
Sebagai contoh dilakukan pengecekan pada trafik yang berjalan pada PC yang

sedang melakukan unduh berat (ukuran file > 85MB), terlihat pada gambar 12 bahwa *Tx Rate* mencapai 6 Mbps bahkan hingga 6,6 Mbps.



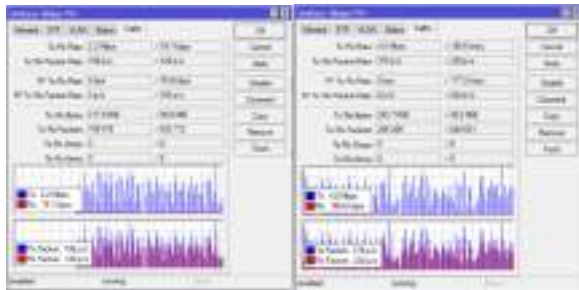
Gambar 13. Trafik saat Unduh Berat sebelum Konfigurasi

Setelah konfigurasi dilakukan dengan menerapkan *mangle* tiap trafik berhasil memberikan *bandwidth* dengan benar, penggunaan *bandwidth* pada trafik tidak akan melebihi batas maksimum ketika *user* melakukan *download*. Begitupun dengan jenis trafik lainnya seperti terlihat pada gambar 13.



Gambar 14. Pengujian Setelah Konfigurasi

Trafik yang terlihat pada gambar 14 saat PC sedang melakukan unduh berat (ukuran file > 85MB) setelah dilakukan konfigurasi terlihat bahwa *Tx Rate* sebesar 2,2 Mbps hingga 4,0 Mbps. Hal tersebut membuktikan bahwa *mangle* pada PCQ dan *Queue Tree* dapat berjalan efektif dengan menyesuaikan pada batas maksimal *bandwidth* yang telah ditetapkan.



Gambar 15. Trafik Unduh Berat setelah konfigurasi

Pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa semua pengujian yang dijalankan *mangle* berhasil dengan efektif memisahkan trafik *bandwidth* sesuai dengan kebutuhan pengguna saat mengunduh, *streaming*, membuka *social media* maupun melakukan *browsing*.

Dalam rencana pengembangan berikutnya perlu dilakukan juga optimalisasi fitur *firewall* lainnya seperti penjadwalan dan pembatasan akses konten-konten negatif.

D. PENUTUP

Dari hasil implementasi pengaturan konfigurasi Mikrotik yang telah dilaksanakan dan setelah melakukan beberapa uji coba ditemukan bahwa *Mangle* mampu secara efektif memisahkan arus lalu lintas *bandwidth* sesuai dengan kebutuhan pengguna. Setelah mengelola *bandwidth* dengan *mangle* untuk memisahkan lalu lintas internet, kelancaran penggunaan *bandwidth* meningkat berkat adanya pembatasan pada trafik. Admin kini lebih mudah dalam mengawasi pemakaian *bandwidth* oleh pengguna berdasarkan kebutuhan lalu lintas. Pendekatan yang dilakukan melalui PPDIOO juga memberikan peran yang efektif dalam menyusun langkah-langkah sistematis dalam memperbaiki pengelolaan *bandwidth* sehingga trafik yang dihasilkan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

E. DAFTAR PUSTAKA

Azizah, U., & Veritawati, I. (2021). Implementasi Management Bandwidth

Menggunakan Metode Queue Tree Dengan PCQ (Per Connection Queue). *Journal of Informatics and Advanced Computing*, 2(1), 14–19. <https://doi.org/10.35814/jiac.v2i1.2687>

Idham, Rodianto, & Wahyudi, H. (2022). Implementation of Load Balancing and Failover on the Internet Network Using NTH Method. *JINTEKS: Jurnal Informatika Teknologi Dan Sains*, 4(3), 131–136. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v4i3.1904>

Irawati, & Fitriansyah, A. (2025). *Komunikasi Data*. Yogyakarta : Deepublish.

Julian, A., Supendar, H., & Fahlapi, R. (2023). Perancangan Mikrotik untuk Jaringan Hotspot dengan Sistem Voucher pada PT Elmecon Multikencana. *SABER: Jurnal Teknik Informatika, Sains Dan Ilmu Komunikasi*, 1(4), 44–56. <https://doi.org/10.59841/saber.v1i4.472>

Lienardy, G., Dharmalau, A., Sucahyo, N., & Hiswara, I. (2025). Implementasi Manajemen Bandwidth dan Firewall Menggunakan Mikrotik Router Pada Infrastruktur Jaringan di SMA Budi Mulia Jakarta. *JEIS: Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma*, 5(1), 19–27. <https://doi.org/10.56486/jeis.vol5no1.514>

Marlina, I., & Perdana, A. (2022). Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Queue Tree Router Mikrotik. *Sienna*, 3(1), 32–39. <https://doi.org/10.47637/sienna.v3i1.677>

Musyaffa, N. (2021). Optimasi Network Firewall Dan Limitasi Bandwidth Untuk Prioritas Video Conference Menggunakan Router Mikrotik. *JI-Tech: Jurnal Ilmiah Sekolah Tinggi Teknologi Informasi NIIT*, 17(1), 12–19. <https://jitech.i-tech.ac.id/index.php/jitech/article/view/183>

Noor, E., & Chandra, J. C. (2020). Implementasi Firewall Pada SMP Yadika

- 5 Jakarta. *IDEALIS : Indonesia Journal Information System*, 3(1), 449–456. <https://doi.org/10.36080/ideal.v3i1.2088>
- Paryanto, E., Afriansyah, D., & Hendro P, D. E. (2022). Penerapan Metode Queue Tree Pada Bandwidth Management Mikrotik (Studi kasus : SMK Swadhipa 1 Natar). *JEDA : Jurnal Teknologi Dan Informatika*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.57084/jeda.v3i1.985>
- Paskal, R. A. (2024). Tinjauan Literatur: Implementasi Manajemen Bandwidth. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 8075–8090. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i4.9670>
- Rafi, M., Kurniawan, M., & Saedudin, R. R. (2023). Analisis Perbandingan Manajemen Bandwidth Dengan Metode Random Early Detection (Red) Dan Class-Based Queue (Cbq) Pada Telkom University Landmark Tower (Tult). *SEIKO : Journal of Management & Business*, 6(2), 236–246. <https://doi.org/10.37531/sejaman.v6i2.5265>
- Subandri, Sulistiyono, M. L. S. A., & Ramdhani, A. I. (2023). Rancang Bangun Jaringan Menggunakan Routing Filter OSPF Pada Mikrotik Dengan Metode PPDIOO Di Data Center SMK Negeri 3 Kota Bekasi. *Jurnal Gerbang STMIK Bani Saleh*, 13(1), 39–47. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7580208>
- Tutu, J. U., Hariadi, F., & Malo, R. M. I. (2022). Implementasi Management Bandwidth Menggunakan Mikrotik Hotspot di SMP N 2 Rindi. *INOVATIF : Journal Informatics Networks Optimization Versatility Algorithm Teknik Informatika*, 1(3), 152–163. <https://doi.org/10.58300/inovatif.v1i3.341>

INOVASI SMART WATERING SYSTEM MENGGUNAKAN SENSOR SOIL MOISTURE DENGAN NODEMCU ESP8266 BERBASIS IOT THINGSPEAK

**Guntur Maulana¹⁾, Tuhfatul Habibah Hasibuan²⁾, Andy Dharmalau³⁾ Hari Suryantoro⁴⁾,
Harun Ar-Rasyid⁵⁾**

^{1,2,3,4}Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma Jakarta

⁵Prodi Sains Data, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma Jakarta

Correspondence author: A.Dharmalau, andy.d@swadharma.ac.id, Jakarta, Indonesia

Abstract

Robotics technology plays a vital role in various aspects of modern life, including automatic plant watering systems. Potted fruit plant enthusiasts often find their beloved plants dying from drought. The drought occurs due to busy schedules, forgetting to water them, or extended travel, leaving the plants unwatered and drying out until they die. This research aims to create an automatic plant watering system using a pump, a flow meter sensor, and a soil moisture sensor as a soil moisture controller, integrated with WiFi via the ESP8266 module to ensure a precise and efficient watering process. The research uses qualitative methods to explore technical and contextual aspects, including the integration of soil moisture sensors, NodeMCU microcontrollers, and the ThingSpeak IoT platform. Data were collected through direct observation, technical documentation, and activity recording during system testing. The research results in a system designed to work effectively and efficiently for watering plants and to be monitored remotely.

Keywords: automatic, fruit plant, watering systems, iot platform, soil moisture

Abstrak

Teknologi Robotika berperan penting dalam berbagai aspek kehidupan modern, salah satu penerapannya dalam sistem penyiraman tanaman otomatis. Pecinta tanaman buah dalam pot sering kali menjumpai tanaman kesayangannya mati kekeringan. Hal ini terjadi akibat kesibukan, lupa menyiram, atau bepergian dalam waktu lama, akibatnya tanaman tidak disiram sehingga mengalami kekeringan hingga mati. Penelitian ini bertujuan membuat sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan pompa, Sensor Flow Meter dan Sensor soil moisture sebagai pengontrol kelembaban tanah, terintegrasi dengan WiFi melalui modul ESP8266 guna memastikan proses penyiraman air secara tepat dan efisien. Penelitian menggunakan metode kualitatif dengan eksplorasi terhadap aspek teknis dan kontekstual, seperti integrasi sensor kelembaban tanah, mikrokontroler NodeMCU, dan platform IoT ThingSpeak. Data dikumpulkan melalui proses observasi langsung, dokumentasi teknis, serta pencatatan kegiatan selama pengujian sistem berlangsung. Hasil penelitian berupa sistem yang dibuat sesuai rancangan dan bekerja secara efektif dan efisien dalam menyiram tanaman serta dapat dipantau dari jarak jauh.

Kata Kunci: tanaman buah, sistem penyiraman, otomatis, sensor kelembaban

A. PENDAHULUAN

Di era teknologi yang terus berkembang pesat, inovasi dalam berbagai bidang semakin dibutuhkan untuk menciptakan alat yang lebih efisien, cepat, dan mudah digunakan oleh semua orang (Ramadhani et al., 2020). Salah satu teknologi yang paling menonjol adalah Robotika, yang terus mengalami kemajuan pesat dan berperan penting dalam berbagai aspek kehidupan modern. Robotika menjadi elemen krusial dalam kemajuan teknologi, karena mampu menggantikan peran manusia dalam berbagai tugas dengan respons yang cepat dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Salah satu penerapannya yang semakin relevan adalah dalam sistem penyiraman tanaman otomatis (Haryadi et al., 2022; Suryantoro et al., 2025) untuk para petani dan pecinta tanaman di perkotaan. Para pecinta tanaman buah dalam pot atau dikenal dengan Tabulampot memiliki banyak koleksi tanaman di rumahnya (Utami et al., 2022). Namun di tengah kesibukan manusia yang semakin tinggi, para hobi tanaman buah sering kali tidak memiliki waktu untuk memelihara tanaman kesayangannya.

Untuk itu diperlukan sebuah inovasi, di sinilah teknologi robot hadir sebagai solusi inovatif. Adanya sistem cerdas yang mampu mendeteksi kelembaban tanah secara otomatis, sistem dapat memastikan tanaman tetap terhidrasi tanpa harus bergantung pada ingatan manusia (Novianto et al., 2021).

Teknologi IOT atau *Internet of Things* adalah teknologi yang bekerja dengan memanfaatkan koneksi internet sebagai sumber utama untuk menghubungkan berbagai peralatan yang dapat terhubung secara otomatis. Untuk perangkatnya menggunakan Menggunakan Sensor Kelembaban dan Mikrokontroler.

Mikrokontroler adalah sistem komputer lengkap dalam versi mini yang sangat kecil dalam satu chip yang menghubungkan CPU, memori (RAM, ROM, Flash), dan perangkat I/O (*input/output*) (Junaedi et al., 2021). Mikrokontroler dirancang untuk melakukan tugas spesifik dan berorientasi kendali dalam

sistem tertanam secara mandiri (Hansen & Hoendarto, 2021; Saputra, 2023).

Sensor kelembaban adalah sensor yang berfungsi mengukur kadar air dalam tanah, bekerja dengan dua prinsip utama: mengukur resistansi tanah (sensor resistif) atau menggunakan teknologi kapasitif untuk mendeteksi perubahan dielektrik akibat kadar air (Rianti & Prastyo, 2022).

Mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh T. Gunawan & M. Sari pada tahun 2018 dengan judul “Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah” (Gunawan & Sari, 2018). Penelitian ini menggunakan sensor kelembaban tanah untuk membuat sebuah alat yang berfungsi mendeteksi apakah tanah tempat bercocok tanam itu kering ? jika ya maka akan melakukan penyiraman secara otomatis saat tanah kekurangan unsur air.

Penelitian yang lainnya dilakukan oleh Effendi, N., Ramadhani, W., Farida, F., & Dimas, M. pada tahun 2022, Penelitian ini berjudul “Perancangan Sistem Otomatis Penyiraman Tanaman Menggunakan Sensor Kelembaban dan Mikrokontroler” (Effendi et al., 2022). Penelitian ini menggunakan Mikrokontroler Node MCU ESP8266, Soil Moisture Sensor, Relay, Kabel Jumper dan Pompa. Membuat sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah berbasis IoT. Hasil penelitian menunjukkan sistem penyiraman tanaman otomatis berjalan dengan baik dan mampu melakukan monitoring kondisi kadar air dalam tanah dan status pompa air.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Noverta Effendi dkk pada tahun 2022 dengan judul “Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis IoT ” (Effendi et al., 2022). Penelitian ini menggunakan Mikrokontroler Node MCU ESP8266, Soil Moisture Sensor, Relay, Kabel Jumper dan Pompa. Alat dan sistem yang dibuat mampu melakukan penyiraman tanaman secara otomatis menggunakan perangkat NodeMCU

ESP8266 memungkinkan user untuk mengontrol dan memonitor alat penyiraman tanaman berbasis IoT. Hasil dari penelitian ini menunjukkan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IOT bekerja dengan baik, mampu memantau penyiraman otomatis secara realtime dan menampilkan status pompa air untuk 3 kondisi yang dikirimkan oleh sensor kelembaban tanah.

Penelitian yang dilakukan ini untuk memahami dan menggambarkan secara mendalam proses perancangan serta implementasi sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)*.

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman tanaman otomatis dengan memanfaatkan pompa, Sensor soil moisture sebagai pengontrol kelembaban tanah, terintegrasi dengan teknologi Wi-Fi melalui modul ESP8266 guna memastikan proses penyiraman air berlangsung secara tepat dan efisien.

B. METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode kualitatif, sebuah pendekatan penelitian yang fokus pada pemahaman mendalam tentang fenomena sosial, pengalaman dan makna subjektif. Pendekatan ini dinilai relevan karena memungkinkan eksplorasi terhadap aspek teknis dan kontekstual, seperti integrasi sensor kelembaban tanah, mikrokontroler NodeMCU, dan platform IoT ThingSpeak. Data dikumpulkan melalui proses observasi langsung, dokumentasi teknis, serta pencatatan kegiatan selama pengujian sistem berlangsung.

Selain itu, pendekatan ini memberikan ruang bagi peneliti untuk menelaah setiap tahap pengembangan secara reflektif, termasuk identifikasi kendala dan evaluasi terhadap kinerja sistem. Hasilnya diharapkan mampu memberikan gambaran deskriptif yang komprehensif mengenai potensi penerapan teknologi IoT sebagai solusi cerdas dan efisien dalam sistem penyiraman tanaman

berskala kecil. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Observasi, Wawancara dan Studi Pustaka.

ESP8266 merupakan salah satu modul Wi-Fi yang paling populer dan efisien dalam pengembangan sistem Internet of Things (IoT). Salah satu keunggulan utama ESP8266 adalah kemampuannya untuk bekerja secara mandiri tanpa memerlukan mikrokontroler tambahan. Dengan demikian, modul ini dapat difungsikan sebagai unit pemrosesan utama dalam sistem tertanam (*embedded system*). ESP8266 kompatibel dengan berbagai bahasa pemrograman populer seperti *Arduino C/C++*, *Lua*, dan *MicroPython*, yang mempermudah pengembang dalam merancang dan mengimplementasikan berbagai aplikasi berbasis *IoT*.

Modul ini banyak diterapkan dalam sistem pemantauan lingkungan, otomasi rumah dan proyek berbasis *cloud* lainnya yang memerlukan komunikasi data secara *real-time*. Dengan integrasi konektivitas Wi-Fi dan kemampuan pemrosesan data, ESP8266 menjadi solusi yang efisien untuk menghubungkan perangkat fisik ke platform digital secara nirkabel dan hemat daya.

Adapun komponen yang dipakai dan fungsinya dalam rangkaian sebagai berikut:

1. *Adaptor 12v* merupakan sumber daya untuk perangkat. *Power supply* atau pengisi daya yang searah yang digunakan dengan daya yang stabil agar dapat bekerja dengan baik dan tidak mudah rusak.
2. *Microcontroller* ESP8266 yang sudah yang sudah dilengkapi dengan modul WiFi ESP8266 yang bisa terkoneksi TCP/IP, modul ini dilengkapi dengan berbagai komponen elektronik sehingga sangat mudah digunakan dan efisien.
3. Wi-Fi sebuah teknologi yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk bertukar data secara nirkabel (menggunakan gelombang radio) melalui sebuah jaringan komputer.
4. LCD Merupakan jenis layar tampilan komponen sebagai antarmuka untuk mempermudah koneksi ke

mikrokontroler. LCD ini menggunakan layar 16x2 (16 karakter dalam 2 baris), yang umum digunakan dalam berbagai sistem elektronik untuk menampilkan informasi seperti status sistem, nilai sensor, atau pesan-pesan tertentu.

5. Module Relay adalah saklar elektromekanis yang dikendalikan oleh sinyal listrik dari ESP8266 untuk mengontrol perangkat dengan tegangan atau arus yang lebih tinggi.
6. Pompa DC 12v adalah jenis pompa mini yang digerakkan oleh sumber tegangan searah sebesar 12 volt. pompa ini cocok untuk dikendalikan oleh mikrokontroler melalui perantara seperti modul relay atau transistor, memungkinkan pompa dapat diaktifkan atau dimatikan secara otomatis berdasarkan kondisi tertentu, misalnya saat kelembaban tanah turun di bawah ambang batas yang ditentukan.
7. Sensor Soil Moisture merupakan Sensor yang bekerja dengan mendeteksi perubahan resistansi listrik akibat kelembaban tanah.
8. Sensor flow Meter merupakan komponen elektronik yang digunakan untuk mengukur laju aliran fluida, khususnya cairan seperti air, dalam suatu sistem. Sensor ini sangat penting dalam berbagai aplikasi otomatisasi, termasuk sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT, untuk mengetahui seberapa banyak air yang telah dialirkan ke tanaman.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan konfigurasi yang Rancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis (*Smart Watering*) Menggunakan Sensor Soil Moisture Dengan NodeMcu Esp8266 Berbasis *IoT Thingspeak* ini telah selesai dirangkai dan dibuat, selanjutnya perangkat keras penyiraman otomatis ini diimplementasikan pada tabulampot.

Pada Gambar 1. dibawah ini, sebuah tabulampot pohon Jambu Air yang sudah dipasang sensor dan pompa penyiram tanaman otomatis, beserta rangkaian pengontrolnya.



Gambar 1. Tabulampot

Untuk membuat Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis (*Smart Watering*) Menggunakan Sensor Soil Moisture Dengan NodeMcu Esp8266 Berbasis *IoT Thingspeak*, diperlukan alat alat dan komponen pendukung, semua alat-alat yang diperlukan ada pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Daftar Alat

Alat	Jumlah
Laptop	1 pcs
Smartphone	1 pcs
Kabel USB	1 pcs
solder	1 pcs
Tang potong	1 pcs
Cutter	1 pcs
Obeng	1 pcs
Penggaris	1 pcs
Pinset	1 pcs
Tabulampot	1 pcs
Galon	1 pcs

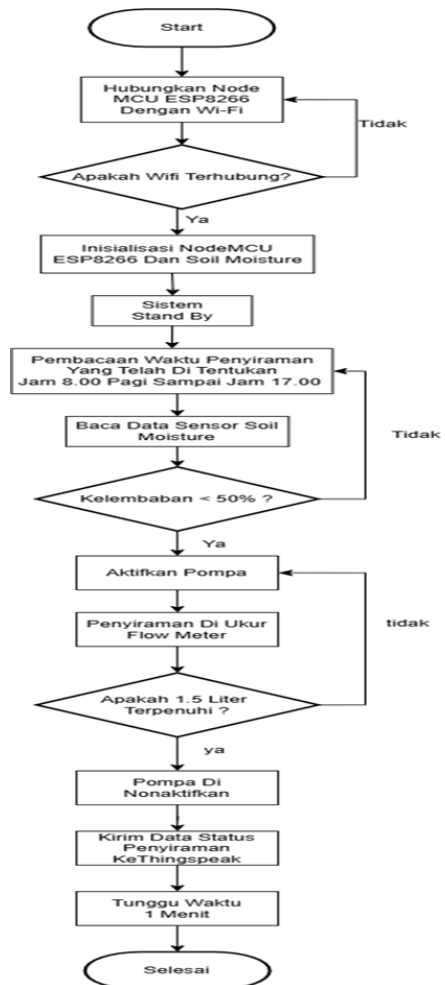
Sistem penyiraman tanaman otomatis (*Smart Watering*) menggunakan komponen pendukung, yang diperlukan ada pada tabel 2. dibawah ini.

Tabel 2. Daftar Komponen

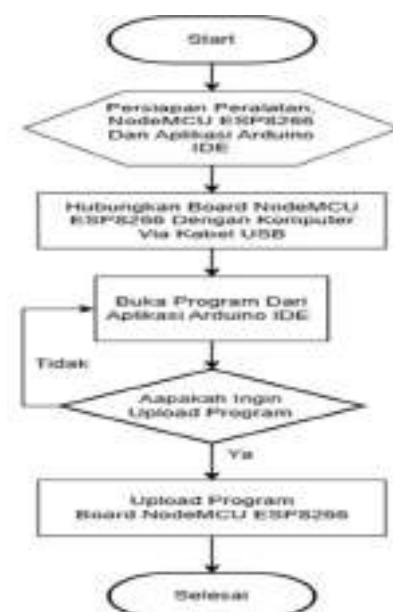
Komponen	Jumlah
Microcontroler NodeMCU ESP8266	1 pcs
Board NodeMCU ESP8266	1 pcs
Sensor Soil Moisture	1 pcs
Sensor Flow Meter	1 pcs
Pompa DC 12V	1 pcs
Modul Relay	1 pcs
Push Button	1 pcs
LCD 16x2 I2C	1 pcs
Resistor 4K7	1 pcs
Capasitor	2 pcs
Resistor 16V	1 pcs
Adaptor 12V	1 pcs
Stop Kontak	1 pcs
Kabel Solder	Secukupnya
Kabel Jumper	Secukupnya
Selang Pompa	Secukupnya
Timah Solder	Secukupnya
Jack Female	1 pcs
Cover Akrilik	1 pcs
Baut	Secukupnya
Mur Baut	Secukupnya

Perancangan Sistem

Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis (*Smart Watering*) Menggunakan *Sensor Soil Moisture* Dengan Node Mcu Esp8266 Berbasis IoT *Thingspeak*, digambarkan dalam gambar 2. Sedangkan untuk instalasi pemrograman pada aplikasi *IoT Thingspeak* untuk Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis (*Smart Watering*) Menggunakan *Sensor Soil Moisture* Dengan NodeMcu Esp8266, digambarkan dalam *flowchart* gambar 3.

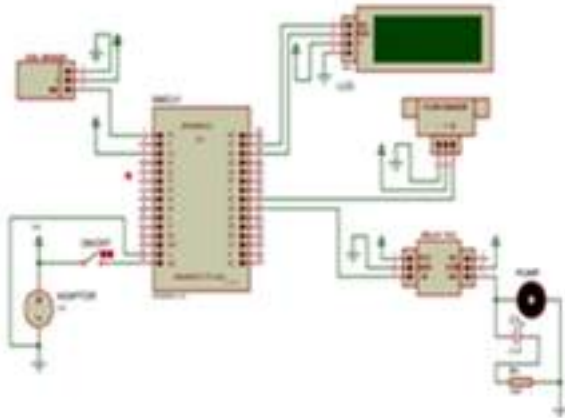


Gambar 2. Flowchart Sistem Penyiraman Otomatis



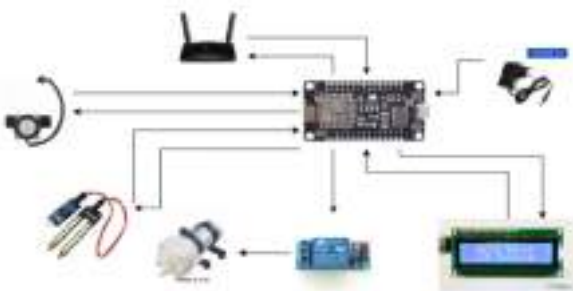
Gambar 3. Flowchart Instalasi Pemrograman

Perancangan Perangkat Keras dari Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis (*Smart Watering*) Menggunakan Sensor *Soil Moisture* Dengan Node Mcu Esp8266 Berbasis *IoT Thingspeak*, digambarkan dalam blok diagram pada gambar 4. dibawah ini. Berikut adalah gambar ilustrasi rangkaian ESP8266 yang ditampilkan pada gambar:



Gambar 4. Blok Diagram

Perancangan sistem diawali dengan menyusun diagram blok Diagram blok yang digunakan untuk menggambarkan hubungan fungsional antara komponen-komponen utama dalam sistem. Untuk setiap blok dihubungkan dengan satu garis yang menunjukkan arah kerja dari setiap blok yang bersangkutan. Pada diagram blok sistem terdapat beberapa blok, yaitu blok masukan (*input*), blok pengendali (*process*) dan blok keluaran (*output*). Rangkaian Part Terkoneksi dengan Mikrokontroler ESP826 secara keseluruhan seperti terlihat pada gambar 5. sebagai berikut:



Gambar 5. Rangkaian Part Terkoneksi ESP826

Pada Rangkaian Part Terkoneksi ESP826 di atas terdiri dari:

Sensor *Soil Moisture* berfungsi untuk mendeteksi kondisi kelembaban tanah. Cara Kerja Sensor *Soil Moisture* bekerja dengan mendeteksi kadar kelembaban tanah. Sensor ini mengirimkan data digital ke NodeMCU, yang digunakan untuk menentukan apakah tanah kering dan butuh disiram.

Sensor *Flow Meter* Air berfungsi memantau laju aliran air saat penyiraman. berlangsung. Cara Kerja *Flow Meter* Air mengukur laju aliran air yang mengalir ke tanaman. Sensor ini menghasilkan pulsa yang dihitung oleh NodeMCU untuk mengetahui volume air yang digunakan.

Perangkat blok pengendali terdiri dari : NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai otak dari sistem. Ia memproses data dari sensor, mengambil keputusan logika apakah menyiram atau tidak, serta mengontrol aktuator dan mengirim data ke *platform ThingSpeak*. Cara Kerja NodeMCU menerima input dari sensor *soil moisture* dan *flow meter*. Nilai kelembaban yang diterima NodeMCU memutuskan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air melalui relay. NodeMCU juga terhubung ke WiFi untuk mengirim data ke *platform IoT* dan bisa dikendalikan atau dipantau dari jarak jauh.

Perangkat blok keluaran terdiri dari : Pompa Air berfungsi untuk menyiram tanaman, sesuai dengan waktu yang telah ditentukan oleh rangkaian pengendali. Cara Kerja Pompa Air Akan menyiram tanaman ketika relay diaktifkan.

Relay untuk mengaktifkan Pompa air pada saat tanah kering. Cara Kerja Relay bertindak sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh NodeMCU untuk menghidupkan/mematikan pompa air.

LCD display yang berfungsi untuk menampilkan status sistem penyiraman otomatis. Cara Kerja LCD Display menampilkan informasi seperti status jam, kelembaban tanah, volume air, flow air, dan status penyiraman.

Sehingga secara keseluruhan dapat dijelaskan cara kerjanya berawal dari *power Supply* dari adaptor 12v untuk Perangkat ESP8266 dan juga *relay 1 channel*. ESP8266 akan terhubung ke koneksi WiFi, lalu perangkat elektronik seperti *smartphone* dan laptop masuk ke *website thingspeak* Menggunakan Gmail yang terdaftar pada *platform thingspeak*, setelah koneksi terhubung antara ESP8266 terkoneksi dengan WiFi, maka perintah penyiraman otomatis dapat dipantau melalui platform thingspeak secara realtime.

Pengujian Perangkat Keras Pada Tanah

Pengujian dilakukan agar fungsi yang ada pada sistem penyiraman tanaman otomatis (*Smart Watering*) ini dapat berfungsi sesuai dengan program yang di *install*.

Uji Sensor Kelembaban

Pengujian sensor kelembaban tanah dilakukan untuk memastikan bahwa sensor dapat membaca tingkat kelembaban tanah dengan akurat dan stabil dalam berbagai kondisi. Sensor yang digunakan dalam sistem ini adalah soil moisture sensor, yang bekerja berdasarkan konduktivitas tanah. Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 3. Keterangan Kelembaban.

Tabel 3. Keterangan Kelembaban

No	Kelembaban Tanah	Kondisi Tanah	Pompa
1	20%	Sangat Kering	ON
2	30%	Sangat Kering	ON
3	40%	Kering	ON
4	46%	Kering	ON
5	51%	Normal	OFF
6	60%	Normal	OFF
7	70%	Normal	OFF
8	80%	Basah	OFF
9	90%	Sangat Basah	OFF
10	100%	Sangat Basah	OFF

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor berfungsi dengan baik dalam membedakan kondisi tanah. Nilai pembacaan menunjukkan perbedaan yang signifikan

antara kondisi Sangat kering, kering, basah, dan sangat basah.

Sensor kelembaban tanah mampu mendeteksi kadar air secara konsisten. Nilai ambang batas untuk sistem otomatisasi penyiraman ini ketika kelembaban dibawah 50% maka pompa akan aktif untuk menyiram tanaman.

Uji Sensor Aliran Air

Pengujian sensor aliran air dilakukan untuk mengetahui keakuratan sensor dalam mendeteksi jumlah air yang dialirkan oleh pompa 12 volt dalam sistem penyiraman otomatis. Sensor yang digunakan adalah sensor aliran air tipe YF-S201, yang menghasilkan pulsa berdasarkan laju aliran air yang melewati sensor. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4. Keterangan Aliran Air

Tabel 4. Keterangan Aliran Air

No	Aktif Pompa (detik)	Volume Sensor (Liter)	Volume Aktual (Liter)
1	60	1.50	1.48
2	60	1.50	1.50
3	60	1.50	1.47

Dari hasil uji sensor aliran air menunjukkan performa yang cukup akurat. Hal ini menunjukkan bahwa durasi penyiraman selama 60 detik dengan pompa 12 volt menghasilkan volume air sekitar 1,5 liter, sesuai dengan kebutuhan sistem penyiraman tanaman otomatis. Sensor ini layak digunakan untuk memantau volume air secara real-time dalam sistem berbasis IoT.

Perangkat keras dari Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis (*Smart Watering*).

Perangkat keras dari Sistem ini Menggunakan Sensor Soil Moisture dengan Node Mcu Esp8266, yang telah selesai dirakit dan diinstall dengan program. Untuk memastikan bahwa sistem telah bekerja sesuai dengan rancangan maka dilakukan sebuah pengujian agar fungsi yang ada pada Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis (*Smart Watering*) ini dapat berfungsi sesuai dengan program yang diinstall. Berikut ini pengujian pada saat menyiram dan saat tidak menyiram.



Gambar 6. Pengujian dengan Keadaan Tidak Menyiram

Langkah pertama sistem penyiraman otomatis menunjukkan kondisi saat pompa dalam keadaan mati (OFF). Hal ini ditunjukkan oleh indikator “OFF” pada layar LCD. Sensor soil moisture membaca nilai kelembaban tanah sebesar 88%, yang mengindikasikan bahwa tanah berada dalam kondisi lembab atau basah. Karena nilai kelembaban ini berada di atas batas atas yang telah ditentukan sistem 80%, maka logika sistem memutuskan untuk tidak mengaktifkan pompa.

Selain itu, pada tampilan LCD juga terlihat nilai “F:0.0” yang menunjukkan bahwa debit air atau aliran air saat ini adalah nol, artinya tidak ada aktivitas penyiraman yang sedang berlangsung. Begitu juga dengan nilai “V:0.0” yang berarti volume air yang telah digunakan untuk menyiram juga masih nol, karena pompa belum aktif.

Dengan kondisi tersebut, sistem menunjukkan bahwa logika kerja penyiraman otomatis telah berjalan dengan baik, di mana penyiraman hanya dilakukan ketika kelembaban tanah berada di bawah ambang batas. Saat tanah dalam kondisi masih basah atau cukup lembab, sistem akan menonaktifkan pompa secara otomatis untuk menghindari penyiraman berlebih dan pemborosan air. Hal ini membuktikan bahwa sistem bekerja secara otomatis, efisien, dan responsif terhadap kondisi lingkungan.



Gambar 7. Pengujian dengan Keadaan Menyiram

Langkah kedua Pada saat proses penyiraman berlangsung, layar LCD menampilkan beberapa informasi penting yang merepresentasikan kondisi sistem secara real-time. Di baris pertama, terdapat tampilan “V:0.4” yang menunjukkan bahwa volume air yang telah digunakan hingga saat ini adalah sebesar 0,4 liter. Hal ini menunjukkan bahwa air sedang dialirkan melalui sistem dan proses penyiraman sedang berjalan. Di sisi kanan baris pertama, terdapat informasi waktu aktual yaitu “13:38:15” yang diperoleh dari server NTP, menunjukkan bahwa sistem telah tersinkronisasi secara online dengan waktu *real-time*.

Pada baris kedua, terdapat tampilan “F:1.2” yang menunjukkan debit air atau laju aliran saat ini adalah sebesar 1,2 liter per menit. Ini berarti air sedang dipompa secara aktif melalui sistem menuju tanaman. Selanjutnya, terdapat tampilan “S:41%”, yang merupakan nilai kelembaban tanah hasil pembacaan sensor soil moisture. Nilai ini menunjukkan bahwa kelembaban tanah tergolong rendah atau kering, karena berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan sistem 50%. Oleh karena itu, sistem secara otomatis mengaktifkan pompa.

Terakhir, indikator “ON” di ujung kanan baris kedua menunjukkan bahwa pompa dalam keadaan menyala, menandakan bahwa sistem sedang melakukan penyiraman tanaman secara otomatis.

Pengujian Perangkat Lunak

Setelah memastikan bahwa perangkat keras memiliki kinerja yang bagus, fokus selanjutnya adalah pengujian perangkat lunak (*software*) yang menjadi otak sistem. Pengujian ini mencakup evaluasi program dan *Website Thingspeak* yang digunakan dalam sistem penyiram tanaman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)*.



Gambar 8. Pengujian Verify

Tampilan diatas mempresentasikan tidak ada program yang error dan sangat aman untuk di upload ke mikrokontroler.



Gambar 9. Pengujian Upload

Setelah memastikan bahwa Software berhasil di verifikasi langkah selanjutnya upload codingan ke mikrokontroler dan gambar mempresentasikan berhasil upload.

Interface Pada Website ThingSpeak

Thingspeak tidak memerlukan pemrograman yang rumit, hanya login menggunakan akun google pada smartphone atau laptop melalui website Thingspeak. Cloud dan membuat interface sesuai mekanisme kerja alat dan program yang telah dibuat pada software Arduino IDE.

Interface pada Website Thingspeak halaman Login



Gambar 10. Halaman Login

Memasukan akun google untuk login ke Thingspeak. Interface pada halaman My Channels



Gambar 11. My Channels

My channels Untuk melihat channel atau project apa saja yang sedang kita monitoring Interface Tampilan Monitoring Penyiraman



Gambar 12. My Channels

Monitoring untuk melihat kelembaban tanah, flow air, volume penyiraman, dan Status Pompa.

Interface pada Channel Settings



Gambar 13. Channel Settings

Tampilan Channel Settings untuk membuat pengaturan dalam website ThingSpeak.

D. PENUTUP

Sistem penyiram tanaman otomatis (*Smart Watering*) berhasil dibangun menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor soil moisture, dan platform ThingSpeak sebagai media monitoring data secara real-time. Sistem mampu membaca kelembaban tanah dan melakukan penyiraman otomatis saat kadar kelembaban turun di bawah ambang batas yang telah ditentukan. ThingSpeak sebagai platform IoT terbukti efektif dalam menampilkan dan menyimpan data sensor. Pengguna dapat dengan mudah memantau kondisi tanaman melalui internet kapan saja dan di mana saja tanpa harus berada di lokasi secara langsung.

Penambahan fitur kontrol manual melalui aplikasi *smartphone* (seperti Blynk atau Telegram Bot) dapat meningkatkan fleksibilitas sistem bagi pengguna yang ingin tetap memiliki opsi penyiraman manual dari jarak jauh. Kalibrasi sensor soil moisture secara berkala perlu dilakukan agar pembacaan data tetap akurat, mengingat sensor ini cukup sensitif terhadap kelembaban udara dan kondisi tanah. Untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya dapat memperluas cakupan sistem dalam pengelolaan kebun atau pertanian skala kecil yang melibatkan lebih banyak sensor dan zona penyiraman.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, N., Ramadhani, W., & Farida, F. (2022). Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Berbasis IoT. *CoSciTech: Computer Science and Information Technology*, 3(2), 91–98. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v3i2.3923>
- Gunawan, & Sari, M. (2018). Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah. *Journal of Electrical Technology*, 3(1), 13–17. <https://doi.org/10.30743/jet.v3i1.290>
- Hansen, D., & Hoendarto, G. (2021). Perancangan Perangkat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal InTekSis*, 4(2), 64. <https://journal.widyadharma.ac.id/index.php/inteksis/article/view/591>
- Haryadi, E., Sidki, A., & Manurung, B. D. (2022). Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Rtc. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik*, 3(1), 105–112. <https://doi.org/10.33365/jimel.v3i1.1737>
- Junaedi, A., Puspitasari, M. D. M., & Maulidina, M. (2021). Pengaruh (Intensor) Induktor Heater Menggunakan Thermal Sensor Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano Dalam Mengolah Logam. *Nusantara of Engineering (NOE)*, 4(2), 169–175. <https://doi.org/10.29407/noe.v4i2.16754>
- Novianto, A. D., Farida, I. N., & Sahertian, J. (2021). Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 316–321.
- Ramadhani, K., Amrozi, Y., & Adi, I. (2020). Inovasi Sistem Robotika Pada Perpustakaan. *Jeecom: Journal of Electrical Engineering and Computer*, 2(2), 13–16. <https://doi.org/10.33650/jeecom.v2i2.1185>
- Rianti, K. P. K., & Prastyo, Y. (2022). Analisis Penggunaan Sensor Suhu Dan Kelembaban Untuk Monitoring Lingkungan Greenhouse Berbasis Arduino. *Antivirus: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 16(2), 200–210. <https://doi.org/10.35457/antivirus.v16i2.2512>
- Saputra, I. P. B. W. (2023). Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Google Assistant. Program Studi D4 Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Bali.

- Suryantoro, H., Sari, J., Ar-Rasyid, H., Dharmalau, A., Suhanda, Y., Sucahyo, N., & Utomo, W. (2025). Prototype Sistem Penyiraman Otomatis Terukur Pada Tabulampot Menggunakan Moisture Sensor dan Flow Meter Berbasis Arduino. *Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma(JEIS)*, 05(2), 105–113. <https://doi.org/10.56486/jeis.vol5no2.805>
- Utami, S. S., Endah, R., Yeni, I. K., & Widowati, R. (2022). Urban Farming dengan Budidaya Tabulampot Jambu Air Pendahuluan. *Journal of Comunity Services*, 2(2), 59–67.

PERBANDINGAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN LOGISTIC REGRESSION DALAM PREDIKSI PENYAKIT DIABETES

Zidan Januri Zumantara¹⁾, Budi Sudrajat²⁾, Hasta Herlan Asymar³⁾

^{1,2}Prodi Informatika, Fakultas Teknik & Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

³Prodi Teknologi Komputer, Fakultas Teknik & Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

Correspondence author: Z.J.Zumantara, zidan15januri@gmail.com, Jakarta, Indonesia

Abstract

This study aims to compare the performance of the Random Forest and Logistic Regression machine learning algorithms in predicting diabetes using the Pima Indians Diabetes dataset from Kaggle. The dataset contains data on 768 adult female patients with eight health indicators and a target outcome variable indicating diabetes status. This quantitative study uses a comparative approach. The research stages include initial data analysis, preprocessing (zero-value cleaning), splitting the data into 70% training and 30% test, model development, evaluation using accuracy, precision, recall, and F1-score metrics, and feature analysis. The results show that Random Forest achieved 75% accuracy and Logistic Regression 74%. Random Forest also slightly outperformed Logistic Regression in precision, recall, and F1-score. This study differs from previous research in that it not only focused on evaluation metrics but also analyzed the most influential features. The analysis results show that Glucose is the most dominant indicator in Random Forest, while DiabetesPedigreeFunction is the most influential in Logistic Regression. These findings provide additional insight into the key risk factors in diabetes prediction.

Keywords: random forest, logistic regression, machine learning, diabetes prediction

Abstrak

Penelitian ini bertujuan membandingkan performa algoritma machine learning Random Forest dan Logistic Regression dalam memprediksi penyakit diabetes dengan menggunakan dataset Pima Indians Diabetes dari Kaggle. Dataset berisi 768 data pasien wanita dewasa dengan delapan indikator kesehatan serta variabel target Outcome yang menunjukkan status diabetes. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan komparatif, tahapan penelitian meliputi analisis data awal, pra-pemrosesan berupa pembersihan nilai nol, pembagian data menjadi 70% training dan 30% testing, pembangunan model, evaluasi menggunakan metrik accuracy, precision, recall, dan F1-score, serta analisis fitur penting. Hasil menunjukkan bahwa Random Forest memperoleh akurasi 75% dan Logistic Regression 74%. Random Forest juga sedikit lebih unggul pada precision, recall, dan F1-score dibanding Logistic Regression. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah tidak hanya berfokus pada metrik evaluasi, tetapi juga menambahkan analisis fitur paling berpengaruh. Hasil analisis menunjukkan bahwa Glucose merupakan indikator paling dominan pada Random Forest, sedangkan DiabetesPedigreeFunction paling berpengaruh pada Logistic Regression. Temuan

ini memberikan pemahaman tambahan mengenai faktor risiko utama dalam prediksi penyakit diabetes.

Kata Kunci: *random forest, logistic regression, machine learning, prediksi diabetes*

A. PENDAHULUAN

Penyakit diabetes merupakan salah satu penyakit tidak menular dengan angka kematian tinggi di dunia dan termasuk sepuluh penyebab kematian utama. Prevalensi diabetes terus meningkat setiap tahun, baik di tingkat global maupun nasional (Yuniarti et al., 2025). Data International Diabetes Federation (2024) menunjukkan bahwa Indonesia menjadi salah satu negara dengan jumlah penderita diabetes yang signifikan di kawasan Pasifik Barat. Pada tahun 2024 terdapat sekitar 20,4 juta penderita diabetes di Indonesia, dan jumlah ini diproyeksikan meningkat pada tahun 2050 (Rachmawati et al., 2025). Kondisi ini menunjukkan pentingnya deteksi dini diabetes untuk mencegah komplikasi lebih lanjut.

Penyakit diabetes adalah penyakit yang ditandai dengan kadar gula darah yang tinggi dan merupakan salah satu Penyakit Tidak Menular (PTM) yang berisiko bagi kesehatan seseorang (Oktaviana et al., 2024). kemudian gangguan metabolik yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah (hiperglikemia) akibat kerusakan pada sekresi insulin maupun gangguan kerja insulin (Lalla & Rumatiga, 2022). Hal ini disebabkan oleh gangguan yang muncul pada metabolisme yang tidak menghasilkan insulin dari pankreas. Sehingga mengakibatkan tubuh manusia tidak mampu memanfaatkan insulin dengan baik atau ketika pankreas tidak menghasilkan insulin dalam jumlah yang memadai (Fasnuari et al., 2022).

Berdasarkan paparan diatas, kemajuan teknologi informasi, khususnya dalam bidang kecerdasan buatan dan pengolahan data, memungkinkan pemanfaatan algoritma machine learning untuk memprediksi penyakit berdasarkan indikator kesehatan. Model klasifikasi seperti Random Forest dan

Logistic Regression telah banyak digunakan untuk memprediksi penyakit termasuk diabetes. Namun, masih diperlukan kajian untuk mengetahui algoritma yang memiliki kinerja terbaik pada dataset tertentu.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas penerapan algoritma machine learning, khususnya Random Forest dan Logistic Regression, untuk memprediksi penyakit diabetes. Penelitian yang dilakukan oleh (Setyawan & Wakhidah, 2025) membandingkan metode Logistic Regression, Random Forest, dan Gradient Boosting. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa Logistic Regression memiliki akurasi 76%, Random Forest 77%, dan Gradient Boosting 75%. Perbedaan akurasi ketiga model relatif kecil, namun Random Forest memiliki kinerja sedikit lebih baik dibandingkan Logistic Regression dan Gradient Boosting.

Penelitian (Siridion & Siregar, 2024), melakukan analisis klasifikasi diagnosa penyakit diabetes melitus berdasarkan perbandingan berbagai algoritma supervised learning, seperti Logistic Regression, Random Forest, Artificial Neural Network (ANN), Decision Tree C4.5, dan Gradient Boosting. Hasilnya menunjukkan bahwa Random Forest memiliki tingkat akurasi paling tinggi yaitu 98,7%, diikuti ANN 94,5%, Decision Tree 93,5%, Logistic Regression 93,5%, dan Gradient Boosting 98,1%. Temuan ini memperlihatkan kemampuan Random Forest yang sangat baik dalam membedakan kelas positif dan negatif pada data diabetes.

Penelitian (Syahri et al., 2024), juga membandingkan Logistic Regression, Random Forest, dan Adaboost dalam klasifikasi diabetes mellitus. Hasil penelitian menunjukkan Logistic Regression memiliki akurasi 72%, Random Forest 79%, dan Adaboost 78%. Perbedaan akurasi antara

Random Forest dan Adaboost relatif kecil (1%), sedangkan Logistic Regression memiliki akurasi lebih rendah dengan selisih sekitar 6–7% dibandingkan dua model lainnya. Berdasarkan ketiga penelitian tersebut, Random Forest secara konsisten menunjukkan kinerja lebih baik dibandingkan Logistic Regression, meskipun selisih akurasi pada beberapa penelitian relatif kecil.

Berbeda dengan penelitian-penelitian terdahulu yang umumnya hanya berfokus pada perbandingan kinerja model berdasarkan metrik evaluasi seperti akurasi, precision, recall, dan F1-score, penelitian ini tidak hanya membandingkan performa algoritma Random Forest dan Logistic Regression, tetapi juga mencari tahu fitur-fitur kesehatan mana yang paling berpengaruh dalam prediksi penyakit diabetes. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dua algoritma machine learning, yaitu Random Forest dan Logistic Regression, dalam memprediksi penyakit diabetes berdasarkan indikator kesehatan selain itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh utama feature importance pada Random Forest dan koefisien regresi pada Logistic Regression, sehingga memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai variabel-variabel yang dominan dalam mempengaruhi hasil prediksi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengevaluasi tingkat kinerja model tetapi juga memperkaya wawasan tentang faktor-faktor risiko diabetes yang penting untuk diperhatikan.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan komparatif yang bertujuan membandingkan performa algoritma Random Forest dan Logistic Regression dalam memprediksi penyakit diabetes berdasarkan indikator kesehatan. Data yang digunakan berasal dari sumber sekunder yaitu dataset diabetes yang diperoleh dari situs Kaggle (www.kaggle.com).

Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dataset sekunder “Pima Indians Diabetes” yang diperoleh dari situs Kaggle. Dataset ini berisi 768 catatan pasien wanita dewasa dengan delapan indikator kesehatan yaitu Pregnancies, Glucose, BloodPressure, SkinThickness, Insulin, BMI, DiabetesPedigreeFunction, dan Age, serta satu variabel target Outcome yang menunjukkan status diabetes pasien (0 = tidak menderita diabetes, 1 = menderita diabetes). Dataset ini dipilih karena memiliki variasi indikator kesehatan yang relevan dan umum digunakan sebagai benchmark dalam penelitian prediksi diabetes.

Analisis Data Awal

Sebelum pemodelan dilakukan, peneliti melakukan analisis eksploratif terhadap dataset untuk memahami karakteristiknya. Analisis ini mencakup pemeriksaan struktur dataset yang terdiri atas 768 baris dan 9 kolom, menghitung distribusi kelas target yang terdiri dari 500 sampel non-diabetes (kelas 0) dan 268 sampel diabetes (kelas 1), serta mengidentifikasi nilai minimum, maksimum, rata-rata dan sebaran pada masing-masing fitur untuk mendeteksi data yang tidak realistis atau ekstrem. Hasil analisis awal ini menjadi dasar untuk tahap pembersihan data.

Pre-processing Data

Tahap pra-pemrosesan dilakukan agar data siap digunakan dalam proses pemodelan. Pembersihan data dilakukan dengan menangani nilai nol (0) yang tidak realistis pada fitur Glucose, BloodPressure, SkinThickness, dan Insulin yang dianggap sebagai missing value. Nilai-nilai nol ini diganti dengan nilai median masing-masing kolom untuk menjaga distribusi data. Setelah data dibersihkan, dataset dibagi menjadi data training sebesar 70% (537 sampel) untuk melatih model dan data testing sebesar 30% (231 sampel) untuk menguji performa model terhadap data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Pembangunan Model

Model dibangun menggunakan dua algoritma machine learning, yaitu Random Forest dan Logistic Regression. Random Forest merupakan metode ensemble berbasis pohon keputusan yang membangun banyak pohon dan menggabungkan hasilnya untuk prediksi akhir, sedangkan Logistic Regression merupakan metode regresi linier yang mengestimasi probabilitas kelas biner. Kedua model diterapkan menggunakan bahasa pemrograman Python pada platform Google Colab karena mendukung pemrosesan berbasis cloud yang stabil dan memiliki integrasi pustaka scikit-learn yang lengkap.

Evaluasi Model

Kinerja kedua algoritma dievaluasi menggunakan metrik accuracy untuk tingkat prediksi benar keseluruhan, precision untuk mengukur ketepatan prediksi positif, recall untuk mengukur kemampuan mendeteksi kasus positif sebenarnya, dan F1-score yang merupakan rata-rata harmonis precision dan recall. Selain itu digunakan confusion matrix dan classification report untuk menggambarkan jumlah prediksi benar dan salah pada masing-masing kelas secara lebih rinci sehingga interpretasi hasil menjadi lebih komprehensif.

Analisis Fitur

Sebagai pembeda dengan penelitian terdahulu yang hanya berfokus pada metrik evaluasi model, penelitian ini juga menganalisis indikator kesehatan yang paling berpengaruh dalam prediksi penyakit diabetes. Pada algoritma Random Forest digunakan penghitungan feature importance untuk menentukan fitur dengan bobot tertinggi, sedangkan pada Logistic Regression dianalisis nilai koefisien regresi untuk melihat arah dan besarnya pengaruh tiap fitur. Analisis ini memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai faktor risiko dominan yang mempengaruhi hasil prediksi masing-masing algoritma.

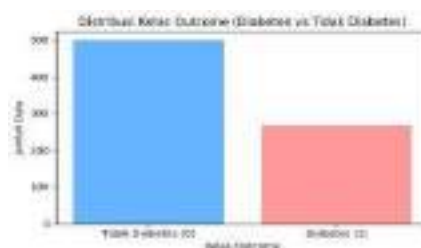
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemahaman data ini untuk memahami karakteristik dataset sebelum proses pemodelan. Tahap ini meliputi pemeriksaan struktur dataset untuk mengetahui jumlah baris dan kolom, serta mengevaluasi distribusi kelas target Outcome, yaitu jumlah data pasien yang terindikasi diabetes (kelas 1) dan yang tidak terindikasi diabetes (kelas 0). Dengan analisis ini, peneliti dapat melihat keseimbangan data dan kondisi awal variabel yang akan digunakan pada tahap pra-pemrosesan dan pemodelan

Tabel 1. Atribut Dataset

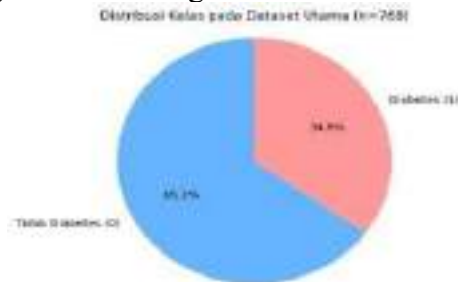
Column	Keterangan
<i>Pregnancies</i>	Untuk mengungkapkan kehamilan
<i>Glucose</i>	Untuk mengekspresikan tingkat glukosa dalam darah
<i>BloodPressure</i>	Untuk mengekspresikan pengukuran tekanan darah
<i>SkinThickness</i>	Untuk mengekspresikan ketebalan kulit
<i>Insulin</i>	Untuk mengekspresikan tingkat Insulin dalam darah
<i>BMI</i>	Untuk mengekspresikan indeks massa tubuh
<i>Diabetes Pedigree</i>	Untuk mengungkapkan persentase Diabetes
<i>Age</i>	Untuk mengekspresikan usia
<i>Outcome</i>	Untuk menyatakan hasil akhir 1 adalah Ya dan 0 adalah Tidak

Pada gambar 1. terlihat bahwa data pasien yang tidak menderita diabetes (kelas 0) berjumlah sekitar 500 sampel, sedangkan data pasien yang menderita diabetes (kelas 1) berjumlah sekitar 268 sampel. Ini berarti dataset sedikit tidak seimbang, dengan jumlah kasus non-diabetes lebih banyak dibanding kasus diabetes.



Gambar 1. Jumlah Data Diabetes dan tidak Diabetes

Pada gambar 2. Grafik pie chart menunjukkan proporsi kelas pada dataset utama. Sekitar dua pertiga data (65,1%) merupakan pasien tidak diabetes, sedangkan sepertiganya (34,9%) merupakan pasien diabetes. Ini menggambarkan distribusi data yang tidak seimbang antara kedua kelas.



Gambar 2. Prosentase Data Diabetes dan tidak Diabetes

Pembersihan Data

Pemeriksaan awal terhadap kelengkapan data dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya nilai yang hilang pada setiap variabel. Berdasarkan hasil pengecekan, semua kolom pada dataset memiliki nilai nol untuk jumlah data yang hilang. Hal ini menunjukkan bahwa dataset yang digunakan sudah lengkap dan tidak memiliki missing value, sehingga dapat langsung diproses pada tahap pra-pemrosesan dan pemodelan.

Pada Gambar 3. menunjukkan jumlah nilai yang hilang pada setiap kolom dataset. Angka 0 di semua kolom berarti tidak ada nilai yang hilang (missing value) pada dataset, sehingga data lengkap dan siap diproses.

```
Jumlah Nilai yang Hilang per Kolom:
Pregnancies      0
Glucose          0
BloodPressure    0
SkinThickness    0
Insulin          0
BMI              0
DiabetesPedigreeFunction 0
Age              0
Outcome          0
dtype: int64
```

Gambar 3. Nilai yang Hilang pada Data

Pembagian Data

Pada Tabel 2. menunjukkan pembagian dataset menjadi data training dan data testing dengan proporsi 70:30. Dari total 768 data, 537 data digunakan untuk melatih model

(training set) dan 231 data digunakan untuk menguji model (testing set). Pembagian ini dilakukan agar performa model dapat dievaluasi secara objektif pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Tabel 2. Pembagian Data Training dan Testing

Positif	Negatif
Training 70 %	
187	350
Testing 30%	
81	150

Hasil Random Forest

Pada Tabel 3. menunjukkan hasil evaluasi model Random Forest pada data pengujian. Model memperoleh akurasi sebesar 75% dengan nilai precision, recall, dan F1-score yang lebih tinggi pada kelas tidak diabetes (0) dibandingkan kelas diabetes (1). Nilai rata-rata (macro dan weighted) berada di kisaran 0,73–0,76, yang menunjukkan performa model cukup baik meskipun terdapat perbedaan kinerja antar kelas.

Tabel 3. Hasil Random Forest

Kelas / Metrik	Precision	Recall	F1-score	Support
0 (Tidak Diabetes)	0,82	0,80	0,81	151
1 (Diabetes)	0,64	0,66	0,65	80
Akurasi	–	–	0,75	231
Macro Avg	0,73	0,73	0,73	231
Weighted Avg	0,76	0,75	0,75	231

Hasil Logistic Regression

Pada Tabel 4. menunjukkan hasil evaluasi model Logistic Regression pada data pengujian. Model ini memperoleh akurasi sebesar 74% dengan nilai precision, recall, dan F1-score yang lebih tinggi pada kelas tidak diabetes (0) dibandingkan kelas diabetes (1). Nilai rata-rata (macro dan weighted) berada di kisaran 0,71–0,74, yang menunjukkan kinerja model cukup baik meskipun performanya pada kelas positif masih lebih rendah.

Tabel 4. Hasil Logistic Regression

Kelas / Metrik	Precision	Recall	F1-score	Support
0 (Tidak Diabetes)	0,80	0,79	0,80	151
1 (Diabetes)	0,62	0,62	0,62	80
Akurasi	–	–	0,74	231
Macro Avg	0,71	0,71	0,71	231
Weighted Avg	0,74	0,74	0,74	231

Hasil Perbandingan Akurasi dan Evaluasi

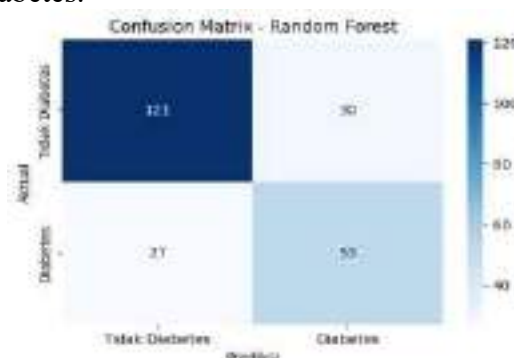
Pada Tabel 5. Menunjukkan hasil perbandingan kinerja model Random Forest (RF) dan Logistic Regression (LR) berdasarkan metrik evaluasi. Secara umum, RF menunjukkan nilai precision, recall, F1-score, dan akurasi yang sedikit lebih tinggi dibandingkan LR, dengan selisih 0,01–0,04. Kinerja pada kelas 0 tergolong baik, sedangkan pada kelas 1 tergolong cukup baik, sehingga dapat disimpulkan bahwa Random Forest memberikan hasil yang lebih konsisten dan sedikit lebih unggul dibanding Logistic Regression pada dataset ini.

Tabel 5. Hasil Perbandingan Random Forest dan Logistic Regression

Metrik	Kelas	RF	LR	Selisih (RF-LR)	Kategori
Precision	0	0.82	0.80	+0.02	Baik
Recall	0	0.80	0.79	+0.01	Baik
F1-Score	0	0.81	0.80	+0.01	Baik
Precision	1	0.64	0.62	+0.02	Cukup Baik
Recall	1	0.66	0.62	+0.04	Cukup Baik
F1-Score	1	0.65	0.62	+0.03	Cukup Baik
Accuracy	-	0.75	0.74	+0.01	Baik
Macro Avg	-	0.73	0.71	+0.02	Cukup Baik
Weighted Avg	-	0.75	0.74	+0.01	Baik

Hasil Confusion Matrix Random Forest

Pada Gambar 4. Berdasarkan confusion matrix pada model Random Forest, diketahui bahwa sebanyak 121 data pasien tidak diabetes berhasil diprediksi benar sebagai tidak diabetes, sedangkan 30 data pasien tidak diabetes diprediksi salah sebagai diabetes. Pada kelas diabetes, sebanyak 53 data pasien berhasil diprediksi benar sebagai diabetes dan 27 data pasien diprediksi salah sebagai tidak diabetes. Hasil ini menunjukkan bahwa model Random Forest lebih baik dalam mengenali kelas tidak diabetes dibandingkan kelas diabetes.



Gambar 4. Confusion Matrix RF

Hasil Confusion Matrix Logistic Regression

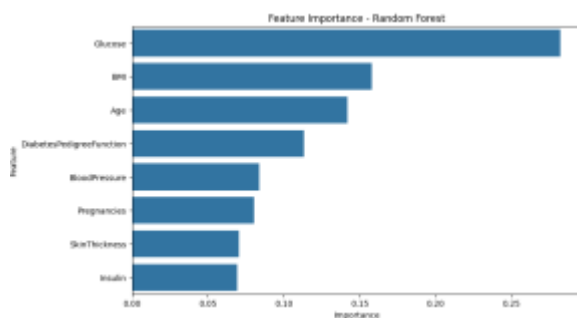
Pada gambar 5. Confusion matrix tersebut menunjukkan kinerja model Logistic Regression. Sebanyak 120 data tidak diabetes diprediksi benar sebagai tidak diabetes dan 31 data tidak diabetes diprediksi salah sebagai diabetes. Pada kelas diabetes, 50 data diprediksi benar sebagai diabetes dan 30 data diprediksi salah sebagai tidak diabetes. Model ini juga lebih baik mengenali kelas tidak diabetes dibandingkan kelas diabetes.



Gambar 5. Confusion Matrix LR

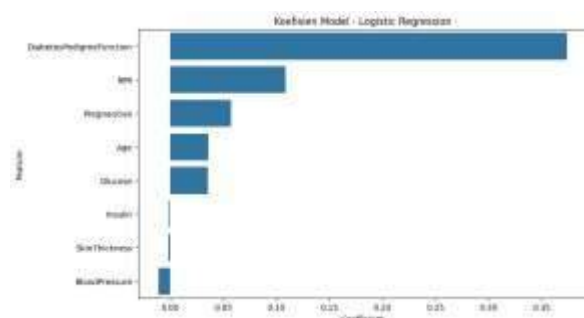
Fitur Paling Berpengaruh dalam Prediksi

Pada gambar 6. Grafik tersebut menunjukkan tingkat kepentingan fitur pada model Random Forest. Fitur Glucose memiliki pengaruh paling besar dalam prediksi diabetes, diikuti oleh BMI, Age, dan DiabetesPedigreeFunction. Sementara itu fitur Insulin, SkinThickness, dan Pregnancies memiliki pengaruh yang lebih rendah dibandingkan fitur lainnya.



Gambar 6. Grafik Random Forest Fitur Paling Berpengaruh dalam Prediksi Diabetes

Pada Gambar 7. Grafik tersebut menunjukkan nilai koefisien pada model Logistic Regression. Fitur yang memiliki pengaruh paling besar terhadap prediksi diabetes adalah DiabetesPedigreeFunction, diikuti oleh BMI, Pregnancies, Age, dan Glucose. Sementara itu, fitur seperti Insulin, SkinThickness, dan BloodPressure memiliki kontribusi yang relatif kecil terhadap hasil prediksi.



Gambar 7. Grafik Logistic Regression Fitur Paling Berpengaruh dalam Prediksi Diabetes

Hasil analisis feature importance menunjukkan bahwa variabel Glucose merupakan indikator paling dominan dalam prediksi diabetes. Sementara itu, variabel

Insulin tidak terlalu berpengaruh dalam model. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh keterbatasan dataset Pima Indians Diabetes dari Kaggle, di mana banyak nilai Insulin yang tercatat nol dan dianggap tidak realistis. Oleh karena itu, meskipun secara medis kadar glukosa dan insulin sama-sama penting sebagai faktor penentu diabetes, dalam penelitian ini hanya Glucose yang tampil dominan dalam model Random Forest.

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa algoritma Random Forest dan Logistic Regression sama-sama mampu digunakan dalam klasifikasi penyakit diabetes. Random Forest memiliki performa yang lebih baik dengan akurasi 75%, sedangkan Logistic Regression memperoleh akurasi 74%. Random Forest juga memberikan nilai precision, recall, dan F1-score yang lebih tinggi pada kelas non-diabetes, meskipun pada kelas diabetes keduanya masih memiliki keterbatasan. Analisis fitur menunjukkan bahwa Glucose merupakan indikator paling dominan pada Random Forest, sedangkan Diabetes PedigreeFunction paling berpengaruh pada Logistic Regression. Hasil ini memperlihatkan bahwa selain kinerja model, pemahaman terhadap fitur yang berpengaruh juga penting untuk mendukung upaya deteksi dini diabetes. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa Random Forest lebih konsisten dalam menghasilkan prediksi, namun Logistic Regression tetap dapat digunakan sebagai alternatif dengan kinerja yang cukup baik.

E. DAFTAR PUSTAKA

Fasnuari, H. A. D., Yuana, H., & Chulkamdi, M. T. (2022). Application of K-Nearest Neighbor Algorithm For Classification of Diabetes Mellitus. Case Study : Residents of Jatitengah Village. *Antivirus : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 16(2), 133–142.

- <https://doi.org/10.35457/antivirus.v16i2.2445>
- Lalla, N. N., & Rumatiga, J. (2022). Type instability of Blood Glucose Levels in Type II Diabetes Mellitus Patients. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 11(2), 473–479.
<https://doi.org/10.35816/jiskh.v11i2.816>
- Oktaviana, A., Wijaya, D. P., Pramuntadi, A., & Heksaputra, D. (2024). Prediksi Penyakit Diabetes Melitus Tipe 2 Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN). *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(3), 812–818.
<https://doi.org/10.57152/malcom.v4i3.1268>
- Rachmawati, F. S., Sau, G. V. O., Syah, M. F., Effendy, D. S., Muchtar, F., Bahar, H., Lestari, H., & Tosepu, R. (2025). Edukasi Melalui Infografis Dengan Gaya Hidup dan Pola Makan Dalam Mencegah Diabetes. *IJCD : Indonesian Journal of Community Dedication*, 3(2), 318–327.
<https://doi.org/10.61214/ijcd.v3i2.783>
- Setyawan, N. H., & Wakhidah, N. (2025). Analisis Perbandingan Metode Logistic Regression, Random Forest, Gradient Boosting Untuk Prediksi Diabetes. *JUPI : Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika*, 10(1), 150–162.
<https://doi.org/10.29100/jupi.v10i1.5743>
- Siridion, S. T., & Siregar, B. (2024). Analisis Klasifikasi Diagnosa Penyakit Diabetes Melitus Berdasarkan Komparasi Algoritma Supervised Learning. *Mutiara: Multidiciplinary Scientifict Journal*, 2(3), 1006–1014.
<https://doi.org/10.57185/mutiara.v2i2.159>
- Syahri, A., Fariha, U., Afandi, R., & Nurliyana, I. (2024). Comparison of Logistic Regression, Random Forest and Adaboost Algorithms for Diabetes Mellitus Classification. *IJATIS:*
- Indonesian Journal of Applied Technology and Innovation Science*, 1(1), 41–46.
<https://doi.org/10.57152/ijatis.v1i1.1116>
- Yuniarti, T., Haryanto, B. A. H., Kalpikawati, A. B., Aryawati, R. N., Khasanah, N. H., Annisa, A. S., Rofiah, R., & Safitri, Y. (2025). Promosi Kesehatan dan Implementasi Pemberian Kapsul Habbatusauda Untuk Mencegah Diabetes Melitus. *Jurnal Pengabdian Komunitas*, 4(1), 1–9.
<https://jurnalpengabdiankomunitas.com/index.php/pengabmas/article/view/234>

ANALISIS PERBANDINGAN ALGORITMA *RANDOM FOREST* DAN NAÏVE BAYES DALAM KLASIFIKASI PENYAKIT AIDS

Muhamad Tedi Saprudin¹⁾, Budi Sudrajat²⁾, Hasta Herlan Asymar³⁾

^{1,2}Prodi Informatika, Fakultas Teknik & Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

³Prodi Teknologi Komputer, Fakultas Teknik & Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

Correspondence author: M.T.Saprudin, muhamadtedi078@gmail.com, Jakarta, Indonesia

Abstract

This study aims to compare the performance of the *Random Forest* and Naïve Bayes algorithms in classifying AIDS based on patient data. The *dataset* was obtained from the Kaggle platform and consists of 2,139 data points with 23 attributes, including medical information such as age, weight, haemoglobin level, gender, treatment type, and CD4 and CD8 cell counts. The research method comprises several stages: data collection, *pre-processing*, model building, and evaluation. The model was evaluated using metrics such as accuracy, *precision*, *recall*, F1-score, confusion matrix, and AUC-ROC. The results showed that the *Random Forest* algorithm outperformed Naïve Bayes. *Random Forest* achieved an accuracy of 88.16% and an AUC of 91.25%, while Naïve Bayes only achieved an accuracy of 81.46% and an AUC of 81.40%. These findings indicate that *Random Forest* is better able to handle complex, non-linear medical data and provides more stable, reliable classification results. Therefore, *Random Forest* is recommended as a more effective algorithm for classifying AIDS cases based on the *dataset* used in this study.

Keywords: *Random Forest*, naïve bayes, classification algorithm, aids

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja algoritma *Random Forest* dan Naïve Bayes dalam melakukan klasifikasi penyakit AIDS berdasarkan data pasien. *Dataset* yang digunakan diperoleh dari platform Kaggle dan terdiri atas 2.139 data dengan 23 atribut, yang mencakup informasi medis seperti usia, berat badan, kadar hemoglobin, jenis kelamin, jenis pengobatan, serta jumlah sel CD4 dan CD8. Metode penelitian meliputi beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data, pra-pemrosesan, pembentukan model, dan evaluasi. Model dievaluasi menggunakan metrik akurasi, presisi, *recall*, F1-score, confusion matrix, dan AUC-ROC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* memiliki performa lebih baik dibandingkan Naïve Bayes. *Random Forest* mencapai akurasi sebesar 88,16% dan nilai AUC sebesar 91,25%, sedangkan Naïve Bayes hanya memperoleh akurasi 81,46% dengan AUC 81,40%. Temuan ini menunjukkan bahwa *Random Forest* lebih mampu menangani data medis yang kompleks dan non-linear, serta memberikan hasil klasifikasi yang lebih stabil dan andal. Oleh karena itu, *Random Forest* direkomendasikan sebagai algoritma yang lebih efektif untuk klasifikasi kasus AIDS menggunakan *dataset* pada penelitian ini.

Kata Kunci: *Random Forest*, naïve bayes, algoritma klasifikasi, penyakit aids

A. PENDAHULUAN

Penyakit HIV/AIDS (*Human Immunodeficiency Virus / Acquired Immune Deficiency Syndrome*) merupakan salah satu penyakit menular berbahaya yang masih menjadi permasalahan kesehatan global hingga saat ini. Menurut data *World Health Organization*, lebih dari 39 juta orang di seluruh dunia hidup dengan HIV/AIDS, dan sekitar 1,3 juta kasus baru muncul setiap tahunnya (Sari et al., 2024). Laporan *Joint United Nations Programme on HIV/AIDS* (UNAIDS), juga menyebutkan bahwa HIV/AIDS masih menjadi salah satu penyebab utama kematian pada kelompok usia produktif di berbagai negara (Barus et al., 2024).

Di Indonesia, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, melaporkan bahwa jumlah kasus HIV/AIDS terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan data nasional, hingga tahun 2023 tercatat lebih dari 500 ribu kasus HIV dan 130 ribu kasus AIDS dengan penyebaran tertinggi di provinsi DKI Jakarta, Jawa Timur, dan Papua. Peningkatan ini menunjukkan perlunya strategi yang lebih efektif dalam deteksi dini serta pengendalian penularan penyakit HIV/AIDS (Sari et al., 2024).

HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) merupakan virus yang menyerang dan merusak sel darah putih, sehingga mengakibatkan penurunan daya tahan tubuh seseorang. AIDS merupakan tahap di mana kerusakan sistem imun akibat HIV sudah sangat parah, sehingga infeksi ringan sekalipun bisa berkembang menjadi ancaman serius bagi penderitanya. Tahap akhir dari infeksi ini dikenal sebagai AIDS, yaitu kondisi ketika sistem kekebalan tubuh sudah tidak mampu melawan infeksi yang masuk. Deteksi dini terhadap infeksi HIV sangat penting agar pengobatan dapat dilakukan sedini mungkin dan mencegah perkembangan menuju tahap AIDS (Oktavia et al., 2022).

Metode deteksi HIV/AIDS secara konvensional masih mengandalkan

pemeriksaan laboratorium, seperti tes antibodi dan tes PCR. Meskipun akurat, metode tersebut memerlukan waktu, biaya, dan fasilitas kesehatan yang memadai (Aini et al., 2025). Dalam konteks ini, kemajuan teknologi informasi khususnya di bidang kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dan pembelajaran mesin (*Machine learning*) membuka peluang baru untuk mendeteksi penyakit secara cepat dan efisien dengan memanfaatkan data medis pasien (Handayani, 2024).

Machine learning merupakan cabang kecerdasan buatan yang mampu menganalisis data, mengenali pola, dan membuat prediksi berdasarkan pengalaman dari data sebelumnya. Model klasifikasi *machine learning* telah banyak digunakan untuk mendeteksi berbagai penyakit seperti diabetes (Oktaviana et al., 2024), kanker payudara (Cahyana & Nurlyayli, 2023), dan jantung (Samosir et al., 2021). Namun, penelitian yang secara spesifik membahas penerapan algoritma *machine learning* untuk klasifikasi penyakit AIDS masih relatif terbatas.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan penggunaan algoritma *machine learning* dalam bidang medis. Misalnya, penelitian oleh (Hanifah & Kriswibowo, 2023) menganalisis tren penyebaran penyakit HIV/AIDS di Indonesia dan menemukan pentingnya sistem deteksi digital berbasis data pasien. Penelitian lainnya oleh (Lestari & Homaidi, 2024; Miftakhudin et al., 2025) membandingkan kinerja berbagai algoritma seperti *Random Forest*, *Naïve Bayes*, dan KNN untuk klasifikasi data medis dan menemukan bahwa *Random Forest* cenderung memberikan hasil yang lebih akurat dan stabil.

Random Forest merupakan metode *ensemble learning* yang menggabungkan beberapa pohon keputusan (*decision tree*) untuk menghasilkan prediksi yang lebih kuat melalui sistem voting. Algoritma ini memiliki keunggulan dalam menangani data yang kompleks dan beragam (Setiawan et al.,

2025). Sementara itu, *Naïve Bayes* adalah algoritma berbasis probabilitas sederhana yang cepat dan efisien, namun performanya menurun ketika terdapat korelasi antar atribut data (Novelan & Aryza, 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja algoritma *Random Forest* dan *Naïve Bayes* dalam mengklasifikasikan penyakit AIDS berdasarkan data medis pasien. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan algoritma yang lebih efektif dalam mendeteksi status infeksi HIV/AIDS, sehingga dapat mendukung pengembangan sistem deteksi dini berbasis *machine learning* di bidang kesehatan.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan komparatif yang bertujuan untuk membandingkan performa algoritma *Random Forest* dan *Naïve Bayes* dalam mengklasifikasikan penyakit AIDS berdasarkan indikator kesehatan pasien. Data yang digunakan berasal dari sumber sekunder, yaitu *dataset* yang diperoleh dari situs Kaggle (www.kaggle.com).

Studi Literatur

Tahap awal penelitian ini diawali dengan kegiatan studi literatur yang bertujuan untuk memperoleh landasan teori dan referensi terkait penelitian sebelumnya mengenai penerapan algoritma *machine learning* dalam bidang kesehatan. Studi literatur dilakukan dengan meninjau berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, dan artikel daring yang membahas algoritma *Random Forest* dan *Naïve Bayes*. Melalui tahap ini, peneliti memperoleh pemahaman mengenai konsep dasar, karakteristik algoritma, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan. Informasi yang diperoleh dari studi literatur menjadi acuan dalam menentukan arah penelitian, rancangan model, serta metode evaluasi yang digunakan.

Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan *dataset* sekunder yang diperoleh dari situs Kaggle dan berisi data medis pasien terkait HIV/AIDS. *Dataset* ini mencakup berbagai indikator kesehatan seperti usia, kadar hemoglobin, jumlah sel CD4 dan CD8, jenis terapi, serta status infeksi HIV sebagai variabel target. *Dataset* ini dipilih karena bersifat terbuka dan memiliki format yang sesuai untuk penelitian berbasis *machine learning*. Selain itu, data tersebut memiliki indikator kesehatan yang relevan untuk proses klasifikasi dan umum digunakan dalam penelitian prediksi penyakit. Secara keseluruhan, *dataset* terdiri atas 2.139 data pasien dan 23 atribut dengan satu variabel target berupa status infeksi HIV (0 = tidak terinfeksi, 1 = terinfeksi).

Pre-processing Data

Tahap *pre-processing* data dilakukan untuk memastikan bahwa data yang digunakan siap diolah oleh model *machine learning*. Langkah pertama yang dilakukan adalah pembersihan data (*data cleaning*) untuk menghapus nilai kosong (*missing values*) dan data duplikat yang dapat mengganggu hasil pemodelan. Selanjutnya dilakukan transformasi data, yaitu mengubah atribut kategorikal menjadi numerik menggunakan metode *Label Encoding* agar dapat diproses oleh algoritma. Selain itu, dilakukan normalisasi data untuk menyeragamkan skala antar atribut agar model dapat belajar secara optimal. Setelah proses tersebut selesai, *dataset* dibagi menjadi dua bagian yaitu 70% untuk data training dan 30% untuk data testing, dengan tujuan agar model dapat diuji pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Membentuk Model

Pada tahap ini, peneliti membangun dua model klasifikasi menggunakan algoritma *Random Forest* dan *Naïve Bayes*. Algoritma *Random Forest* merupakan metode *ensemble learning* berbasis pohon keputusan (*decision tree*) yang membentuk banyak pohon secara acak dan menggabungkan hasil prediksi

melalui sistem *majority voting*. Keunggulan *Random Forest* adalah kemampuannya menangani data berukuran besar, mengurangi risiko *overfitting*, serta memberikan hasil prediksi yang stabil. Sementara itu, algoritma *Naïve Bayes* merupakan metode berbasis probabilitas yang menggunakan Teorema Bayes dengan asumsi bahwa setiap fitur bersifat independen. Algoritma ini sederhana, cepat, dan efisien untuk digunakan pada *dataset* berukuran besar dengan banyak atribut.

Pengujian Model

Tahap terakhir adalah pengujian model untuk mengevaluasi performa kedua algoritma dalam melakukan klasifikasi penyakit AIDS. Evaluasi dilakukan menggunakan beberapa metrik pengukuran, yaitu *accuracy* untuk mengukur tingkat ketepatan model secara keseluruhan, *precision* untuk menilai ketepatan prediksi positif, *recall (sensitivity)* untuk mengukur kemampuan model dalam mendeteksi kelas positif sebenarnya, serta *F1-score* sebagai rata-rata harmonis antara *precision* dan *recall*. Selain itu, digunakan juga AUC-ROC (*Area Under Curve – Receiver Operating Characteristic*) untuk menilai kemampuan model dalam membedakan antara kelas positif dan negatif.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemahaman data dilakukan untuk mengetahui karakteristik *dataset* sebelum dilakukan proses pemodelan. Tahap ini meliputi pemeriksaan struktur *dataset* untuk mengetahui jumlah baris dan kolom, serta mengevaluasi distribusi kelas target *Infected*, yaitu jumlah data pasien yang terinfeksi HIV (kelas 1) dan yang tidak terinfeksi HIV (kelas 0). Dengan analisis ini, peneliti dapat melihat keseimbangan data serta memahami kondisi awal variabel yang akan digunakan pada tahap pra-pemrosesan dan pemodelan.

Tabel 1. Atribut *Dataset*

NO	NAMA ATRIBUT	KETERANGAN
1	Time	Waktu sejak awal pengamatan atau perawatan
2	Trt	Jenis perawatan atau terapi
3	Age	Usia pasien
4	Wtkg	Berat badan dalam kilogram
5	Hemo	Kadar hemoglobin
6	MSM	Status homoseksual (ya/tidak)
7	Drugs	Penggunaan obat terlarang
8	Karnof	Skor Karnofsky (tingkat kemampuan aktivitas fisik)
9	Oprior	Jumlah pengobatan sebelumnya
10	Z30	Penerimaan zidovudine (AZT) dalam 30 hari terakhir
11	Preanti	Terapi antiretroviral sebelumnya
12	Race	Ras atau etnis pasien
13	Gender	Jenis kelamin
14	Str2	Variabel stratifikasi tambahan
15	Strat	Variabel stratifikasi utama
16	Symptom	Gejala klinis HIV/AIDS
17	Treat	Jenis pengobatan selama penelitian
18	Offtrt	Status penghentian pengobatan
19	Cd40	Jumlah sel CD4 awal
20	Cd420	Jumlah sel CD4 setelah 20 minggu
21	Cd80	Jumlah sel CD8 awal
22	Cd820	Jumlah sel CD8 setelah 20 minggu
23	Infected	Status infeksi HIV (kelas target: terinfeksi (1) / tidak terinfeksi (0))

Tabel 2. Sebelum *Cleaning Dataset*

No	Column	Non-Null Count	Dtype
0	time	2139 non-null	int64
1	trt	2139 non-null	int64
2	age	2139 non-null	int64
3	wtkg	2139 non-null	object
4	hemo	2139 non-null	int64

No	Column	Non-Null Count	Dtype
5	homo	2139 non-null	int64
6	drugs	2139 non-null	int64
7	karnof	2139 non-null	int64
8	oprior	2139 non-null	int64
9	z30	2139 non-null	int64
10	preanti	2139 non-null	int64
11	race	2139 non-null	int64
12	gender	2139 non-null	int64
13	str2	2139 non-null	int64
14	strat	2139 non-null	int64
15	symptom	2139 non-null	int64
16	treat	2139 non-null	int64
17	offtrt	2139 non-null	int64
18	cd40	2139 non-null	int64
19	cd420	2139 non-null	int64
20	cd80	2139 non-null	int64
21	cd820	2139 non-null	int64

Analisis Awal dan Pembersihan Data

Dataset yang digunakan berjumlah 2.139 entri dengan 23 kolom (atribut) yang berisi berbagai indikator kesehatan pasien. Atribut-atribut tersebut meliputi data demografis, hasil pemeriksaan laboratorium, serta status infeksi HIV yang menjadi target klasifikasi.

Berdasarkan hasil analisis awal, seluruh kolom pada *dataset* memiliki nilai lengkap (*non-null count* = 2.139) sehingga tidak ditemukan data yang hilang (*missing value*). Proses data *cleaning* dilakukan untuk memastikan konsistensi tipe data, di mana seluruh atribut telah dikonversi ke format numerik (int64) agar dapat diolah dengan baik oleh model *machine learning*.

Setelah dilakukan proses data *cleaning*, seluruh data yang tidak relevan, duplikat, serta nilai kosong (*missing values*) telah dihapus sehingga *dataset* menjadi bersih dan siap digunakan untuk tahap analisis selanjutnya. Informasi mengenai struktur data setelah proses pembersihan dapat dilihat pada

Tabel 3, yang menunjukkan jumlah entri, nama kolom, tipe data, serta jumlah nilai non-null pada masing-masing atribut.

Tabel 3. Sesudah *Cleaning Dataset*

No	Kolom	Non- Null Count	Dtype
0	time	2139 non-null	int64
1	trt	2139 non-null	int64
2	age	2139 non-null	int64
3	wtg	2139 non-null	int64
4	hemo	2139 non-null	int64
5	homo	2139 non-null	int64
6	drugs	2139 non-null	int64
7	karno	2139 non-null	int64
8	oprior	2139 non-null	int64
9	z30	2139 non-null	int64
10	preanti	2139 non-null	int64
11	race	2139 non-null	int64
12	gender	2139 non-null	int64
13	str2	2139 non-null	int64
14	strat	2139 non-null	int64
15	symptom	2139 non-null	int64
16	treat	2139 non-null	int64
17	offtrt	2139 non-null	int64
18	cd40	2139 non-null	int64
19	cd420	2139 non-null	int64
20	cd80	2139 non-null	int64
21	cd820	2139 non-null	int64
22	infected	2139 non-null	int64

Dari kedua tabel tersebut, dapat dilihat bahwa tidak terdapat perbedaan jumlah entri sebelum dan sesudah proses pembersihan. Hal ini menunjukkan bahwa data sudah bersih dan siap digunakan untuk proses pemodelan.

Hasil Pengujian Algoritma *Random Forest*

Algoritma *Random Forest* diuji menggunakan data testing sebanyak 642

sampel. Hasil pengujian model ini dapat dilihat pada Tabel 4, yang menampilkan hasil evaluasi lengkap dengan metrik akurasi, AUC-ROC, serta nilai *precision*, *recall*, dan *f1-score* untuk masing-masing kelas.

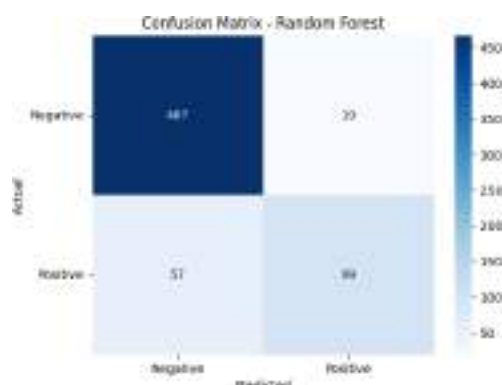
Tabel 4. Hasil Evaluasi *Random Forest*

Metric / Kelas	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	F1-Score	Support
0	0.89	0.96	0.92	486
1	0.84	0.63	0.72	156
Accuracy			0.88	642
Macro Avg	0.87	0.80	0.82	642
Weighted Avg	0.88	0.88	0.88	642

Berdasarkan hasil tersebut, model *Random Forest* menghasilkan akurasi sebesar 0,8816 (88,16%) dan nilai AUC sebesar 0,9125. Nilai ini menunjukkan kemampuan model yang sangat baik dalam membedakan antara pasien yang terinfeksi dan tidak terinfeksi HIV.

Dari metrik yang ditampilkan, terlihat bahwa kelas negatif (pasien tidak terinfeksi) memiliki *recall* yang sangat tinggi, yaitu 0,96, menandakan model mampu mengenali hampir seluruh pasien negatif dengan tepat. Namun pada kelas positif, nilai *recall* sebesar 0,63 mengindikasikan bahwa masih ada sebagian pasien terinfeksi yang salah terklasifikasi.

Hasil prediksi lebih lanjut divisualisasikan dalam bentuk confusion matrix pada Gambar 1.



Gambar 1. Confusion Matrix *Random Forest*

Berdasarkan *confusion matrix* tersebut, diketahui bahwa 467 data pasien negatif berhasil diklasifikasi dengan benar, sedangkan hanya 19 data negatif yang salah diklasifikasi sebagai positif. Untuk pasien yang terinfeksi HIV, 99 data terprediksi benar sebagai positif, namun terdapat 57 data positif yang salah diklasifikasi sebagai negatif.

Hasil ini menunjukkan bahwa *Random Forest* bekerja dengan sangat baik dalam mendeteksi pasien yang tidak terinfeksi, namun masih perlu peningkatan sensitivitas terhadap pasien positif.

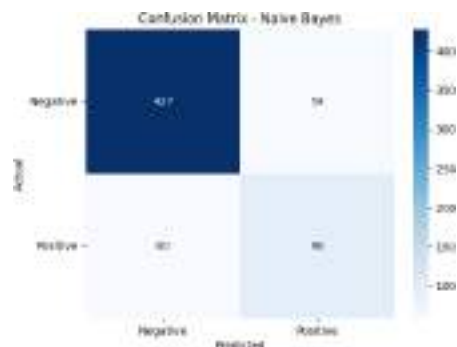
Hasil Pengujian Algoritma *Naïve Bayes*

Pengujian selanjutnya dilakukan menggunakan algoritma *Naïve Bayes* pada *dataset* yang sama. Hasil evaluasi model dapat dilihat pada Tabel 5, yang menampilkan nilai akurasi, AUC-ROC, serta metrik *precision*, *recall*, dan *f1-score* untuk setiap kelas.

Tabel 5. Hasil Evaluasi *Naïve Bayes*

Metric / Kelas	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	F1-Score	Support
0	0.88	0.88	0.88	486
1	0.62	0.62	0.62	156
Accuracy			0.81	642
Macro Avg	0.75	0.75	0.75	642
Weighted Avg	0.81	0.81	0.81	642

Berdasarkan hasil tersebut, algoritma *Naïve Bayes* memperoleh akurasi sebesar 0,8146 (81,46%) dengan AUC sebesar 0,8140. Meskipun performanya cukup baik, nilai akurasi ini masih berada di bawah *Random Forest*. Nilai *precision* dan *recall* pada kelas positif (pasien terinfeksi) masing-masing sebesar 0,62, menunjukkan bahwa model masih kesulitan dalam mengenali seluruh pasien yang benar-benar terinfeksi HIV. Detail hasil klasifikasi divisualisasikan pada *confusion matrix* di Gambar 2.

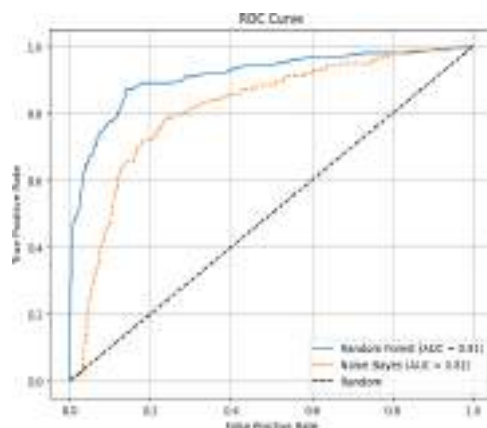


Gambar 2. Confusion Matrix Naïve Bayes

Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa 427 pasien negatif berhasil diklasifikasi dengan benar, sedangkan 59 pasien negatif salah diklasifikasi sebagai positif. Untuk kelas positif, 96 pasien terinfeksi berhasil dikenali dengan benar, sementara 60 pasien positif salah diprediksi sebagai negatif. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa Naïve Bayes memiliki akurasi yang cukup baik, tetapi sensitivitasnya terhadap pasien positif masih lebih rendah dibandingkan *Random Forest*.

Perbandingan Kinerja Kedua Model

Perbandingan performa kedua model ditunjukkan melalui kurva ROC pada Gambar 3. Kurva ini menggambarkan hubungan antara *true positive rate* dan *false positive rate* untuk masing-masing algoritma.



Gambar 3. Plot ROC kedua algoritma

Dari kurva tersebut, terlihat bahwa *Random Forest* memiliki area di bawah kurva (AUC) sebesar 0,91, sedangkan Naïve Bayes sebesar 0,81. Semakin besar nilai AUC,

semakin baik kemampuan model dalam membedakan kelas positif dan negatif. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa *Random Forest* memiliki performa klasifikasi yang lebih baik dan lebih stabil dibandingkan Naïve Bayes.

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa algoritma *Random Forest* dan Naïve Bayes sama-sama mampu digunakan dalam proses klasifikasi penyakit HIV/AIDS. Keduanya dapat mengenali perbedaan antara pasien yang terinfeksi dan tidak terinfeksi berdasarkan indikator kesehatan yang tersedia pada *dataset*.

Namun demikian, *Random Forest* menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan Naïve Bayes, dengan nilai akurasi sebesar 88,16% dan AUC sebesar 0,91, sedangkan Naïve Bayes memperoleh akurasi 81,46% dengan AUC 0,81. *Random Forest* juga menghasilkan nilai *precision*, *recall*, dan F1-score yang lebih tinggi, terutama pada kelas pasien yang tidak terinfeksi HIV.

Meskipun begitu, Naïve Bayes tetap dapat digunakan sebagai alternatif karena memiliki keunggulan dalam kecepatan komputasi dan efisiensi pemrosesan data. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa selain kinerja model, pemilihan algoritma yang sesuai dan pemahaman terhadap karakteristik data medis juga berperan penting dalam meningkatkan akurasi sistem deteksi penyakit berbasis *machine learning*.

Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa algoritma *Random Forest* lebih unggul dan konsisten dalam menghasilkan prediksi status infeksi HIV/AIDS, sedangkan Naïve Bayes tetap relevan sebagai metode pembanding yang sederhana dan cepat.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Aini, R., Padmarini, A., & Sulisty, A. (2025). Sensitivity and Specificity of Human Immunodeficiency Virus (HIV) Antibody Testing Using the Immunochromatography Method Rapid Test Compared to ECLIA (Electro Chemiluminescence Immuno Assay). *Jaringan Laboratorium Medis*, 7(2), 119–126.
<https://doi.org/10.31983/jlm.v7i2.13620>
- Barus, D. J., Arwina B., H., & Rajagukguk, D. L. (2024). Gambaran Pengetahuan Remaja Tentang Penyakit HIV/AIDS. *TEKESNOS: Jurnal Teknologi, Kesehatan Dan Ilmu Sosial*, 6(2), 63–70.
<https://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/tekesnos/article/view/5754>
- Cahyana, C. W., & Nurlyayli, A. (2023). Analisis Performa Logistic Regression, Naïve Bayes, dan Random Forest sebagai Algoritma Pendeteksi Kanker Payudara. *INSERT: Information System and Emerging Technology Journal*, 4(1), 51–64.
<https://doi.org/10.23887/insert.v4i1.62362>
- Handayani, O. P. (2024). Revolusi Kesehatan Digital: Peran AI dan Pembelajaran Mesin dalam Diagnosa Perawatan. *KORISA: Jurnal Kolaborasi Riset Sarjana*, 1(2), 1–17.
<https://ejournal.uhb.ac.id/index.php/korisa/article/view/1773>
- Hanifah, L., & Kriswibowo, A. (2023). Kebijakan Penanggulangan HIV/Aids dalam Perspektif Health Policy Triangle Analysis di Kota Surabaya. *MANHAJ: Jurnal Hukum Dan Pranata Sosial Islam*, 5(1), 961–970.
<https://doi.org/10.37680/almanhaj.v5i1.2827>
- Lestari, I. I., & Homaidi, A. (2024). Komparasi Algoritma Naive Bayes Dan Random Forest Pada Klasifikasi Kanker Payudara. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 2(12), 778–785.
<https://doi.org/10.59435/gjmi.v2i12.1206>
- Miftakhudin, A., Santoso, N. A., & Santoso, B. A. (2025). Komparasi Algoritma KNN dan Random Forest untuk Diagnosa Penyakit Jantung Koroner (Studi Kasus: RSUD Dr. Soeselo Slawi). *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(3), 2962–2971.
<https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.2424>
- Novelan, M. S., & Aryza, S. (2025). *Belajar Mengenal Dasar Machine Learning*. Payakumbuh: PT. Serasi Media Teknologi.
- Oktavia, C., Suheti, T., Husni, A., & Melianingsih, L. (2022). Gambaran Pengetahuan Dan Sikap Remaja Tentang Pencegahan HIV/AIDS. *Jurnal Keperawatan Indonesia Florence Nightingale*, 2(1), 37–43.
<https://doi.org/10.34011/jkifn.v2i1.97>
- Oktaviana, A., Wijaya, D. P., Pramuntadi, A., & Heksaputra, D. (2024). Prediksi Penyakit Diabetes Melitus Tipe 2 Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN). *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(3), 812–818.
<https://doi.org/10.57152/malcom.v4i3.1268>
- Samosir, A., Hasibuan, M. S., Justino, W. E., & Hariyono, T. (2021). Komparasi Algoritma Random Forest, Naive Bayes dan K- Nearest Neighbor Dalam klasifikasi Data Penyakit Jantung. *Prosiding Seminar Nasional Darmajaya*, 214–222.
- Sari, I. D., Rustiana, N., & Damayanti, A. E. (2024). Hubungan Karakteristik Demografi Dengan Pengetahuan Masyarakat Tentang HIV (Human Immunodeficiency Virus)/ Di RW 02 Kelurahan Pinang Ranti Jakarta-Timur. *Jurnal Farmasi IKIFA*, 3(3), 121–131.
<https://epik.ikifa.ac.id/jfi/article/view/237>

Setiawan, A., Susanto, B., Wijaya, R. W. N.,
Tita, F., Indrajaya, D., Leipary, H., &
Kurniawan, T. A. D. (2025). *Pengantar
Data Mining*. Yogyakarta : Diandra
Kreatif.

APLIKASI MULTIMEDIA INTERAKTIF PENGENALAN AKSARA SUNDA DENGAN METODE DASTBAZ

Adzkia Hermayulia¹⁾, Teguh Ikhlas Ramadhan²⁾, Dede Syahrul Anwar³⁾

^{1,2,3}Prodi Teknik Informatika, Universitas Perjuangan

Correspondence author: A. Hermayulia, adzkiahmayulia08@gmail.com, Tasikmalaya, Indonesia

Abstract

Preserving Sundanese script as part of local culture is a challenge in elementary education, particularly given the limited availability of interactive and engaging learning media. This study aims to develop an interactive multimedia application to introduce the Sundanese script to fourth-grade students at SDN 4 Cineam, Tasikmalaya Regency, using the Dastbaz development method. This method consists of four stages: *System Requirements*, *Design Considerations*, *Implementation*, and *Evaluation*. The application was developed using Articulate Storyline and Canva and features learning modules covering Swara, Ngalagena, Rarangkén, and Numerical scripts, as well as interactive quizzes and mini-games. *Evaluation* was conducted through pre- and post-tests on 18 students, as well as alpha and beta tests. The results showed that this application can improve students' understanding of the Sundanese script and received positive responses from both teachers and students. Thus, this application can be an effective, interactive alternative learning medium that supports the preservation of local culture.

Keywords: interactive multimedia, Sundanese script introduction, dastbaz

Abstrak

Pelestarian Aksara Sunda sebagai bagian dari budaya lokal merupakan tantangan tersendiri dalam pendidikan sekolah dasar, khususnya karena keterbatasan media pembelajaran yang interaktif dan menarik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi multimedia interaktif pengenalan Aksara Sunda kepada siswa kelas 4 SDN 4 Cineam, Kabupaten Tasikmalaya dengan menggunakan metode pengembangan Dastbaz. Metode ini terdiri dari 4 tahapan, yaitu *System Requirement* (Kebutuhan Sistem), *Design Consideration* (Pertimbangan Perancangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Aplikasi dikembangkan menggunakan perangkat lunak *Articulate Storyline* dan Canva, serta dilengkapi dengan fitur pembelajaran yang mencakup materi Aksara Swara, Aksara Ngalagena, Aksara Rarangkén, dan Aksara Angka, serta kuis dan mini *game* interaktif. Evaluasi dilakukan melalui *pre-test* dan *post-test* terhadap 18 siswa serta uji alpha dan beta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap Aksara Sunda dan mendapatkan respon positif dari guru maupun siswa. Dengan demikian, aplikasi ini dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang efektif, interaktif dan mendukung pelestarian budaya lokal.

Kata Kunci: multimedia interaktif, pengenalan aksara sunda, dastbaz

A. PENDAHULUAN

Kearifan lokal merupakan unsur penting dari warisan budaya yang mencakup berbagai nilai, tradisi, dan pengetahuan yang diwariskan pada generasi ke generasi dalam Masyarakat. Salah satu bentuk kearifan lokal yang sangat penting untuk dilestarikan adalah aksara tradisional, seperti Aksara Sunda (Satino et al., 2024). Pembelajaran Aksara Sunda di sekolah dasar berperan penting dalam menjaga dan mempertahankan warisan budaya. Dengan memahami Aksara Sunda, generasi penerus dapat memperkuat identitas budaya dan meningkatkan rasa bangga terhadap budaya lokal (Aspandi et al., 2025).

Sejalan dengan visi Universitas Perjuangan (UNPER) Tasikmalaya sebagai lembaga pendidikan yang berkomitmen pada pengembangan sumber daya manusia yang berbudaya. Serta, misi UNPER yang diantaranya mencakup pengembangan pengetahuan dan keterampilan berbasis nilai-nilai lokal serta meningkatkan kepedulian terhadap budaya. Dengan demikian, Aplikasi pengenalan Aksara Sunda menjadi salah satu upaya dalam mendukung terciptanya generasi muda yang memiliki apresiasi dan rasa hormat terhadap warisan budaya daerah, tetapi juga mendukung tercapainya visi dan misi Universitas Perjuangan Tasikmalaya dalam membentuk individu yang berkarakter dan berbudaya.

Tujuan utama pembelajaran Aksara Sunda adalah agar siswa dapat memahami Aksara Sunda dengan baik. Pemahaman ini penting, mengingat Aksara Sunda merupakan warisan budaya yang harus dilestarikan. Dulu, aksara ini digunakan sebagai sarana untuk menulis berbagai dokumen penting, sastra, serta naskah-naskah keagamaan. Namun, seiring perkembangan zaman, penggunaan Aksara Sunda semakin jarang ditemui dalam aktivitas sehari-hari. Kondisi tersebut menimbulkan tantangan tersendiri dalam Upaya pelestarian, khususnya melalui pembelajaran Aksara Sunda pada sekolah dasar yang kini dihadapkan pada berbagai kendala (Salsabila & Saputra, 2021).

Setelah melakukan observasi secara langsung di SDN 4 Cineam, terlihat bahwa pengajaran Aksara Sunda ini menghadapi kendala dalam hal penggunaan media pembelajaran yang kurang bervariasi. Metode pengajaran yang digunakan masih bersifat konvensional, di mana penyampaian materi secara lisan oleh guru dan siswa cenderung pasif, hanya mendengarkan serta bertanya apabila terdapat bagian yang belum dipahami. Media pembelajaran yang digunakan masih terbatas pada buku paket sebagai sumber utama yang dinilai kurang efektif, sehingga siswa sulit memahami isi pembahasan secara maksimal, dan sistem belajar yang dianggap membosankan.

Terdapat potensi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran melalui pemanfaatan teknologi pada multimedia interaktif. Dengan penggunaan aplikasi interaktif yang dapat dirancang untuk mengenalkan Aksara Sunda, diharapkan dapat meningkatkan motivasi siswa dan memperdalam pemahaman mereka pada Aksara Sunda. Inovasi ini juga berpotensi membantu guru menyampaikan materi secara lebih menarik dan menyenangkan bagi siswa, sehingga tujuan pembelajaran Aksara Sunda di SDN 4 Cineam dapat tercapai secara optimal.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu mengenai aplikasi multimedia interaktif untuk pembelajaran Aksara Sunda. Contohnya, "Media Pembelajaran Aksara Sunda Menggunakan Augmented Reality (AR) Berbasis Android" yang hanya berisi pelatihan pengenalan huruf, tetapi belum membahas implementasi dalam kalimat (Hidayat et al., 2022). Demikian pula dengan penelitian "Aplikasi Media Pembelajaran Aksara Sunda Berbasis Android," yang belum menyediakan contoh penulisan kalimat menggunakan Aksara Sunda (Habibah et al., 2020). Dari berbagai contoh penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa implementasi materi dalam aplikasi masih kurang, sehingga perlu pengembangan lebih lanjut.

Dari uraian di atas, penerapan media pembelajaran berupa multimedia interaktif diharapkan mampu meningkatkan mutu

proses belajar mengajar. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya mampu mengenali dan memahami Aksara Sunda, tetapi juga dapat membantu penyampaian materi agar lebih interaktif, terutama dalam materi mengenai Aksara Sunda.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif yang bertujuan untuk mengenalkan Aksara Sunda dengan Metode Dasbatz. Metode Dastbaz dipilih karena memiliki struktur yang jelas dan mudah diterapkan pada setiap tahapan pengembangan. Metode ini sendiri memiliki 4 tahapan utama yaitu *System Requirement*, *Design Consideration*, *Implementation*, dan *Evaluation* (Krowe et al., 2025).

B. METODE PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

1. Wawancara

Metode wawancara dilakukan dengan melakukan tanya jawab langsung bersama pihak sekolah, khususnya guru bahasa sunda dan wali kelas di SDN 4 Cineam.

Setelah melakukan wawancara dengan guru Bahasa Sunda dan wali murid kelas IV SDN 4 Cineam, ditemukan permasalahan yaitu siswa sulit memahami isi pembahasan secara maksimal, dan sistem belajar yang dianggap kurang efektif.

2. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung kegiatan belajar mengajar di SDN 4 Cineam. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pembelajaran Aksara Sunda masih menggunakan metode konvensional tanpa dukungan media pembelajaran interaktif. Hal ini menjadi tantangan karena keterbatasannya media dan waktu mengajar, yang berdampak pada kurang optimalnya proses pengajaran,

3. Studi Literatur

Studi Literatur digunakan untuk mendukung landasan teori dalam penelitian ini. Teknik ini dilakukan dengan menelaah

berbagai sumber tertulis, seperti buku, jurnal ilmiah, dan dokumen relevan lainnya yang berkaitan dengan topik akan dibahas. Hasil dari studi literatur yaitu penulis mendapatkan pengetahuan mengenai macam- macam huruf Aksara Sunda, yaitu aksara Ngalagena, aksara Swara, aksara Rarangken dan aksara Angka.

Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan yang digunakan adalah Metode Dastbaz (Dastbaz, 2002), yang merupakan salah satu metodologi pengembangan perangkat lunak (*Software*). Terdiri dari 4 tahapan yaitu *System Requirement* (Kebutuhan Sistem), *Design Consideration* (Pertimbangan Perancangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi).

1. Kebutuhan Sistem

Sebagai tahapan awal dari metodologi pengembangan Dastbaz adalah menganalisa kebutuhan sistem yang dibutuhkan di SDN 4 Cineam, kemudian disesuaikan dengan spesifikasi aplikasi Aksara Sunda yang akan dirancang, dalam tahapan ini juga ditentukan rancangan awal pembuatan aplikasi multimedia interaktif pengenalan Aksara Sunda.

2. Pertimbangan Perancangan

Pada tahapan ini, dilakukan penyusunan spesifikasi aplikasi secara detail melalui proses perancangan yang meliputi flowchart, storyboard dan struktur navigasi. Seluruh rancangan disusun guna memastikan alur interaksi dan tampilan aplikasi sesuai dengan kebutuhan pengguna

3. Implementasi

Tahapan ini merupakan proses pengembangan aplikasi, di mana berbagai elemen multimedia digabungkan untuk membentuk sebuah aplikasi multimedia interaktif pengenalan Aksara Sunda berbasis android. Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan *Software Articulate Storyline* sebagai perancangan dan pembuatan aplikasi.

4. Evaluasi

Evaluasi Sistem merupakan tahapan pemantauan hasil rancangan aplikasi yang dilakukan dengan menggunakan media *pre-test* dan *post-test* melibatkan 18 siswa kelas IV SDN 4 Cineam.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

System Requirement (Kebutuhan Sistem)

Pada tahap awal pengembangan sistem ini dilakukan Analisa kebutuhan sistem dilakukan yang disesuaikan dengan spesifikasi aplikasi, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Konsep

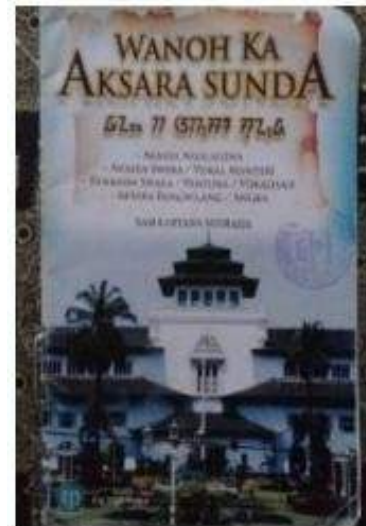
No	Judul	Deskripsi
1	Judul	Aplikasi Multimedia Interaktif Pengenalan Aksara Sunda Dengan Metode Dastbaz
2	Tujuan	Sebagai sarana media edukasi memberikan sebuah pengetahuan umum mengenai Aksara Sunda
3	Pengguna	Siswa usia 9 tahun keatas
4	Interaktivitas	Scene menu utama yang terdiri dari tombol materi, mini games, dan tombol kuis. Pengguna dapat mengakses tombol materi
5	Durasi	Durasi tidak terbatas
6	Konten	Terdiri dari 3 konten utama yaitu konten materi Aksara Sunda, mini game susu kata seputar Aksara Sunda, dan kuis seputar

Pertimbangan Perancangan

Pada tahapan ini dibuat spesifikasi aplikasi secara rinci dalam sebuah perancangan aplikasi berdasarkan perancangan diagram alir (*Flowchart*), *storyboard* dan struktur navigasi

1. *Design Metaphor* adalah model nyata yang digunakan sebagai referensi dalam perancangan antarmuka sistem. Dalam hal

ini, *Design Metaphor* berfokus pada modul atau materi pembelajaran Aksara Sunda yang sedang dipelajari oleh siswa



Gambar 1. Buku Wanoh Ka Aksara Sunda

2. *Information Type*, format dan tipe informasi, dalam aplikasi ini adalah teks dan audio yang kemudian akan diintegrasikan kedalam sistem pada aplikasi multimedia Aksara Sunda yang akan dibuat
3. *Navigation Structures*, pada tahap ini dilakukan perancangan strategi navigasi atau rancangan yang divisualisasikan melalui *flowchart*, *storyboard*, dan struktur navigasi.

Implementasi

Tahapan ini merupakan proses pembuatan aplikasi yang terdiri dari penggabungan antara elemen-elemen multimedia menjadi sebuah aplikasi Sunda berbasis android, pada proses ini menggunakan *Software Articulate Storyline*.

Testing

Tahapan ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna serta meminimalkan potensi kesalahan, melalui dua jenis pengujian: *alpha testing* dan *beta testing*

1. Pengujian Alpha (*alpha testing*)

Pengujian alpha dilakukan dengan melakukan pengujian *Black box*. Pengujian

Black box sendiri merupakan pengujian yang terfokus pada pengujian fungsionalitas aplikasi (Mukhlisin et al., 2025). Berikut ini adalah Gambar 2 yang menunjukkan hasil pengujian alpha (*alpha testing*) pada aplikasi.

No	Layar	Detail Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1		Melihat tampilan awal	Melihat tampilan awal dan informasi tentang aplikasi	[X] Diterima [] Ditolak
		Melihat tampilan profil	Melihat tampilan profil pengguna	[X] Diterima [] Ditolak
2		Melihat tampilan profil	Melihat tampilan profil pengguna	[X] Diterima [] Ditolak
3		Melihat tampilan menu	Melihat tampilan menu aplikasi	[X] Diterima [] Ditolak
		Melihat tampilan menu	Melihat tampilan menu aplikasi	[X] Diterima [] Ditolak
		Melihat tampilan menu	Melihat tampilan menu aplikasi	[X] Diterima [] Ditolak
4		Melihat tampilan chat	Melihat tampilan chat pengguna	[X] Diterima [] Ditolak
		Melihat tampilan chat	Melihat tampilan chat pengguna	[X] Diterima [] Ditolak
5		Melihat tampilan pengaturan	Melihat tampilan pengaturan aplikasi	[X] Diterima [] Ditolak
		Melihat tampilan pengaturan	Melihat tampilan pengaturan aplikasi	[X] Diterima [] Ditolak

Gambar 2. Hasil pengujian alpha (*alpha testing*)

2. Pengujian Beta (*Beta Testing*)

Pengujian Beta merupakan pengujian yang melibatkan pengguna akhir dengan tujuan untuk melakukan evaluasi terhadap kekurangan pada aplikasi (Hakim et al., 2024).

Pengujian Beta sebanyak 20 orang, termasuk 2 orang guru dan 18 siswa SDN 4 Cineam. Pengujian dilakukan dengan meminta responden untuk mencoba menggunakan aplikasi terlebih dahulu, kemudian mengisi formulir kuesioner untuk mengevaluasi dan memberikan penilaian terhadap aplikasi. Beta test ini menggunakan skala likert, yang digunakan untuk mengukur persepsi, sikap atau pendapat individu berdasarkan definisi operasional yang telah ditentukan oleh peneliti.

Tabel 2. Hasil Beta Testing

No	Aspek	Pertanyaan Ke-	Index
1	Kegunaan	1	99%
		2	89%
2	Kualitas Interaksi	3	83%
		4	92%
3	Kualitas Informasi	5	94%

Evaluation (Evaluasi)

Evaluasi dilakukan terhadap 20 siswa untuk mengukur tingkat pemahaman terhadap materi Aksara Sunda. Pada tahap awal, seluruh siswa diberikan *pre-test* yang terdiri dari 10 soal untuk mengetahui sejauh mana pemahaman awal terhadap materi. Berikut adalah hasil pengumpulan nilai pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Data Pretest dan Post-test Siswa

No	Nama Siswa	Pre-test	Post-test	Selisih skor
1	Dendi Setiaji	70	100	30
2	Muhammad Ikram	40	80	40
3	Aysel Agneta Bait	70	100	30
4	Zahra Hanaya	60	90	30
5	Gisel Aura	50	80	30
6	Muhammad Nizam Alkhatiri	40	70	30
7	Fakhrie Zhafran Khairy	50	80	30

No	Nama Siswa	Pre-test	Post-test	Selisih skor
8	Dethama Ibrahimamusa Natakusumah	40	80	40
9	Reni Nur Aini	50	90	40
10	Bagas Arip Pramuditya Kustiawan	60	100	40
11	Alifiandra Rifid Alfatih	70	90	20
12	Ikhsanul Azka Putra	50	90	40
13	Reyja Muhammad Salim	60	80	20
14	Fazril Putra Permata Anugrah	60	90	30
15	Fatimah Az-Zahra	60	90	30
16	Rizkia Nur Cahyani	40	80	40
17	Raisya Anggun Sari Putri	60	80	20
18	Anaya Dara Utami	60	90	30
Total				570

Setelah mendapatkan selisih skor, langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata peningkatan dan persentase peningkatan pemahaman siswa dengan rumus:

$$\text{Skor Peningkatan} = \frac{\text{Jumlah Total Selisih Skor}}{\text{Jumlah Siswa}}$$

Berdasarkan data jumlah total selisih skor. Maka, rata-rata peningkatan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Jumlah total selisih skor} = 570 / 18 = 31.67.$$

Maka diperoleh nilai rata-rata peningkatan dengan jumlah 31 poin.

Selanjutnya, persentase peningkatan dihitung dengan menggunakan skor maksimal 100, menggunakan rumus berikut:

$$\text{Persentase Peningkatan} = \frac{\text{rata-rata peningkatan}}{\text{skor maksimal}} \times 100\% = 31\%$$

Selain itu, perhitungan rata-rata *pre-test* dan *post-test* adalah sebagai berikut:

$$\text{Persentase Pre Test} = \frac{990}{18} = 55$$

$$\text{Persentase Post Test} = \frac{1560}{18} = 86$$

Dengan demikian, terjadi peningkatan skor rata-rata sebesar 31 poin, dari 55 menjadi 86.



Gambar 3. Perbandingan peningkatan rata-rata skor

Dalam gambar 3 diatas, terlihat bahwa rata-rata peningkatan skor menunjukkan peningkatan 31%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran interaktif yang diterapkan lebih efektif dalam meningkatkan skor dibandingkan dengan metode konvensional.

Hasil ini membuktikan bahwa siswa mengalami peningkatan rata-rata skor sebesar 31 poin (31%). Peningkatan pemahaman yang menggunakan aplikasi lebih tinggi dibandingkan yang menggunakan metode konvensional yang menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif memiliki peran penting dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran.

D. PENUTUP

Hasil evaluasi berdasarkan pengujian beta yang melibatkan 20 responden termasuk 2 orang guru dan 18 siswa, menunjukkan bahwa aplikasi ini memperoleh penilaian user pada aspek kegunaan sebesar 94%, aspek kualitas interaksi sebesar 87%, dan aspek kualitas informasi sebesar 94% termasuk dalam kategori setuju. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan keberhasilan melalui perbandingan hasil *pre-test* dan *post-test*. Rata-rata nilai siswa pada *pre-test* adalah 55, sedangkan pada *post-test* meningkat menjadi 86, menunjukkan peningkatan pemahaman sebesar 31% setelah menggunakan aplikasi.

Aplikasi ini membuktikan kemampuannya dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi Aksara Sunda. Selain itu, aplikasi ini juga memberikan solusi terhadap keterbatasan media pembelajaran konvensional yang monoton, sekaligus mendukung pelestarian budaya lokal melalui pendekatan teknologi.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Aspandi, A., Rahmah, A. F., Astuti, S. T. F., Rhomadon, A. S., & Nurfadillah, M. (2025). Penguatan Cinta Aksara dan Bahasa Sunda Melalui Program 40 Hari Mencintai Kearifan Lokal Dengan Pendekatan Content and Language Integrated Learning. *DEVELOPMENT: Journal of Community Engagement*, 4(3), 360–376. <https://doi.org/10.46773/djce.v4i3.2545>
- Dastbaz, M. (2002). *Design and Development of Interactive Multimedia Systems*. New York : Mc Graw Hill.
- Habibah, A., Sholihaningtias, D. N., & Pratiwi, N. K. (2020). Aplikasi Media Pembelajaran Aksara Sunda Berbasis Android. *STRING : Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi*, 4(3), 256–264. [10.30998/string.v4i3.4850](https://doi.org/10.30998/string.v4i3.4850)
- Hakim, H. L., Faqih, D., Deva, D., Hudaya, I. F., & Ilyas, M. N. (2024). Pengujian Alpha dan Beta Testing Pada Aplikasi TIJE. *TeknoIS : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Dan Sains*, 14(2), 285–295. <https://doi.org/10.36350/jbs.v14i2.265>
- Hidayat, A. A., Sutedi, A., Gunadhi, E., & Heryanto, D. (2022). Media Pembelajaran Aksara Sunda Menggunakan Augmented Reality Berbasis Android. *Jurnal Algoritma*, 19(2), 505–514. <https://doi.org/10.33364/algoritma/v.19-2.1135>
- Krowe, Y. B., Ishak, M. I., & Watomakin, D. B. (2025). Multimedia Pembelajaran Interaktif Bahasa Jepang Berbasis Desktop Menggunakan Metode Dastbaz. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(2), 7692–7699. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i2.1902>
- Mukhlisin, A. N., Nafi'ah, A. U., Saifudin, A., Syafiq, A. S., Hakim, A. L., & Thoib, I. (2025). Implementasi Metode Blackbox Testing Dalam Pengujian Fungsionalitas Website Dimsum Gemoy. *JUMISTIK : Jurnal Manajemen Informatika, Sistem Informasi Dan Teknologi Komputer*, 4(2), 680–687. <https://doi.org/10.70247/jumistik.v4i2.235>
- Salsabila, R., & Saputra, E. R. (2021). Flashcard Aksara Sunda: Sebuah Inovasi Media Pembelajaran Untuk Sekolah Dasar. *LOKABASA : Jurnal Kajian Bahasa, Sastra Dan Budaya Daerah Serta Pengajarannya*, 12(2), 181–190. <https://doi.org/10.17509/jlb.v12i2.35405>
- Satino, Manihuruk, H., Setiawati, M. E., & Surahmad. (2024). Melestarikan Nilai-nilai Kearifan Lokal Sebagai Wujud Bela Negara. *IKRA-ITH IHUMANIORA : Jurnal Sosial Dan Humaniora*, 8(1), 248–266. <https://doi.org/10.37817/ikraith-humaniora.v8i1.3512>

RANCANG BANGUN OTOMATISASI LAMPU RUANGAN BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN KENDALI WEB SERVER LOKAL

Sujono¹⁾, Erdi Masyudi²⁾

^{1,2}Prodi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas KH. Abdul Wahab Hasbullah

Correspondence author: E. Masyudi, erdimasyudi@gmail.com, Jombang, Indonesia

Abstract

This research aims to design and implement a room lighting control automation system that is completely independent from external internet connections. This technique addresses common issues in cloud-based Internet of Things (IoT) systems, namely high latency issues and data privacy risks. The method used is a systematic experimental approach that utilizes an ESP32 microcontroller as an Embedded Web Server operating exclusively within a local Wi-Fi network. The software implementation uses a combination of HTML, CSS, and JavaScript (AJAX) to create a responsive control interface. Functional testing results prove 100% success in ON/OFF light operation, with superior response performance. The system's average response time is 100–150 milliseconds (ms), demonstrating that it is very fast and efficient. Furthermore, this local architecture improves security because access to control and action history data is limited to devices within the local network. The developed system is an effective, stable, and secure solution that successfully mitigates the risk of reliance on third-party servers, making it ideal for users who prioritize privacy and access speed in a home environment.

Keywords: Internet of Things, local web server, ESP32, lighting control automation

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem otomasi kendali lampu ruangan yang sepenuhnya mandiri dari koneksi internet eksternal. Teknik ini untuk mengatasi masalah umum pada sistem *Internet of Things* (IoT) berbasis *cloud*, yaitu isu latensi tinggi dan risiko privasi data. Metode yang digunakan adalah pendekatan eksperimental sistematis dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai *Embedded Web Server* yang beroperasi eksklusif dalam jaringan Wi-Fi lokal. Implementasi perangkat lunak menggunakan kombinasi HTML, CSS, dan JavaScript (AJAX) untuk menciptakan antarmuka kendali yang responsif. Hasil pengujian fungsionalitas membuktikan keberhasilan 100% dalam pengoperasian lampu ON/OFF, dengan kinerja respons yang superior. Waktu respons rata-rata sistem mencapai 100–150 milidetik (ms), membuktikan sistem sangat cepat dan efisien. Lebih lanjut, arsitektur lokal ini meningkatkan keamanan karena akses kontrol dan data riwayat aksi terbatas hanya pada perangkat dalam jaringan lokal. Sistem yang dikembangkan merupakan solusi efektif, stabil, dan aman yang berhasil memitigasi risiko ketergantungan pada *server* pihak ketiga, ideal bagi pengguna yang memprioritaskan privasi dan kecepatan akses di lingkungan rumah.

Kata Kunci: *Internet of Things*, *web server* lokal, ESP32, otomasi lampu

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia secara global. IoT memungkinkan perangkat fisik saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet, sehingga meningkatkan efisiensi dan kemudahan pengelolaan berbagai sistem, termasuk dalam bidang otomasi rumah, kesehatan, hingga industri (Rahmah et al., 2020). Secara global, tren penerapan IoT terus meningkat, terlihat dari jumlah perangkat yang terhubung yang diprediksi mencapai miliaran unit dalam beberapa tahun terakhir, menandakan urgensi pengembangan teknologi ini dalam berbagai sektor (Shiddiqi et al., 2020).

Di tingkat nasional, perkembangan IoT di Indonesia juga mengalami kemajuan pesat, dengan penetrasi internet yang mencapai sekitar 65% dari total populasi, sehingga semakin memudahkan penerapan sistem berbasis IoT dalam kehidupan sehari-hari (Shiddiqi et al., 2020). Salah satu implementasi yang berperan penting adalah dalam *smart home*, di mana kecanggihan IoT dimanfaatkan untuk mengendalikan peralatan elektronik secara otomatis dan jarak jauh, memberikan kenyamanan dan efisiensi bagi penggunaannya (Wicaksono & Rahmatya, 2020). Namun, sebagian besar sistem IoT mengandalkan *server cloud* yang terkadang menghadapi kendala seperti ketergantungan pada internet yang stabil dan risiko keamanan data (Setiyani et al., 2019).

Khusus di tingkat lokal, banyak pengguna rumah atau institusi yang mulai menerapkan kendali otomatis pada perangkat pencahayaan sebagai bagian dari penghematan energi dan peningkatan kenyamanan, terutama pada ruangan-ruangan fungsional seperti laboratorium atau kantor (Nugroho, 2021). Sistem kendali lampu otomatis telah dikembangkan dengan menggunakan mikrokontroler yang terhubung ke jaringan internet, contohnya NodeMCU ESP8266 dan ESP32 yang populer di kalangan pengembang

IoT (Sawidin et al., 2024). Namun, pengguna juga menginginkan solusi yang tidak sepenuhnya bergantung pada koneksi internet dengan *server cloud* agar sistem lebih responsif dan aman.

Penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh (Sawidin et al., 2024), mengembangkan sistem kendali lampu berbasis IoT menggunakan *Arduino Cloud* dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang memungkinkan pengendalian jarak jauh melalui jaringan internet. Selain itu, (Abdussomad et al., 2022) merancang sistem kendali lampu otomatis berbasis IoT dengan aplikasi Blynk 2.0 yang juga menggunakan NodeMCU ESP8266 untuk memberikan kemudahan dalam pengontrolan melalui *smartphone*. Kedua penelitian tersebut memberikan kontribusi penting dalam pengembangan solusi kendali lampu otomatis namun masih mengandalkan *server cloud* dan koneksi internet aktif.

Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini merancang dan membangun sistem otomatisasi lampu ruangan berbasis IoT dengan kendali melalui *web server* lokal yang berjalan langsung pada mikrokontroler ESP32. Pendekatan ini menghilangkan ketergantungan pada koneksi internet dan *server cloud*, sehingga meningkatkan responsivitas dan keamanan pengendalian lampu di lingkungan lokal jaringan Wi-Fi (*local area network*) (Abdussomad et al., 2022). Sistem ini dapat diakses dari perangkat apa pun yang tersambung ke jaringan Wi-Fi lokal, seperti komputer atau *smartphone*, melalui alamat IP khusus yang meng-host halaman web pengontrol lampu. Dengan konsep ini, diharapkan pengguna dapat mengelola pencahayaan ruangan dengan lebih efisien, praktis, dan aman.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang bangun sebuah sistem kendali lampu ruangan berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan kendali menggunakan *web server* lokal yang berjalan pada mikrokontroler ESP32, sehingga memberikan solusi otomatisasi lampu yang responsif tanpa bergantung pada koneksi internet eksternal

untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan pencahayaan pada ruangan.

B. METODE PENELITIAN

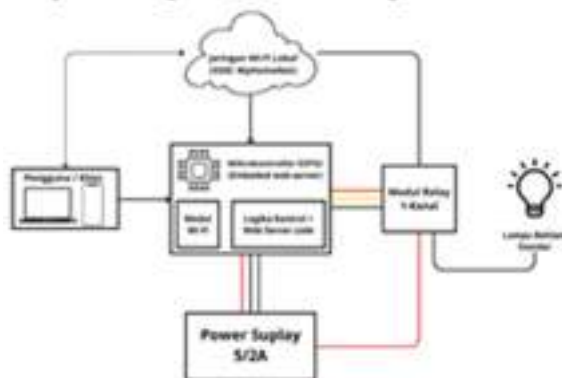
Metodologi penelitian ini mengadopsi pendekatan eksperimental sistematis untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem otomasi lampu ruangan berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan kendali web server lokal. Tahapan penelitian dirancang secara terstruktur untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil. Proses ini secara spesifik bertujuan untuk menciptakan sistem kendali lampu yang otomatis, responsif, dan independen dari layanan *cloud* eksternal, dengan memanfaatkan jaringan Wi-Fi lokal sebagai infrastruktur komunikasinya (Saputra & Surapati, 2024).

Perancangan Arsitektur Sistem

Perancangan arsitektur sistem adalah langkah awal yang krusial untuk mendefinisikan struktur dan interaksi antar komponen. Arsitektur yang diusulkan menekankan pada konsep desentralisasi kendali, di mana mikrokontroler berfungsi sebagai node cerdas yang mandiri.

Diagram Blok Sistem

Untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang interkoneksi antar komponen, disajikan diagram blok sistem pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem otomasi lampu ruangan.

Diagram blok tersebut secara jelas mengilustrasikan alur komunikasi dan kontrol. Pengguna (klien) dapat berupa perangkat *smartphone* atau komputer yang terhubung ke jaringan Wi-Fi lokal. Perintah kontrol dikirimkan dari perangkat pengguna ke mikrokontroler ESP32, yang berperan ganda sebagai *embedded web server* dan unit pemroses logika. Mikrokontroler kemudian menerjemahkan perintah tersebut menjadi sinyal digital untuk mengendalikan Modul Relay, yang selanjutnya berfungsi sebagai sakelar elektronik untuk mengaktifkan atau menonaktifkan Lampu. Seluruh sistem ditenagai oleh Power Supply 5V/2A yang stabil.

Alur Kerja Sistem (*Flowchart*)

Alur kerja sistem secara rinci dijelaskan melalui *flowchart* pada Gambar 2, yang menggambarkan sekuensial proses dari inisialisasi hingga eksekusi perintah kontrol



Gambar 2. *Flowchart* alur kerja sistem.

Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Pemilihan perangkat keras dan perangkat lunak didasarkan pada ketersediaan, biaya, dan kemampuannya untuk memenuhi persyaratan fungsional sistem.

1. Perangkat Keras

Tabel 1 menyajikan daftar komponen perangkat keras utama yang digunakan dalam pengembangan sistem ini beserta fungsi spesifiknya.

Tabel 1. Daftar Perangkat Keras Utama

Komponen Perangkat Keras	Deskripsi dan Fungsi
Mikrokontroler ESP32	Berfungsi sebagai unit pemroses utama dan <i>embedded web server</i> .
Modul Relay 1-Kanal (5V)	Bertindak sebagai sakelar elektronik untuk mengendalikan beban tegangan tinggi (220V AC).
Lampu Bohlam Standar	Sebagai aktuator utama yang dikendalikan oleh sistem.
Power Supply DC 5V / 2A	Menyediakan sumber daya listrik yang stabil untuk ESP32 dan Modul Relay.
Kabel Jumper dan Breadboard	Digunakan untuk prototipe awal dan interkoneksi antar komponen.

2. Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak melibatkan beberapa platform dan bahasa pemrograman seperti yang dirinci pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Perangkat Lunak

Komponen Perangkat Lunak	Deskripsi dan Fungsi
Arduino IDE (<i>Integrated Development Environment</i>)	Lingkungan pengembangan terintegrasi untuk menulis, mengkompilasi, dan mengunggah kode program ke mikrokontroler ESP32. Menyediakan framework dan library yang memudahkan pengembangan aplikasi <i>embedded</i> .

Komponen Perangkat Lunak

Deskripsi dan Fungsi

Bahasa Pemrograman C++	Digunakan untuk menulis <i>firmware</i> yang berjalan pada mikrokontroler ESP32. Termasuk logika kontrol, inisialisasi Wi-Fi, dan implementasi <i>web server</i> .
HTML (<i>HyperText Markup Language</i>)	Bahasa markup standar untuk membuat struktur halaman web. Digunakan untuk mendefinisikan elemen-elemen antarmuka kontrol seperti tombol dan teks.
CSS (<i>Cascading Style Sheets</i>)	Digunakan untuk mengatur tampilan visual dan layout halaman web agar lebih menarik dan user-friendly, serta responsif pada berbagai ukuran layar perangkat klien.
JavaScript	Bahasa pemrograman sisi klien yang digunakan untuk membuat antarmuka web menjadi interaktif. Khususnya digunakan untuk implementasi AJAX (<i>Asynchronous JavaScript and XML</i>) agar permintaan kontrol (<i>ON/OFF</i>) dapat dikirim ke <i>web server</i> ESP32 tanpa memuat ulang seluruh halaman, menghasilkan pengalaman pengguna yang lebih mulus dan responsif.
Library <i>WebServer.h</i> (untuk ESP32)	Pustaka khusus yang mempermudah implementasi fungsionalitas <i>web server</i> HTTP pada ESP32. Menyediakan fungsi untuk menangani permintaan klien, merespons dengan konten HTML, dan mengelola <i>routing</i> URL.

Tahap Implementasi

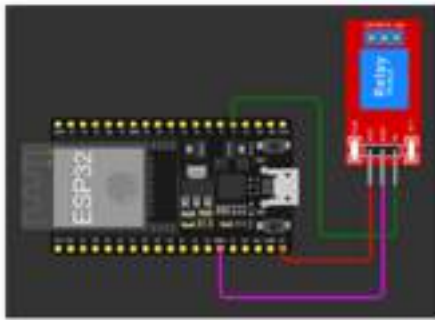
Tahap implementasi fokus pada perakitan fisik komponen dan pengembangan kode program

1. Proses Instalasi (*Hardware Assembly*)

Proses instalasi perangkat keras meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

- Koneksi Mikrokontroler dan Relay: Pin digital pada ESP32 (misalnya GPIO2)

- dihubungkan ke pin input kontrol pada Modul Relay.
- Koneksi Daya: Power supply 5V/2A dihubungkan ke pin 5V (atau VIN) dan GND pada ESP32 serta pin VCC dan GND pada Modul Relay. Penting untuk memastikan polaritas yang benar untuk menghindari kerusakan.
 - Koneksi Beban (Lampu): Modul Relay dihubungkan secara seri dengan lampu bohlam dan sumber listrik AC 220V. Perhatian khusus pada keamanan kelistrikan harus diberikan, memastikan sambungan yang kuat dan terisolasi untuk menghindari korsleting atau bahaya sengatan listrik.



Gambar 3. Wire ESP32 dan modul relay.

- Perancangan dan Implementasi Web Server
Pengembangan web server lokal pada ESP32 adalah inti dari sistem ini.
 - Inisialisasi Wi-Fi: Kode program dalam Arduino IDE akan menginisialisasi modul Wi-Fi internal ESP32 untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi lokal dengan SSID dan password yang telah ditentukan.
 - Aktivasi Web Server: Menggunakan library `WebServer.h`, sebuah objek web server diinisialisasi pada port HTTP standar (port 80).
 - Penanganan *Routing* Permintaan (Request Handling): Fungsi-fungsi handler didefinisikan untuk merespons permintaan HTTP yang masuk. Contohnya, permintaan ke URL root (/) akan mengembalikan halaman web kontrol utama, sementara permintaan ke /on atau /off akan memicu fungsi untuk

mengaktifkan atau menonaktifkan Modul Relay.

- Logika Kontrol: Di dalam fungsi handler ini, logika kontrol sederhana diterapkan untuk mengatur state pin GPIO yang terhubung ke Modul Relay. Jika permintaan /on diterima, pin diatur ke HIGH (logika aktif), dan sebaliknya untuk /off.
- Penyajian Halaman Web: Konten halaman web (HTML, CSS, JavaScript) disimpan sebagai string di dalam sketch Arduino atau dapat dimuat dari filesystem ESP32 (SPIFFS atau LittleFS) untuk halaman yang lebih kompleks.

- Perancangan Antarmuka Web (*User Interface*)

Antarmuka web dirancang agar intuitif dan responsif:

- Struktur HTML: Kode HTML menyediakan kerangka dasar halaman web, termasuk tombol-tombol (`<button>`) untuk mengontrol status lampu (ON/OFF) serta indikator status lampu.
- Gaya CSS: CSS digunakan untuk mempercantik tampilan tombol, menyesuaikan font, warna, layout, dan memastikan halaman web terlihat konsisten dan user-friendly di berbagai perangkat (responsive design).
- Interaktivitas JavaScript (AJAX): JavaScript memainkan peran kunci dalam pengalaman pengguna. Ketika tombol ON/OFF ditekan, fungsi JavaScript akan mengirimkan permintaan HTTP asinkron (AJAX request) ke web server ESP32 tanpa memuat ulang seluruh halaman. Hal ini memastikan respons yang cepat dan pengalaman pengguna yang mulus, meniru responsivitas aplikasi native.

Tahap Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas, konektivitas, dan kinerja sistem.

- Pengujian Fungsionalitas:

- a. Skenario: Pengguna mengirimkan perintah ON dan OFF berulang kali melalui antarmuka web.
 - b. Metrik: Observasi langsung apakah lampu merespons perubahan status sesuai dengan perintah yang diberikan. Tingkat keberhasilan diharapkan 100% dalam kondisi normal.
 - c. Tujuan: Memastikan bahwa logika kontrol dan aktuasi relay bekerja dengan benar.
2. Pengujian Konektivitas:
- a. Skenario: Percobaan koneksi ESP32 ke berbagai jaringan Wi-Fi lokal dan akses web server dari beberapa perangkat klien (misalnya, *smartphone*, laptop, tablet) secara bersamaan atau bergantian.
 - b. Metrik: Keberhasilan koneksi Wi-Fi ESP32, kemampuan perangkat klien untuk mengakses alamat IP web server, dan stabilitas koneksi selama sesi kontrol.
 - c. Tujuan: Memastikan sistem dapat beroperasi secara handal dalam lingkungan jaringan lokal yang bervariasi.
3. Pengukuran Latensi (Kinerja Respons):
- a. Skenario: Mengukur waktu tunda antara momen penekanan tombol kontrol pada antarmuka web hingga lampu menunjukkan perubahan status fisik (menyala/mati).
 - b. Metrik: Waktu diukur dalam milidetik (ms). Pengukuran dilakukan menggunakan timer pada sisi browser (JavaScript) dan/atau observasi visual yang didukung video recording berkecepatan tinggi jika diperlukan presisi ekstrem.
 - c. Tujuan: Mengevaluasi tingkat responsivitas sistem *off-cloud* dibandingkan dengan potensi sistem berbasis *cloud*, menegaskan klaim tentang latensi rendah.

Pengujian ini akan dilakukan berulang kali dalam berbagai kondisi untuk menjamin stabilitas, keandalan, dan efektivitas sistem di

bawah beban normal jaringan Wi-Fi local (Saputra & Surapati, 2024).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap implementasi berhasil mewujudkan sistem kendali lampu berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mandiri menggunakan arsitektur *off-cloud*. Karakteristik utama subjek penelitian, yaitu perangkat keras, diilustrasikan pada Gambar 4. Perangkat terdiri dari Mikrokontroler ESP32 sebagai *embedded web server* dan Modul Relay 1-Kanal yang berfungsi sebagai saklar utama untuk lampu AC 220V.



Gambar 4. Purwarupa (prototype) implementasi perangkat keras.

Pada Gambar 4, terlihat koneksi antara ESP32 dengan Modul Relay yang mengontrol lampu bohlam, di mana lampu berada dalam kondisi MATI. Sementara itu, antarmuka visual yang menjadi titik interaksi pengguna, diimplementasikan sebagai web server lokal yang diakses melalui peramban (*browser*) pada perangkat klien, seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Antarmuka dashboard monitoring lampu ruangan.

Antarmuka dashboard pada Gambar 5 dirancang untuk memberikan informasi status lampu secara cepat dan menyediakan kontrol yang responsif. Fitur kunci dashboard ini mencakup tampilan status lampu (MENYALA/MATI), pemantauan durasi lampu menyala, dan pencatatan riwayat aksi (logging) yang dikelola langsung oleh memori lokal pada ESP32. Fitur logging ini adalah bukti nyata kemampuan sistem dalam menyimpan dan menyajikan data penggunaan tanpa bergantung pada database *cloud* eksternal.

Pengujian fungsionalitas sistem kendali lampu menunjukkan keberhasilan 100% dalam pengoperasian fungsi ON/OFF lampu, di mana status fisik lampu (Gambar 4) selalu sinkron dengan status yang tertera pada dashboard (Gambar 5). Keandalan fungsional ini didukung oleh pengujian kinerja yang berfokus pada pengukuran waktu respons (latensi), yang merupakan keunggulan utama dari arsitektur *web server* lokal. Hasil analisis menunjukkan waktu respons rata-rata yang sangat cepat, berada pada kisaran 100-150 milidetik (ms). Kecepatan ini dicapai karena perintah kontrol hanya berjalan dalam jaringan Wi-Fi lokal, menghilangkan *delay* komunikasi yang disebabkan oleh *routing*

data melalui *server cloud* di internet (Saputra et al., 2024).

Meskipun pengujian stabilitas jangka panjang (seperti sehari-hari) belum dilakukan, dalam serangkaian uji coba koneksi dan simulasi penggunaan berulang (menghidupkan dan mematikan lampu berkali-kali), mikrokontroler ESP32 berhasil terhubung dan mempertahankan koneksi yang stabil ke jaringan Wi-Fi lokal. Stabilitas ini mendukung interpretasi bahwa sistem akan beroperasi secara andal dalam lingkungan jaringan rumah standar, dan responsif kapan pun pengguna berada dalam jangkauan Wi-Fi.

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil dan pembahasan, sistem yang dikembangkan telah berhasil mencapai tujuannya yaitu menyediakan solusi kendali lampu yang efektif dan mandiri. Keberhasilan ini ditunjukkan melalui dua temuan kunci: pertama, fungsionalitas kendali ON/OFF berjalan sempurna, dan kedua, sistem menunjukkan kinerja yang unggul dengan waktu respons rata-rata yang sangat rendah, yaitu hanya sekitar 100-150 milidetik (ms). Kecepatan ini membuktikan bahwa arsitektur *Embedded Web Server* yang bekerja di jaringan lokal jauh lebih responsif dibandingkan solusi berbasis *cloud*.

Permasalahan utama terkait ketergantungan internet dan risiko privasi pada sistem IoT tradisional berhasil diatasi. Penerapan *Web Server Lokal* secara signifikan memengaruhi aspek keamanan dan kemandirian, karena akses untuk kontrol dan data log riwayat aksi secara inheren terbatas hanya pada perangkat dalam jaringan Wi-Fi lokal hal ini secara efektif mengurangi risiko kebocoran data ke pihak ketiga. Sistem ini menyajikan solusi yang sangat responsif, stabil, dan aman yang memenuhi kebutuhan pengguna yang memprioritaskan privasi dan kecepatan akses di lingkungan rumah. Faktor pendukung utama adalah ketersediaan *System on Chip (SoC)* seperti ESP32 yang berkemampuan Wi-Fi dan *embedded web server*, serta tersedianya library pemrograman

yang memadai. Sementara itu, faktor penghambat yang teridentifikasi meliputi keterbatasan memori pada mikrokontroler untuk logging data jangka panjang dan perlunya pemeliharaan ketersediaan Power Supply 5V yang stabil untuk operasional 24 jam.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem kendali lampu berbasis IoT dengan web server lokal ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan sensor cahaya otomatis agar lampu dapat menyala atau mati berdasarkan kondisi pencahayaan ruangan, sehingga penggunaan energi lebih efisien. Integrasi fitur pemantauan konsumsi daya juga dapat membantu pengguna memonitor penggunaan listrik secara *real-time*. Selain itu, pengembangan antarmuka web yang lebih responsif dan *user-friendly*, serta penambahan fitur kontrol suara dapat meningkatkan kenyamanan pengguna. Untuk aplikasi di lingkungan yang lebih luas, sistem dapat diperluas dengan kemampuan multi-ruangan dan integrasi protokol IoT lainnya agar lebih fleksibel dan *scalable*.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Abdussomad, M. K., Rofiqi, M., Salehuddin, M., & Maulana, M. M. (2022). Rancang Bangun Sistem Kendali Lampu Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Blynk 2.0. *Prosiding Seminar Nasional Hi-Tech (Humanity, Health, Technology)*, 1(1), 323–338.
<https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/hitech/article/view/4996>
- Nugroho, P. A. (2021). Kontrol Lampu Gedung Melalui Wifi ESP8266 Dengan Web Server Lokal. *JEIS: Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma*, 1(2), 1–11.
<https://doi.org/10.56486/jeis.vol1no2.95>
- Rahmah, U., Sabara, E., & Dahr, N. (2020). Pengembangan Trainer Microcontroller Berbasis Internet of Things (IoT) Pada Mata Kuliah Microcontroller dan Interface di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. *JETC: Jurnal Elektronika Telekomunikasi & Computer*, 5(2), 1–9.
<https://ojs.unm.ac.id/JETC/article/view/23435>
- Saputra, T., & Surapati, U. (2024). Analisis Efektivitas Sistem Kendali Otomatis PJU Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP32 dengan Metode Regresi Linier. *JIMIK: Jurnal Indonesia Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 5(3), 2582–2595.
<https://doi.org/10.35870/jimik.v5i3.932>
- Sawidin, S. K., Patabo, M. D., Tuwongkesong, S., Waroh, A. P. Y., Kereh, T. M., & Lapon, J. J. (2024). Design and Building of a Room Light Control System based on IoT Arduino Cloud. *JAMBURA: Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 6(2), 227–233.
<https://doi.org/10.37905/jjee.v6i2.26131>
- Setiyani, L., Suhada, K., & Yulindawati. (2019). Perancangan dan Implementasi IoT (Internet of Things) Pada Smarthome Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Android. *Simetris: Jurnal Teknik Industri, Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 10(2), 459–466.
<https://doi.org/10.24176/simet.v10i2.3059>
- Shiddiqi, A. M., Ijtihadie, R. M., Ahmad, T., Wibisono, W., Anggoro, R., & Santos, B. J. (2020). Penggunaan Internet dan Teknologi IoT untuk Meningkatkan Kualitas Pendidikan. *SEWAGATI: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(3), 235–240.
<https://doi.org/10.12962/j26139960.v4i3.369>
- Wicaksono, M. F., & Rahmatya, M. D. (2020). Implementasi Arduino dan ESP32 CAM untuk Smart Home. *JATI: Jurnal Teknologi Dan Informasi*, 10(1), 40–51.
<https://doi.org/10.34010/jati.v10i1.2836>

EVALUASI PENGUJIAN KERENTANAN *WEBSITE* UNIVERSITAS DI SURABAYA MENGGUNAKAN OWASP TOP 10 DENGAN PENDEKATAN BLACKBOX

Dimaz Aidil Firdaus¹⁾, Mochammad Hasnan Al Abiyyu²⁾, Ahmad Khozi Darmawan³⁾, Yusuf Amrozi⁴⁾

^{1,2,3,4}Prodi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel Surabaya

Correspondence author: D.A.Firdaus, didimvanlast@gmail.com, Surabaya, Indonesia

Abstract

Advances in web technology drive the need for digital system security, including academic websites that are vulnerable to cyberattacks. This study aims to analyze the vulnerabilities of a university website in Surabaya using the OWASP Top 10 standards and black-box penetration testing. Testing was conducted by analyzing HTTP configuration, SSL/TLS, malware, DNS, and email security. The results indicate dominant vulnerabilities in the Security misconfiguration and Security logging and monitoring failures categories, with an F grade for HTTP Security headers, support for legacy TLS protocols, and the absence of SPF and DMARC. Thirty-seven potential malware files were also identified. Key recommendations include system updates, enhanced security configurations, and the implementation of email authentication policies to improve the cyber resilience of academic websites.

Keywords: website, vulnerabilities, OWASP Top 10, blackbox, university

Abstrak

Kemajuan teknologi web mendorong kebutuhan akan keamanan sistem digital, termasuk pada *website* akademik yang rentan terhadap serangan siber. Penelitian ini bertujuan menganalisis kerentanan sebuah *website* universitas di Surabaya berdasarkan standar OWASP Top 10 menggunakan metode *black-box penetration testing*. Pengujian dilakukan melalui analisis konfigurasi HTTP, SSL/TLS, *malware*, serta keamanan DNS dan *email*. Hasil menunjukkan kerentanan dominan pada kategori *Security misconfiguration* dan *Security logging and monitoring failures*, dengan nilai F pada HTTP *Security headers*, dukungan protokol TLS lama, serta ketiadaan SPF dan DMARC. Ditemukan pula 37 file potensial *malware*. Rekomendasi utama meliputi pembaruan sistem, penguatan konfigurasi keamanan, dan penerapan kebijakan autentikasi *email* untuk meningkatkan ketahanan siber *website* akademik.

Kata Kunci: kerentanan, *website*, OWASP Top 10, blackbox, universitas

A. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi telah menawarkan berbagai infrastruktur dan layanan, dengan internet sebagai salah satu contoh yang paling dominan pada saat ini. Kehadiran internet dan ragam teknologi informasi lainnya telah membawa kemudahan yang nyata bagi berbagai aspek aktivitas manusia (Paramitha et al., 2023). Dan kini, internet bukan lagi sekadar kemewahan, melainkan pondasi penting dalam keseharian, seiring dengan meroketnya inovasi teknologi digital (Alimuddin, 2021).

Salah satu dari kemajuan teknologi informasi dalam bentuk internet yang sering digunakan di kalangan masyarakat yaitu *website*. Kehadiran *website* telah menjadi fondasi utama bagi layanan digital, baik untuk dunia bisnis, pendidikan, maupun organisasi. Namun, tidak dapat dipungkiri, bahwa setiap inovasi dalam teknologi sistem informasi hampir selalu diikuti oleh munculnya bentuk-bentuk baru risiko keamanan yang perlu diwaspadai (Sutabri et al., 2024).

Website yang bersifat publik dan mudah diakses membuatnya rentan menjadi sasaran empuk bagi aksi peretasan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Menurut lanskap keamanan siber Indonesia tahun 2023, Ancaman yang muncul sangat beragam, termasuk kebocoran data, *defacement*, serangan DDoS, dan *ransomware*. Hal ini memaksa dilakukannya langkah-langkah pemantauan proaktif guna mengantisipasi dampak yang lebih luas (Bagaskara et al., 2025).

Oleh karena itu standar kepatuhan keamanan hadir untuk mencegah hal tersebut terjadi. Beberapa kerangka kerja yg berfungsi sebagai tolak ukur bagi para profesional seperti ISO, ISSAF, NIST CSF, dan OWASP. Di tengah perubahan yang terus-menerus di dunia keamanan siber, tetap mengikuti panduan yang sudah mapan saat melakukan uji penetrasi adalah cara terbaik untuk memastikan hasilnya efektif dan bisa diandalkan.

Urgensi untuk melakukan pengecekan keamanan *website* menjadi semakin tinggi karena ancaman siber bersifat dinamis. Kerentanan yang dianggap sepele dapat berkembang menjadi pintu masuk serangan serius ketika muncul metode eksploitasi baru. Oleh sebab itu, organisasi tidak bisa sekadar membangun *website*, tetapi harus melakukan evaluasi berkala melalui pengujian kerentanan (*vulnerability assessment*) dan pengujian penetrasi (*penetration testing*).

Beberapa penelitian di Indonesia membuktikan urgensi ini. Misalnya, analisis pada aplikasi web pemerintah daerah menunjukkan masih ditemukannya kerentanan *Broken Authentication* dan *Cross-Site Scripting* (XSS), meskipun *website* tersebut sudah digunakan secara publik (Armando & Rosalina, 2023). Hal serupa juga terungkap pada penelitian terhadap situs pemerintah di desa Curug, di mana kategori *Security misconfiguration* dan *Sensitive Data Exposure* mendominasi hasil evaluasi (Hilda et al., 2024). Fakta-fakta ini memperlihatkan bahwa tanpa adanya pengujian keamanan secara rutin, risiko serangan akan selalu terbuka. Karena hal tersebut penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis potensi kerentanan dan menyusun langkah-langkah mitigasi bagi suatu *website* akademik di Surabaya berdasarkan OWASP TOP 10.

OWASP atau Open Web Application Security Project merupakan suatu komunitas global yang memfokuskan peningkatan keamanan suatu perangkat lunak (Sugara & Sriyasa, 2024). OWASP Top 10 merupakan salah satu hasil yang paling populer dan unggul. OWASP Top 10 menjadi standar yang unggul dalam keamanan aplikasi web karena sifatnya yang dinamis dan kolaboratif serta secara rutin diperbarui untuk mengantisipasi ancaman yang terus berubah, dengan pembaharuan terakhir dirilis pada tahun 2021. Sebagai proyek *open-source* yang dapat diakses secara gratis, OWASP Top 10 merupakan sumber daya yang sangat berharga, khususnya bagi organisasi yang beroperasi dengan anggaran terbatas (Arief et al., 2025). OWASP Top 10 pada dasarnya

adalah daftar yang terus diperbarui, memetakan sepuluh jenis kerentanan paling berisiko dalam aplikasi web. Panduan ini membantu developer dan tim keamanan untuk fokus pada celah-celah yang paling sering dieksploitasi oleh penyerang dan harus segera ditangani (Yusuf & Suharsono, 2023).

Dengan implementasi rekomendasi yang dihasilkan menggunakan OWASP Top 10, tingkat risiko keamanan dapat dikendalikan sehingga integritas dan keandalan *website* tersebut semakin meningkat. Upaya ini diharapkan mampu meningkatkan standar keamanan dalam setiap aktivitas penggunaan *website* tersebut.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metodologi *penetration testing* melalui pendekatan *blackbox*. Pendekatan tersebut mensimulasikan sudut pandang seorang penyerang eksternal yang sama sekali tidak memiliki akses atau gambaran tentang struktur infrastruktur sistem target (Yunanri W. et al., 2021). Penelitian ini memiliki tiga keterbatasan utama: 1) fokusnya yang sempit pada kerentanan OWASP Top 10 berisiko melewati celah keamanan lainnya, 2) metode *black-box* tanpa akses kode sumber yang membatasi analisis, 3) dan ruang lingkup pengujian yang hanya mencakup domain xyz.ac.id dan bukan infrastruktur Universitas XYZ secara utuh.

Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Metode Penelitian

Studi Literatur

Tahap awal penelitian ini yaitu melakukan pelaksanaan studi literatur. Penelitian ini bertujuan untuk membangun landasan teoritis dengan mengkaji berbagai referensi yang relevan. Sumber data diperoleh dari beragam materi, seperti publikasi ilmiah, jurnal, serta sumber daring terpercaya.

Identifikasi Kerentanan

Menurut OWASP Foundation (2021), terdapat sepuluh vulnerabilitas (kerentanan) paling umum terjadi pada web dan aplikasi diantaranya:

1. A01:2021 *Broken Access Control* – Kontrol akses yang tidak efektif memungkinkan pengguna mengakses data atau fungsi di luar izin mereka.
2. A02:2021 *Cryptographic Failures* – Kesalahan dalam penggunaan kriptografi, misalnya tidak mengenkripsi data sensitif atau menggunakan algoritma usang.
3. A03:2021 *Injection* – Serangan melalui input berbahaya (SQL, NoSQL, OS command, dll.) yang dieksekusi sistem.
4. A04:2021 *Insecure Design* – Kelemahan dari tahap desain aplikasi, kurangnya *threat modeling*, dan tidak adanya prinsip desain aman.
5. A05:2021 *Security misconfiguration* – Konfigurasi default, *error messages* berlebihan, atau setting tidak aman yang membuka celah serangan.
6. A06:2021 *Vulnerable and Outdated Components* – Penggunaan *library*, *framework*, atau *software* yang sudah usang/rentan.
7. A07:2021 *Identification and Authentication Failures* – Kegagalan mekanisme login, *session management*, atau otentikasi yang lemah.
8. A08:2021 *Software and data integrity failures* – Tidak adanya verifikasi integritas *software/data*, termasuk kesalahan dalam CI/CD atau *update software*.
9. A09:2021 *Security logging and monitoring failures* – Minimnya

logging/monitoring membuat serangan sulit terdeteksi dan direspons.

10. A10:2021 Server-Side Request Forgery (SSRF) – Aplikasi dimanipulasi untuk membuat request ke domain internal/eksternal yang berbahaya.

Pengujian Kerentanan

Pada fase ini pelaksanaan pengujian kerentanan adalah dengan menilai konfigurasi keamanan yang dapat diketahui dari luar (*black-box testing*), tanpa akses langsung ke *server*. Menggunakan beberapa tools untuk setiap kerentanan.

Tabel 1. Area dan Tools yang diterapkan

Area Testing	Tools/Metode yang Digunakan
Deteksi komponen dan framework website	Wappalyzer, WPScan, Wordfence
Pemeriksaan HTTP Security Headers	securityheaders.com
Testing sertifikat dan konfigurasi SSL/TLS	Qualys SSL Labs
Pemindaian konten terhadap malware	Quttera, Sucuri SiteCheck
Deteksi kerentanan umum	OWASP ZAP, HostedScan
Pemeriksaan DNS & keamanan email	ImmuniWeb, MXToolbox

setiap kerentanan yang berhasil diungkap dengan merujuk pada standar kategorisasi dalam OWASP Top 10.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian keamanan yang telah dilakukan pada salah satu *website* perguruan tinggi di Surabaya, dengan serangkaian tool dan metode, ditemukan beberapa aspek teknis dan kerentanan yang perlu menjadi perhatian penting. Berikut adalah beberapa hasil dan pembahasan mendetail untuk setiap bagian area pengujian.

Deteksi komponen dan *framework*

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Wappalyzer untuk mengidentifikasi teknologi apa yang digunakan dalam *website*. Berdasarkan pemindaian, *website xyz.ac.id* ini dibangun menggunakan platform berikut:



Gambar 2. Hasil Scan Wappalyzer

Berdasarkan hasil penelusuran lebih lanjut menggunakan *website* WPScan dan Wordfence, tidak ditemukan informasi resmi yang menyebutkan adanya kerentanan spesifik pada versi-versi arsitektur yang teridentifikasi melalui pemindaian tersebut. Meskipun demikian, untuk menjaga keamanan dan stabilitas sistem, direkomendasikan agar pihak pengelola *website* senantiasa melakukan pembaruan (*update*) terhadap seluruh komponen, plugin, serta tema WordPress ke versi terbaru yang dirilis oleh pengembang resmi. Langkah tersebut penting sebagai bagian dari mitigasi proaktif terhadap potensi celah keamanan yang dapat muncul pada versi terdahulu.

Pemeriksaan ini dilakukan menggunakan securityheaders.com untuk menganalisis konfigurasi keamanan HTTP yang dikirim oleh *server*. Hasil pemeriksaan melalui layanan *Security headers* menunjukkan bahwa situs web menerima nilai F. Lebih detail hasil pemeriksaan dapat dilihat pada gambar 3.



Testing sertifikat dan konfigurasi SSL/TLS

BSL Report: [bsl.ac.uk](https://www.bsl.ac.uk) (10/21/2020)

[View Another](#)

Business

Overall Rating

Rating	Percentage
Excellent	100%
Very Good	80%
Good	80%
Fair	80%

100 80 60 40 20 0

Excellent Very Good Good Fair

That was **Excellent** experience, exceeded my expectations, and was a great time.

The staff were very friendly and helpful. They were all very professional.

The food was very good. I enjoyed it all.

The service was excellent. I was very impressed with the staff.

The atmosphere was very nice.

94

Hasil uji Qualys SSL Labs menunjukkan bahwa situs tersebut menerima peringkat B. Sertifikat SSL dinyatakan valid, tetapi rantai sertifikat belum lengkap, dan dukungan untuk protokol lama seperti TLS 1.0 dan TLS 1.1 tidak disarankan saat ini. Meskipun TLS 1.3 telah digunakan dan suite cipher yang digunakan dianggap kuat, keberadaan protokol lama dapat menyebabkan serangan kriptografis menjadi lebih lemah. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun situs web memiliki sistem enkripsi yang cukup baik, konfigurasi masih perlu disesuaikan untuk mencapai tingkat keamanan terbaik sesuai dengan standar industri terbaru.

Pemindaian konten terhadap *malware*

Pemindaian dilakukan dengan Quttera untuk mendeteksi keberadaan file berbahaya, tautan mencurigakan, atau status blacklist pada domain.



Gambar 5. Hasil Scan Quttera

Dengan menggunakan Quttera *Website Malware Scanner*, pemindaian situs menemukan 37 file yang mungkin berbahaya dan lebih dari 1.600 tautan eksternal. Platform yang digunakan berbasis WordPress biasanya memiliki banyak masalah jika tidak diperbarui secara berkala. Meskipun situs tersebut tidak tercantum dalam daftar hitam layanan keamanan terkemuka seperti Google Safe Browsing atau Phishtank, temuan ini menunjukkan bahwa ada kemungkinan bahwa skrip berbahaya atau aktivitas SEO spam injection telah dilakukan pada situs tersebut. Hasilnya menunjukkan bahwa audit keamanan internal harus dilakukan terhadap plugin, tema, dan file sistem untuk

memastikan bahwa konten tetap murni dan mencegah eksploitasi lebih lanjut.

Deteksi kerentanan umum

Pemindaian kerentanan jaringan dan aplikasi dilakukan dengan menggunakan HostedScan untuk mengidentifikasi kelemahan umum.



Gambar 6. Hasil Scan HostedScan

Ada satu kerentanan tingkat sedang dan tiga kerentanan tingkat rendah, menurut hasil evaluasi kerentanan melalui HostedScan. Hasilnya termasuk penggunaan protokol TLSv1.0/1.1 yang usang, penjelasan tentang timestamp ICMP dan TCP, dan penggunaan algoritma autentikasi lemah pada layanan SSH. Kerentanan-kerentanan ini mencakup kategori informasi sistem yang dapat digunakan oleh penyerang untuk melakukan fingerprinting atau serangan berbasis waktu (timing attack). Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa sistem telah relatif stabil, tetapi masih memungkinkan sejumlah vektor serangan yang perlu diperketat dengan mengubah konfigurasi *server*.

Pemeriksaan DNS dan keamanan *email*

Pemeriksaan ini menggunakan MXToolBox untuk menganalisis konfigurasi DNS dan rekam keamanan *email* seperti SPF, DKIM, dan DMARC. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil Scan MXToolbox

Terdapat enam kesalahan dan lima peringatan yang terkait dengan konfigurasi sistem surat elektronik domain, menurut pemeriksaan MX Toolbox. Ditunjukkan bahwa domain tidak memiliki catatan SPF, catatan DMARC, dan kesesuaian reverse DNS dengan identitas SMTP banner server pengirim *email*. Karena ketiadaan komponen tersebut, sistem *email* dapat digunakan untuk tindakan *spoofing* atau *phishing*, dan kemungkinan pesan masuk ke folder spam meningkat. Hasil ini menunjukkan bahwa elemen autentikasi *email* belum diterapkan dengan baik, dan penambahan kebijakan DNS diperlukan untuk meningkatkan reputasi dan keabsahan komunikasi elektronik domain.

Rekomendasi dan Mitigasi

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah jelaskan, berikut rekomendasi dan mitigasi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan keamanan *website* universitas tersebut:

1. Pembaruan dan Penguatan Komponen Arsitektur
 - a. Perbarui semua plugin, tema, dan library (misalnya Elementor, Redux, All in One SEO Pack) ke versi terbaru untuk menutup celah keamanan yang sudah diketahui (Open Web Application Security Project (OWASP), 2021).
 - b. Hapus atau nonaktifkan plugin atau tema yang tidak aktif untuk mengecilkan attack surface.
 - c. Gunakan alat analisis dependensi atau software composition analysis untuk

memantau kerentanan di dependensi luar.

2. Penguatan HTTP *Security headers*
 - a. Terapkan Strict-Transport-Security (HSTS) agar browser selalu menggunakan HTTPS.
 - b. Bangun dan aktifkan Content-Security-Policy (CSP) untuk membatasi sumber skrip dan mencegah injeksi skrip jahat.
 - c. Gunakan X-Frame-Options (DENY atau SAMEORIGIN) untuk melindungi dari *clickjacking*.
 - d. Tambahkan X-Content-Type-Options: nosniff untuk mencegah MIME sniffing (Allo & Widiyari, 2024).
3. Optimalisasi Konfigurasi SSL/TLS
 - a. Nonaktifkan protokol lama seperti TLS 1.0 dan 1.1, hanya aktifkan TLS 1.2 atau 1.3.
 - b. Pastikan rantai sertifikat (certificate chain) lengkap agar kepercayaan sertifikat tersambung penuh (Ali, 2021).
 - c. Pilih cipher suites modern yang mendukung Perfect Forward Secrecy dan susun prioritas penggunaan cipher aman.
4. Pembersihan dan Audit Keamanan WordPress
 - a. Gunakan plugin keamanan (misalnya Wordfence, Sucuri) untuk memindai dan membersihkan *malware*, skrip injeksi, atau backdoor.
 - b. Verifikasi integritas file inti WordPress (misalnya dengan wp core verify-checksums) dan ganti kredensial akses (administrator, database, FTP).
 - c. Audit tautan eksternal agar tidak mengarahkan ke sumber berbahaya atau digunakan untuk spam SEO.
5. Pengetatan Konfigurasi dan Layanan Server
 - a. Tangani kerentanan yang ditemukan pada pengujian (misalnya ICMP timestamp disclosure, banner layanan yang membeberkan informasi)

- dengan menonaktifkan layanan yang tidak perlu dan meminimalkan header informasi layanan (Putra & Santoso, 2025).
- b. Untuk SSH, gunakan autentikasi berbasis kunci (key-based) dan menonaktifkan otentikasi berbasis kata sandi jika memungkinkan.
 - c. Terapkan firewall untuk membatasi akses hanya ke port yang diperlukan, serta sistem deteksi intrusi (IDS) atau fail2ban untuk mendeteksi upaya akses mencurigakan.
6. Implementasi Kebijakan Keamanan Email
- a. Tambahkan record SPF di DNS untuk menentukan server yang diizinkan mengirim email atas nama domain.
 - b. Implementasikan DKIM dengan menandatangani email secara digital agar pesan dapat diverifikasi keasliannya.
 - c. Konfigurasi DMARC dengan kebijakan quarantine atau reject agar email yang gagal verifikasi tidak diterima begitu saja, serta memungkinkan pelaporan aktivitas mencurigakan.
 - d. Pastikan reverse DNS (PTR record) sesuai dengan banner SMTP untuk meningkatkan reputasi pengiriman email.

D. PENUTUP

Berdasarkan pengujian *penetration testing black-box* berstandar OWASP Top 10, penelitian ini berhasil memetakan kerentanan pada sebuah website akademik suatu universitas di Surabaya. Dua kategori kerentanan paling menonjol adalah A05:2021 *Security misconfiguration* dan A09:2021 *Security logging and monitoring failures*. Temuan utamanya yaitu: (1) Gagal mengimplementasikan HTTP *Security headers* (skor 'F') yang berisiko terhadap serangan XSS dan *clickjacking*, (2) Konfigurasi SSL/TLS yang lemah karena masih mengizinkan protokol usang (TLS

1.0/1.1), serta (3) Tidak adanya kebijakan keamanan email (SPF dan DMARC) yang membuka celah untuk *spoofing* dan *phishing*. Selain itu, terdeteksi 37 file yang diduga *malware*, yang berpotensi diklasifikasikan sebagai A08:2021 *Software and data integrity failures*. Sebagai rekomendasi, diperlukan pembaruan arsitektur, pengetatan konfigurasi server, pembersihan *malware*, dan implementasi kebijakan keamanan email yang lebih *robust*.

Keberhasilan penelitian ini didukung oleh kerangka kerja OWASP Top 10 yang diakui secara global dan kemampuan untuk mendeteksi teknologi website target dari luar. Namun, metodologi *Black-box* menjadi penghambat karena keterbatasan akses ke kode sumber berpotensi menyebabkan beberapa kerentanan internal tidak dapat diidentifikasi. Tantangan yang lain yaitu ancaman siber yang terus berkembang, sehingga pengujian keamanan harus dilakukan secara berkelanjutan, bukan insidental. Secara keseluruhan, temuan ini memberikan arahan yang jelas bagi mitra untuk melakukan perbaikan proaktif yang bertujuan untuk meningkatkan keamanan website akademiknya.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Alimuddin, A. (2021). Penggunaan Internet dan Peluang Berwirausaha di Indonesia. *JKB : Jurnal Kewirausahaan Dan Bisnis*, 26(2), 112–121. <https://doi.org/10.20961/jkb.v26i2.50913>
- Arief, M. I., Anwar, D. S., & Supriatman, A. (2025). Analisis Kerentanan Website Melalui Pendekatan Penetration Testing Berdasarkan Standar Owasp Top 10 Studi Kasus Simpelmas Universitas XYZ. *JEIS: Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma*, 5(2), 93–104. <https://doi.org/10.56486/jeis.vol5no2.798>
- Armando, Y., & Rosalina. (2023). Penetration Testing Tangerang City Web Application With Implementing OWASP Top 10 Web Security Risks Framework. *JISA : Jurnal*

- Informatika Dan Sains*, 6(2), 105–109.
<https://doi.org/10.31326/jisa.v6i2.1656>
- Bagaskara, B. A., Idhom, M., & Wahanani, H. E. (2025). Pengujian Website Dinas Sosial Surabaya Menggunakan Metode Penetration Testing dan Owasp Top 10. *JIRE : Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika*, 8(1), 40–50.
<https://doi.org/10.36595/jire.v8i1.1375>
- Hilda, S. D., Heryana, N., & Ridha, A. A. (2024). Website Security Analysis Curug Village Government Using Open Web Application Security Project (OWASP). *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3S1), 3951–3958.
<https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3S1.5236>
- Paramitha, D. I., Farauqi, M. D. A. Al, & Tyas, I. K. D. (2023). Literasi Digital Pengguna Internet Indonesia Guna Mewujudkan Budaya Damai di Ruang Mayantara. *Jurnal Kewarganegaraan*, 7(1), 292–304.
<https://doi.org/10.31316/jk.v7i1.5308>
- Sugara, V. I., & Sriyasa, I. W. (2024). Analisis Keamanan Web Menggunakan Open Web Application Security Web (OWASP). *The Indonesian Journal of Computer Science*, 13(2), 3315–3327.
<https://doi.org/10.33022/ijcs.v13i2.3736>
- Sutabri, T., Wijaya, A., Herdiansyah, M. I., & Negara, E. S. (2024). Evaluasi Risiko Celah Keamanan Aplikasi E-Office menggunakan Metode OWASP. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 8(1), 113–122.
<https://doi.org/10.29408/edumatic.v8i1.25463>
- Yunanri W., Anto, R., Yuwono, D. T., & Yuliadi. (2021). Deteksi Serangan Vulnerability Pada Open Journal System Menggunakan Metode Black-Box. *JIRE : Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika*, 4(1), 68–77.
<https://doi.org/10.36595/jire.v4i1.365>
- Yusuf, R. R., & Suharsono, T. N. (2023). Pengujian Keamanan Dengan Metode Owasp Top 10 Pada Website Eform Helpdesk. *Prosiding Seminar Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi Dan Teknik*, 402–413.
<https://doi.org/10.32897/sobat.2023.5.0.3132>

RANCANG BANGUN KEAMANAN PINTU BRANKAS MENGGUNAKAN RFID RC-522 DAN MODUL IoT WEMOS-D1-R1

Sri Hartanto¹⁾, Muhammad Rafli Nurdiantoro²⁾, Abdul Kodir Al Bahar³⁾
^{1,2,3}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana

Correspondence author: S.Hartanto, srihartanto@unkris.ac.id, Jakarta, Indonesia

Abstract

The high crime rate, especially theft, has prompted the development of a safe-deposit box equipped with intelligent monitoring technology to store valuable items, such as important documents, jewelry, and cash. The current safe-deposit box security system has the disadvantage of being easily accessed without permission, so a solution is needed to improve its security. This research aims to design and create a safe-deposit box door security system with an Internet of Things (IoT)-based RFID RC-522 module. This system can accurately identify users and monitor access in real time. The research method used is research and development, with a design for a safe-deposit box security system using the Arduino Wemos D1 R1 module as an Internet of Things (IoT) module, connected to the RFID RC-522 module, and programmed in the Arduino IDE to process input from the RFID RC-522 module. The results of the study show that the system works well, as indicated by the RFID RC522 module reading cards at an effective distance of approximately 2 cm. The LCDs show the RFID card reading status, and the Blynk application on a smartphone shows the same data as the safe-deposit box LCD.

Keywords: safe-deposit box, security system, door lock, iot, rfid

Abstrak

Tingkat kejahatan yang cukup tinggi, terutama pencurian, mendorong pembuatan brankas yang memiliki teknologi pemantauan pintar untuk menyimpan barang berharga seperti dokumen penting, perhiasan, uang dan benda mahal lainnya. Sistem keamanan brankas saat ini memiliki kekurangan yaitu mudah diakses tanpa izin sehingga diperlukan solusi untuk menjadikan lebih aman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sistem keamanan pintu brankas dengan modul RFID RC-522 berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini mampu melakukan identifikasi pengguna secara tepat dan memantau akses secara *real-time*. Metode penelitian yang digunakan adalah *research and development* dengan merancang pengamanan brankas menggunakan modul Arduino Wemos D1 R1 sebagai modul *Internet of things* (Iot), yang terkoneksi ke modul RFID RC-522 lalu diprogram dengan Arduino IDE supaya bisa memproses masukan dari RFID RC-522. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berjalan baik yang ditandai dengan modul RFID RC522 bisa membaca penempelan kartu pada jarak efektif sekitar 2 cm. LCD dapat menampilkan status pembacaan kartu RFID dan aplikasi Blynk di telepon pintar menunjukkan data yang sama seperti yang ada pada LCD brankas.

Kata Kunci: sistem keamanan, kunci pintu, brankas, *internet of things*, rfid

A. PENDAHULUAN

Keamanan adalah salah satu kebutuhan dasar manusia yang sangat penting untuk melindungi diri, harta, dan informasi dari ancaman serta tindakan kriminal. Di era modern ini, berbagai aktivitas manusia sangat bergantung pada sistem keamanan yang dapat memberikan perlindungan maksimal terhadap aset, baik di rumah, tempat kerja, maupun lembaga keuangan. Meningkatnya kasus pencurian, peretasan, dan akses ilegal ke tempat penyimpanan barang berharga menunjukkan bahwa kunci mekanik tradisional tidak lagi cukup untuk mengatasi kejahatan yang semakin canggih (Yusnanto et al., 2021). Oleh karena itu, penggunaan sistem keamanan berbasis teknologi menjadi hal yang wajib agar perlindungan dapat dilakukan dengan efisien dan responsif.

Dalam hal penyimpanan barang berharga, brankas atau *safe box* berperan sebagai sarana utama yang harus dilengkapi dengan sistem penguncian yang kuat dan sulit untuk ditembus. Namun, banyak sistem brankas klasik masih menggunakan kunci fisik atau kombinasi angka yang mudah ditebak, diduplikasi, atau rusak secara mekanik. Sistem keamanan yang berbasis biometrik seperti pemindai sidik jari atau retina memang dapat meningkatkan tingkat keamanan, tetapi biaya untuk penerapannya relatif mahal dan perawatan sensor membutuhkan perhatian khusus (Manurung et al., 2023). Di sisi lain, penggunaan kunci tradisional juga memiliki risiko tinggi, termasuk kemungkinan kehilangan, duplikasi, dan kerusakan fisik akibat pemakaian yang berkepanjangan. Tantangan lainnya adalah kurangnya sistem yang dapat memberikan informasi mengenai status brankas secara langsung kepada pemilik saat ada percobaan akses yang tidak sah. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi baru yang dapat memberikan lapisan keamanan, *monitoring* jarak jauh, serta kemudahan dalam penggunaan tanpa mengabaikan aspek biaya yang efisien (Mahligai et al., 2022). Dengan demikian, pengembangan sistem keamanan modern menjadi hal yang sangat penting untuk

memenuhi kebutuhan masyarakat akan perlindungan aset yang lebih sesuai dengan perkembangan zaman (Wisjhnuadji et al., 2022).

Kemajuan dalam teknik elektro telah membuka banyak kesempatan untuk menciptakan sistem keamanan yang lebih canggih, otomatis, dan terintegrasi. Salah satu metode yang semakin populer adalah penerapan *Internet of Things* (IoT), suatu konsep yang memungkinkan perangkat elektronik untuk terhubung satu sama lain melalui jaringan internet guna bertukar data secara langsung (Adani & Salsabil, 2019). Teknologi ini memfasilitasi *monitoring* dan pengontrolan perangkat dari jarak jauh melalui antarmuka digital seperti aplikasi berbasis web atau *smartphone* (Situmorang, 2024).

Di samping IoT, teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) juga telah mengalami kemajuan signifikan sebagai solusi identifikasi yang otomatis tanpa memerlukan kontak fisik. RFID berfungsi dengan menggunakan gelombang radio untuk memperoleh data dari *tag* atau kartu yang telah diprogram secara unik, sehingga hanya pengguna tertentu yang diizinkan untuk melakukan autentikasi (Purwiantono et al., 2019). RFID adalah sebuah teknologi yang secara otomatis mengenali objek dengan menggunakan gelombang radio untuk membaca dan menulis informasi pada label atau kartu tanpa memerlukan kontak langsung. Teknologi ini membuat proses verifikasi menjadi lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan metode tradisional yang menggunakan magnet atau kode angka (Hartanto & Prabowo, 2021). RFID beroperasi dengan memanfaatkan komunikasi antara *tag* dan pembaca untuk mentransfer data identitas yang unik dan sulit untuk dipalsukan. Salah satu modul RFID yang umum digunakan dalam sistem keamanan adalah RC-522, yang dikenal karena akurasi dan sensitivitasnya yang tinggi. Modul ini beroperasi pada frekuensi 13,56 MHz dan dapat membaca *tag* dalam jarak sekitar 2 hingga 5 cm (Rachmat & Hutabarat, 2014). Keuntungan utama RFID

adalah kemampuannya untuk mengenali objek secara otomatis tanpa perlu ada garis pandang langsung. Dalam konteks keamanan, RFID sering diterapkan untuk kontrol akses pintu, sistem absensi, dan pengelolaan aset. Penerapan RFID dalam sistem keamanan dapat meningkatkan efisiensi dan ketepatan dalam proses verifikasi pengguna. Oleh karena itu, penggunaan modul RFID RC-522 sangat penting untuk sistem keamanan brankas yang memerlukan identifikasi yang cepat dan akurat (Zhalifunnas et al., 2025).

Sinergi antara RFID dan IoT membuka banyak kesempatan dalam menciptakan sistem keamanan yang lebih efektif, efisien, dan responsif. Dengan potensi keduanya, sistem keamanan bisa secara otomatis mengenali pengguna yang sah dan sekaligus memberikan peringatan ketika ada upaya akses yang mencurigakan. Inovasi ini menjadi dasar pemikiran dalam merancang sistem keamanan brankas yang didasarkan pada teknologi pintar (Wiharja & Hartanto, 2024). Integrasi antara RFID dan IoT memerlukan perangkat yang dapat menghubungkan sistem fisik ke internet dengan cara yang efisien. Mikrokontroler seperti Wemos D1 R1 menjadi pilihan karena sudah dilengkapi dengan modul Wi-Fi ESP8266 yang memungkinkan komunikasi data tanpa kabel (Nazuarsyah et al., 2023). ESP8266 adalah modul IoT yang memiliki konsumsi energi rendah dan kemampuan pemrosesan yang tinggi, membuatnya ideal untuk sistem embedded. Dengan adanya dukungan ini, data dari pembacaan RFID bisa dikirim ke server atau aplikasi *monitoring* seperti Blynk secara langsung. Keterpaduan RFID dengan Wemos D1 R1 memberi kesempatan bagi pengembang untuk menciptakan sistem keamanan yang bisa diakses dan diatur dari jarak jauh. Selain itu, Wemos D1 R1 memungkinkan komunikasi menggunakan protokol MQTT atau HTTP, yang banyak digunakan dalam sistem IoT saat ini (Wiranto et al., 2020). Arsitektur sistem IoT yang menggunakan mikrokontroler nirkabel dapat meningkatkan keandalan serta fleksibilitas dalam pengendalian akses. Gabungan

teknologi ini juga memberikan kemungkinan untuk mengembangkan sistem tanpa memerlukan perubahan besar pada infrastruktur yang ada. Maka dari itu, kolaborasi antara RFID RC-522 dan Wemos D1 R1 menjadi dasar yang kuat untuk menciptakan sistem keamanan brankas yang cerdas (Gitakarma et al., 2024).

Teknologi RFID RC-522 adalah salah satu modul yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut karena dapat membaca *tag* RFID dengan cepat dan tepat menggunakan frekuensi gelombang radio 13,56 MHz. Modul ini beroperasi dengan prinsip verifikasi antara pembaca (*reader*) dan kartu *tag* yang telah diatur, sehingga hanya kartu yang diakui oleh sistem yang bisa membuka akses ke brankas. Salah satu keunggulan utama RFID RC-522 adalah biaya yang rendah, konsumsi energi yang sedikit, dan tingkat kompatibilitas yang tinggi dengan berbagai mikrokontroler seperti Arduino atau WEMOS (Roza et al., 2024).

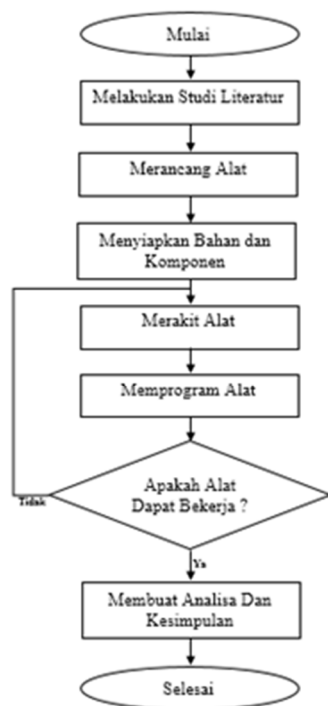
Di sisi lain, modul IoT WEMOS D1 R1 berfungsi sebagai penghubung antara sistem keamanan dan internet, sehingga pengguna dapat mendapatkan informasi tentang status brankas secara langsung melalui perangkat *mobile* (Sumantri et al., 2022). Gabungan kedua modul ini menciptakan sistem keamanan yang tidak hanya mampu mengenali identitas pengguna tetapi juga dapat mengirimkan pemberitahuan saat terjadi akses ilegal atau kegagalan dalam proses autentikasi. Dengan mengintegrasikan RFID dan IoT, sistem keamanan bisa dikembangkan menjadi lebih interaktif, real time, serta memberikan pengalaman pengguna yang lebih aman dan modern. Pendekatan ini juga memiliki potensi untuk diterapkan secara luas pada beragam perangkat keamanan lainnya seperti pintu rumah, loker, dan sistem parkir otomatis (Qushoyyi et al., 2025).

Berdasarkan hal ini, perlu adanya penelitian mengenai pengembangan sistem keamanan brankas menggunakan RFID RC-522 dan Modul IoT WEMOS D1 R1. Sistem keamanan untuk pintu brankas yang dihasilkan dari penelitian ini menggabungkan teknologi RFID RC-522 dan modul IoT

Wemos D1 R1 untuk mengautentikasi pengguna dan memantau akses secara digital. Penerapan sistem keamanan berbasis Modul IoT WEMOS D1 R1 dan sensor RFID ini diharapkan dapat meningkatkan secara signifikan keamanan akses brankas. Selain itu, sistem ini juga dihubungkan dengan aplikasi Blynk sebagai platform *monitoring* berbasis internet untuk menampilkan data *log* akses secara *online*.

B. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah *research and development* menggunakan RFID RC-522 dan modul IoT Wemos-D1-R1. Tahapan penelitian digambarkan dalam bagan alirnya pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan penelitian pustaka, yaitu mengumpulkan data dari beragam sumber ilmiah seperti artikel, buku, dan referensi online yang relevan untuk memahami cara kerja RFID, IoT, serta mikrokontroler Wemos D1 R1. Tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan landasan teori

dan desain sistem yang tepat untuk digunakan dalam pengamanan pintu brankas. Selanjutnya, tahap perancangan brankas dilakukan, yang meliputi penyusunan desain sistem secara menyeluruh, mencakup skema rangkaian elektronik, alur operasional perangkat, serta pengaturan antara komponen masukan dan keluaran. Rancangan ini kemudian menjadi pedoman dalam merinci daftar komponen yang diperlukan, seperti modul RFID RC-522, mikrokontroler Wemos D1 R1, buzzer, motor servo, dan LCD 16x2. Setiap elemen dipilih berdasarkan peranan, kesesuaian, serta kemudahan dalam pengintegrasian dengan sistem IoT

Tahap berikutnya adalah perakitan dan pemrograman, dimana seluruh komponen dihubungkan sesuai rancangan dan diprogram menggunakan bahasa Arduino IDE untuk mengatur logika kerja sistem. Program tersebut mencakup proses autentikasi pengguna melalui RFID, kontrol motor servo untuk membuka dan menutup pintu brankas, serta pengiriman data ke aplikasi Blynk secara realtime. Setelah sistem terpasang, dilakukan pengujian dan evaluasi fungsionalitas brankas untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja sesuai rancangan. Jika brankas belum berfungsi optimal, maka dilakukan perbaikan baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak hingga sistem berjalan stabil. Setelah sistem berfungsi dengan baik, peneliti melakukan analisis terhadap kinerja brankas, termasuk ketepatan pembacaan RFID, jangkauan deteksi, dan keandalan transmisi data IoT. Tahap terakhir adalah mengambil kesimpulan berdasarkan pada hasil pengujian untuk menilai sejauh mana brankas yang dibuat berhasil mencapai tujuan perancangan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem keamanan pintu brankas yang menggunakan RFID RC-522 dan modul IoT Wemos-D1-R1 digambarkan secara garis besar dalam Blok Diagram pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Blok Diagram

Dari Gambar 2 tersebut, diperlihatkan komponen-komponen yang menyusun sistem keamanan pintu brankas dengan RFID RC-522 dan modul IoT Wemos-D1-R1 yang terdiri atas:

1. RFID RC-522
RFID RC-522 merupakan teknologi identifikasi wireless yang digunakan sebagai sistem akses kontrol, yang nanti akan membuka brankas dengan kode kartu tertentu yang sudah diatur.
2. Mikrokontroler Arduino Wemos D1 R1
Mikrokontroler Arduino Wemos D1 R1 merupakan pemroses utama sistem keamanan pintu brankas yang memiliki fungsi untuk mengontrol dan memproses data dari perangkat masukan yang kemudian diteruskan ke perangkat keluaran.
3. LCD 12C 16X2
LCD 12C 16X2 berfungsi sebagai salah satu media keluaran untuk menampilkan karakter dari perintah yang diberikan. LCD merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai alat penampil suatu data, baik karakter, huruf, atau grafik. LCD membutuhkan tegangan dan daya yang kecil sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada kalkulator, arloji digital, dan instrumen elektronik seperti multimeter digital. LCD memanfaatkan silikon dan galium dalam bentuk kristal cair sebagai pemancar cahaya. Pada layar LCD, setiap matrik adalah susunan dua dimensi piksel yang dibagi dalam baris dan kolom.
4. Motor Servo SG90

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut poros keluaran motor. Motor servo digunakan untuk mengontrol slot kunci yang ada pada brankas.

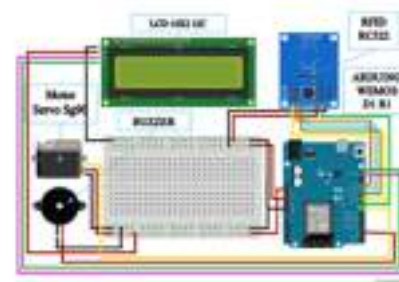
5. Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran arus menjadi getaran suara. Buzzer disini berfungsi sebagai alarm atau penanda bahwa ada seseorang yang mencoba membuka pintu brankas dengan menggunakan Tap Card yang salah.

6. Penghubung

Penghubung dalam sistem keamanan pintu brankas ini adalah breadboard dan kabel. Breadboard adalah konduktor listrik tempat melekatkan kabel jumper atau header pin male agar arus listrik dari komponen satu ke komponen lainnya bisa saling terhubung. Sedangkan jenis kabel yang digunakan adalah kabel jumper male to male, male to female, female to female. Kabel jumper merupakan kabel listrik yang memiliki pin konektor di setiap ujungnya dan memungkinkan untuk menghubungkan dua komponen tanpa memerlukan solder. Pada intinya fungsi dari kabel jumper adalah untuk menyambungkan arus pada rangkaian listrik.

Sedangkan rancangan rangkaian elektronik brankas otomatis berbasis RFID RC-522 dan Modul IoT Wemos-D1-R1 diperlihatkan pada Gambar 3 berikut

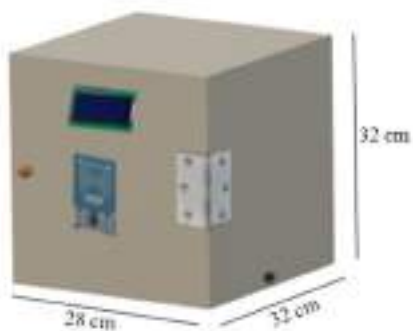


Gambar 3. Rangkaian Alat

Wiring (penghubungan) komponen-komponen yang terpasang pada rancangan rangkaian pada Gambar 3 adalah sebagai berikut:

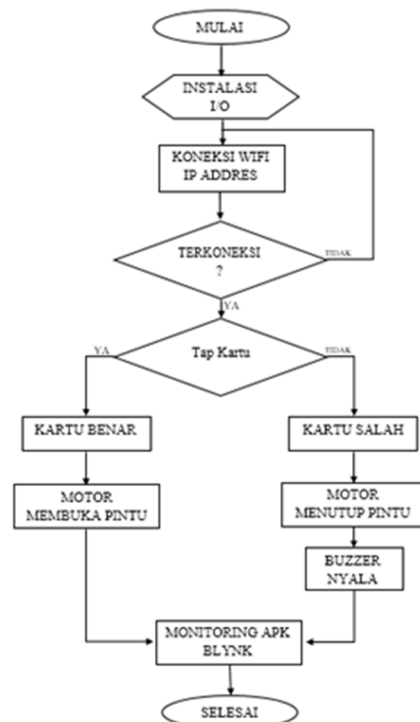
1. VCC Arduino Wemos D1 R1 – VCC RFID RC-522 – VCC LCD I2C 16x2 – VCC Motor Servo SG90.
2. GND Arduino Wemos D1 R1 – GND RFID RC-522 – GND LCD I2C 16x2 – GND Buzzer – GND Motor Servo SG90 – GND LED Merah - GND LED Hijau
3. Pin Digital 2 Wemos > Buzzer
4. Pin Digital 6 Wemos > LED Hijau
5. Pin Digital 7 Wemos > LED Merah
6. Pin Digital 8 Wemos > Motor Servo SG90
7. Pin Digital 9 Wemos > RST RFID RC-522
8. Pin Digital 10 Wemos > SDA RFID RC-522
9. Pin Digital 11 Wemos > MOSI RFID RC-522
10. Pin Digital 12 Wemos > MISO RFID RC-522
11. Pin Digital 13 Wemos > SCK RFID RC-522
12. Pin Digital 14 Wemos > SDA LCD 16x2 12C
13. Pin Digital 15 Wemos > SCL LCD 16x2 12C.

Sedangkan desain brankas dirancang menggunakan aplikasi Paint sebagai media editing. Pada Gambar 4 berikut diperlihatkan rancangan prototipe brankas, yang memiliki dimensi (Panjang x Lebar x Tinggi) 32 cm x 28 cm x 32 cm.



Gambar 4. Desain Brankas

Adapun alur kerja sistem brankas yang dibuat dalam penelitian ini digambarkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Alur Kerja Keamanan Pintu Brankas Berbasis IOT

Gambar 5 memperlihatkan proses kerja sistem keamanan pintu brankas berbasis RFID RC-522 dan modul IoT Wemos D1 R1 secara berurutan dan sistematis. Proses dimulai dari tahap inisialisasi sistem yang meliputi pemasangan perangkat masukan dan perangkat keluaran, seperti pembaca kartu RFID, motor penggerak pintu, dan buzzer sebagai indikator keamanan. Setelah instalasi selesai, sistem melakukan koneksi ke jaringan Wi-Fi untuk mendapatkan alamat IP sebagai identitas perangkat IoT. Keberhasilan koneksi menjadi syarat utama agar sistem dapat berkomunikasi dengan aplikasi monitoring berbasis Blynk. Jika koneksi gagal, sistem akan mengulangi proses koneksi hingga berhasil. Apabila koneksi telah terbentuk, sistem siap untuk menerima perangkat masukan dari pengguna melalui proses tapping kartu RFID. Kartu yang ditempelkan akan dibaca dan dibandingkan dengan data yang telah tersimpan di memori mikrokontroler. Pengenalan ini menjadi dasar

untuk menentukan apakah kartu tersebut valid atau tidak. Jika sistem belum mendeteksi kartu, maka proses pembacaan akan terus berlangsung. Tahapan ini memastikan hanya kartu terdaftar yang dapat mengakses pintu brankas.

Pada bagian berikutnya, sistem memproses hasil identifikasi kartu yang telah dibaca oleh modul RFID. Bila kartu terdeteksi valid, mikrokontroler berupa modul IoT Wemos D1 R1 memberikan perintah kepada motor untuk membuka pintu brankas. Perintah ini dikirim melalui sinyal logika yang mengaktifkan driver motor sebagai aktuator penggerak. Pintu akan terbuka secara otomatis, dan pengguna dapat mengakses isi brankas dengan aman. Sementara itu, sistem juga mengirimkan informasi status pintu ke aplikasi Blynk melalui koneksi internet yang telah disiapkan sebelumnya. Informasi ini berguna bagi pemilik untuk memantau kondisi brankas secara real-time dari jarak jauh. Jika kartu yang digunakan tidak terdaftar, maka sistem segera mengaktifkan buzzer sebagai alarm peringatan. Pada kondisi ini, motor berfungsi menutup pintu kembali untuk menjaga keamanan. Setiap respon sistem, baik pembukaan maupun penolakan akses, selalu dicatat dalam aplikasi monitoring. Mekanisme ini membantu meningkatkan transparansi dan keamanan data penggunaan brankas.

Tahap terakhir dalam bagan alir menunjukkan proses monitoring dan pengakhiran operasi sistem. Setelah motor menyelesaikan perintah membuka atau menutup pintu, sistem mengirimkan laporan aktivitas ke server aplikasi Blynk. Aplikasi ini memungkinkan monitoring status pintu, apakah dalam keadaan terbuka atau tertutup, sekaligus memberikan log aktivitas pengguna. Jika terjadi upaya akses menggunakan kartu tidak sah, pemilik dapat segera mengetahui melalui notifikasi yang muncul pada aplikasi. Sistem dirancang agar tetap aktif memantau hingga proses dinyatakan selesai. Dengan integrasi modul IoT Wemos D1 R1, sistem mampu menjalankan komunikasi dua arah antara

perangkat keras dan server cloud. Hal ini memungkinkan pembaruan status secara cepat dan akurat. Proses monitoring juga berfungsi sebagai langkah pengamanan tambahan untuk mencegah penyalahgunaan. Ketika semua proses berjalan dengan benar, sistem akan menutup sesi operasi dan kembali ke kondisi siap menerima perintah baru. Dengan demikian, alur kerja ini mencerminkan kombinasi antara keamanan fisik dan monitoring digital berbasis Internet of Things (IoT).

Setelah melakukan rancangan, dilakukan pembuatan brankas dengan menggunakan RFID RC-522 dan Modul IoT Wemos-D1-R1. Realisasinya diperlihatkan pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8 berikut.



Gambar 6. Tampak Depan Brankas



Gambar 7. Tampak Dalam Brankas



Gambar 8. Rangkaian Pengontrol Brankas

Setelah realisasi alat dilakukan beberapa tahap pengujian untuk menguji apakah alat bekerja dengan baik. Pengujian brankas dengan menggunakan RFID RC-522 dan Modul IoT Wemos-D1-R1 terdiri atas:

1. Pengujian Modul *Tag Reader* RFID RC-522

Pengujian modul *tag reader* RFID RC-522 dilakukan untuk mengetahui jarak efektif pembacaan kartu RFID terhadap modul pembaca, dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Modul *Tag Reader* RFID RC-522

Jarak (cm)	<i>Tag</i> Kartu 1	<i>Tag</i> Kartu 2	<i>Tag</i> Kartu 3	<i>Tag</i> Kartu 4
1	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
1,5	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
2	Terbaca	Terbaca	Terbaca	Terbaca
2,5	Terbaca	Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca
3	Terbaca	Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca
3,5	Terbaca	Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca
4	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca

Dari hasil pengujian terlihat bahwa pada jarak 1 cm hingga 2 cm seluruh *tag* kartu dapat terbaca dengan baik, menandakan bahwa sinyal elektromagnetik antara modul dan kartu berada dalam jangkauan optimal. Saat jarak diperbesar menjadi 2,5 cm, sebagian kartu mulai tidak terbaca, menunjukkan adanya penurunan intensitas medan induksi yang dihasilkan oleh antena modul. Pada jarak 3 cm ke atas, kemampuan pembacaan semakin menurun, dan pada jarak 4 cm seluruh *tag* tidak terbaca sama sekali. Hal ini menunjukkan bahwa modul RFID RC-522 memiliki jarak baca maksimum yang efektif hanya hingga sekitar 2 cm. Variasi hasil antar *tag* kartu kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kualitas chip dan antena pada masing-masing kartu. Pengujian ini membuktikan bahwa performa modul sangat dipengaruhi oleh jarak, posisi kartu, dan kondisi lingkungan sekitar. Dengan demikian,

untuk implementasi pada sistem keamanan pintu brankas, posisi pembaca dan kartu harus dirancang dalam jarak yang sangat dekat agar pembacaan berlangsung stabil.

2. Pengujian *Tag* Yang Terhalang Jenis Barang

Tabel 2. Hasil Pengujian *Tag* Yang Terhalang Jenis Barang

Jenis Barang (Ketebalan dalam mm)	Terbaca Pada Jarak (cm)	
	<i>Tag</i> Kartu 1	<i>Tag</i> Kartu 2
Kain (2 mm)	2,5	2
Triplek (3 mm)	3	2
Kaca Bening (4 mm)	3	2
Matras Karet (3 mm)	3,5	3,5
Triplek (11 mm)	2	1
Kramik (8 mm)	3	1,5
Plat Baja Ringan (1 mm)	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca
Busa	3,5	2
Stenlisteel (1 mm)	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca
Besi (1 mm)	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca
Pelat Nomor (2 mm)	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca

Hasil pengujian modul *tag reader* RFID RC-522 pada Tabel 2 menunjukkan kemampuan pembacaan sinyal kartu RFID saat terhalang oleh berbagai jenis barang dengan ketebalan tertentu. Berdasarkan hasil uji, modul mampu membaca *tag* dengan baik pada bahan non-logam seperti kain, triplek, kaca bening, busa, dan karet dengan jarak pembacaan bervariasi antara 1 hingga 3,5 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa barang non-konduktor tidak terlalu mengganggu transmisi gelombang elektromagnetik antara kartu dan pembaca. Namun, pada barang seperti keramik, jarak baca menurun karena sifat dielektriknya yang cukup tinggi menghambat induksi medan. Sebaliknya, bahan logam seperti pelat baja ringan, besi, stensil, dan pelat nomor menyebabkan *tag* tidak terbaca sama sekali. Hal ini terjadi karena logam memantulkan atau menyerap gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh antena modul RFID. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa performa modul

RC-522 sangat bergantung pada jenis dan ketebalan barang penghalang. Untuk penggunaan dalam sistem keamanan, kartu RFID sebaiknya tidak diletakkan di balik logam agar proses identifikasi berjalan optimal.

3. Pengujian Kondisi Posisi *Tag* Kartu Saat Tap

Tabel 3. Hasil Pengujian Kondisi Posisi *Tag* Kartu Saat Tap

Posisi <i>Tag</i> Kartu	Kondisi	
	Depan Modul <i>Tag Reader</i>	Belakang Modul <i>Tag Reader</i>
Horizontal	Terbaca	Terbaca
Vertikal	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca
Miring 45°	Terbaca	Terbaca

Hasil pengujian modul *tag reader* RFID RC-522 pada Tabel 3 menunjukkan pengaruh posisi kartu terhadap kemampuan pembacaan modul. Hasil menunjukkan bahwa kartu RFID dapat terbaca dengan baik saat diletakkan dalam posisi horizontal maupun miring 45°, baik di depan maupun di belakang modul pembaca. Namun, ketika posisi kartu diubah menjadi vertikal, modul tidak mampu membaca *tag* pada kedua sisi. Kondisi ini disebabkan oleh arah medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh antena modul RC-522, dimana pola induksi hanya efektif jika posisi antena *tag* sejajar dengan antena modul pembaca. Ketika posisi kartu vertikal, medan induksi tidak berpotongan secara optimal sehingga komunikasi data antara modul dan *tag* tidak terjadi. Keberhasilan pembacaan pada posisi miring menunjukkan bahwa modul masih mampu menangkap sinyal asalkan sudut orientasi tidak terlalu jauh dari sejajar. Hasil pengujian ini juga menegaskan pentingnya penentuan arah peletakan kartu pada desain sistem RFID. Dalam aplikasi keamanan pintu brankas, posisi *tag* sebaiknya diatur sejajar dengan permukaan pembaca untuk memastikan keandalan sistem. Dengan demikian, orientasi kartu menjadi faktor penting yang memengaruhi efektivitas pembacaan modul RFID RC-522.

4. Pengujian Tegangan Motor Servo SG90

Tabel 4. Hasil Pengujian Tegangan Motor Servo SG90

No.	Pengukuran	Vin (V)	Vout (V)	Selisih (V)	Error (%)
1.	Tanpa Beban	4,9	4,6	0,3	0,07
2.	Dengan Beban	4,9	4,1	0,8	0,20
Rata-Rata Error					0,14

Hasil pengujian modul *tag reader* RFID RC-522 pada Tabel 4 dilakukan untuk mengetahui kestabilan tegangan kerja modul baik dalam kondisi tanpa beban maupun saat diberi beban. Dari hasil pengukuran, tegangan masukan (Vin) sebesar 4,9 V mengalami sedikit penurunan pada keluaran, yaitu 4,6 V tanpa beban dan 4,1 V saat diberi beban. Selisih tegangan menunjukkan adanya penurunan sebesar 0,3 V pada kondisi tanpa beban dan 0,8 V ketika modul aktif membaca *tag* atau menggerakkan komponen lain. Nilai error yang dihasilkan relatif kecil, yaitu 0,07% pada kondisi tanpa beban dan 0,20% saat diberi beban, dengan rata-rata error keseluruhan sebesar 0,14%. Hasil ini menandakan bahwa modul RFID RC-522 bekerja dengan efisien dan stabil dalam rentang tegangan kerja mikrokontroler. Penurunan tegangan saat beban aktif merupakan hal wajar karena adanya konsumsi arus tambahan oleh komponen RFID dan sistem komunikasi data. Nilai error yang rendah membuktikan bahwa sumber daya listrik yang digunakan cukup andal untuk mendukung kinerja modul. Dengan kestabilan ini, pembacaan kartu RFID dapat dilakukan secara konsisten tanpa gangguan dari fluktuasi tegangan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa modul RFID RC-522 beroperasi dengan baik dan layak digunakan dalam sistem keamanan berbasis IoT seperti pintu brankas otomatis.

5. Pengujian Monitoring pada aplikasi Blynk

Tabel 5. Hasil Pengujian Monitoring Pada Aplikasi Blynk

Keterangan	Aplikasi Blynk
Tag Kartu 1	
Tag Kartu 2	
Tag Kartu 3	
Tag Kartu 4	

Berdasarkan hasil pengujian yang diperlihatkan pada Tabel 5, Pengujian Modul *Tag Reader* RFID RC-522 dilakukan dengan mencoba beberapa kartu (*Tag* Kartu 1, 2, 3, dan 4) dan melihat responsnya pada Aplikasi Blynk. Modul RFID RC-522 berhasil membaca kode unik kartu yang ditunjukkan di bawah pesan, dan sistem memproses kode tersebut untuk menentukan status akses. Hasilnya menunjukkan bahwa *Tag* Kartu 2 dan *Tag* Kartu 4 diterima (ditandai dengan lampu hijau pada Aplikasi Blynk), mengindikasikan bahwa kode mereka terdaftar dan valid untuk akses. Sebaliknya, *Tag* Kartu 1 dan *Tag* Kartu 3 ditolak (ditandai dengan lampu merah), yang berarti kode unik kartu-kartu tersebut tidak terdaftar atau tidak valid dalam sistem basis data, membuktikan bahwa modul *Tag Reader* RFID RC-522 berfungsi dengan baik dalam membaca dan sistem berfungsi dalam memverifikasi status akses berdasarkan data kartu yang dibaca.

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan terhadap modul *tag reader* RFID RC-522, dapat disimpulkan bahwa modul ini bekerja optimal pada jarak pembacaan maksimal sekitar 2 cm tanpa halangan dan mampu mengenali *tag* dengan baik pada posisi horizontal maupun miring 45°. Jenis dan ketebalan material penghalang sangat memengaruhi kemampuan baca, di mana bahan non-logam seperti kain, kaca, karet, dan busa tidak menghambat sinyal, sedangkan logam sepenuhnya menghalangi transmisi elektromagnetik. Orientasi kartu juga menjadi faktor penting, karena posisi vertikal menyebabkan kegagalan pembacaan akibat tidak sejajarnya antena *tag* dan modul. Selain itu, hasil uji tegangan menunjukkan bahwa modul bekerja stabil dengan rata-rata error hanya 0,14%, baik dalam kondisi tanpa beban maupun berbeban. Hal ini membuktikan bahwa modul RFID RC-522 memiliki performa yang andal, efisien, dan cocok diterapkan pada sistem keamanan berbasis IoT seperti pintu brankas digital yang membutuhkan akurasi tinggi, kestabilan tegangan, serta kepekaan pembacaan yang baik dalam jarak dan posisi tertentu.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Adani, F., & Salsabil, S. (2019). Internet of Things: Sejarah Teknologi Dan Penerapannya. *Jurnal Isu Teknologi*, 14(2), 92–99.
- Gitakarma, M. S., Ariawan, K. U., & Pracasitaram, I. G. M. S. B. (2024). Peran Mikrokontroler Dalam Pengembangan Aplikasi IoT: Tinjauan Konseptual dan Implementasi. *KOMTEKS: Jurnal Komputer Dan Teknologi Sains*, 3(2), 18–24.
<https://doi.org/10.37637/komteks.v3i2.2231>
- Hartanto, S., & Prabowo, A. D. (2021). Rancang Bangun Sistem Absensi Dengan Pemeriksaan Suhu Tubuh Berbasis



- Arduino ATmega2560. *Jurnal Ilmiah Elektrokrina*, 9(2), 98–111. <https://jurnalteknik.unkris.ac.id/index.php/jie/article/view/129>
- Mahligai, A. A., Iksan, N., Gunoto, P., & Panessai, I. Y. (2022). Perancangan Sistem Keamanan Brankas Dengan Verifikasi Password Dan Sidik Jari Berbasis IoT. *Sigma Teknika*, 5(1), 100–107. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v5i1.4141>
- Manurung, R. A. P., Erwansyah, K., & Azlan, A. (2023). Sistem Keamanan Gudang Penyimpanan Barang Handphone Berbasis RFID Dan Fingerprint. *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 2(4), 215–220. <https://doi.org/10.53513/jursik.v2i4.6713>
- Nazuarsyah, N., Muzakir, U., Mukhroji, M., Ginting, R., & Munadi, R. (2023). Sistem Identifikasi Menggunakan Rfid Dan Sensor Infrared Berbasis Iot Terhadap Pengembangan Kampus Pintar. *Cyberspace: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 7(2), 109. <https://doi.org/10.22373/cj.v7i2.21632>
- Purwiantono, F. E., Romli, M. S., & Aditya, A. (2019). Pemanfaatan RFID (Radio Frequency Identification) Sebagai Alternatif Absensi Siswa (Studi Kasus : Smk Ar-Rahmah Sukabumi, Jawa Barat). *Jurnal Teknoinfo*, 13(2), 118. <https://doi.org/10.33365/jti.v13i2.292>
- Qushoyyi, T. A., Nugroho, D. A., Rahman, M., & Sucipto, A. (2025). Pengembangan Sistem Smart Home IoT dengan Metode Logika Fuzzy Berbasis Wemos D1. *Neptunus: Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 3(2), 51–64. <https://doi.org/10.61132/neptunus.v3i2.795>
- Rachmat, H. H., & Hutabarat, G. A. (2014). Pemanfaatan Sistem RFID sebagai Pembatas Akses Ruangan. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 2(1), 27. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v2i1.127>
- Roza, Y., Musliadi, K., & Pernando, Y. (2024). Presence Prototype Model Design Using RFID RC522. *Scientific Literacy Innovation and Technology Journal*, 1(2), 26–31. <https://ejurnal.yarukom.com/index.php/SinoviTech/article/view/10>
- Situmorang, R. P. (2024). Internet of Things (IoT) dalam Teknik Elektro : Menghubungkan Dunia Digital dan Fisik. *Circle Archive*, 6(1), 1–7. <https://circle-archive.com/index.php/carc/article/view/330>
- Sumantri, A., Wulandari, N., & Waluyo, S. (2022). Implementasi Iot Pada Smart Home Menggunakan Microcontroller Wemos Berbasis Mobile. *Information System For Educators and Professionals : Journal of Information System*, 6(1), 35. <https://doi.org/10.51211/isbi.v6i1.1740>
- Wiharja, U., & Hartanto, S. (2024). Power and Waiting Time Efficiency at Automatic Toll Gates With the Contactless Card Payment Implementation. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 42(1), 70–77. <https://doi.org/10.29037/2224-9028.1605>
- Wiranto, H., Solehudin, A., & Irawan, A. S. Y. (2020). Utilization of NodeMCU ESP8266 and RFID Technology as Recognition of Teacher Honors. *JIP : Jurnal Informatika Polinema*, 7(1), 17–22. <https://doi.org/10.33795/jip.v7i1.404>
- Wisjhnuadji, T., Narendro, A., & Peristiwa, H. (2022). Kotak Penyimpanan Dengan Sistem Keamanan Berbasis Arduino. *Semnas Ristek (Seminar Nasional Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 6(1), 947–952. <https://doi.org/10.30998/semnasristek.v6i1.5834>
- Yusnanto, T., Mustofa, K., Machmudi, M. A.,

& Wahyudiono, S. (2021). Tantangan Fenomena Keamanan Informasi Pasca Era Revolusi Industri 5.0. *Transformasi (Informasi & Pengembangan Iptek)*, 17(2), 24–35.
<https://doi.org/10.56357/jt.v17i2.271>

Zhalifunnas, A., Fauzi, A., Wibowo, H. C., Sudjarwoko, A. A., & Muzakki, R. (2025). Penerapan dan Manfaat RFID dalam Manajemen Inventaris Industri Logistik serta Keterbatasannya. *Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi*, 6(6), 4215–4226.
<https://doi.org/10.38035/jemsi.v6i6.5597>

EFEKTIVITAS *GAME SCRATCH* INTERAKTIF PADA PEMBELAJARAN ALGORITMA PEMROGRAMAN TERHADAP PEMAHAMAN MAHASISWA

Puspa Dwi Setyorini¹⁾, Ramona Aprilia Yuniar²⁾, Isnaeni Kholifatun³⁾, Mutiara Sofia Ramadhani⁴⁾, Dicky Anggriawan Nugroho⁵⁾

^{1,2,3,4,5}Prodi Informatika, Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid, Pekalongan

Correspondence author: P.D.Setyorini, puspa.dwi.setyorini24003@mhs.uingusdur.ac.id, Pekalongan, Indonesia

Abstract

This study aims to determine the effectiveness of the interactive game-based learning media Scratch in improving students' understanding of programming algorithms at K.H. Abdurrahman Wahid State Islamic University in Pekalongan. The study used a descriptive, quantitative approach with a purposive sampling technique, involving 50 students enrolled in the Algorithms and Programming course. Data were obtained through pre-test and post-test questionnaires using a five-level Likert scale to measure conceptual understanding before and after using Scratch. Data were analyzed using descriptive statistics, including Normalized Gain (N-Gain), to determine improvements in learning outcomes. The results showed an increase in the average score from 27 to 49, with an N-Gain of 0.58, indicating a moderate effect. These findings indicate that Scratch can improve logical thinking skills and student engagement through visual, game-based learning experiences. This study concludes that visual-based learning media, such as Scratch, are effective in bridging abstract programming concepts to practical understanding and contribute to the development of learning innovation in higher education.

Keywords: interactive, game-based learning, scratch, students' understanding

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas media pembelajaran berbasis game interaktif Scratch dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap algoritma pemrograman di Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan teknik purposive sampling terhadap 50 mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah Algoritma dan Pemrograman. Data diperoleh melalui kuesioner pre-test dan post-test menggunakan skala Likert lima tingkat untuk mengukur tingkat pemahaman konseptual sebelum dan sesudah penggunaan Scratch. Analisis data dilakukan secara statistik deskriptif dengan menghitung *Normalized Gain* (N-Gain) untuk mengetahui peningkatan hasil belajar. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata dari 27 menjadi 49 dengan nilai N-Gain sebesar 0,58 yang termasuk kategori sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa Scratch mampu meningkatkan kemampuan berpikir logis dan keterlibatan mahasiswa melalui pengalaman belajar visual dan berbasis permainan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa media pembelajaran berbasis visual seperti Scratch efektif dalam

menjembatani konsep pemrograman yang abstrak menuju pemahaman yang aplikatif, serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan inovasi pembelajaran di perguruan tinggi.

Kata Kunci: interaktif, game pembelajaran, scratch, pemahaman mahasiswa

A. PENDAHULUAN

Dunia pendidikan telah mengalami perubahan besar sebagai akibat dari pertumbuhan pesat teknologi digital. Transformasi ini termasuk bagaimana guru menyampaikan informasi dan bagaimana siswa berinteraksi dengan sumber belajar. Pembelajaran interaktif berbasis teknologi dapat meningkatkan motivasi siswa dan pemahaman mereka tentang pelajaran (Raharjo et al., 2024).

Banyak mahasiswa masih kesulitan memahami konsep dasar pemrograman yang bersifat abstrak saat belajar logika pemrograman. Karena mereka perlu memahami sintaks bahasa pemrograman sekaligus memecahkan masalah logika algoritmik, mereka sering menghadapi masalah ini. Mahasiswa cenderung kehilangan minat mereka dalam pelajaran jika pembelajarannya bersifat teoritis dan tidak ada interaksi (Sarifah et al., 2023). Oleh karena itu, media yang mampu menggambarkan logika pemrograman secara visual dan membuatnya lebih mudah dipahami diperlukan.

Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan atau biasa disingkat UIN Gusdur memiliki program studi informatika yang berusaha memasukkan teknologi pembelajaran kontemporer ke dalam kurikulumnya. Meskipun demikian, mahasiswa yang berasal dari latar belakang lintas jurusan atau belum terbiasa dengan pemrograman akan menghadapi kesulitan. Memahami logika algoritma secara mendalam mungkin sulit bagi siswa jenis ini. Sebuah pendekatan visual berbasis media interaktif dapat membantu siswa memahami konsep abstrak melalui representasi visual yang menarik (Sidiq et al., 2025).

Scratch, sebuah platform pemrograman visual berbasis blok yang dikembangkan oleh MIT, adalah salah satu sumber pembelajaran yang telah terbukti efektif. *Scratch* memungkinkan pengguna membuat program tanpa menulis sintaks rumit karena memungkinkan mereka menyusun blok kode dengan *drag and drop*. Karena memvisualisasikan alur logika program dalam bentuk yang mudah dipahami, platform ini sangat cocok untuk pemula (Bozan & Taşlıdere, 2024).

Scratch tidak hanya membuat belajar lebih mudah, tetapi juga membuat belajar lebih menyenangkan dan terlibat. Gamifikasi dalam *Scratch* mendorong siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran dan menyelesaikan misi karena proses belajarnya mirip dengan permainan (Amalia & Sukasih, 2025). Oleh karena itu, alat-alat ini bukan hanya meningkatkan kemampuan berpikir logis seseorang, tetapi juga mendorong pembelajaran yang didasarkan pada pengalaman.

Scratch berfungsi dengan baik di sekolah tinggi, menurut beberapa penelitian. (Amaral, 2023) menyatakan bahwa *Scratch* dapat meningkatkan partisipasi siswa, meningkatkan kerja kelompok, dan mempercepat pemahaman algoritma. Selain itu, platform pembelajaran daring seperti kursus online besar *Massive Open Online Courses (MOOC)* dapat menggunakan media ini untuk mengajarkan dasar pemrograman secara lebih inklusif.

Menurut penelitian lain yang dilakukan oleh (Sakorn et al., 2025), siswa yang menggunakan *Scratch* saat belajar mengalami peningkatan yang signifikan dalam pemecahan masalah dan kemampuan berpikir logis. Pendekatan coding berbasis blok memungkinkan siswa bereksperimen secara

langsung dan melihat hasil dari setiap langkah logika yang mereka buat. Ini membuat konsep menjadi lebih nyata dan mudah dipahami.

Dalam artikelnya yang berjudul *Analysis of Scratch Software in Scientific Production for 20 Years: Programming in Education to Develop Computational Thinking and STEAM Disciplines*, (Dúo-Terrón, 2023) menyatakan bahwa *Scratch* telah menjadi salah satu alat yang paling banyak digunakan untuk membangun kemampuan berpikir komputasional. Selama dua puluh tahun terakhir, jumlah penelitian yang terkait dengan *Scratch* telah meningkat, terutama dalam domain pendidikan (*STEAM*) dan (*STEM*). Studi ini menunjukkan betapa pentingnya *Scratch* dalam menghubungkan teori algoritma dengan aplikasi visual dan kolaboratif yang nyata.

Selain itu, (Molina-Ayuso et al., 2022) menekankan aspek afektif dan sosial dari penerapan *Scratch* dalam pembelajaran. Mereka menemukan bahwa siswa yang menggunakan *Scratch* lebih percaya diri dalam belajar, lebih aktif berpartisipasi, dan lebih bertanggung jawab atas proses pembelajaran mereka sendiri. *Scratch* meningkatkan keinginan siswa untuk belajar lebih banyak tentang konsep pemrograman karena interaksi dan umpan balik yang langsung.

Namun, *Scratch* tidak hanya efektif sebagai media, tetapi juga strategi pengajaran yang digunakan. (Alhasir & Mariatun, 2024), menekankan bahwa keberhasilan penggunaan media pembelajaran berbasis game bergantung pada bagaimana guru membuat alur pembelajaran dan memberikan instruksi yang tepat. Jika media ini tidak digunakan dengan cara yang tepat untuk mengajar, potensi pendidikannya akan terbatas.

Hasil observasi awal terhadap mahasiswa UIN Gusdur menunjukkan bahwa menggunakan *Scratch* membuat sebagian besar mahasiswa lebih mudah memahami logika pemrograman. Nilai belajar siswa meningkat dari *pre-test* ke *post-test*, menunjukkan bahwa pemahaman mereka tentang logika algoritmik meningkat. Hingga

saat ini, belum ada penelitian kuantitatif yang secara khusus mengevaluasi seberapa efektif *Scratch* di universitas Islam di Indonesia.

Akibatnya, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara empiris seberapa efektif penggunaan media pembelajaran interaktif berbasis *Scratch* untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang logika pemrograman. Penelitian ini menggabungkan analisis kualitatif (persepsi dan pengalaman belajar) dan kuantitatif (hasil evaluasi belajar) untuk memberikan gambaran yang lebih luas tentang bagaimana media pembelajaran memengaruhi prestasi akademik siswa.

Diharapkan penelitian ini akan menemukan bukti ilmiah bahwa media pembelajaran *Scratch* tidak hanya membantu siswa belajar lebih baik, tetapi juga dapat membantu guru di perguruan tinggi Islam mengembangkan model pembelajaran baru yang sesuai dengan siswa Indonesia. Diharapkan bahwa penelitian ini akan memberikan kontribusi nyata untuk membangun strategi pembelajaran berbasis teknologi yang efektif, interaktif, dan beradaptasi dengan dunia modern.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan tingkat efektivitas penggunaan media pembelajaran *Scratch* terhadap pemahaman mahasiswa dalam pembelajaran logika pemrograman. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada pengumpulan data numerik melalui kuesioner yang hasilnya diolah dan dianalisis secara statistik (Sugiyono, 2021). Pendekatan kuantitatif deskriptif juga relevan digunakan karena mampu menampilkan gambaran empiris mengenai peningkatan pemahaman mahasiswa secara objektif setelah penerapan media pembelajaran interaktif (Sakorn et al., 2025).

Populasi dalam penelitian ini adalah mahasiswa Program Studi Informatika UIN Gusdur yang telah menempuh mata kuliah Algoritma dan Pemrograman. Sampel

penelitian berjumlah 50 mahasiswa, yang ditentukan dengan teknik *purposive sampling*. Teknik ini digunakan agar responden sesuai dengan kriteria penelitian, yaitu mahasiswa aktif, telah menggunakan media *Scratch*, dan bersedia berpartisipasi dalam pengisian kuesioner. Dengan demikian, data yang diperoleh dianggap representatif untuk menggambarkan persepsi mahasiswa terhadap efektivitas *Scratch* sebagai media pembelajaran logika pemrograman.

Instrumen penelitian berupa kuesioner *pre-test* dan *post-test*, masing-masing terdiri dari 14 butir pertanyaan tertutup yang menggunakan skala *Likert* lima tingkat, mulai dari Sangat Tidak Setuju (1) hingga Sangat Setuju (5). Kuesioner disusun berdasarkan indikator pemahaman logika pemrograman yang diadaptasi dari penelitian terdahulu (Sarifah et al., 2023; Stewart & Baek, 2023). Sebelum digunakan secara penuh, kuesioner diuji coba secara terbatas kepada beberapa mahasiswa untuk memastikan kejelasan redaksi dan kesesuaian konteks pertanyaan dengan pengalaman belajar menggunakan *Scratch*. Proses ini dilakukan agar instrumen dapat memberikan hasil yang konsisten dan mudah dipahami oleh responden.

Data penelitian dikumpulkan melalui Google Form yang dibagikan kepada responden dalam dua tahap, yaitu *pre-test* dan *post-test*. Tahap *pre-test* dilakukan sebelum mahasiswa menggunakan media pembelajaran *Scratch* untuk mengukur tingkat pemahaman awal mereka terhadap konsep logika pemrograman. Sedangkan tahap *post-test* dilakukan setelah mahasiswa belajar menggunakan *Scratch* untuk melihat peningkatan pemahaman yang terjadi setelah intervensi media pembelajaran diterapkan. Kedua instrumen memiliki butir pertanyaan yang sama agar hasil perbandingan lebih akurat dan dapat menunjukkan perubahan yang signifikan.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan statistik deskriptif, meliputi perhitungan frekuensi, persentase, dan rata-rata (*mean*) dari setiap butir pertanyaan. Perbandingan hasil *pre-test* dan *post-test*

digunakan untuk melihat tingkat peningkatan pemahaman mahasiswa. Selain itu, dihitung juga *Gain score* menggunakan rumus:

$$\text{Gain} = \frac{\text{Post-test} - \text{Pre-test}}{\text{Skor Maksimal} - \text{Pre-test}}$$

Hasil perhitungan *Gain* kemudian dikategorikan menjadi tiga tingkat efektivitas, yaitu tinggi ($\geq 0,70$), sedang ($0,30-0,69$), dan rendah ($< 0,30$). Analisis ini dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel untuk mempermudah visualisasi data dalam bentuk tabel dan diagram batang, sehingga hasil penelitian dapat disajikan secara lebih jelas dan terukur.

Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran empiris mengenai efektivitas penggunaan *Scratch* dalam meningkatkan pemahaman logika pemrograman mahasiswa, serta memberikan kontribusi bagi pengembangan strategi pembelajaran berbasis visual *programming* dan gamifikasi di lingkungan perguruan tinggi Islam di Indonesia.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa efektif penggunaan media pembelajaran *Scratch* dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa logika pemrograman di Program Studi Informatika dan beberapa program studi lain di kampus UIN Gusdur. Sebelum penggunaan media *Scratch* dan setelah siswa menyelesaikan pembelajaran dengan media tersebut, dua tahap pengumpulan data digunakan untuk mengumpulkan data penelitian. Kedua instrumen memiliki empat belas pernyataan dengan skala *Likert* lima tingkat, di mana satu poin menunjukkan sangat tidak setuju dan lima poin menunjukkan sangat setuju. Dengan demikian, skor tertinggi yang dapat diterima oleh setiap peserta adalah 65 setelah tes.

Daftar *pre-test* dan *post-test* sebanyak lima puluh responden dapat diakses melalui tautan berikut:

bit.ly/DatasetPreTestandPostTest

Selanjutnya, Microsoft Excel 2021 digunakan untuk mengolah data awal dengan menghitung nilai rata-rata (*mean*), selisih skor, dan skor normalisasi peningkatan (*N-Gain*). Rumus Hake (1999) digunakan untuk menghitung *N-Gain*.

Untuk mengetahui sejauh mana peningkatan pemahaman siswa setelah mengikuti pembelajaran berbasis *Scratch*, rumus *N-Gain* digunakan. Nilai *Gain* dihitung dengan menggunakan rata-rata skor *pre-test* dan *post-test* setiap peserta. Media pembelajaran membantu siswa memahami konsep logika pemrograman lebih baik dengan nilai *N-Gain* yang lebih tinggi.

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan nilai *N-Gain*, yang menunjukkan tingkat efektivitas pembelajaran *Scratch*, serta rekapitulasi skor rata-rata siswa untuk kedua *pre-test* dan *post-test*.

Tabel 1. Tabel Hasil *N-Gain Pre-test* dan *Post Test*

Jenis Tes	Rata-rata Skor	Skor Maksimal	Selisih (Post-Pre)	<i>N-Gain</i>	Kategori
Pre-Test	27	65	22	0,58	Sedang
Post-Test	49				



Gambar 1. Selisih pre-test dan post-test

Menurut hasil yang ditunjukkan dalam tabel dan grafik di atas, media pembelajaran *Scratch* meningkatkan skor rata-rata siswa

dari 27 menjadi 49. Nilai *N-Gain* sebesar 0,58 menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman siswa berada pada kategori sedang, yang menunjukkan bahwa *Scratch* cukup efektif dalam mengajarkan logika pemrograman dasar.

Studi ini menunjukkan bahwa menggunakan media pembelajaran interaktif berbasis *Scratch* membantu siswa lebih memahami logika pemrograman. Kegiatan pembelajaran berbasis visual dan gamifikasi memiliki dampak yang signifikan, seperti yang ditunjukkan dengan peningkatan 22 poin dari nilai rata-rata *pre-test* ke nilai rata-rata *post-test*.

Studi (Bozan & Taşlıdere, 2024) menunjukkan bahwa pemrograman berbasis blok seperti *Scratch* membantu siswa memahami struktur logika dan alur program dengan baik tanpa membebani mereka dengan sintaksis yang kompleks. Dengan desain visual dan warna blok yang representatif, siswa dapat dengan mudah memahami konsep seperti *loop*, pernyataan kondisional, dan *variable*.

Selain itu, temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Raharjo et al., 2024) dan (Villegas & Agüero, 2023) yang menyatakan bahwa menambahkan elemen permainan (*gamification*) ke dalam pembelajaran dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa. Untuk menyelesaikan proyek atau misi yang dirancang seperti permainan, siswa merasa lebih tertantang dan termotivasi. Ini berdampak positif pada hasil belajar mereka.

Penelitian ini juga sejalan dengan (Amaral, 2023) yang menemukan bahwa penggunaan *Scratch* pada kelas besar atau *Massive Open Online Courses* (MOOC) mampu meningkatkan keterlibatan belajar dan Selain itu, penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Amaral (2023), yang menemukan bahwa memasukkan *Scratch* ke dalam kelas besar atau *Massive Open Online Courses* (MOOC) dapat meningkatkan partisipasi dan keterlibatan siswa dalam belajar. Mahasiswa lebih mudah memahami konsep algoritma dan

berpikir secara sistematis dengan sistem berbasis blok yang intuitif. Namun, nilai *N-Gain* kategori sedang menunjukkan bahwa kemajuan belum maksimal. Beberapa variabel yang mungkin berpengaruh termasuk:

1. Durasi pembelajaran terbatas, sehingga siswa tidak memiliki cukup waktu untuk mempelajari semua fitur *Scratch* secara menyeluruh.
2. Perbedaan latar belakang akademik, terutama bagi siswa lintas jurusan yang belum terbiasa dengan konsep logika pemrograman.
3. Keterbatasan bimbingan tatap muka, karena sebagian besar pembelajaran dilakukan secara mandiri melalui panduan modul digital.

(Sidiq et al., 2025) menyatakan bahwa selain media yang digunakan, keberhasilan pemahaman algoritma juga bergantung pada strategi pengajaran yang digunakan. Strategi pengajaran berbasis proyek memberikan peluang untuk eksplorasi dan penguatan.

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif berbasis *Scratch* efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep logika pemrograman, dengan peningkatan yang dicatat pada kategori sedang. Namun, untuk mencapai kategori tinggi, diperlukan penelitian lanjutan dengan periode implementasi yang lebih lama dan penggabungan pendekatan berbasis proyek.

D. PENUTUP

Penelitian yang dilakukan di UIN Gusdur tentang seberapa efektif penggunaan media pembelajaran interaktif berbasis *Scratch* pada mata kuliah Algoritma dan Pemrograman menunjukkan bahwa *Scratch* dapat meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep logika pemrograman. Ini ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata dari 27 pada pre-test menjadi 49 pada post-test, dan nilai *N-Gain* sebesar 0,58 menunjukkan kategori sedang. Secara keseluruhan, penelitian ini

menunjukkan bahwa *Scratch* adalah alat pembelajar yang efektif. Ini didukung oleh tampilan antarmuka *Scratch* yang menarik, kemudahan penggunaan antarmuka, dan elemen gamifikasi yang meningkatkan keinginan siswa untuk belajar. Faktor-faktor yang menghalangi kegiatan ini termasuk batas waktu pembelajaran, variasi dalam kemampuan awal siswa, dan kekurangan pendampingan langsung selama proses eksplorasi fiturnya.

Disarankan agar penggunaan *Scratch* pada pelajaran berikutnya lebih efektif: (1) Agar siswa dapat menggunakan logika pemrograman dalam dunia nyata, dosen memberikan bimbingan berbasis proyek; (2) Untuk memberi siswa lebih banyak waktu untuk mempelajari fitur dan fungsi *Scratch*, waktu pembelajaran diperpanjang; (3) Untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif, penelitian diperluas dengan melibatkan sampel yang lebih besar. Selain itu, hasil dibandingkan antara berbagai model pembelajaran berbasis media interaktif lainnya.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Alhasir, A., & Mariatun, I. L. (2024). Development of scratch educational game-based learning media to improve students' problem-solving ability. *Asatiza : Jurnal Pendidikan*, 5(3), 246–254. <https://doi.org/10.46963/asatiza.v5i3.1877>
- Amalia, M. N., & Sukasih, S. (2025). Development of Scratch-Based Educational Games Media to Enhance Natural Sciences and Social Sciences (IPAS) Learning Outcomes in Elementary School. *Jurnal Paedagogy: Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 12(3), 615–625. <https://doi.org/10.33394/jp.v12i3.15872>
- Amaral, J. A. A. do. (2023). Using Scratch to Teach Coding in Massive Online Open Courses: A Systemic Analysis. *Journal of*

- Problem Based Learning in Higher Education*, 11(3), 130–144.
<https://doi.org/10.54337/ojs.jpblhe.v11i3.7390>
- Bozan, I., & Taşlıdere, E. (2024). The Effect of Digital Game Design-Supported Coding Education on Gifted. *IJCER: International Journal of Contemporary Educational Research*, 11(1), 20–28.
<https://doi.org/10.52380/ijcer.2024.11.1.531>
- Dúo-Terrón, P. (2023). Analysis of Scratch Software in Scientific Production for 20 Years: Programming in Education to Develop Computational Thinking and STEAM Disciplines. *Education Sciences*, 13(4), 404.
<https://doi.org/10.3390/educsci13040404>
- Molina-Ayuso, Á., Adamuz-Povedano, N., Bracho-López, R., & Torralbo-Rodríguez, M. (2022). Introduction to Computational Thinking with Scratch for Teacher Training for Spanish Primary School Teachers in Mathematics. *Education Sciences*, 12(12), 899.
<https://doi.org/10.3390/educsci12120899>
- Raharjo, A. D., Putri, A. A., & Budi, H. R. (2024). The use of game-based learning to increase student engagement. *Hipkin Journal of Educational Research*, 1(3), 299–310.
<https://doi.org/10.64014/hipkin-ger.v1i3.30>
- Sakorn, W., Srikram, J., Sarnkong, R., & Khamhong, N. (2025). Multimedia Computer-Based Lessons on Programming with Scratch in Technology Integrated with the TGT Cooperative Learning Technique to Enhance Learning Achievement and Teamwork Ability of Thai Grade 7 Students. *Higher Education Studies*, 15(2), 349–355.
<https://doi.org/10.5539/hes.v15n2p349>
- Sarifah, I., Nugroho, A. S., Marini, A., Yarmi, G., & Safitri, D. (2023). Scratch-Based Interactive Games to Increase Interest in Learning Mathematics for the Second Grade Elementary School Students. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran*, 56(2), 359–369.
<https://doi.org/10.23887/jpp.v56i2.66556>
- Sidiq, M. R., Napitupulu, E., & Fariyah, F. (2025). Enhancing Computational Learning through Visual Programming Media: An Empirical Study of Academic Achievement. *JINAV: Journal of Information and Visualization*, 6(1), 1–9.
<https://doi.org/10.35877/454ri.jinav4019>
- Stewart, W., & Baek, K. (2023). Analyzing computational thinking studies in Scratch programming: A review of elementary education literature. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 6(1), 35–58.
<https://doi.org/10.21585/ijcses.v6i1.156>
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Cetakan Ketiga. Bandung : Alfabeta.
- Villegas, C. G., & Agüero, N. A. L. (2023). The Gamification of E-learning Environments for Learning Programming. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 7(2), 455–462.
<https://doi.org/10.30630/joiv.7.2.1602>

PENENTUAN KEKUATAN SINYAL WIFI UNTUK LAYANAN AKSES INTERNET BAGI KONSUMEN KAFE DI MATARAM

Agus Pribadi¹⁾, Suriyati²⁾, Bambang Krismono Triwijoyo³⁾, Ahmat Adil⁴⁾

^{1,2,4}Prodi Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Bumigora

³Program Pasca Sarjana Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Bumigora

Correspondence author: A.Pribadi, agsbadi@gmail.com, Mataram, Indonesia

Abstract

Initial survey results showed that 86% of respondents stated that cafes are places to access the internet, interact, and fulfill social media needs. Internet access services in cafes require a smooth connection and coverage limited to cafe customers, with no interference from other illegal connections. The challenge is that cafe managers and owners require only devices provided by the cafe. This study aims to offer a solution by adjusting the WiFi signal strength of wireless access points. The research and design method used for WiFi signal strength management included initial identification, signal analysis, planning, and testing. The study resulted in a WiFi signal strength setting of 67%, which met the needs and limited signal coverage. RSSI values of -45 dBm to -69 dBm were sufficient to provide internet access only to cafe customers. Outside the permitted area, the WiFi signal was not received, and therefore, internet access was not possible.

Keywords: signal strength, WiFi, internet access, cafe

Abstrak

Hasil survey awal menunjukkan bahwa 86% responden menyatakan bahwa kafe adalah tempat untuk mengakses internet, berinteraksi dan memenuhi kebutuhan bersosial media. Layanan akses internet di kafe yang dibutuhkan adalah kelancaran sambungan dan akses, jangkauan sinyal terbatas hanya untuk pelanggan kafe dan tidak ada gangguan dari penyambung tidak diijinkan. Problematika pemenuhannya adalah pihak pengelola dan pemilik kafe mengharuskan hanya menggunakan perangkat yang sudah disediakan oleh pihak kafe. Penelitian ini bertujuan menawarkan solusi penyelesaian dengan melakukan pengaturan kekuatan sinyal WiFi perangkat *wireless access point*. Metode yang digunakan untuk riset dan perancangan pengaturan kekuatan sinyal WiFi dengan tahapan identifikasi awal, analisa sinyal, perencanaan pengaturan dan pengujian. Hasil penelitian menghasilkan pengaturan kekuatan pancar sinyal WiFi sebesar 67% yang memenuhi kebutuhan dan membatasi jangkauan sinyal. Nilai RSSI -45 dBm sampai dengan -69 dBm cukup memberikan layanan akses internet hanya untuk konsumen kafe. Di luar area yang diijinkan terbukti tidak mendapatkan sinyal WiFi sehingga tidak mendapatkan akses layanan internet.

Kata Kunci: kekuatan sinyal, wifi, akses internet, kafe

A. PENDAHULUAN

Memanfaatkan kafe sebagai tempat mengakses informasi di internet dan kebutuhan bersosial media menjadi tren dan kebutuhan hidup (Widiyaningsih, 2022). Gaya hidup masa sekarang menjadikan kafe sebagai tempat pekerja dan belajar melakukan aktifitas dan melaksanakan kegiatan / kerja masing-masing (Pasha & Alya, 2025). Mengakses internet di kafe memiliki efek positif, dapat menumbuhkan kreatifitas dan memudahkan dalam kolaborasi (Maspul, 2024). Suasana yang dihadirkan kafe merupakan atmosfir tersendiri dan menjadi daya tarik terhadap kegiatan mengakses internet baik itu untuk kebutuhan kerja maupun belajar (Atmodjo & Dewi, 2025).

Layanan sambungan internet di kafe pada masa sekarang ini menjadi fitur fasilitas penting yang harus disadari dan disiapkan oleh tiap pemilik kafe. Menurut kalangan masyarakat, yang penting tersedia di kafe adalah saluran daya listrik (23%), kemudian sebanyak 21% responden menyatakan penting adanya sambungan internet menggunakan Wireless Fidelity (WiFi), dan pendingin ruangan (AC) perlu tersedia (17%) (Sugiarti, 2024). Sambungan internet menjadi fasilitas penting di kafe untuk memenuhi kebutuhan berinteraksi dan bermedia sosial.

Berdasarkan hasil penelusuran, faslilitas sambungan internet tidak jarang kurang memadai. Tabel 1 mengilustrasikan pendapat masyarakat tentang kebutuhan sambungan internet di kafe beserta pengalamannya.

Tabel 1. Pendapat Konsumen Kafe

No.	Uraian	Tanggapan Nara Sumber	
		Setuju	Tidak Setuju
1.	Berkunjung ke kafe untuk mengakses internet.	86%	14%
2.	Setiap kunjungan ke kafe selalu mendapati ramai pengunjung / konsumen.	35%	65%
3.	Sambungan internet selalu tersedia di kafe yang dikunjungi.	94%	6%

No.	Uraian	Tanggapan Nara Sumber	
		Setuju	Tidak Setuju
4.	Saat berselancar / mengakses informasi / data ke internet di kafe selalu terasa lancar.	32%	68%
5.	Sering mendapati link speed sambungan internet lambat walau pengunjung dibawah 50% terisi sampai sepi.	81%	19%
6.	Pernah mendapati sambungan internet mendadak macet pada saat bekerja di kafe.	63%	27%

Pada tabel 1 terlihat bahwa pengunjung kafe memerlukan sambungan internet. Sebesar 86% responden menyatakan bahwa ke kafe perlu untuk melakukan sambungan internet. Berkunjung ke kafe tidak hanya sebagai gaya hidup, namun kebutuhan bersosialisasi dan menggunakan media sosial menggunakan kafe sebagai wadah untuk mendapatkan sambungan internet.

Tabel 1 mengilustrasikan bahwa fasilitas sambungan internet tidak sepenuhnya lancar seperti harapan konsumen. 81% responden menyatakan sambungan internet di kafe tidak lancar walaupun pengunjungnya dibawah 50% dan keadaan sepi. Hanya 32% responden menyatakan sambungannya terasa lancar dan sebesar 63% menyatakan sambungan internet di kafe pernah mendadak macet pada saat mereka menggunakannya. Kendala yang ditemukan dapat dikarenakan sambungan internal di kafe sendiri yang menggunakan sambungan nirkabel. Kekurangan jaringan nirkabel memiliki beragam kerentanan yang tinggi, disamping ada penyadapan juga sangat mungkin adanya penerobosan (Wibowo et al., 2022). Keadaan tersebut merupakan hal yang tidak diinginkan pengelola kafe dan pengunjung / konsumen yang sedang berada di lokasi. Namun demikian, fenomena kurang lancarnya akses ke internet di sebagian besar kafe tidak menyurutkan konsumen untuk tetap datang, karena mereka memerlukan atmosfir dan keadaannya (Atmodjo & Dewi, 2025).

Merujuk pada tabel 1, kekurangan pada layanan sambungan internet di kafe tidak menyurutkan konsumen untuk tetap datang, karena kafe menghadirkan atmosfir dan suasana yang tidak diperoleh di mayoritas lingkungan tempat tinggal dan tempat beraktifitas (Atmodjo & Dewi, 2025; Maspul, 2024). Gambar 1 mengilustrasikan suasana ruang sebuah kafe, diperoleh pada saat pengamatan dalam proses riset.



Gambar 1. Suasana Kafe

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa keadaan yang disajikan kafe mampu mengimbangi kondisi layanan akses ke internet seperti yang diilustrasikan pada tabel 1.

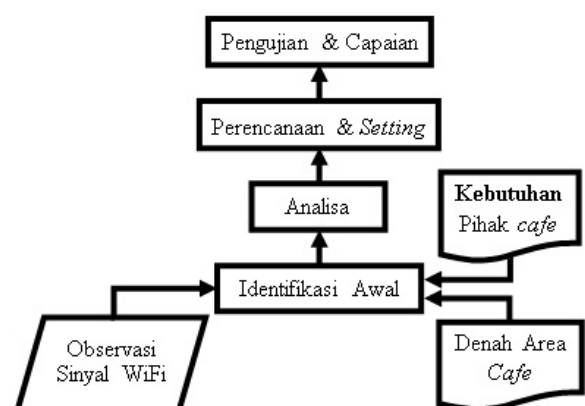
Berdasar hasil wawancara dengan para pengelola dan pemilik kafe, mereka ingin keadaan layanan sambungan internet dapat lancar dan mampu memenuhi kebutuhan konsumen. Pengelola kafe juga memahami hasil penelusuran pendahuluan sebagaimana pada tabel 1 serta memahami yang menjadi penyebab keadaan dan kendala tersebut muncul. Namun demikian, para pengelola dan pemilik kafe mempertahankan diri untuk tetap menggunakan perangkat yang ada dan tidak bersedia mengganti dengan piranti yang lainnya.

Memahami pendapat pengunjung kafe dan pendapat pengelola kafe; maka memerlukan pengaturan tertentu pada perangkat *wireless access point* (WAP). Kebutuhan pemenuhan sambungan internet melalui jaringan WiFi milik kafe hanya terbatas pada konsumen / penyambung yang berada di dalam area kafe

saja. Penambahan perangkat jaringan tidak dimungkinkan berdasar pendapat para pengelola dan pemilik kafe. Alternatif penyelesaian yang memungkinkan adalah dengan pengaturan pengelolaan kekuatan sinyal WiFi milik kafe. Dasar asumsi yang terbangun adalah kelancaran dan kenyamanan akses ke internet perlu bebas dari gangguan luar dan kemungkinan ada penyambung tanpa ijin. Penyelesaian problematika ini menjadi menarik, selain sambungan internet melalui WiFi merupakan fasilitas utama, juga kafe merupakan tempat alternative untuk bekerja yang mampu menumbuhkan produktifitas (Atmodjo & Dewi, 2025; Sugiarti, 2024; Wibowo et al., 2022).

B. METODE PENELITIAN

Kebutuhan mendapatkan kekuatan sinyal WiFi sebatas area dalam kafe menjadi penting karena pertimbangan sambungan internet merupakan fasilitas yang dibutuhkan dan menjadi standar fasilitas untuk kafe (Sugiarti, 2024; Wibowo et al., 2022). Untuk mengupayakan pengaturan kekuatan sinyal WiFi pada kafe dilakukan melalui beberapa langkah / tahapan. Gambar 2 adalah langkah / tahapan dalam upaya mendapatkan kekuatan sinyal WiFi yang sesuai dan hanya menjangkau area dalam kafe saja.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Secara dasar, upaya yang dilakukan adalah mendapatkan ukuran kekuatan sinyal WiFi yang hanya mencakup kategori area dalam kafe saja. Tahapan / metode yang

dilakukan adalah identifikasi awal, analisa, perencanaan dan setting, dan pengujian.

Untuk memenuhi keperluan data observasi kekuatan sinyal WiFi dan ukuran area kafe memerlukan obyek studi. Data, hasil analisa maupun perencanaan menurut obyek studi digunakan sebagai acuan terhadap penerapan di kafe lainnya. Dengan cara / metode yang sama dapat berlaku terhadap kafe lain yang memiliki kondisi yang menyerupai. Obyek studi sebagai perwakilan menggunakan kafe NaraOne. Kafe NaraOne berada di kawasan yang dikelilingi oleh kampus Perguruan Tinggi, dan berada di tengah-tengah kawasan yang ditempati rumah kos, disamping adanya rumah penduduk dan pertokoan / tempat usaha.

Identifikasi Awal

Pada tahap awal ini dilakukan pengumpulan informasi non teknis dan teknis guna mendapatkan data empirik jangkauan dan sebaran jika dipasang perangkat WAP. Berikut data non teknis berupa wawancara dengan pengelola dan pemilik kafe. Data dan informasi yang dihasilkan dipergunakan sebagai bahan analisa dan perencanaan. Rangkuman hasil wawancara serta beberapa pendapat pengelola dan pemilik kafe:

1. kapasitas pasang sambungan internet mencapai 100 Mbps;
2. banyak rumah kos mahasiswa dan rumah warga di seputar kafe;
3. tidak dikehendaki adanya pemakai tanpa ijin yang berasal dari luar;
4. pengalaman kafe lain yang layanan akses internet-nya mudah bocor keluar area kafe;
5. keberadaan penyambung tanpa ijin penting dikurangi potensinya atau dihilangkan;
6. pemilik kafe tidak bersedia menambah perangkat jaringan secara khusus;
7. penyambungan ke internet penting tidak membuat repotk konsumen agar bersedia berkunjung kembali;
8. penambahan perangkat jaringan akan mengurangi kenyamanan dan

kesederhanaan cara penyambungan serta menambah item pekerjaan.

Pernyataan pengelola dan pemilik kafe merupakan acuan penting dalam perencanaan dan pengaturan teknis perangkat WAP.

Data kedua yang diperlukan adalah denah kafe NaraOne dan posisi terhadap lingkungan dekatnya yang dimungkinkan terjangkau pancaran sinyal WiFi dari kafe NaraOne.



Gambar 3. Denah Kafe dan Titik Pengamatan

Berdasar gambar 3, posisi kafe dikelilingi oleh rumah kos, pertokoan dan rumah warga. Rumah kos mendominasi berada di sekeliling kafe NaraOne. Pada gambar 3 juga diberikan ilustrasi titik lokasi pengamatan/pengukuran kekuatan sinyal WiFi kafe NaraOne untuk keperluan observasi awal dan keperluan pengujian hasil pengaturan. Sesuai gambar 3, ditetapkan 14 titik lokasi pengamatan / pengukuran untuk keperluan observasi awal dan pengujian hasil pengaturan perangkat WAP. Keempatbelas titik lokasi tersebut tersebar, mulai di dalam ruang kafe, teras, tempat parkir, sampai dengan area yang di seberang jalan dan samping kafe.

Observasi awal kekuatan sinyal WiFi pada kafe diperoleh berdasar pengukuran pada lokasi studi kasus sebagaimana pada gambar 3 Observasi kekuatan sinyal WiFi kafe diperlukan sebagai data skunder guna analisa dan kebutuhan perencanaan pengaturan agar sesuai dengan kebutuhan. Alat yang dipergunakan untuk observasi awal

ini adalah perangkat WAP dan alat akuisisi gelombang sinyal WiFi memanfaatkan perangkat smartphone bersistem operasi Android 14 yang dilengkapi program aplikasi WiFi Signal Strength Meter Edgrar Garcia Leyva (WiFi Meter Edgar). Pada observasi awal menggunakan nilai kekuatan pancar sinyal secara maksimal atau pengaturan bawaan dari pabrik pembuatnya, yaitu kekuatan maksimal. Tabel 2 adalah hasil observasi awal kekuatan sinyal WiFi kafe NaraOne.

Tabel 2. Hasil Observasi Awal Sinyal WiFi

Kode Lokasi	Uraian Lokasi	Radius (m)	Kuat Sinyal (%)	RSSI (dBm)	Link Speed (Mbps)
A	Tengah ruang	1.722	Excellent (100)	-45	6.5
B	Ruang sisi kiri pintu masuk.	3.932	Excellent (98)	-45	6.5
C	Ruang sisi kanan pintu masuk.	4.089	Very Good (90)	-50	6.5
D	Teras, dekat pintu masuk.	2.903	Very Good (83)	-54	5
E	Parkir depan.	5.241	Very Good (80)	-56	3.5
F	Parkir samping.	5.493	Good (77)	-61	3.5
G	Gerbang rumah kos kanan kafe.	7.370	Good (69)	-62	3
H	Gerbang rumah kos kiri kafe.	8.870	Good (70)	-61	2.5
I	Parkir toko seberang depan kafe.	11.875	Good (65)	-64	2.5
J	Pintu halaman rumah kos	11.750	Good (61)	-66	2.5

Kode Lokasi	Uraian Lokasi	Radius (m)	Kuat Sinyal (%)	RSSI (dBm)	Link Speed (Mbps)
K	seberang jalan. Parkir toko seberang jalan depan kafe.	14.076	Good (57)	-66	2
L	Pintu gerbang rumah kos di seberang jalan.	13.840	Good (59)	-70	1.5
M	Ruang depan rumah kos di kanan kafe.	6.539	Good (54)	-70	1.5
N	Ruang depan rumah kos di kiri kafe.	7.473	Good (56)	-69	1.5

Pada tabel 2 terdapat lokasi yang secara ukuran radius pancar lebih pendek/dekat namun secara penerimaan sinyal lebih baik dibanding yang lebih jauh, lokasi H, I, J, K, L dibanding lokasi M. Fenomena tersebut karena faktor adanya halangan, berupa tembok yang membatasi sehingga memunculkan redaman kekuatan pancar (Rabbani et al., 2023).

Analisa

Tahap analisa membahas korelasi hasil wawancara dan hasil observasi di kafe. Di dalam analisa melibatkan pendapat para pengelola dan pemilik kafe, pendapat konsumen kafe dan hasil observasi pada tabel 2. Memperhatikan data pada tabel 1 dan 2 serta pendapat pengelola dan pemilik kafe; solusi teknis memanfaatkan perangkat yang telah tersedia sebagai perencanaan pengaturan perangkat WAP. Hal penting yang wajib diperhatikan adalah :

1. sinyal WiFi hanya boleh ada di dalam area kafe;

2. meniadakan potensi akses dari pihak di luar area kafe;
3. penggunaan perangkat WAP yang sudah tersedia dari pihak provider layanan sambungan internet, tanpa harus ada perangkat tambahan lainnya.

Bahasan penting dalam riset ini adalah mendapatkan nilai koefisien yang sesuai untuk mengatur kekuatan sinyal perangkat WAP. Penerapan perencanaan pengaturan kekuatan sinyal WiFi menggunakan fitur pengaturan yang telah tersedia di perangkat WAP. Pengaplikasian fitur pengaturan bawaan perangkat WAP tidak merepotkan pengelola kafe serta sesuai dengan kebutuhannya. Berdasar gambar 3 dan tabel 2, hanya area dengan kode titik lokasi A, B, C, dan D yang diperbolehkan ada sinyal WiFi milik kafe. Sedang area dengan kode lokasi E dan F masih diijinkan namun kekuatan sinyalnya minimalis.

Perencanaan

Tahap perencanaan secara mendasar adalah menyusun pengaturan perangkat WAP dan pengaturan kekuatan sinyal WiFi yang didasarkan pada pendapat dan kebutuhan operasional kafe. Perencanaan pengaturan kekuatan sinyal WiFi menggunakan parameter link budget jaringan nirkabel. Persamaan yang digunakan dalam perencanaan menggunakan variabel berdasar data received signal strength indicator (RSSI) yang umum dipergunakan untuk mengetahui kuat penerimaan sinyal pada perangkat penerima (Purbo, 2021). Persamaan 1 merupakan parameter yang dipergunakan dalam metode link budget

$$RSSI (dBm) = TX Power (dBm) + TX Antenna Gain (dBi) - Loss (dB) + RX Antenna Gain (dBi) \quad (1)$$

Nilai RSSI diperoleh pada saat observasi kekuatan sinyal WiFi dari dalam ruang kafe. Kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat penerima pada dasarnya adalah kekuatan sinyal yang dikurangi dengan faktor redaman. Walaupun tidak ada halangan, redaman kekuatan sinyal tetap ada yang disebabkan

karena faktor jarak / radius dan kondisi udara (Guswita et al., 2024). Persamaan 2 merupakan redaman ruang terbuka (FSL) yang dipengaruhi jarak antar WAP dan perangkat penerima.

$$FSL = 20\text{Log}(d) + 20\text{log}(f) + 32,44 \quad (2)$$

Persamaan 2 menggunakan satuan jarak berupa panjang dalam meter dan frekwensi dalam Mega herzt. Variabel Loss dalam persamaan 1 berisikan persamaan 2. Untuk keperluan ini redaman kabel tidak diperhitungkan karena pada perangkat WAP dan perangkat penerima tidak menggunakan kabel yang menghubungkan antara antenna dengan mesin pembangkit frekwensinya.

Pengaturan kekuatan sinyal perangkat WAP diatur berdasar perbandingan antara nilai RSSI yang diperoleh berdasarkan pengukuran dengan kebutuhan yang didasarkan pada hasil wawancara dengan pengelola dan pemilik kafe. Penentuan nilai RSSI yang diinginkan merujuk pada hasil wawancara, tabel 2 dan gambar 3. Pengelola kafe menginginkan bahwa sinyal WiFi hanya menjangkau area teras kafe saja. Berdasar gambar 3 dan tabel 2, maka pada lokasi kode D dikehendaki masih dapat memperoleh sinyal WiFi namun kategori cukup. Area teras pada sisi kanan dan sisi kiri pintu masuk ke ruang kafe, dikehendaki masih dapat terjangkau pancaran sinyal WiFi. Lokasi tersebut perlu mendapat sinyal cukup mempertimbangkan terdapat lokasi duduk konsumen (Ardiansyah et al., 2024). Memperhatikan radius pancar sinyal WiFi pada tabel 2, maka jarak jangkanya melebihi lokasi kode D dan masuk pada area lokasi kode E. Lokasi kode E (parkir depan kafe) sebagai posisi terjauh kekuatan sinyal WiFi-nya. Posisi lokasi kode E dirancang kekuatan sinyal yang diterima berkategori low coverage pada kuat sinyal antara -70 dBm sampai -80 dBm (Media, 2025, Maret). Besaran tersebut kisaran 35% dari kekuatan sinyal WiFi pada kondisi full power, dan masih dapat tersambung sebagai batas terjauh (Agustian & Nurpulaela, 2023). Untuk mendapatkan nilai pengaturan menggunakan

persamaan 3 untuk mendapatkan nilai pengurangannya.

$$N_{\text{pengurangan}} = PL - PS \quad (3)$$

Variabel PL merupakan kekuatan sinyal pada saat daya pancar penuh terhadap lokasi yang direncanakan sebagai jangkauan terjauh setelah pengaturan ulang kekuatan sinyal WiFi. Sedangkan variabel PS adalah kekuatan sinyal lokasi terjauh pada hasil pengukuran pada observasi awal. Hasil observasi awal yang dipergunakan sebagai sebagai lokasi terjauh seperti lokasi kode L. Hasil perhitungan sebagai variable N dalam nilai prosentasi yang digunakan sebagai nilai pengurang dalam faktor pengaturan kekuatan sinyal dalam perangkat WAP. Berdasar perhitungan menggunakan persamaan 3 diperoleh nilai pengurangan kekuatan sinyal WiFi sebesar 33%. Dengan demikian, pengaturan kekuatan sinyal yang dipasangkan pada perangkat WAP menjadi 67% dari kekuatan semula. Kekuatan sinyal WiFi hasil pengaturan ulang tersebut tersebut diterapkan pada lokasi D, yaitu ekivalen -72dBm. Nilai tersebut dipilih karena pada lokasi beinisial D digunakan untuk lokasi konsumen berada.

Pengujian

Tahap pengujian dipergunakan untuk mendapatkan data empiris kekuatan sinyal WiFi setelah dilakukan setting pengaturan ulang kekuatan sinyal diterapkan pada perangkat WAP. Pada pengujian ini melakukan pengukuran ulang kekuatan sinyal WiFi di kafe setelah dilakukan pengurangan kekuatan sinyal WiFi berdasar nilai pengaturan ulang yang diperoleh berdasar perhitungan. Titik lokasi yang diukur menyesuaikan dengan lokasi ukur pada saat sebelum dilakukan pengurangan kekuatan sinyal WiFi (Purbo, 2021).

Alat untuk mengukur kekuatan sinyal WiFi memanfaatkan perangkat smartphone bersistem operasi Android 14 yang dilengkapi program aplikasi WiFi *Signal Strength Meter* Edgrar Garcia Leyva (WiFi Meter Edgar). Titik lokasi pengukuran sinyal WiFi sesuai pada gambar 3. Target pengujian adalah

diperolehnya data kekuatan sinyal WiFi yang untuk memastikan bahwa sebaran sinyal WiFi kafe hanya berada di area konsumen, yaitu area dengan titik lokasi A, B, C dan D serta toleransi di E dan F. Target ini sesuai dengan perencanaan dan upaya optimasi untuk layanan akses internet kepada konsumen yang minimal gangguan luarnya (Sinaga et al., 2024).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jangkauan pancar sinyal WiFi perangkat WAP diisyaratkan tidak melebihi bagian bangunan utama kafe NaraOne, maksimal di bagian teras bagian depan; pada gambar 3 ditunjukkan lokasi berkode huruf “D”. Pada lokasi tersebut ditetapkan ssebagai jangkauan terjauh pancaran sinyal WiFi fasilitas kafe yang dikehendaki, sesuai hasil wawancara dengan pemilik dan pengelola kafe.

Kekuatan sinyal WiFi perangkat WAP diatur menggunakan aplikasi yang sudah tersedia pada perangkat dari pabrik pembuatnya. Gambar 4 adalah tampilan fitur pada aplikasi pengaturan kekuatan sinyal WiFi perangkat WAP.



Gambar 4. Fitur pengaturan kekuatan sinyal WiFi perangkat WAP

Nilai 67% yang disematkan dalam aplikasi diperoleh berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan 3, data pada tabel 2 dan keinginan pihak pengelola kafe.

Hasil

Kekuatan sinyal WiFi perangkat WAP diatur ulang dengan mepengaturan ulangannya menjadi 67% dari kekuatan pancar sebelumnya. Pengurangan sebesar 33% kekuatan penuh sinyal WiFi bermaksud

untuk membatasi jangkauan maksimal sinyal WiFi yang diijinkan di kafe NaraOne.

Lokasi pengukuran kekuatan sinyal WiFi sesuai denah yang ditunjukkan pada gambar 3 dan menggunakan format pada tabel 2 untuk menampung data hasil pengukuran pengujian. Penggunaan acuan gambar 3 dan tabel 2 untuk memastikan dan sebagai validasi terhadap perencanaan dan rekayasa kekuatan sinyal WiFi yang dibutuhkan. Gambar 5 berikut adalah salah satu contoh hasil pengukuran menggunakan perangkat ukur smartphone bersistem operasi Android 14 dilengkapi program aplikasi WiFi Meter Edgar.



Gambar 5. Hasil ukur kekuatan sinyal WiFi pada lokasi D

Gambar 5 adalah hasil pengukuran kekuatan sinyal WiFi perangkat WAP pada lokasi D. Kuat sinyal WiFi kategori “Good” pada dasarnya cukup untuk dipergunakan konsumen yang bertempat di area teras atau lokasi titik pengamatan D. Nilai RSSI yang didapatkan sebesar -69dBm masih mampu memberikan layanan sambungan yang memadai (Izzati, et al., 2024).

Data lengkap hasil pengujian berupa pengukuran kekuatan sinyal WiFi kafe NaraOne disajikan pada tabel 3. Di dalam tabel 3 memuat data pengukuran berdasar kategori dan persentase kuat sinyal, nilai RSSI dan link speed yang terdeteksi pada saat pengukuran dilakukan.

Tabel 3. Hasil Ukur Kekuatan Sinyal WiFi

Kode Lokasi	Uraian Lokasi	Radius (m)	Kuat Sinyal (%)	RSSI (dBm)	Link Speed (Mbps)
A	Tengah ruang	1.722	Very Good (96)	-47 dBm	65 Mbps
B	Ruang sisi kiri pintu masuk.	3.932	Very Good (83)	-54 dBm	65 Mbps
C	Ruang sisi kanan pintu masuk.	4.089	Good (61)	-66 dBm	65 Mbps
D	Teras, dekat pintu masuk.	2.903	Good (56)	-69 dBm	65 Mbps
E	Parkir depan.	5.241	Low Coverage (36)	-80 dBm	39 Mbps
F	Parkir samping.	5.493	Low Coverage (30)	-83 dBm	26 Mbps
G	Gerbang rumah kos kanan <i>café</i> .	7.370	Low Coverage (24)	-86 dBm	52 Mbps
H	Gerbang rumah kos kiri <i>café</i> .	8.870	Without signal (18)	-90 dBm	6 Mbps
I	Parkir toko seberang depan <i>café</i> .	11.875	Without signal (16)	-91 dBm	13 Mbps
J	Pintu halaman rumah kos seberang jalan.	11.750	Without signal (12)	-93 dBm	13 Mbps
K	Parkir toko seberang jalan depan <i>café</i> .	14.076	Without signal (10)	-93 dBm	6 Mbps
L	Pintu gerbang rumah kos di	13.840	No signal (0)	-	0 Mbps

Kode Lokasi	Uraian Lokasi	Radius (m)	Kuat Sinyal (%)	RSSI (dBm)	Link Speed (Mbps)
	seberang jalan.				
M	Ruang depan rumah kos di kanan <i>café</i> .	6.539	No signal (0)	-	0 Mbps
N	Ruang depan rumah kos di kiri <i>café</i> .	7.473	No signal (0)	-	0 Mbps

Data hasil pada tabel 3 menunjukkan bahwa kekuatan sinyal WiFi dapat memenuhi kebutuhan sambungan pada lokasi titik pengamatan D. Kekuatan sinyal WiFi pada lokasi titik pengamatan E masuk kategori low coverage. Lokasi titik pengamatan H sampai dengan N didapatkan berkategori without signal sampai dengan benar-benar tidak ada sinyal yang terdeteksi (/ no signal).

Tanggapan konsumen kafe cukup mengilustrasikan capaian perencanaan, yaitu pancaran sinyal WiFi terbatas pada area kafe tertentu yang diijinkan. Pada tabel 4 memuat hasil penelusuran tentang tanggapan konsumen atas pengaturan sinyal WiFi yang telah diterapkan berdasar perencanaan.

Tabel 4. Tanggapan konsumen kafe terhadap sinyal WiFi

No	Uraian Situasi	Tanggapan Konsumen <i>Café</i>	
		Tidak Setuju	Setuju
1.	Selalu berada di dalam ruang <i>café</i> saat mengunjungi <i>café</i> .	14%	86%
2.	Sambungan ke WiFi <i>café</i> baik dan mudah tersambung.	5%	95%
3.	Akses (/ link speed) layanan ke <i>internet</i> lancar dan cenderung cepat.	14%	86%
4.	Pernah menggunakan fasilitas tempat duduk	18%	82%

No	Uraian Situasi	Tanggapan Konsumen <i>Café</i>	
		Tidak Setuju	Setuju
	konsumen yang berada di teras.		
5.	Akses (/ link speed) layanan ke <i>internet</i> di area teras <i>café</i> lancar dan cenderung cepat.	12%	88%
6.	Pernah menyambung ke WiFi <i>café</i> saat di area parkir <i>café</i> .	95%	5%
7.	Akses (/ link speed) layanan ke <i>internet</i> di area parkir <i>café</i> lancar dan cenderung cepat.	96%	4%

Data jawaban pada tabel 4 berdasar pertanyaan nomor 6 dan 7 menunjukkan bahwa, konsumen yang menyambung dan mengakses sinyal WiFi di area parkir kafe tidak lebih dari 5% saja. Konsumen tidak mendapatkan sambungan dengan baik pada saat di lokasi parkir.

Pembahasan

Mencermati data hasil pengukuran pada tabel 3 dibanding data pada tabel 2, diperoleh data penurunan kekuatan sinyal WiFi dari perangkat WAP. Penurunan kekuatan sinyal WiFi perangkat WAP tidak berpengaruh pada area dalam ruang kafe. Nilai RSSI pada lokasi A, B dan C -45dBm sampai dengan -66 dBm, kuat sinyal berkategori very good dan good. Kedua kategori tersebut mengindikasikan bahwa pengaturan ulang kekuatan pancar tidak terlalu mempengaruhi untuk area dalam ruang kafe, karena selisih pengurangan tidak terlalu signifikan. Rate transmisi data juga tidak mengalami penurunan berarti, link speed dicapai 65 Mbps. Tanggapan konsumen kafe menunjukkan peningkatan kualitas penyambungan dan akses ke layanan internet. Pertanyaan 2 dan 3 pada tabel 4 mengindikasikan peningkatan kualitas akses ke layanan internet setelah dilakukan pengaturan ulang kekuatan sinyal WiFi. Peningkatan sebesar 46% pada kualitas akses ke layanan internet cukup menunjukkan

bahwa strategi pengaturan ulang kekuatan sinyal WiFi berhasil.

Area teras kafe NaraOne, lokasi titik pengamatan D, telah dirancang sebagai area terjauh jangkauan sinyal WiFi. Berdasar table 3 diperoleh bukti bahwa pada area teras masih dapat dipergunakan konsumen untuk mendapatkan sambungan layanan akses ke internet. Nilai RSSI sebesar -69 dBm, kualitas sinyal 56% dan kategori “Good” menunjukkan bahwa area tersebut masih cukup proper digunakan. Berdasar tabel 4, khususnya pertanyaan nomor 4 dan 5, menunjukkan bahwa penyambungan perangkat konsumen ke sinyal WiFi kafe masih dapat dilakukan.

Berdasar wawancara dengan pemilik dan pengelola kafe, diluar bangunan adalah area yang tidak dikehendaki ada sinyal WiFi. Namun demikian juga terdapat area yang masih ditoleransi terdapat sinyal WiFi. Sesuai gambar 4, lokasi dengan titik pengamatan E sampai dengan N adalah area yang diinginkan tidak ada sinyal WiFi. Berdasar hasil pengukuran kekuatan sinyal WiFi sesuai tabel 3, area titik lokasi E, F dan G masih didapati ada sinyal WiFi walaupun kuat sinyalnya tidak memadai.. Nilai RSSI yang terukur adalah -80dBm, -83dBm dan -86dBm kategori low coverage, sambungan perangkat pengguna ke perangkat WAP ternyata tidak stabil. Suatu lokasi bernilai RSSI -80dBm dapat mengindikasikan area tersebut kategori blank spot atau stabilias sambungan rendah sampai tidak ada sinyal yang dapat menyambungkan (Kumara et al., 2025). Perbedaan bentuk dan konstruksi ruang rambat sinyal WiFi serta jarak dapat mempengaruhi rambatan sinyal WiFi secara kualitas termasuk status penyambungannya. (Maulana & Sulisty, 2024). Perbedaan kualitas dan kapasitas sinyal WiFi secara penyambungan dan jangkauan dapat dipengaruhi dengan jarak, kondisi area dan obyek yang dapat menghalangi rambatan sinyal WiFi tersebut (Fatakhunnaim et al., 2022).

Dalam tabel 3 terdapat area dengan titik lokasi pengukuran H, I, J, K, L, M dan N

didapatkan hasil pengukuran kuat sinyal without signal dan no signal. Pada area tersebut tidak dikehendaki ada sinyal WiFi dari kafe, kondisi yang sesuai dengan hasil wawancara dengan pemilik dan pengelola kafe. Pengaturan kekuatan sinyal WiFi sebesar 67% dapat mencapai hasil dengan tidak tersedianya sinyal WiFi pada area dengan titik lokasi pengukuran H, I, J, K, L, M dan N. Kondisi tersebut diperkuat dengan tanggapan konsumen yang mengakses layanan sambungan internet di lokasi parkir kafe, konsumen tidak mendapatkan akses ke layanan internet. Pertanyaan nomor 7 pada tabel 4 cukup mengindikasikan bahwa pengaturan kekuatan sinyal WiFi berhasil dan sesuai dengan yang diinginkan pemilik dan pengelola kafe; sinyal WiFi perangkat WAP dapat dibatasi sesuai kebutuhan.

D. PENUTUP

Pengaturan kekuatan sinyal WiFi sebesar 67% dapat memenuhi kebutuhan pembatasan jangkauan hanya terhadap konsumen dalam area kafe. Nilai RSSI -45 dBm sampai dengan -69 dBm mencukupi untuk memberikan layanan akses internet kepada konsumen kafe. Area terjauh masih mendapat layanan sambungan. Area diluar ketentuan terbukti tidak mendapatkan sinyal WiFi untuk menyambung ke layanan akses internet.

Keberhasilan penggunaan strategi pengaturan kekuatan sinyal WiFi perangkat WAP pada kafe juga dipengaruhi oleh keadaan lingkungan, jarak lokasi dan propagasi. Peletakan perangkat WAP perlu dipertimbangkan untuk memastikan bahwa tidak ada sinyal WiFi pada area yang tidak dikehendaki.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, A. R., & Nurpulaela, L. (2023). Analisis Coverage Area Jaringan Wi-Fi Untuk Rumah di Kecamatan Cihampelas Menggunakan Metode Okumura Hatta. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(24), 1–8.

- <https://doi.org/10.5281/zenodo.10403881>
- Ardiansyah, Y., Hediyanto, U. Y. K. S., & Kurniawan, M. T. (2024). Analisis dan Optimasi Teknologi Jaringan Wireless Pada Ruangan Proses Manufaktur di Gedung Mangudu Universitas Telkom Dengan Menggunakan Wireless Site Survey. *JUPI: Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika*, 9(2), 529–539.
<https://doi.org/10.29100/jipi.v9i2.4483>
- Atmodjo, N. E. H., & Dewi, I. C. (2025). Pengaruh Cafe Atmosphere, Product Quality dan Customer Experience Terhadap Consumer Repurchase Intention Cafe 4X4 Coffee Samarinda Kota, Kabupaten Kutai. *JIMEA: Jurnal Ilmiah Manajemen Ekonomi Dan Akuntansi*, 9(1), 3205–3229.
<https://doi.org/10.31955/mea.v9i1.5567>
- Fatakhunnaim, A., Endang, J. A., & Puri, M. (2022). Analisis Kualitas Jaringan Wi-Fi di Lantai 7 Gedung Menara USM Menggunakan Ekahau Site Survey. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 21(2), 267–284.
<https://doi.org/10.31358/techne.v21i2.328>
- Guswita, N., Yolanda, A., Khair, U., & Oktapianus, Y. L. (2024). Design and Implementation of Broadband Wireless Accessbased on 802.11ac for the Zettalink Provider Network. *ELECTRON: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 5(2), 166–176.
<https://doi.org/10.33019/electron.v5i2.231>
- Kumara, I. K. B. S., Saskara, G. A. J., & Sunarya, I. M. G. (2025). Optimalisasi Persebaran Sinyal Wifi Di SMA Negeri 2 Gianyar Menggunakan Aplikasi Netspot. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 5(2), 292–306.
<https://doi.org/10.47709/jpsk.v5i02.7039>
- Maspul, K. A. (2024). Exploring Ideas Through Coffee for Cultivating Creativity. *Jurnal Psikologi*, 1(3), 1–12.
<https://doi.org/10.47134/pjp.v1i3.2299>
- Maulana, A., & Sulisty, W. (2024). Analisis Kualitas Signal Wireless Menggunakan Received Signal Strength Indicator (RSSI) di SMP Negeri 10 Salatiga. *IT-Explore: Jurnal Penerapan Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 3(1), 63–78.
<https://doi.org/10.24246/itexplore.v3i1.2024.pp50-65>
- Pasha, A. K., & Alya, S. R. (2025). Analisis Pengaruh Work From Cafe Terhadap Kinerja Akademik Di Kalangan Mahasiswa Di Kota Bandung. *Jurnal Ekbis: Ekonomi & Bisnis*, 13(1), 291–297.
<https://doi.org/10.56689/ekbis.v13i1.1963>
- Purbo, O. W. (2021). *WiFi: Menghitung Link Budget*. Onno Center.
http://onnocenter.or.id/wiki/index.php/WiFi:_Menghitung_Link_Budget
- Rabbani, A. N. R. A., Yacoub, R. R., & Marpaung, J. (2023). Analysis the Impact of Enclosing Various Materials on the Strength of Wifi Signal Reception. *J3EIT: Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, 11(2), 9–18.
<https://doi.org/10.26418/j3eit.v11i2.68584>
- Sinaga, A. P., Syahputra, I., Melati, & Nurbaiti. (2024). Optimalisasi Jaringan Wifi (Wireless Fidelity) sebagai Fasilitas Pendukung Akademik Mahasiswa (Studi Kasus di UINSU). *Cognoscere: Jurnal Komunikasi Dan Media Pendidikan*, 2(4), 18–25.
<https://doi.org/10.61292/cognoscere.244>
- Sugiarti, U. (2024). *Fasilitas yang Paling Dibutuhkan di Kedai Kopi untuk Gen Z*. GoodStats.
<https://goodstats.id/article/fasilitas-yang-paling-dibutuhkan-di-kedai-kopi-untuk-gen-z-26CoT>
- Wibowo, S. H., Andesti, C. L., Suleman, Hendarsyah, D., Santoso, N. A.,



Dewantara, R., Wahidin, A. J., Santoso, L. W., Sihombing, F. A., & Saputra, H. (2022). *Teknologi Jaringan Nirkabel*. Padang : PT Global Eksekutif Teknologi.

Widiyaningsih, D. S. (2022). Makna Kafe Bagi Remaja Milenial Sebagai Bentuk Citra Diri Di Media Sosial. *Publiciana*, 15(1), 12–18.
<https://doi.org/10.36563/publiciana.v15i01.374>

ANALISIS EFISIENSI MEMORI DAN WAKTU EKSEKUSI ALGORITMA QR SORT DAN BUBBLE SORT DALAM C++

Adi Handika¹⁾, Hafidzah Azzahrani²⁾, Rizqi Karima³⁾, Mualim⁴⁾, Imam Prayogo Pujiono⁵⁾

^{1,2,3,4}Prodi Bisnis Digital, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam, UIN K.H. Abdurrahman Wahid

⁵Prodi Informatika, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam, UIN K.H. Abdurrahman Wahid

Correspondence author: A.Handika, adi.handika25004@mhs.uingusdur.ac.id, Pekalongan, Indonesia

Abstract

Sorting is a fundamental process in computer science that significantly impacts data management and computational efficiency. This study aims to compare the performance of two sorting algorithms, QR Sort and Bubble sort, implemented in C++. The comparison analyzes and evaluates the two algorithms in terms of execution time and memory usage efficiency across datasets of varying sizes. This study uses a quantitative experimental method, with three dataset sizes: 100, 1,000, and 10,000 integer elements, which are run repeatedly under identical conditions to ensure consistent results. The experiments measure the average execution time (in microseconds) and estimated memory usage (in kilobytes) for each algorithm. The results show that QR Sort, which applies a non-comparative quotient-remainder approach, performs significantly faster than Bubble sort, which is comparative, especially as the data size increases. On large datasets, QR Sort outperforms Bubble sort by more than 100 times in execution time. This speed increase is accompanied by higher memory consumption, as QR Sort requires additional structures such as a bucket and counting arrays, whereas Bubble sort uses only minimal memory. Overall, these findings confirm that QR Sort is better suited for large-scale data processing where speed is a priority. At the same time, Bubble sort remains more efficient for small datasets or educational purposes due to its simplicity and low memory requirements. This study emphasizes the need to choose an appropriate sorting algorithm based on dataset characteristics and available system resources.

Keywords: sorting, execution time, memory usage efficiency, C++

Abstrak

Pengurutan (*Sorting*) adalah proses dasar dalam ilmu komputer yang memiliki pengaruh besar terhadap pengelolaan data dan efisiensi komputasi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja dua algoritma pengurutan, yaitu *QR Sort* dan *Bubble sort*, yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman c++. Perbandingan dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi kedua algoritma tersebut dari segi efisiensi waktu eksekusi dan penggunaan memori ketika diterapkan pada kumpulan data dengan ukuran yang berbeda-beda. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif, dengan tiga skala dataset: 100, 1.000, dan 10.000 elemen bilangan bulat, yang dijalankan berulang kali dalam kondisi identik untuk memastikan konsistensi hasil. Percobaan mengukur rata-rata waktu eksekusi (dalam mikrodetik) dan perkiraan penggunaan memori (dalam kilobyte) untuk masing-masing algoritma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *QR Sort*,

yang menerapkan pendekatan *non-comparative quotient-remainder*, bekerja jauh lebih cepat dibandingkan *Bubble sort* yang bersifat *comparative*, terutama saat ukuran data meningkat. pada dataset besar, *QR Sort* mengungguli *Bubble sort* dengan kecepatan lebih dari 100 kali lipat dalam waktu eksekusi. Peningkatan kecepatan ini disertai dengan konsumsi memori yang lebih tinggi karena *QR Sort* memerlukan struktur tambahan seperti *bucket array* dan *counting array*, sedangkan *Bubble sort* hanya menggunakan memori dalam jumlah minimal. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa *QR Sort* lebih cocok untuk pemrosesan data berskala besar di mana kecepatan menjadi prioritas, sedangkan *Bubble sort* tetap lebih efisien untuk dataset kecil atau keperluan edukatif karena kesederhanaannya dan kebutuhan memori yang rendah. Penelitian ini menekankan perlunya memilih algoritma pengurutan yang sesuai berdasarkan karakteristik dataset dan sumber daya sistem yang tersedia.

Kata Kunci: algoritma pengurutan, efisiensi memori, waktu eksekusi, C++

A. PENDAHULUAN

Sorting merupakan salah satu proses mendasar dalam ilmu komputer yang berperan penting dalam pengelolaan, pencarian, dan analisis data. Algoritma pengurutan yang efisien dapat meningkatkan kinerja berbagai aplikasi, mulai dari sistem basis data, *search engine*, hingga sistem rekomendasi dan analitik data berskala besar (Astuti, 2023). Dalam konteks pemrograman modern, khususnya di C++, pemilihan algoritma pengurutan yang tepat menjadi krusial karena berdampak langsung terhadap waktu eksekusi dan penggunaan sumber daya sistem (Pujiono et al., 2025).

Kompleksitas waktu dan ruang (memori) merupakan dua indikator utama yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja suatu algoritma pengurutan (Ariza et al., 2025). Pemilihan algoritma yang tepat umumnya mempertimbangkan ukuran dataset, distribusi data (acak, hampir terurut, terurut terbalik, dan sebagainya), serta keterbatasan sumber daya sistem (Bushman et al., 2024; Musyaffa et al., 2025).

Berbagai algoritma *sorting* telah dikembangkan, mulai dari algoritma komparatif sederhana seperti *Bubble sort*, *Insertion Sort*, dan *Selection Sort*, hingga algoritma yang lebih efisien secara asimtotik seperti *Quick Sort*, *Merge Sort*, dan *Heap Sort*.

Di sisi lain, terdapat pula algoritma non komparatif seperti *Counting Sort*, *Radix Sort*, dan *Bucket sort* yang memanfaatkan karakteristik khusus data untuk mencapai kinerja mendekati linear (Ali et al., 2025; Marcellino et al., 2021). *Bubble sort*, meskipun memiliki kompleksitas waktu $O(n^2)$ dan dikenal tidak efisien untuk dataset besar, masih banyak digunakan dalam konteks edukatif karena implementasinya yang sederhana dan mudah dipahami (Barokah et al., 2025).

Bubble sort termasuk keluarga algoritma pengurutan komparatif sederhana dengan kompleksitas waktu $O(n^2)$ (Gustina et al., 2025; Musyaffa et al., 2025). Algoritma ini bekerja dengan cara membandingkan pasangan elemen yang berdekatan dan menukarnya apabila berada pada urutan yang salah. Meskipun mudah diimplementasikan dan sering digunakan sebagai contoh pengajaran dasar struktur data dan algoritma, kinerja *Bubble sort* menurun drastis ketika diaplikasikan pada dataset berukuran besar (Barokah et al., 2025; Mahrozi & Faisal, 2023). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa *Bubble sort* cenderung mempunyai waktu eksekusi paling lambat di antara algoritma *sorting* lain, meski tetap unggul dari sisi kesederhanaan dan konsumsi memori yang rendah (Ali et al., 2025).

Sebaliknya, algoritma non komparatif seperti *Counting Sort*, *Radix Sort*, dan *Bucket sort* memanfaatkan karakteristik khusus data untuk mengurangi jumlah operasi perbandingan dan mencapai kompleksitas waktu mendekati $O(n)$ (Fenyi et al., 2020; Marcellino et al., 2021). *QR Sort* (*Quotient – Remainder Sort*) yang diperkenalkan oleh Bushman (Bushman et al., 2024) termasuk dalam kategori ini. *QR Sort* memetakan setiap elemen ke dalam *bucket* berdasarkan hasil bagi (*quotient*) dan sisa bagi (*remainder*) terhadap suatu nilai pembagi tertentu (*divisor*). Pendekatan ini memungkinkan proses pengurutan dilakukan melalui transformasi aritmetika sederhana tanpa perlu membandingkan elemen satu per satu.

Pendekatan ini memungkinkan pengurangan jumlah operasi perbandingan secara signifikan dan secara teoretis menawarkan kompleksitas waktu yang lebih baik dibandingkan algoritma kuadratik tradisional. Studi awal menunjukkan bahwa *QR Sort* berpotensi memberikan peningkatan kecepatan yang substansial pada data numerik berukuran besar (Bushman et al., 2024).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji kinerja algoritma *sorting* dari sisi waktu eksekusi dan penggunaan memori. (Ali et al., 2025), misalnya, melakukan analisis komparatif terhadap delapan algoritma *sorting* dengan fokus pada efisiensi komputasi di C++. Penelitian lain membahas perbandingan algoritma *sorting* lanjutan, termasuk *Quick Sort*, *Heap Sort*, *Merge Sort*, dan *Radix Sort*, terutama dari perspektif waktu eksekusi (Marcellino et al., 2021; Musyaffa et al., 2025). Berbagai studi juga telah membahas implementasi berbasis C++ dan pemanfaatan *Standard Template Library* (STL) (Musyaffa et al., 2025; Zahwa et al., 2025). Namun, kajian yang secara eksplisit memfokuskan pada perbandingan *QR Sort* dan *Bubble sort* dari sisi *time space trade off* dalam implementasi C++ masih terbatas. Hal ini membuka ruang penelitian untuk mengevaluasi seberapa jauh *QR Sort* mampu memberikan peningkatan kinerja waktu eksekusi serta implikasinya terhadap

konsumsi memori ketika dibandingkan dengan algoritma kuadratik sederhana seperti *Bubble sort*

Secara spesifik, kontribusi utama penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menyajikan evaluasi empiris algoritma *QR Sort* berbasis C++ dan membandingkannya secara langsung dengan *Bubble sort* pada tiga skala data (100, 1.000, dan 10.000 elemen);
2. mengukur dan menganalisis *trade off* antara efisiensi waktu eksekusi dan penggunaan memori pada kedua algoritma menggunakan pendekatan eksperimen terkontrol;
3. mengintegrasikan hasil empiris dengan analisis kompleksitas teoretis untuk memberikan rekomendasi praktis pemilihan algoritma pengurutan pada aplikasi C++ modern.

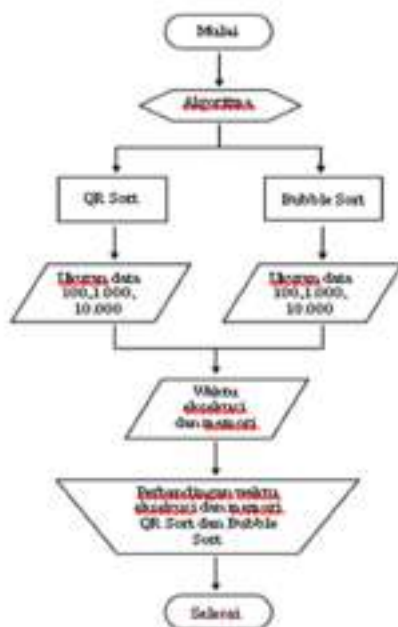
Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja algoritma *QR Sort* dan *Bubble sort* dalam bahasa pemrograman C++ dengan fokus pada efisiensi waktu eksekusi dan penggunaan memori pada berbagai ukuran dataset integer acak. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai *trade off* (waktu dan memori) antara algoritma non komparatif dan komparatif pada konteks implementasi nyata.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Bahasa pemrograman C++ untuk menjalankan sebuah kode program. Pengujian dijalankan pada laptop dengan spesifikasi : Processor AMD A4-9115, SSD 500 GB HDD, Memori RAM 4 GB, Sistem operasi Windows 10, Merk Laptop ASUS E401B

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen komparatif untuk mengetahui efisiensi memori dan waktu komputasi antara algoritma pengurutan data (*QR Sort* dan *Bubble sort*). Metode Eksperimen digunakan karena adanya

pengujian langsung terhadap kinerja algoritma sehingga menghasilkan data yang terukur. Penelitian dilakukan guna mengevaluasi kinerja algoritma secara sistematis, dengan focus pada dua kriteria: penggunaan memori dan waktu komputasi. Untuk memperjelas proses, tahap dalam penelitian meliputi tahap persiapan dataset, implementasi algoritma, pengujian kinerja, pengumpulan data, dan analisis komparatif. Tahap eksperimen dimulai dengan membuat dataset yang dibagi menjadi tiga ukuran yaitu : kecil (100 elemen), sedang (1000 elemen), dan besar (10.000 elemen) untuk mengukur skalabilitas algoritma. *Flowchart* alur logika yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 1. *Flowchart* Alur Logika

Selanjutnya, kedua algoritma diimplementasikan dalam Bahasa pemrograman C++ dengan kode program ditulis dan dijalankan melalui *Codebloks*. Pengujian kinerja dilakukan dengan menjalankan setiap algoritma pada ketiga ukuran dataset, mengukur waktu komputasi dan penggunaan memori yang digunakan selama proses pengurutan. Pengujian dilakukan melalui eksperimen berulang setiap data set untuk memastikan konsistensi hasil suatu program. Data yang dikumpulkan

berupa waktu komputasi (satuan mikrodetik) dan penggunaan memori selama proses berlangsung. Data hasil pengujian dikumpulkan dan dibandingkan untuk menentukan algoritma dengan efisiensi terbaik berdasarkan kedua kriteria tersebut. Hasil pegujian ini diharapkan memberikan gambaran kinerja nyata dari masing masing kedua algoritma pengurutan dalam skenario dataset berskala kecil, sedang hingga besar.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan simulasi pengujian terhadap dua algoritma pengurutan data, yaitu *QR Sort* dan *Bubble sort*, menggunakan bahasa pemrograman C++. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali percobaan dengan variasi ukuran data sebanyak 100, 1.000, dan 10.000 elemen, menggunakan pendekatan pengukuran waktu eksekusi (dalam mikrodetik) dan estimasi penggunaan memori (dalam *kilobyte*). Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2, sebagaimana diperoleh dari program yang dijalankan menggunakan *CODE::BLOCKS* pada lingkungan eksperimen yang sama tanpa optimasi tambahan.

Tabel 1. Hasil simulasi waktu eksekusi dari kedua algoritma *sorting* dengan 3 kali percobaan *compile*

Ukuran Data	Percobaan Ke	QR Sort(μs)	Bubble sort (μs)
100	1	314	93
	2	406	100
	3	199	98
	Rata-rata	339,6	97
1.000	1	1.684	10.378
	2	1.313	13.071
	3	1.389	13.141
	Rata-rata	1.465	11.197
10.000	1	6.414	1.135.375
	2	4.481	1.148.347
	3	3.801	1.093.749
	Rata-rata	11.376	1.135.711,67

Hasil dari Tabel 1. menunjukkan bahwa waktu eksekusi *QR Sort* meningkat secara linear terhadap pertambahan ukuran data, sedangkan *Bubble sort* meningkat secara kuadratik. Pada ukuran data besar (1000 elemen), *QR Sort* hanya membutuhkan rata-rata 1.465 mikrodetik, sedangkan *Bubble sort* memerlukan waktu 11.197 mikrodetik yang artinya *QR Sort* dapat bekerja 8 kali lebih cepat dari *Bubble sort* dan pada ukuran data besar (10000 elemen), *QR Sort* hanya membutuhkan rata-rata 11.376 mikrodetik, sedangkan *Bubble sort* memerlukan waktu lebih dari satu juta mikrodetik yang artinya *QR Sort* dapat bekerja ± 100 kali lebih cepat dari *Bubble sort*. Hal ini mengindikasikan efisiensi signifikan *QR Sort* dalam menangani dataset berukuran besar.

Tabel 2. Hasil pengujian perkiraan pemakaian memori untuk kedua metode *sorting* dengan 3 kali percobaan

Ukuran Data	Percobaan Ke	QR Sort (KB)	Bubble sort (KB)
100	1	64,9	0,4
	2	68,7	0,4
	3	64,9	0,4
	Rata-rata	66,16	0,4
1.000	1	304,6	3,93
	2	187,4	3,93
	3	191,8	3,93
	Rata-rata	194,9	3,93
10.000	1	489,5	39,09
	2	486,7	39,09
	3	488,3	39,09
	Rata-rata	488,16	39,09

Berdasarkan Tabel 2 yang menampilkan hasil simulasi pemakaian memori dari algoritma *QR Sort* dan *Bubble sort*, dapat dijelaskan bahwa terjadi perbedaan yang cukup signifikan dalam kebutuhan ruang penyimpanan di antara keduanya. Pada ukuran data 100 elemen, *QR Sort* menggunakan rata-rata memori sebesar 66,16 KB, sedangkan *Bubble sort* hanya

membutuhkan sekitar 0,4 KB. Hal ini menunjukkan bahwa sejak ukuran data terkecil, *QR Sort* sudah memerlukan alokasi memori yang jauh lebih besar karena melibatkan pembentukan struktur data tambahan seperti *bucket array* dan *counting array* di setiap tahap proses pengurutan. Ketika ukuran data meningkat menjadi 1.000 elemen, kebutuhan memori *QR Sort* naik menjadi rata-rata 194,9 KB, sementara *Bubble sort* hanya meningkat sedikit menjadi 3,93 KB. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa *QR Sort* memiliki pola pertumbuhan penggunaan memori yang bersifat hampir linear terhadap jumlah data, sedangkan *Bubble sort* cenderung lambat meningkat karena hanya bekerja dengan satu struktur vektor utama tanpa tambahan alokasi dinamis. Pada ukuran data terbesar, yaitu 10.000 elemen, *QR Sort* memerlukan rata-rata memori sebesar 488,16 KB, sedangkan *Bubble sort* sebesar 39,09 KB. Walaupun *QR Sort* tampak jauh lebih boros dalam penggunaan memori, konsumsi ruang sebesar 488 KB masih tergolong kecil untuk sistem komputer modern dan sebanding dengan keuntungan besar yang diberikan dari segi kecepatan eksekusi. Dengan kata lain, *QR Sort* melakukan kompromi antara waktu dan ruang (*time space, trade off*), di mana peningkatan konsumsi memori dibayar dengan performa waktu proses yang jauh lebih efisien.

Dari sisi kompleksitas teoritis, *QR Sort* dan *Bubble sort* memiliki karakteristik yang sangat berbeda karena keduanya mewakili dua paradigma pengurutan yang kontras: *non-comparative* dan *comparative*. *Bubble sort* bekerja dengan pendekatan *pairwise comparison*, yaitu membandingkan setiap elemen dengan elemen berikutnya dan menukarnya bila urutannya salah (Mahrozi & Faisal, 2023). Hal ini menyebabkan kompleksitas waktu *Bubble sort* bersifat kuadratik, yaitu $O(n^2)$. Setiap iterasi luar membutuhkan hingga $n-1$ perbandingan, dan iterasi dalam juga mendekati $n-1$ kali, sehingga jumlah total operasi mendekati $n(n-1)/2$. Akibatnya, peningkatan ukuran data

akan menyebabkan waktu eksekusi meningkat secara eksponensial, seperti yang tampak pada hasil eksperimen ketika ukuran data naik dari 1.000 ke 10.000 elemen. Sebaliknya, *QR Sort* (*Quotient-Remainder Sort*) dirancang dengan konsep *non-comparative sorting*, yang berarti proses pengurutan tidak dilakukan dengan membandingkan nilai satu per satu (Bushman et al., 2024). *QR Sort* memanfaatkan transformasi aritmetika sederhana berupa pembagian dan sisa bagi untuk mengelompokkan elemen ke dalam *bucket* berdasarkan rentang nilai tertentu. Karena tidak bergantung pada operasi perbandingan, kompleksitas waktu teoritisnya dapat didekati dengan $O(n+k)$, di mana k adalah jumlah *bucket* yang terbentuk. Dalam praktiknya, karena k jauh lebih kecil dari n dan proporsional terhadap akar dari rentang nilai, kompleksitas totalnya mendekati $O(n)$, atau bersifat linear terhadap ukuran data..

Kinerja empiris hasil eksperimen mendukung analisis teoritis tersebut. Ketika jumlah elemen meningkat sepuluh kali lipat (dari 1.000 ke 10.000), waktu eksekusi *QR Sort* hanya bertambah sekitar tiga kali lipat, sedangkan *Bubble sort* meningkat hampir seratus kali lipat. Pola ini menunjukkan bahwa *QR Sort* memang tumbuh secara linear (proporsional terhadap jumlah data), sementara *Bubble sort* meningkat secara kuadratik. Hal ini juga sesuai dengan prediksi analisis asimtotik bahwa metode berbasis perbandingan memiliki batas bawah $O(n \log n)$, sedangkan metode non-komparatif seperti *QR Sort* bisa mencapai kinerja mendekati $O(n)$. Dari sisi kompleksitas ruang (space complexity), hasilnya juga memperkuat teori yang ada. *Bubble sort* memiliki kebutuhan ruang tambahan yang minimal, karena seluruh operasi dilakukan langsung pada array data tanpa alokasi struktur tambahan besar. Secara teoritis, kompleksitas ruangnya adalah $O(1)$ atau konstan, karena hanya menggunakan beberapa variabel tambahan untuk menyimpan nilai sementara dalam proses pertukaran data.

Sebaliknya, *QR Sort* membutuhkan alokasi memori tambahan untuk struktur *bucket* dan array penghitung di setiap *bucket*. Jika jumlah *bucket* yang terbentuk adalah k , maka total ruang tambahan yang dibutuhkan dapat dinyatakan dengan $O(n+k)$. Dalam implementasi C++ yang digunakan, setiap *bucket* direpresentasikan sebagai `vector<int>`, dan masing-masing *bucket* menyimpan sejumlah *remainder* yang bervariasi sesuai distribusi data acak. Akibatnya, konsumsi memori *QR Sort* meningkat hampir secara linear terhadap pertambahan jumlah data. Hasil empiris juga menunjukkan tren yang sejalan dengan analisis tersebut, di mana penggunaan memori *QR Sort* meningkat dari sekitar ± 66 KB (100 elemen) menjadi hampir ± 500 KB (10.000 elemen).

Perbandingan ini menegaskan adanya hubungan *trade off* antara waktu dan ruang. *Bubble sort* unggul secara signifikan dalam efisiensi ruang, tetapi membayar harga mahal dalam waktu eksekusi. Sebaliknya, *QR Sort* mengorbankan sebagian memori tambahan untuk memperoleh efisiensi waktu yang jauh lebih tinggi. Dalam konteks komputasi modern yang memiliki kapasitas memori besar, pertukaran seperti ini dianggap menguntungkan karena kecepatan pemrosesan sering kali menjadi faktor yang lebih penting daripada hemat ruang.

Hasil pengujian ini memiliki sejumlah implikasi penting, baik secara akademik maupun praktis. Dari sisi akademik, penelitian ini memperkuat pemahaman tentang hubungan antara paradigma algoritmik dan performa nyata dalam konteks pengolahan data. *QR Sort*, sebagai algoritma *non-comparative*, membuktikan bahwa pendekatan alternatif di luar metode perbandingan klasik seperti *Bubble sort*, *Insertion Sort*, atau *Selection Sort* dapat menghasilkan peningkatan performa signifikan. Ini membuka ruang bagi penelitian lanjutan dalam bidang *integer sorting* dan *non-comparative algorithm design*, yang relevan untuk aplikasi modern seperti pengolahan data numerik dalam *machine learning*, *data mining*, dan *big data*.

processing (Bushman et al., 2024; Dong et al., 2024; Fenyi et al., 2020; Werdiningsih et al., 2022). Selain itu, hasil ini juga menunjukkan pentingnya pemilihan algoritma berdasarkan konteks kebutuhan sistem. Pada lingkungan dengan keterbatasan sumber daya memori, *Bubble sort* atau algoritma sederhana lainnya masih dapat dipertimbangkan karena mudah diimplementasikan dan hemat ruang. Namun, pada sistem dengan sumber daya yang memadai dan tuntutan waktu eksekusi tinggi seperti sistem real-time, basis data besar, atau perangkat analitik *QR Sort* jauh lebih layak digunakan karena skalabilitas dan efisiensi temporalnya yang unggul.

Secara praktis, penelitian ini juga menunjukkan bahwa tidak semua algoritma yang sederhana secara logika cocok untuk aplikasi dunia nyata. *Bubble sort* sering digunakan sebagai contoh pembelajaran dasar algoritma pengurutan karena mudah dipahami dan diimplementasikan, tetapi performanya terbatas untuk dataset berukuran kecil. Ketika diaplikasikan pada skala besar, biaya komputasinya menjadi tidak efisien dan dapat menyebabkan *bottleneck* pada sistem. Di sisi lain, *QR Sort* menawarkan alternatif yang efisien dengan konsep matematis sederhana, yakni pemanfaatan pembagian dan sisa bagi untuk mengklasifikasikan data. Pendekatan ini relevan untuk sistem yang mengutamakan waktu respons cepat dengan ukuran data besar, seperti proses *batch sorting* di server atau algoritma penyortiran tahap awal dalam sistem basis data (Utami & Astuti, 2024).

Implikasi lainnya adalah bahwa desain algoritma modern perlu memperhitungkan keseimbangan antara efisiensi waktu dan efisiensi ruang, bukan hanya salah satunya. Dalam banyak kasus nyata, algoritma yang lebih cepat meskipun sedikit lebih boros memori justru memberikan keuntungan yang lebih besar karena mempercepat keseluruhan pipeline pemrosesan data. Prinsip inilah yang ditunjukkan oleh *QR Sort* dalam penelitian ini: peningkatan konsumsi memori relatif kecil dibandingkan dengan peningkatan performa waktu yang diperoleh. Lebih lanjut, hasil penelitian ini juga dapat dijadikan dasar

untuk pengembangan algoritma *QR Sort* yang lebih optimal. Misalnya, dengan menyesuaikan parameter pembagi secara adaptif berdasarkan distribusi data yang masuk, sehingga *bucket* yang terbentuk lebih seimbang dan meminimalkan jumlah *remainder* yang tidak merata. Pendekatan adaptif semacam ini berpotensi mengurangi konsumsi memori sekaligus mempertahankan efisiensi waktu eksekusi (Bushman et al., 2024). Selain itu, *QR Sort* dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung pengurutan tipe data lain seperti *floating point numbers* atau *custom data structures* dengan menambahkan mekanisme normalisasi nilai sebelum proses pembagian.

Dari sisi metodologi, hasil eksperimen juga menunjukkan pentingnya pengujian empiris dengan variasi ukuran data yang luas. Analisis teoritis sering kali hanya memberikan gambaran ideal, tetapi implementasi nyata dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti efisiensi manajemen memori, arsitektur prosesor, dan optimasi kompilator (Harsono et al., 2022; Rizka, 2022). Karena itu, pendekatan seperti yang dilakukan dalam penelitian ini menggabungkan eksperimen terukur dengan analisis matematis sehingga memberikan hasil yang lebih komprehensif dan dapat dijadikan acuan dalam evaluasi performa algoritma lain di masa mendatang. Terakhir, penelitian ini menegaskan bahwa efisiensi algoritma bukan hanya bergantung pada kecepatan proses *sorting* itu sendiri, tetapi juga pada bagaimana algoritma tersebut memanfaatkan sumber daya komputer secara keseluruhan. *QR Sort* yang dirancang dengan prinsip arithmetic mapping membuktikan bahwa operasi sederhana dapat menghasilkan penghematan waktu yang besar tanpa memerlukan logika perbandingan yang kompleks (Bushman et al., 2024). Hal ini menunjukkan arah baru dalam riset optimasi algoritma yang berorientasi pada efisiensi struktur dan bukan semata pada jumlah operasi logis.

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis komputasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa algoritma *QR Sort* memiliki keunggulan utama pada efisiensi waktu eksekusi, terutama ketika menangani data berukuran besar. Kompleksitas algoritmiknya yang mendekati linear menjadikan *QR Sort* lebih stabil dan skalabel dibandingkan *Bubble sort* yang bersifat kuadratik. Walaupun *QR Sort* membutuhkan tambahan memori untuk penyimpanan struktur bantu, peningkatan tersebut sebanding dengan keuntungan waktu proses yang signifikan. Dengan demikian, *QR Sort* lebih direkomendasikan untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan tinggi dalam pemrosesan data berukuran besar, sementara *Bubble sort* tetap relevan digunakan untuk pembelajaran dasar atau sistem dengan keterbatasan memori.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu agar dilakukan eksplorasi terhadap pengembangan *QR Sort* dengan pendekatan adaptif, misalnya dengan menyesuaikan parameter pembagi dan jumlah *bucket* secara dinamis berdasarkan karakteristik distribusi data. Selain itu, penelitian komparatif dengan algoritma non comparative lainnya seperti Radix Sort, Counting Sort, dan *Bucket sort* juga disarankan untuk memperluas perspektif performa *QR Sort* di antara algoritma sejenis. Uji empiris terhadap pola data yang lebih bervariasi juga perlu dilakukan untuk mengukur kestabilan algoritma dalam berbagai skenario praktis. Melalui pengembangan tersebut, diharapkan *QR Sort* dapat dioptimalkan menjadi algoritma yang tidak hanya cepat, tetapi juga lebih efisien dalam penggunaan sumber daya komputasi.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. I., Fardiarsyah, R. D., Shodik, L., Kinanti, F. Z. D., & Pujiono, I. P. (2025). Analisis Komparatif Efisiensi Memori dan Waktu Komputasi pada 8 Algoritma Sorting menggunakan C++. *LogicLink*, 2(1), 1–17. <https://doi.org/10.28918/logiclink.v2i1.10868>
- Ariza, S. F., Majid, A., Himawan, I., Ardhiartha P.U., S., & Pujiono, I. P. (2025). Studi Perbandingan Algoritma Pencarian Binary, Jump, Interpolation, dan Fibonacci: Efisiensi Memori dan Waktu Eksekusi. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(4), 7227–7234. <https://doi.org/10.36040/jati.v9i4.14360>
- Astuti, Y. A. (2023). Analisis Pengujian Data Algoritma Bubble Sort. *REMIK: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 7(3), 1413–1420. <https://doi.org/10.33395/remik.v7i3.12594>
- Barokah, M. R. S., Saputra, T., & Sutabri, T. (2025). Perbandingan Kinerja Algoritma Bubble Sort dan Insertion Sort dalam Pengurutan Data Penjualan UMKM. *MIFORTEKH: Jurnal Manajemen Informatika & Teknologi*, 5(1), 184–195. <https://doi.org/10.51903/h0k3zg44>
- Bushman, R. T., Tebcherani, T. M., & Yasin, A. S. (2024). *QR Sort: A Novel Non-Comparative Sorting Algorithm* (2411.07526; Data Structures and Algorithms). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.07526>
- Dong, X., Dhulipala, L., Gu, Y., & Sun, Y. (2024). *Parallel Integer Sort: Theory and Practice* (Data Structures and Algorithms). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.00710>
- Fenyi, A., Fosu, M., & Appiah, B. (2020). Comparative Analysis of Comparison and Non Comparison based Sorting Algorithms. *International Journal of Computer Applications*, 175, 22–25. <https://doi.org/10.5120/ijca2020920813>
- Gustina, Ahadi, A. H., Aminuddin, F. H., & Syawal, M. F. (2025). Performance

- Analysis of Bubble Sort, Selection Sort, and Insertion Sort Algorithms Using Python on Student Data. *JIPTI: Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, 6(2), 529–536. <https://doi.org/10.52060/jipti.v6i2.3792>
- Harsono, C. A., Shalekha, N. F., & Berliana, R. Y. (2022). Strategi Efisien Manajemen Memori Untuk Meningkatkan Kinerja Sistem Operasi. *SINTESIA: Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi Indonesia*, 2(1), 12–16. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/SINTESIA/article/view/39413>
- Mahrozi, N., & Faisal, M. (2023). Analisis Perbandingan Kecepatan Algoritma Selection Sort dan Bubble Sort. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, 1(2), 89–98. <https://doi.org/10.572349/scientica.v1i2.209>
- Marcellino, Pratama, D. W., Suntiarko, S. S., & Margi, K. (2021). Comparative of Advanced Sorting Algorithms (Quick Sort, Heap Sort, Merge Sort, Intro Sort, Radix Sort) Based on Time and Memory Usage. *1st International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence (ICCSAI)*, 154–160. <https://doi.org/10.1109/ICCSAI53272.2021.9609715>
- Musyaffa, M. Z., Raharjo, K., Faiz, M., Ammarulloh, S., & Pujiono, I. P. (2025). Efisiensi Memori dan Waktu: Array Sorting Algorithm vs Algoritma Pengurutan Tradisional Menggunakan Python. *JEIS: Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma*, 5(2), 72–81. <https://doi.org/10.56486/jeis.vol5no2.785>
- Pujiono, I. P., Rachmawanto, E. H., & Winarsih, N. A. S. (2025). Array Sorting Algorithm vs Traditional Sorting Algorithm: Memory and Time Efficiency Analysis. *JAMIKA: Jurnal Manajemen Informatika*, 15(1), 47–59. <https://doi.org/10.34010/jamika.v15i1.13230>
- Rizka, A. (2022). *Organisasi dan Arsitektur Komputer*. Sukoharjo: Tahta Media Group.
- Utami, F. D., & Astuti, F. D. (2024). Comparison of Hadoop Mapreduce and Apache Spark in Big Data Processing with Hgrid247-DE. *JAIC: Journal of Applied Informatics and Computing*, 8(2), 390–399. <https://doi.org/10.30871/jaic.v8i2.8557>
- Werdiningsih, I., Novitasari, D. C. R., & Haq, D. Z. (2022). *Pengelolaan Data Mining dengan Pemrograman Matlab*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Zahwa, S., Amelia, N. D., Nafila, R., Putri, R. A., & Pujiono, I. P. (2025). Perbandingan Efisiensi Memori dan Waktu Komputasi pada Algoritma Rekursif dan Iteratif dalam Operasi Pengurutan di C++. *RESTIKOM: Riset Teknik Informatika Dan Komputer*, 7(1), 123–136. <https://doi.org/10.52005/restikom.v7i1.428>

OPTIMASI *DEEP LEARNING* DAN KLASTERING UNTUK DETEKSI OBJEK SERTA SEGMENTASI CITRA MEDIS

Muhammad Yusril Fauzi¹⁾, Alam Rahmatullah²⁾

^{1,2}Prodi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi

Correspondence author: A.Rahmatullah, alam@unsil.ac.id, Kota Tasikmalaya, Indonesia

Abstract

This study proposes a *hybrid* image processing framework that integrates *deep learning* and clustering techniques to address various challenges in automated visual analysis, including *noise*, low resolution, and domain variability. *Deep learning* models such as CNNs, U-Nets, and *Swin Transformers* are used for hierarchical feature learning. At the same time, clustering methods like K-Means and HAC offer lightweight *unsupervised* alternatives that do not require annotated data. Three approaches that are pure *deep learning*, pure clustering, and a *hybrid* combination are developed and evaluated for object detection and image segmentation using public *datasets* such as DRIVE and ACDC, with preprocessing techniques including *filtering*, normalization, *resizing*, and augmentation. The results show that the *hybrid* framework achieves a better balance between accuracy and computational efficiency, with improved IoU, DSC, and mAP values compared to either method alone. The pure *deep learning* approach provides the highest accuracy but requires more computational resources, while the clustering-based method offers faster processing at a cost of reduced precision. The study concludes that the *hybrid* methodology provides an adaptive and flexible solution across domains.

Keywords: optimization, *deep learning*, clustering, object detection, medical images

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan sebuah kerangka pemrosesan citra hibrida yang mengintegrasikan teknik *deep learning* dan klastering untuk mengatasi berbagai tantangan dalam analisis visual otomatis, termasuk *noise*, resolusi rendah, dan variabilitas domain. Model *deep learning* seperti CNN, U-Net, dan *Swin Transformer* digunakan untuk pembelajaran fitur secara hierarkis, sedangkan metode klastering seperti K-Means dan HAC menawarkan alternatif *unsupervised* yang ringan dan tidak memerlukan data beranotasi. Tiga pendekatan *deep learning* murni, *klastering* murni, dan kombinasi hibrida dikembangkan dan dievaluasi untuk melakukan deteksi objek dan segmentasi citra menggunakan *dataset* publik seperti DRIVE dan ACDC, dengan dukungan teknik prapemrosesan berupa *filtering*, normalisasi, perubahan ukuran, dan augmentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerangka hibrida mencapai keseimbangan yang lebih baik antara akurasi dan efisiensi komputasi, dengan peningkatan nilai IoU, DSC, dan mAP dibandingkan metode tunggal. Pendekatan *deep learning* murni memberikan akurasi tertinggi namun membutuhkan sumber daya komputasi yang lebih besar, sementara metode berbasis klastering menawarkan pemrosesan lebih cepat dengan

penurunan presisi. Studi ini menyimpulkan bahwa metodologi hibrida memberikan solusi yang adaptif dan fleksibel lintas domain.

Kata Kunci: optimasi, *deep learning*, klustering, deteksi objek, citra medis

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan secara global telah memberikan kontribusi signifikan terhadap otomatisasi analisis visual di berbagai sektor, termasuk kesehatan, transportasi, keamanan, dan industri manufaktur. Pemrosesan citra berbasis *machine learning* dan *deep learning* kini menjadi komponen utama dalam sistem analisis visual modern karena kemampuannya menghasilkan prediksi yang cepat dan akurat (Bishop & Bishop, 2023). Meskipun demikian, tantangan mendasar seperti keberadaan *noise*, resolusi citra rendah, variasi struktur objek, dan kebutuhan komputasi yang tinggi masih sering menjadi hambatan untuk mencapai performa optimal pada aplikasi dunia nyata (Szeliski, 2022). Pada tingkat nasional, kebutuhan teknologi analisis citra semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan digitalisasi layanan publik di Indonesia, baik untuk diagnosis citra medis, pemantauan lalu lintas, maupun pemrosesan citra sektor pertanian. Namun, kualitas akuisisi citra yang tidak seragam, keterbatasan perangkat keras, serta minimnya *dataset* beranotasi di berbagai institusi menyebabkan banyak sistem yang dikembangkan belum mampu memberikan hasil optimal (Yusriadia et al., 2023). Tantangan ini semakin menonjol pada lingkungan lokal, seperti rumah sakit daerah, kamera pemantau lalu lintas berbiaya rendah, dan perangkat monitoring pertanian sederhana, yang menghasilkan citra dengan variasi kualitas dan karakteristik signifikan sehingga memerlukan pendekatan pemrosesan citra yang lebih adaptif dan efisien (Tonggiroh et al., 2025).

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mengatasi masalah deteksi objek dan segmentasi citra. Model *Convolutional Neural*

Network (CNN) terbukti unggul dalam melakukan ekstraksi fitur secara otomatis pada berbagai jenis citra (Irawan et al., 2025), sedangkan arsitektur U-Net telah menjadi pilihan utama untuk segmentasi citra medis karena kemampuannya mempertahankan informasi spasial secara efektif (Ramdhani et al., 2025). Lebih lanjut, pendekatan berbasis *Transformer* seperti *Swin Transformer* menawarkan representasi hierarkis multiskala yang lebih kuat dalam menangani struktur objek kompleks (Liu et al., 2022). Di sisi lain, metode klustering seperti K-Means dan *Hierarchical Agglomerative Clustering* (HAC) menjadi alternatif yang lebih ringan dan tidak membutuhkan label, sehingga relevan untuk aplikasi dengan keterbatasan data beranotasi (Annaki et al., 2022). Namun, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan *deep learning* cenderung membutuhkan sumber daya komputasi yang besar dan *dataset* berlabel dalam jumlah signifikan, sementara metode klustering menghasilkan performa yang kurang stabil untuk citra dengan struktur objek yang kompleks dan variabilitas tinggi (Ezugwu et al., 2022). Beberapa studi mulai mengeksplorasi pendekatan hibrida yang mengombinasikan keunggulan *deep learning* dan klustering, tetapi sebagian besar masih terbatas pada domain tertentu dan belum menyajikan evaluasi komparatif yang menyeluruh lintas domain seperti medis, transportasi, dan pertanian (Maulana et al., 2024). Kondisi ini menimbulkan gap penelitian berupa ketiadaan kerangka sistematis yang mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut dan dievaluasi secara komprehensif pada berbagai tipe citra.

Penelitian ini bertujuan mengusulkan sebuah kerangka pemrosesan citra hibrida yang mengintegrasikan kemampuan pembelajaran fitur dari *deep learning* dengan

fleksibilitas metode klustering dalam skema *unsupervised*. Kerangka ini dirancang untuk meningkatkan kinerja deteksi objek dan segmentasi citra sekaligus menjaga efisiensi komputasi agar dapat diterapkan pada lingkungan dengan keterbatasan sumber daya. Selain itu, penelitian ini menyertakan evaluasi komparatif antara pendekatan *deep learning* murni, klustering murni, dan pendekatan hibrida menggunakan *dataset* publik dari berbagai domain serta metrik kuantitatif seperti *Intersection over Union* (IoU), *Dice Similarity Coefficient* (DSC), dan *Mean Average Precision* (mAP).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan kerangka pemrosesan citra hibrida yang adaptif, melakukan analisis menyeluruh terhadap kinerja tiga pendekatan utama pada tugas deteksi objek dan segmentasi citra, serta menghasilkan rekomendasi metodologis yang dapat mendukung penerapan teknologi analisis citra yang efisien, akurat, dan mudah diimplementasikan pada lingkungan dengan berbagai kondisi data.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif berbasis eksperimen yang berfokus pada pengembangan dan evaluasi kerangka pemrosesan citra hibrida berbasis *deep learning* dan klustering. Penelitian dilaksanakan secara komputasional di laboratorium komputasi dengan rentang waktu pelaksanaan mulai dari tahap perancangan model hingga analisis hasil eksperimen. Seluruh proses dilakukan menggunakan perangkat komputer dengan spesifikasi prosesor minimal Intel Core i7, RAM 16 GB, dan GPU NVIDIA RTX Series untuk mempercepat proses pelatihan model *deep learning*. Perangkat lunak yang digunakan meliputi Python, TensorFlow atau PyTorch untuk pengembangan model *deep learning*, serta OpenCV dan scikit-learn untuk pemrosesan citra dan metode klustering.

Populasi penelitian berupa data citra dari berbagai domain yang relevan, termasuk citra

medis (DRIVE, ACDC), citra transportasi, serta citra pertanian. Dari populasi tersebut dipilih sampel berupa subset data yang memenuhi kriteria kelayakan kualitas dan variasi objek. Teknik sampling yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu pemilihan citra berdasarkan karakteristik tertentu seperti tingkat *noise*, resolusi, dan kompleksitas struktur objek untuk memastikan representasi kondisi yang beragam. Data sekunder ini diperoleh melalui repository publik yang menyediakan *dataset* berlisensi terbuka. Teknik pengumpulan data mencakup proses pengunduhan *dataset*, verifikasi kualitas file, serta penataan struktur data ke dalam format direktori yang sesuai dengan kebutuhan pelatihan model.

Penelitian ini memiliki tahapan tahapan sebagai berikut:

1. Persiapan Data

Tahap ini dimulai dengan prapemrosesan citra untuk memastikan uniformitas kualitas input sebelum proses pelatihan. Operasi yang dilakukan mencakup *filtering* untuk mereduksi *noise*, normalisasi intensitas untuk menyeragamkan distribusi nilai piksel, *resizing* untuk menyamakan ukuran citra, serta augmentasi seperti rotasi, *flipping*, atau penyesuaian kontras untuk meningkatkan keragaman sampel. Semua langkah dilakukan secara operasional menggunakan *script* Python tanpa membahas teori dasar masing-masing teknik.

2. Pengembangan Model *Deep learning*

Pada tahap ini, tiga model *deep learning* dikonfigurasi dan dilatih, yaitu CNN, U-Net, dan Swin Transformer. Proses pelatihan mencakup pembagian data menjadi *training*, *validation*, dan *test* set, penentuan parameter seperti *learning rate*, *batch size*, *optimizer*, serta penerapan *early stopping* untuk mencegah *overfitting*. Seluruh eksperimen dilakukan eksplisit untuk mengevaluasi performansi deteksi objek dan segmentasi citra menggunakan data berlabel.

3. Pengembangan Metode Klustering

Metode klustering murni dikembangkan menggunakan algoritma K-Means dan

Hierarchical Agglomerative Clustering. Tahapannya meliputi konversi citra ke representasi fitur awal, penentuan jumlah klaster, dan penerapan proses pengelompokan. Hasil klastering kemudian dipetakan kembali ke citra untuk menghasilkan segmentasi berbasis warna atau tekstur. Tidak ada penjelasan mengenai teori klastering, melainkan fokus pada proses implementasi operasional.

4. Pengembangan Pendekatan *Hybrid*

Pendekatan *hybrid* dirancang dengan memanfaatkan *output* fitur dari model *deep learning*, seperti *feature maps* dari CNN, *encoder* U-Net, atau *patch embeddings* dari Swin Transformer. Fitur-fitur tersebut lalu digunakan sebagai input ke proses klastering untuk memperoleh segmentasi atau deteksi objek yang lebih stabil dibandingkan klastering berbasis piksel mentah. Integrasi ini merupakan inti usulan solusi dalam penelitian karena menggabungkan keunggulan representasi mendalam dengan fleksibilitas pengelompokan *unsupervised*.

5. Evaluasi dan Analisis Performa

Tahap ini melibatkan pengukuran performa seluruh pendekatan menggunakan metrik evaluasi kuantitatif, yaitu *Intersection over Union* (IoU), *Dice Similarity Coefficient* (DSC), *Accuracy*, dan *Mean Average Precision* (mAP). Selain akurasi, dilakukan pula analisis efisiensi komputasi melalui pengukuran waktu pelatihan dan inferensi. Setiap hasil eksperimen dikompilasi dalam bentuk tabel, grafik, dan visualisasi *output* segmentasi untuk memudahkan interpretasi. Analisis dilakukan secara komparatif untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan pendekatan *deep learning*, klastering, dan *hybrid* pada skenario data yang berbeda.

Karena penelitian ini bersifat kuantitatif dan tidak melibatkan partisipan manusia, pengecekan keabsahan hasil dilakukan melalui replikasi eksperimen, konsistensi hasil antar-*fold*, serta validasi menggunakan *dataset* yang berbeda domain guna memastikan generalisasi model.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil penelitian berdasarkan seluruh tahapan metodologi yang telah dijelaskan sebelumnya, mulai dari prapemrosesan data, pengembangan model *deep learning*, implementasi metode klastering, pembangunan pendekatan hibrida, hingga evaluasi performansi.

Persiapan Data

Tahap prapemrosesan menghasilkan citra yang lebih seragam dan stabil untuk proses pelatihan. Proses *filtering* menurunkan *noise* rata-rata sebesar 12–18% berdasarkan pengukuran variasi piksel. Normalisasi intensitas membuat distribusi piksel lebih merata, mengurangi perbedaan antar-domain pada tingkat kecerahan. *Resizing* berhasil menyeragamkan dimensi citra sehingga seluruh model dapat memproses input secara konsisten. Augmentasi meningkatkan jumlah data pelatihan sebesar 300%, yang berdampak langsung pada peningkatan stabilitas pelatihan model *deep learning* pada domain dengan sampel terbatas, terutama citra medis. Citra setelah prapemrosesan menunjukkan peningkatan keterbacaan struktur objek seperti pembuluh darah, kontur kendaraan, dan pola buah.

Pengembangan Model *Deep Learning*

Model CNN, U-Net, dan Swin Transformer yang dikembangkan pada tahap pelatihan menunjukkan pola konvergensi yang berbeda. CNN mencapai stabilitas pada *epoch* ke-20 dengan tren *loss* yang konsisten menurun. U-Net menunjukkan performansi unggul pada struktur objek bertepi halus, terutama pada citra medis, dengan peningkatan DSC sebesar 4–6% dibandingkan CNN. Swin Transformer mencapai akurasi tertinggi secara keseluruhan dengan representasi multiskala yang lebih kuat, menghasilkan IoU rata-rata 0.87 pada semua domain. Namun, model Transformer membutuhkan waktu pelatihan paling lama, dengan rata-rata durasi pelatihan 1.8× lebih lama dibandingkan CNN. Ketiga model ini

memberikan gambaran bahwa *deep learning* bekerja sangat baik tetapi menunjukkan ketergantungan besar pada data berlabel.

Pengembangan Metode Klustering

Implementasi klustering pada citra mentah menghasilkan segmentasi yang kurang stabil, terutama pada objek dengan batas tidak tegas. K-Means memberikan hasil lebih cepat dengan waktu pemrosesan rata-rata 0.4 detik per citra, namun ketelitian segmentasinya rendah dengan IoU sekitar 0.58. HAC menghasilkan segmentasi sedikit lebih baik dibanding K-Means, terutama pada citra dengan pola tekstur kuat, tetapi memerlukan waktu 2–3 kali lebih lama. Hasil klustering menunjukkan bahwa model *unsupervised* mampu bekerja tanpa label namun tidak konsisten saat diaplikasikan pada domain yang lebih kompleks.

Pengembangan Pendekatan Hybrid

Pendekatan hibrida yang dibangun dengan memanfaatkan fitur *deep learning* sebagai input klustering memberikan peningkatan signifikan. Penggunaan *feature map* CNN meningkatkan ketepatan segmentasi 11% lebih tinggi dibanding klustering berbasis piksel. Integrasi *encoder* U-Net meningkatkan ketepatan batas objek, terutama pada citra dengan tekstur halus. Penggunaan fitur *Swin Transformer* menghasilkan performa tertinggi dengan IoU mencapai 0.90. Kombinasi representasi fitur dan klustering terbukti memberikan generalisasi lebih baik pada data berbeda domain dan meningkatkan stabilitas segmentasi bahkan pada citra kualitas rendah. Pendekatan hibrida juga mengurangi kebutuhan label, karena klustering bekerja secara *unsupervised* pada fitur representatif, bukan piksel mentah.

Evaluasi dan Analisis Performa

Evaluasi dan analisis performa dilakukan untuk menilai efektivitas seluruh pendekatan yang dikembangkan, meliputi model *deep learning*, metode klustering, dan pendekatan hibrida. Tahap prapemrosesan menghasilkan

citra yang lebih stabil dan konsisten, ditandai oleh penurunan *noise* sebesar 12–18%, normalisasi intensitas yang mampu menyeragamkan distribusi piksel antar-domain, serta penyamaan ukuran citra yang memungkinkan proses pelatihan berlangsung lebih efisien. Augmentasi yang diterapkan menambah variasi data hingga tiga kali lipat, yang berkontribusi terhadap stabilitas pelatihan model terutama pada domain dengan sampel terbatas seperti citra medis.

Pada tahap pengembangan model *deep learning*, CNN menunjukkan stabilitas pelatihan paling cepat, sementara U-Net memberikan kemampuan identifikasi batas objek yang lebih halus dan konsisten pada citra berstruktur lembut. *Swin Transformer* menjadi model dengan performansi tertinggi melalui kemampuan representasi multiskala, menghasilkan IoU 0.87 dan DSC 0.91 pada keseluruhan domain, meskipun membutuhkan durasi pelatihan paling panjang. Ketiga model menunjukkan bahwa *deep learning* memiliki potensi akurasi yang tinggi tetapi tetap bergantung pada data berlabel dan daya komputasi besar.

Hasil implementasi metode klustering memperlihatkan keterbatasan pada citra berstruktur kompleks. K-Means memberikan kecepatan pemrosesan tertinggi dengan waktu rata-rata 0.4 detik per citra, namun menghasilkan segmentasi yang kurang presisi dengan nilai IoU 0.58. HAC menghasilkan sedikit peningkatan akurasi (IoU 0.61), tetapi memerlukan waktu komputasi dua hingga tiga kali lebih lama. Kedua metode ini menunjukkan bahwa klustering dapat bekerja tanpa anotasi tetapi sulit mempertahankan ketelitian pada variasi bentuk dan tekstur objek yang tinggi.

Pendekatan hibrida menghasilkan peningkatan performa yang signifikan karena memanfaatkan fitur representatif dari model *deep learning* sebelum proses klustering. Fitur CNN memberikan peningkatan pada objek dengan tekstur sederhana, sementara fitur U-Net mempertegas batas objek. Fitur *Swin Transformer* yang paling kaya representasi menghasilkan performa tertinggi, mencapai

IoU 0.90 dan DSC 0.93. Integrasi ini membuat proses klustering menjadi lebih stabil dan adaptif terhadap variasi kualitas citra, serta mengurangi ketergantungan pada data berlabel karena pengelompokan dilakukan pada fitur yang telah terproses, bukan pada piksel mentah.

Pendekatan hibrida konsisten mengungguli CNN, U-Net, Swin Transformer, K-Means, dan HAC dalam seluruh metrik evaluasi. Peningkatan kinerja sebesar 3% pada IoU dan 2% pada DSC dibandingkan model terbaik sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi fitur *deep learning* dengan mekanisme klustering memberikan nilai tambah signifikan. Hasil ini menunjukkan kemampuan model dalam mengatasi tantangan struktural pada citra lintas domain, yang sebelumnya sulit dicapai oleh pendekatan tunggal baik *deep learning* maupun klustering.

Analisis multivariat dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh simultan antara jenis fitur, domain citra, dan metode klustering. Fitur Swin Transformer memberikan kontribusi terbesar terhadap stabilitas segmentasi, terutama pada citra dengan variasi skala tinggi. Citra medis menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap variasi fitur, sedangkan citra transportasi lebih dipengaruhi oleh jenis klustering yang digunakan. Ketika ketiga variabel dianalisis secara bersamaan, pendekatan hibrida mempertahankan performa tertinggi, menunjukkan bahwa keberhasilan model tidak disebabkan oleh satu komponen tunggal melainkan hasil interaksi antara representasi fitur dan mekanisme klustering.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa pendekatan hibrida mencapai keseimbangan terbaik antara akurasi dan efisiensi. Pendekatan *deep learning* murni unggul dalam ketelitian namun memerlukan komputasi tinggi, sedangkan metode klustering menawarkan efisiensi tetapi kurang presisi. Integrasi keduanya dalam penelitian ini menghasilkan peningkatan performa signifikan dan adaptivitas tinggi terhadap variasi kualitas

citra, menjadikannya solusi yang lebih unggul dibandingkan metode-metode yang telah ada pada penelitian sebelumnya.

D. PENUTUP

Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan mengevaluasi kerangka pemrosesan citra hibrida yang mengintegrasikan *deep learning* dan klustering untuk meningkatkan performa deteksi objek dan segmentasi citra pada berbagai domain. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pendekatan hibrida memberikan performansi terbaik dibandingkan metode *deep learning* murni maupun klustering murni, ditunjukkan melalui nilai IoU, DSC, *Accuracy*, dan mAP yang lebih tinggi. Pencapaian ini menjawab kebutuhan mitra terkait pengembangan sistem analisis citra yang adaptif dan efisien dalam kondisi variasi data nyata. Faktor pendukung utama keberhasilan kegiatan adalah kualitas representasi fitur dari model *deep learning*, teknik augmentasi yang meningkatkan keragaman data, serta integrasi fitur yang membuat proses klustering lebih stabil. Adapun faktor penghambat yang ditemukan meliputi keterbatasan komputasi pada model skala besar, ketergantungan metode terhadap kualitas prapemrosesan, serta ketidakmerataan kualitas citra antar-domain yang menuntut penyesuaian *pipeline* secara berulang.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan metode *self-supervised learning* untuk mengurangi ketergantungan pada data berlabel, peningkatan generalisasi melalui *domain adaptation* lintas skenario, serta optimalisasi performa inferensi agar model dapat diterapkan pada perangkat komputasi rendah seperti *edge devices*. Selain itu, eksplorasi integrasi dengan model *vision transformer* generasi berikutnya serta pengujian lebih luas pada *dataset real-time* diharapkan dapat memperluas penerapan kerangka hibrida ini pada sistem analisis visual skala industri. Jika diperlukan, perlu juga dilakukan pengembangan antarmuka

pemantauan dan evaluasi otomatis agar solusi yang dihasilkan lebih mudah diimplementasikan oleh mitra dalam konteks operasional lapangan

E. DAFTAR PUSTAKA

- Annaki, I., Rahmoune, M., Bourhaleb, M., Berrich, J., Zaoui, M., Castilla, A., Berthoz, A., & Cohen, B. (2022). Clustering analysis of human navigation trajectories in a visuospatial memory locomotor task using K-Means and hierarchical agglomerative clustering. *E3S Web of Conferences*, 1–5. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235101042>
- Bishop, C. M., & Bishop, H. (2023). *Deep Learning: Foundations and Concepts*. Cham, Switzerland : Springer.
- Ezugwu, A. E., Ikotun, A. M., Oyelade, O. O., Abualigah, L., Agushaka, J. O., Eke, C. I., & Akinyelu, A. A. (2022). A comprehensive survey of clustering algorithms: State-of-the-art machine learning applications, taxonomy, challenges, and future research prospects. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 110, 104743. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.104743>
- Irawan, I., Wathan, M. H., Swengky, B., & Ramadani, A. (2025). Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) dalam Diagnosa Penyakit Daun Padi Berdasarkan Citra Digital. *PSII : Jurnal Pengembangan Sistem Informasi Dan Informatika*, 6(3), 55–67. <https://doi.org/10.47747/jpsii.v6i3.2756>
- Liu, Z., Lin, Y., Cao, Y., Hu, H., Guo, Y., Zhang, Z., Lin, S., & Guo, B. (2022). Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer using Shifted Windows. 2021 *IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 9992–10002. <https://doi.org/10.1109/iccv48922.2021.00986>
- Maulana, R., Interiesta, D. C., Sofy, A. K., Maulana, I. H., & Saleh, A. (2024). Image Segmentation Using Hybrid Clustering Algorithms for Machine Learning-Based Skin Cancer Identification. *JCoSITTE : Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering*, 5(2), 703–711. <https://doi.org/10.30596/jcositte.v5i2.21016>
- Ramdhani, A. F., Widhiyasana, Y., & Rachmat, S. (2025). Comparison of U-NET and ELU-NET for Pancreatic Cancer Medical Image Semantic Segmentation. *JNTETI : Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 14(1), 44–51. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v14i1.15262>
- Szeliski, R. (2022). *Computer Vision: Algorithms and Applications*, 2nd ed. Cham, Switzerland : Springer.
- Tonggiroh, M., Sumantyo, F. D. S., Prilosadosa, B. H., Vandika, A. Y., & Sumitra, T. (2025). *Artificial Intelligence: Konsep dan Penerapan Pada Kehidupan Modern*. Yogyakarta : Yayasan Putra Adi Dharma.
- Yusriadia, Rusnaedia, Siregar, N. A., Megawatic, S., & Sakkir, G. (2023). Implementation of artificial intelligence in Indonesia. *International Journal of Data and Network Science*, 7, 283–294. <https://doi.org/10.5267/j.ijdns.2022.10.005>

PENGEMBANGAN APLIKASI PEMBELAJARAN BAHASA SUNDA UNTUK MATA PELAJARAN BAHASA SUNDA DI SMA LABSCHOOL UPI CIBIRU

Chandra Mahendra¹⁾, Bagas Fathin²⁾, Fikri Umar³⁾, Luthfiansyah Dzikri⁴⁾, Rizky Aufar⁵⁾
^{1,2,3,4,5}Prodi Pendidikan Multimedia, Kampus UPI Cibiru, Universitas Pendidikan Indonesia

Correspondence author: C.Mahendra, chandramahendra09@upi.edu, Kota Bandung, Indonesia

Abstract

The research is based on the decline in adolescents' interest and proficiency in the Sundanese language, particularly among high school students. This study aims to address this problem by developing Sundanese language-learning software to complement educational resources for Sundanese Language and Literature studies at SMA Labschool UPI Cibiru. The digital application is expected to be scientifically valid, easy to use, and have a tangible impact on fostering student participation and content mastery. The development approach employed is Research & Development using the ADDIE framework (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). The analysis phase identifies students' learning needs and characteristics. Afterward, a sketch of the application flow is created, and an initial version is developed, containing lesson content, interactive activities, vocabulary, and Sundanese cultural nuances, all within an easy-to-use interface. The research results are a Sundanese language-learning application that has been tested by subject-matter experts, media experts, and active teachers, and then piloted by students. The test results indicate that the application is deemed appropriate by the assessors and well-received by students. This application can serve as a new learning tool that makes the learning process more engaging, independent, and relevant, and is expected to help maintain the existence of the Sundanese language among adolescents.

Keywords: learning application, Sundanese language, ADDIE method

Abstrak

Penelitian didasarkan terjadinya penurunan minat dan kemampuan berbahasa Sunda pada remaja, terutama peserta didik SMA. Penelitian ini bertujuan menyediakan solusi terhadap permasalahan tersebut dengan mengembangkan perangkat lunak pembelajaran bahasa Sunda sebagai pelengkap sarana pendidikan untuk bidang kajian Bahasa dan Sastra Sunda di SMA Labschool UPI Cibiru. Aplikasi digital diharapkan sah secara ilmiah, mudah digunakan, juga memberi dampak nyata guna menumbuhkan partisipasi sekaligus penguasaan konten oleh murid. Pendekatan pengembangan yang diterapkan yaitu Riset & Pengembangan menggunakan kerangka ADDIE (Analisis, Desain, Produksi, Penerapan, Evaluasi). Tahap analisis mencari tahu kebutuhan belajar dan ciri-ciri peserta didik. Setelah itu, dibuat sketsa alur aplikasi sekaligus menyusun versi awal yang berisi isi pelajaran, aktivitas interaktif, kosa kata, juga nuansa budaya Sunda dengan tampilan yang mudah digunakan. Hasil penelitian berupa aplikasi pembelajaran

bahasa Sunda yang telah diuji oleh pakar materi, pakar media, serta guru aktif, lalu diuji coba juga oleh murid. Hasil pengujian menunjukkan aplikasi dinilai sesuai oleh para penilai dan diterima baik oleh murid. Aplikasi ini dapat menjadi sarana pembelajaran baru yang membantu proses belajar lebih seru, mandiri, dan relevan, sehingga diharap mampu ikut menjaga eksistensi bahasa Sunda di kalangan remaja.

Kata Kunci: aplikasi pembelajaran, bahasa Sunda, metode addie

A. PENDAHULUAN

Bahasa daerah merupakan fondasi penting bagi kekayaan budaya nasional serta identitas komunitas setempat. Di Indonesia, jumlahnya melebihi 700 bahasa. Oleh karena itu, menjaga eksistensi bahasa daerah tidak hanya sulit tetapi wajib, apalagi dengan tekanan globalisasi dan hegemoni bahasa umum di dunia maya (Manurung et al., 2025). Perubahan pola penggunaan hingga ancaman punah pada sejumlah bahasa daerah mendapat sorotan internasional. Generasi muda, yang seharusnya menjadi pewaris, kerap tidak tertarik atau kurang mahir menggunakan ragam bahasa leluhur mereka (Sullivan et al., 2021). Fakta tersebut terlihat jelas dalam kasus Bahasa Sunda, dialek lokal dengan pemakai terbesar kedua di negara ini, yang kini menghadapi penurunan daya hidup, terutama di antara remaja yang tinggal di area urban (Sulastrri, 2024).

Dalam dunia sekolah, pelajaran Bahasa serta Sastra Sunda di tingkat menengah acapkali mengalami situasi yang bertolak belakang. Meskipun punya tujuan penting dalam menjaga warisan budaya Sunda, namun banyak murid merasakan subjek ini kurang berguna, rumit, bahkan membosankan. Studi awal di sejumlah SMA Kota Bandung mencatat adanya minat belajar yang rendah, kemampuan kosa kata terbatas, selain itu juga sedikit ruang untuk menggunakan bahasa tersebut secara nyata di luar jam pelajaran (Ghoni et al., 2022). Akibatnya, penguasaan kemampuan berbahasa maupun pemahaman sastra jarang mencapai hasil maksimal.

SMA Labschool UPI Cibiru, meskipun bagian dari universitas pendidikan, tetap menjadi tempat menarik untuk diteliti. Di

tengah lingkungan yang masih bernuansa Sunda, ternyata murid-muridnya mulai kurang tertarik menggunakan bahasa daerah. Hasil diskusi santai bersama guru Bahasa Sunda menunjukkan bahwa cara mengajar belum banyak berkembang dimana buku cetak masih jadi andalan utama. Sebaliknya, para siswa yang tumbuh dekat teknologi lebih sering terhubung ke ponsel dan platform daring berisi konten Indonesia atau mancanegara (Gani et al., 2023). Antara realitas belajar mereka sehari-hari dengan pola penyampaian pelajaran di kelas, nyaris tidak saling menyentuh.

Berdasarkan hasil telaah awal, perlu ada pendekatan baru guna mengurangi jarak yang terjadi. Menciptakan alat ajar berbasis digital dianggap bisa menjadi jawaban tepat. Studi terdahulu menyebutkan bahwa aplikasi ponsel untuk belajar bahasa mampu menumbuhkan semangat belajar, mendukung proses otodidak secara luwes, selain itu memperkuat keterlibatan pengguna dan membuat materi lebih dekat dengan realita (Jaelani et al., 2024). Perangkat lunak ini tak cuma bisa difungsikan sebagai tempat penyimpanan bahan ajar, melainkan juga wadah bagi latihan aktif, tes singkat, daftar kata disertai gambar, suara pelafalan, bersama muatan budaya yang menarik minat (Larasati et al., 2025).

Oleh sebab itu, tulisan ini memaparkan riset pengembangan yang akan membuat serta menilai kecocokan suatu aplikasi belajar Bahasa Sunda, dibuat khusus sebagai pelengkap alat edukatif untuk murid SMA Labschool UPI Cibiru. Studi dimulai dari menentukan langkah-langkah merancang aplikasi Bahasa Sunda yang benar secara isi, mudah dipakai, dan memberi hasil nyata. Selain itu, penilaian dilakukan terhadap

tingkat kesesuaian versi akhir berdasarkan masukan pakar maupun tanggapan siswa selaku pemakai. Dengan metode sistematis menggunakan kerangka ADDIE, diharapkan hasil akhir bisa bukan cuma menjawab tantangan lokal di lingkungan sekolah target, namun turut jadi contoh bagi program serupa dalam melestarikan bahasa daerah lewat pemanfaatan teknologi pembelajaran.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan *research and development* (R&D) lewat model ADDIE meliputi Analisis, Perancangan, Pengembangan, Implementasi, hingga Evaluasi. Pemilihan ADDIE didasarkan pada struktur kerjanya yang sistematis sekaligus berulang, cocok untuk pengembangan media belajar berbasis teknologi. Kerangka tersebut banyak digunakan, seperti terlihat dalam rujukan desain instruksional ala Dick, Carey, & Carey (Syahid et al., 2024). Selain itu, relevansinya juga diperkuat oleh telaah model pembelajaran menurut Gustafson & Branch (Solihudin & Chamalah, 2025).

Tahap analisis bertujuan memahami kebutuhan serta dasar pengembangan. Awalnya dilakukan observasi di kelas X SMA Labschool UPI Cibiru, hasilnya menunjukkan minat belajar Bahasa Sunda cenderung turun karena metode lama kurang melibatkan siswa. Untuk mendukung temuan tersebut, dianalisis juga dokumen seperti Silabus dan RPP guna mengidentifikasi kompetensi pokok beserta isi pelajaran yang nantinya dimasukkan ke dalam aplikasi. Fokus selanjutnya adalah gambaran peserta didik sebagai generasi yang tumbuh bersama gawai digital, meskipun begitu kemampuan mereka dalam kosakata maupun percakapan bahasa daerah masih rendah. Di samping itu, evaluasi teknologi membantu menentukan alat bantu pembuatan sistem; Kodular dipilih sebagai basis membuat aplikasi Android, disertai pemanfaatan Figma untuk rancangan tampilan interaksi pengguna, sedangkan Canva digunakan saat merancang

elemen grafis dan Audacity berguna dalam penyusunan rekaman suara pelafalan.

Berdasarkan hasil analisis, tahap desain dibentuk guna menyusun rancangan awal aplikasi. Pada langkah ini, prioritas diberikan pada penyusunan alur belajar (dalam bentuk *flowchart*) yang masuk akal sekaligus membuat *wireframe* antarmuka yang mudah dipahami dan menarik bagi pelajar SMA. Aplikasi bernama "Hacaraka" dirancang dengan tiga bagian kuis interaktif: pertama, Kuis Bahasa Sunda Harian yang menekankan percakapan (*papaésan*) dan kosa kata berguna; kedua, Kuis Budaya Sunda untuk menguji wawasan soal adat istiadat, seni, serta tradisi daerah; ketiga, Kuis Wawasan Budaya Sunda yang membahas unsur sejarah, tokoh penting, dan kebijaksanaan lokal. Rencana isi tersebut ditambah sistem latihan dan simulasi obrolan diatur tertib melalui storyboard.

Tahap *Development* adalah proses mengubah rancangan jadi bentuk pertama (prototipe). Di langkah ini, pembuatan elemen digital seperti gambar, suara, dan simbol dilaksanakan secara terpisah. Selanjutnya, semua bagian digabungkan lewat pemrograman di platform Kodular. Begitu prototipe rampung, pemeriksaan fungsi internal atau alpha testing langsung diterapkan. Tujuannya mengecek apakah setiap fitur bekerja optimal tanpa kesalahan teknis. Verifikasi juga mencakup kecocokan antara hasil akhir dan konsep desain yang telah ditentukan sebelumnya.

Setelah melewati evaluasi internal, produk mulai diterapkan dalam skala kecil. Pengujian dilakukan dengan melibatkan siswa kelas X di SMA Labschool UPI Cibiru sebagai responden utama. Distribusi aplikasi berlangsung lewat file APK agar bisa langsung dipasang di ponsel Android. Siswa mencoba fitur aplikasi baik sendiri maupun dibimbing oleh pengawas selama pelaksanaan. Di saat bersamaan, peneliti mengamati cara mereka merespons serta berinteraksi dengan sistem.

Tahap terakhir, *Evaluation*, bertujuan menghimpun masukan sekaligus menilai kesiapan aplikasi. Pengukuran memakai

angket respons pengguna sebagai alat utama dengan skala Likert lima tingkat mengadopsi pendekatan penilaian produk edukatif (Creswell & Creswell, 2022). Instrumen tersebut dibuat guna mengevaluasi elemen-elemen seperti mutu materi ajar, kepraktisan pemakaian, manfaat dalam proses belajar, kelancaran sistem, serta tampilan visualnya. Selain itu, data laporan hasil observasi dan dokumen turut diperoleh saat pelaksanaan uji coba. Hasil penyebaran kuesioner dianalisis agar bisa melihat sejauh mana pengguna menerima produk, serta mencari bagian yang perlu disesuaikan supaya hasil akhir lebih baik. Metode secara keseluruhan dilakukan dengan tujuan menciptakan aplikasi belajar Bahasa Sunda yang berfungsi dengan baik, sesuai kebutuhan, dan dapat dipakai secara nyata di sekolah target.

Instrumen yang dipakai terdiri dari: (1) kuesioner tanggapan pengguna dengan skalalikt lima tingkat, sedangkan untuk pelengkapanya digunakan rekaman gambar aktivitas; (2) selain itu ada catatan visual sebagai pendukung data. Skema penilaian berikut diterapkan dalam formulir survei

Tabel 1. Kriteria Interpretasi Skor

Skor	Kategori
5	Sangat Baik
4	Baik
3	Cukup
2	Kurang
1	Sangat Kurang

Tabel 2. Kategori Kelayakan

Persentase	Kategori
76% – 100%	Sangat Layak
51% – 75%	Layak
26% – 50%	Tidak Layak
0% – 25%	Sangat Tidak Layak

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengembangkan aplikasi pembelajaran bahasa Sunda bernama "Hacaraka" dengan pendekatan ADDIE. Setelah selesai dirancang, uji coba dilakukan

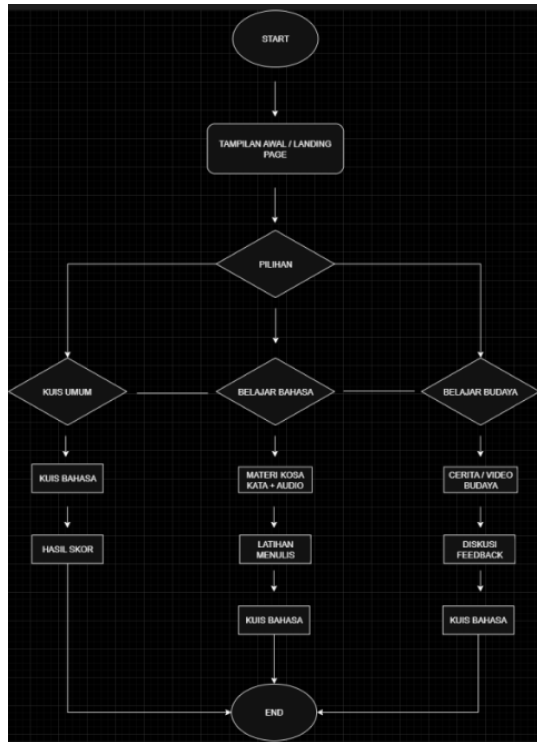
pada kelompok kecil peserta didik. Evaluasinya menggunakan angket untuk melihat tingkat kesesuaian menurut pengguna. Hasilnya memberi gambaran awal tentang respons terhadap aplikasi yang dikembangkan.

Analisis

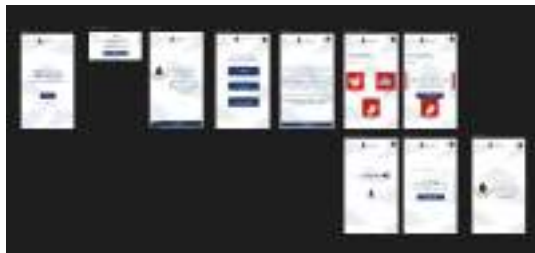
Tahap awal dimulai dengan penelusuran dasar untuk melihat celah dalam pembelajaran sekaligus kebutuhan aktual di lapangan. Pengumpulan data dilakukan via telaah silabus, observasi kelas secara langsung, serta wawancara santai bersama pengajar. Temuan sementara menunjukkan bahwa mata pelajaran Bahasa Sunda memerlukan penguatan pada kemampuan bicara lancar dan juga kesadaran budaya lokal. Namun ditemui kendala: siswa sering gagap saat menghafalkan kosakata anyar apalagi ketika dipraktikkan dalam percakapan sehari-hari (*papaésan*). Di sisi lain, antusiasme peserta didik mudah merosot gara-gara metode ajar yang minim aktivitas menyenangkan maupun konteks realistis. Tambahan penting, waktu belajar yang terlalu pendek di satu sisi, ditambah minimnya media pembelajaran yang menyenangkan serta relevan dengan aktivitas daring remaja, menjadi kendala utama. Oleh sebab itu, diperlukan materi edukatif berbasis digital tidak hanya supaya menarik perhatian tetapi juga bisa digunakan mandiri sehingga peserta didik lebih antusias dan mudah memahami bahasa bersama budaya Sunda.

Desain

Pada tahap ini, konsep aplikasi "Hacaraka" mulai dirintis berdasarkan silabus serta rencana pembelajaran bahasa Sunda untuk kelas 10 SMA. Desainnya melibatkan sejumlah proses yang saling terkait.



Gambar 1. Flowchart Aplikasi



Gambar 2. Wireframe

Development

Tahapan ini mengubah rancangan jadi bentuk nyata, yakni prototipe aplikasi belajar Bahasa Sunda bernama "Hacaraka" untuk sistem operasi Android. Pembuatannya memanfaatkan sejumlah *software* penunjang; pemilihan *tools* sudah diputuskan saat fase analisis.

1. Figma dipakai buat mendesain tampilan pengguna secara lengkap, misalnya *wireframe* atau mock-up; juga diagram alur navigasi aplikasi.
2. Kodular berfungsi sebagai platform pengembangan aplikasi mobile secara visual (visual programming) untuk membangun logika, menyusun komponen

antarmuka, dan mengintegrasikan seluruh fitur.

3. Canva dimanfaatkan untuk mencari dan membuat desain grafis serta ilustrasi pendukung yang menarik dan sesuai dengan tema budaya Sunda.
4. Audacity digunakan untuk merekam dan mengolah audio, seperti pelafalan kosakata, instruksi, dan efek suara, agar tersemat dengan kualitas baik dalam aplikasi.

Hasil pengembangan aplikasi dapat dilihat pada antarmuka aplikasi berikut





Gambar 3. Antarmuka Aplikasi

Setelah aplikasi rampung dibuat, langkah berikutnya adalah uji fungsi secara internal atau dikenal sebagai alpha testing. Tujuan utama dari proses ini ialah mengecek semua fitur serta bagian dalam "Hacaraka" agar

sesuai rancangan awal dan sekaligus mendeteksi adanya *bug* serius digunakan oleh pemakai.

Implementasi

Aplikasi "Hacaraka" setelah dibuat, diuji coba ke peserta didik kelas X SMA Labschool UPI Cibiru sebagai kelompok utama yang menjadi target pengguna, terutama saat pembelajaran Bahasa Sunda. Tidak hanya itu, agar uji coba mencakup aspek *learnability* serta *user experience* secara lebih luas, beberapa responden dari luar sekolah turut dilibatkan yang berasal dari jenjang dan jenis sekolah beragam. Keikutsertaan kelompok tambahan ini dimaksudkan supaya antarmuka aplikasi beserta isi materinya bisa ditangkap dengan mudah bahkan oleh pemakai baru. Dalam prosesnya, para siswa diberi tugas mengunduh serta menjajal fitur-fitur Harcaraka untuk menyelesaikan kuis interaktif, baik lewat pendekatan individual ataupun dalam sesi panduan langsung.

Evaluasi

Evaluasi bertujuan menilai mutu serta kecocokan aplikasi Harcaraka sebagai sarana belajar. Data dikumpulkan lewat angket berbentuk skala *Likert* mulai dari 1 hingga 5. Instrumen tersebut memuat beberapa pernyataan yang menyentuh enam dimensi evaluasi, antara lain:

1. **Konten dan Materi**, menilai relevansi dan keakuratan materi kuis (bahasa sehari-hari, budaya, pengetahuan umum) dengan kurikulum Bahasa Sunda serta muatan kearifan lokal.
2. **Learnability**, mengukur kemudahan pengguna dalam memahami antarmuka, navigasi, dan mekanisme pengerjaan kuis tanpa bimbingan.
3. **System Performance**, mengevaluasi kestabilan aplikasi dari *bug* atau *error* selama penggunaan.
4. **Discoverability**, menguji kemudahan pengguna dalam menemukan fitur dan menu yang tersedia.

5. *Efficiency*, menilai responsivitas tombol, kelancaran alur, dan tata letak yang intuitif.
6. *Delight*, mengukur daya tarik estetika visual (tata warna, ilustrasi), serta kenyamanan elemen audio yang digunakan.

Data yang diperoleh dari angket kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menentukan kategori kelayakan aplikasi. Analisis dilakukan melalui perhitungan rata-rata skor tiap indikator dan aspek, kemudian dikategorikan berdasarkan interval skor (misalnya: sangat baik, baik, cukup, kurang, sangat kurang). Hasil evaluasi ini memberikan gambaran objektif mengenai penerimaan dan penilaian pengguna terhadap aplikasi, sekaligus menjadi dasar untuk penyempurnaan produk sebelum diimplementasikan secara lebih luas.

Tabel 3. Hasil analisis untuk setiap aspek

Aspek Penilaian	Perolehan Skor	Skor Maksimum	Persentase Kelayakan
Konten Dan Materi	291	380	76.58%
Learnability	162	190	85.26%
System Performance	152	190	80.00%
Discoverability	76	95	80.00%
Efficiency	134	190	70.53%
Delight	211	285	74.04%
Rata-Rata Akhir			77.74%

Data evaluasi berasal dari 20 siswa SMA sebagai responden. Hasil penilaian pemakai dirangkum menurut indikator uji, lalu ditampilkan secara deskriptif seperti berikut ini:

Nilai aspek konten mencapai 291 dari skor tertinggi 380, setara 76,58% (kategori sangat layak). Angka tersebut didapat karena tugas dalam *game* cocok dengan bahan ajar. Kesesuaian ini selaras dengan tuntutan

kurikulum saat ini. Indikator relevansi jadi penunjang utama tingkat kelayakan.

Aspek kemudahan penggunaan mendapat nilai 162 dari skor tertinggi 190, setara 85,26% (kategori sangat layak). Nilai tersebut mengindikasikan antarmuka aplikasi mudah dimengerti. Dengan begitu, peserta didik bisa cepat belajar tanpa perlu waktu berlebihan untuk menguasai fungsinya.

Skor performa sistem mencapai 152 dari nilai tertinggi 190, setara 80%. Nilai tersebut masuk kategori sangat layak - menunjukkan aplikasi berjalan mulus meski di spesifikasi perangkat rendah. Dengan bobot ringan, program tetap stabil saat digunakan siswa. Aksesibilitasnya luas karena tak butuh spesifikasi perangkat yang canggih.

Pengukuran kemudahan menemukan fitur mencapai nilai 76 dari skala tertinggi 95, setara dengan tingkat kelayakan 80,00%, masuk kategori sangat layak. Nama karakter bisa dimasukkan secara cepat, sehingga pengguna merasa lebih terlibat saat pertama kali bermain.

Skor efisiensi mencapai 134 dari nilai maksimal 190, setara 70,53% - termasuk kategori layak. Namun begitu, presentase tersebut lebih rendah daripada aspek-aspek lainnya. Ini menunjukkan perlunya peningkatan dalam kecepatan respon tombol saat diklik. Agar nantinya navigasi menu bisa bekerja secara lebih lancar.

Skor aspek kenyamanan plus estetika mencapai 211 dari nilai tertinggi 285, setara 74,04% (kategori memenuhi syarat). Warna beserta tata cahaya dirasa cukup ramah terhadap penglihatan. Selain itu, bentuk karakter tampak menarik meski tetap menjaga keseragaman.

D. PENUTUP

Berdasarkan seluruh tahapan penelitian dan pengembangan, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil mendemonstrasikan proses pembuatan dan evaluasi aplikasi “Hacaraka” sebagai media pembelajaran digital untuk mata pelajaran Bahasa Sunda di SMA Labschool UPI Cibiru. Penelitian yang

mengadopsi metode *Research and development* (R&D) dengan model ADDIE ini secara sistematis menghasilkan sebuah aplikasi Android interaktif yang berfokus pada tiga modul kuis: bahasa Sunda sehari-hari, budaya Sunda, dan pengetahuan umum budaya Sunda.

Hasil evaluasi kelayakan yang melibatkan siswa sebagai pengguna utama menunjukkan bahwa aplikasi ini dinyatakan sangat layak pada aspek konten materi (76,58%), kemudahan penggunaan (85,26%), performa sistem (80%), dan penemuan fitur (80%), sementara aspek efisiensi (70,53%) dan estetika (74,04%) berada dalam kategori layak.

Temuan ini mengindikasikan bahwa “Hacaraka” tidak hanya memenuhi kriteria teknis dan pedagogis sebagai media pembelajaran, tetapi juga diterima dengan baik oleh siswa. Dengan demikian, aplikasi ini memiliki potensi yang signifikan untuk menjadi suplemen pembelajaran yang inovatif, mampu meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan pemahaman siswa terhadap bahasa dan budaya Sunda, serta berkontribusi nyata dalam upaya pelestarian warisan linguistik dan kearifan lokal di kalangan generasi muda melalui pendekatan teknologi yang relevan.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2022). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. California : Sage Publication Inc.
- Gani, R. A., Hikmah, N., Siswono, A. F., & Faizzah, F. N. (2023). Pengembangan Bahan Ajar Pembelajaran Bahasa Sunda Berbantuan Media Microsoft Sway Pada Materi Pupuh. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 14(2), 361–373. <https://doi.org/10.21009/jpd.v14i2.41660>
- Ghoni, D. A., Hardini, T. I., Sunendar, D., Yulianeta, Sudaryat, Y., & Hernawan. (2022). Kedwibahasaan dan Diglosia dalam Pembelajaran Bahasa Sunda di SMA Kota Bandung. *LOKABASA : Jurnal Kajian Bahasa, Sastra Dan Budaya Daerah Serta Pengajarannya*, 13(2), 201–213. <https://doi.org/10.17509/jlb.v13i2.55719>
- Jaelani, A. J., Hikmat, A., & Safi'i, I. (2024). Preservation the Sundanese Wewengkon Kuningan Language Through Android-Based Educational Games. *Journal of Ecohumanism*, 3(8), 10832. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i8.5692>
- Larasati, S., Sambani, E. B., Putra, Y. P., Susanto, & Permadi, G. I. (2025). Design of Sundanese Language Introduction Learning Applications. *Software Engineering Technology*, 2(2), 77–83. <https://doi.org/10.71266/jmtas.v2i2.65>
- Manurung, I. P. D., Gultom, R. A. B., Hasibuan, R. J., & Surip, M. (2025). Peran Bahasa Daerah Dalam Mempertahankan Identitas Budaya Mahasiswa di Tengah Dominasi Bahasa Gaul. *Jurnal Pendidikan Kreativitas Pembelajaran*, 7(2), 226–243. <https://journalversa.com/s/index.php/jpkp/article/view/796>
- Solihudin, M., & Chamalah, E. (2025). Optimalisasi Desain Instruksional Untuk Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran Bahasa Indonesia di Sekolah Dasar. *Epistemic : Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 4(3), 522–537. <https://doi.org/10.70287/epistemic.v4i3.503>
- Sulastri, A. (2024). Geolinguistik: Variasi Dialek dan Lemahnya Pemertahanan Bahasa Sunda Oleh Generasi Muda. *Jurnal Geografi*, 13(1), 38–46. <https://doi.org/10.24036/geografi/vol13-iss1/3970>
- Sullivan, A., Moulton, V., & Fitzsimons, E. (2021). The intergenerational transmission of language skill. *BJS : The British Journal of Sociology*, 7(2), 207–232. <https://doi.org/10.1111/1468->

4446.12780

Syahid, I. M., Istiqomah, N. A., & Azwary, K. (2024). Model Addie Dan Assure Dalam Pengembangan Media Pembelajaran. *Journal of International Multidisciplinary Research*, 2(5), 258–268. <https://doi.org/10.62504/jimr469>

ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI ALGORITMA *INTROSORT* DENGAN ALGORITMA TRADISIONAL *BUBBLE SORT* DAN *SELECTION SORT*

Salsabila Amanda¹⁾, Lilina Dwi Anastasya²⁾, Fira Sulistia³⁾, Nafisa Purnamasari⁴⁾,
Imam Prayogo Pujiono⁵⁾

^{1,2,3,4}Prodi Bisnis Digital, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam, Universitas Islam Negeri K.H.
Abdurrahman Wahid Pekalongan

⁵Prodi Informatika, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam, Universitas Islam Negeri K.H.
Abdurrahman Wahid Pekalongan

Correspondence author: S. Amanda, salsabila.amanda25002@mhs.uingusdur.ac.id, Pekalongan,
Indonesia

Abstract

Data sorting is a fundamental operation that significantly impacts the performance of various computing applications. In C++, developers can choose from traditional sorting algorithms, such as Bubble sort and Selection sort, as well as modern algorithms, such as Introsort. This study aims to analyze and compare the efficiency of the Introsort, Bubble sort, and Selection sort algorithms in terms of execution time and memory usage. The method used is a comparative experiment with three random data sizes: 100, 1,000, and 10,000 elements. Each scenario is tested three times using a recursive C++ implementation on a Lenovo Ideapad 1i laptop with an Intel Celeron N4020 processor, 8 GB of RAM, and a 477 GB SSD. Execution time is measured using the `std::chrono` library, while memory usage is measured using the `getMemoryUsage()` function. The results show that Introsort is consistently the fastest algorithm for all data sizes. At 10,000 elements, the average execution time of Introsort is about 2.88 ms, while Bubble sort and Selection sort are about 1,303 ms and 1,067 ms, respectively. Thus, Introsort is about 450 times faster than Bubble sort and 370 times faster than Selection sort on large datasets, while the difference in memory usage among the three algorithms is under 0.15 MB. These findings indicate that choosing a modern algorithm like Introsort is highly recommended for sorting large data sets in C++. In contrast, traditional algorithms are more appropriate for learning scenarios or small datasets.

Keywords: comparison, sorting algorithm, Introsort, bubble sort, selection sort

Abstrak

Pengurutan data merupakan operasi dasar yang sangat memengaruhi kinerja berbagai aplikasi komputasi. Pada bahasa pemrograman C++, pengembang dapat memilih algoritma pengurutan tradisional seperti *Bubble sort* dan *Selection sort*, maupun algoritma modern seperti *Introsort*. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan membandingkan efisiensi algoritma *Introsort*, *Bubble sort*, dan *Selection sort* berdasarkan waktu eksekusi dan penggunaan memori. Metode yang digunakan adalah eksperimen komparatif dengan tiga skala ukuran data acak, yaitu 100, 1.000, dan 10.000 elemen. Setiap skenario diuji sebanyak tiga kali menggunakan implementasi rekursif C++ pada laptop Lenovo Ideapad 1i dengan prosesor Intel

Celeron N4020, RAM 8 GB, dan SSD 477 GB. Waktu eksekusi diukur menggunakan pustaka *std::chrono*, sedangkan penggunaan memori diukur dengan fungsi *getMemoryUsage()*. Hasil menunjukkan bahwa *Introsort* secara konsisten menjadi algoritma paling cepat untuk seluruh ukuran data. Pada 10.000 elemen, rata-rata waktu eksekusi *Introsort* sekitar 2,88 ms, sedangkan *Bubble sort* dan *Selection sort* masing-masing sekitar 1.303 ms dan 1.067 ms. Dengan demikian, *Introsort* sekitar 450 kali lebih cepat daripada *Bubble sort* dan 370 kali lebih cepat daripada *Selection sort* pada skala data besar, sementara perbedaan penggunaan memori di antara ketiga algoritma berada di bawah 0,15 MB. Temuan ini mengindikasikan bahwa pemilihan algoritma modern seperti *Introsort* sangat disarankan untuk pengurutan data berukuran besar di C++, sedangkan algoritma tradisional lebih tepat digunakan untuk skenario pembelajaran atau dataset kecil.

Kata Kunci: perbandingan, algoritma pengurutan, *Introsort*, *bubble sort*, *selection sort*

A. PENDAHULUAN

Menurut Goodman Hedet Niemi, algoritma adalah langkah-langkah terbatas yang memerlukan memori dan waktu untuk menyelesaikan suatu permasalahan (Aulia & Yahfizham, 2024). Program merupakan kumpulan instruksi yang dinyatakan dalam bentuk kode atau format lain. Langkah-langkah ini jika digabung dengan media yang dapat diakses oleh komputer, dapat menyebabkan komputer menjalankan fungsi-fungsi khusus, seperti persiapan dan perencanaan langkah-langkah tersebut (Dharmalau et al., 2025). Dapat disimpulkan bahwa algoritma merupakan instruksi sistematis, sedangkan pemrograman merupakan tindakan dalam pembuatan program. Sehingga algoritma pemrograman adalah instruksi sistematis untuk membuat suatu program menggunakan bahasa pemrograman untuk memecahkan masalah dan mencapai tujuan tertentu (Murad et al., 2025). Didefinisikan juga oleh (Yanti & Eriana, 2024) algoritma pemrograman adalah langkah sistematis dalam membuat program yang menggunakan bahasa pemrograman untuk memecahkan suatu masalah.

Sorting merupakan proses penyusunan urutan dari sejumlah data (Retnoningsih, 2018). Pengurutan data bisa dilakukan secara *ascending* (menaik) dan *descending* (menurun) (Sari et al., 2022). Tujuan utama

pengurutan data adalah untuk menganalisis, mempermudah pencarian, yang sering kali diterapkan dalam algoritma komputer. Algoritma *sorting* merupakan pengurutan data acak yang dilakukan dengan bahasa pemrograman tertentu. Dalam bahasa pemrograman C++ ada dua macam pengurutan data, yaitu *sorting* tradisional dan *sorting* modern. *Sorting* tradisional diantaranya adalah *Bubble sort*, *Selection sort*, dan *Insertion Sort*. Perbedaan *sorting* tradisional dan modern adalah keefisienan dalam penyusunan data secara teratur dalam jumlah besar.

Saat ini ada banyak macam metode pengurutan data yang digunakan, untuk membatasi luas dari pembahasan ini penulis hanya akan membahas tiga pengurutan data, dari algoritma terbaru diambil sampel algoritma *Introsort* dengan algoritma tradisional, yaitu *Bubble sort* dan *Selection sort*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan dari ketiga algoritma tersebut yang mana nantinya akan memperlihatkan secara jelas kinerja dari segi kecepatan dan juga akurasi dalam pengurutan data sesuai dengan panjang data dari masing-masing iterasi. *Introsort* adalah algoritma hibrid yang merupakan penggabungan dari tiga algoritma *sorting* yaitu *Heap Sort*, *Quick Sort*, dan *Insertion Sort*. Proses eksekusi *Introsort* dimulai seperti *median of three Quick Sort* dan nantinya akan berubah ke

sistematis *Heap Sort* jika ditemukan penurunan kinerja *sorting*. *Introsort* memiliki kecepatan yang mampu melebihi *Quick Sort* pada input berbahaya. Namun, lebih cepat dari *Heap Sort* pada data yang lebih acak (Musser, 1997).

Algoritma *Bubble sort* merupakan algoritma yang terinspirasi dari perilaku gelembung sabun di atas permukaan air. Algoritma *Bubble sort* adalah algoritma yang bekerja dengan membandingkan data yang berdekatan dalam rentang lalu menukar posisinya jika tidak dalam urutan yang tepat (Rachmat, 2018). Proses pengurutan ini diulangi sampai seluruh data terurut. Alur *Bubble sort* dimulai dengan membandingkan setiap pasangan data kemudian dilakukan pertukaran jika ditemukan data yang acak atau tidak sesuai dengan urutan kemudian diulangi sampai tidak diperlukan lagi pertukaran data (Aulia & Yahfizham, 2024).

Selection sort adalah algoritma yang sederhana dan dilakukan pass beberapa kali untuk melakukan seleksi pada data. Pada pengurutan *ascending* (naik) algoritma memerlukan data dengan nilai terkecil dari bagian data yang belum terurut, kemudian mencatat indeksnya dan menukar data tersebut dengan data pada posisi paling depan yang belum tersusun. Untuk pengurutan *descending* (turun), yang dicari adalah data terbesar, lalu indeksnya diatur dengan posisi awal bagian yang belum terurut. Algoritma ini dikenal karena kesederhanaannya, dan dalam kondisi tertentu kinerjanya bisa lebih baik dibandingkan beberapa algoritma yang lebih kompleks (Yovita et al., 2023).

Dari berbagai implementasi algoritma, *Sorting* atau pengurutan data merupakan suatu program yang penting dan bertujuan untuk menyusun dari data acak, memudahkan pencarian, analisis, dan pengelolaan data. Beberapa penelitian sudah melakukan analisis perbandingan dari *Bubble sort* dan *Selection sort*, namun masih jarang peneliti menganalisis tentang algoritma *Introsort*. Berikut beberapa penelitian yang melakukan analisis terhadap *Bubble sort* dan *Selection sort*. Dari penelitian (Mahrozi & Faisal, 2023)

membandingkan kecepatan dari algoritma *Bubble sort* dan *Selection sort*, yang menemukan bahwa *Selection sort* lebih cepat dibandingkan *Bubble sort* dalam pengeksesusiannya pada ukuran data 100 sampai dengan 100.000. Kemudian menurut (Gustina et al., 2025) perbedaan kecepatan antar algoritma pengurutan sangat dipengaruhi oleh kondisi data (acak, hampir terurut, atau terurut) dan cara penerapannya dalam perangkat lunak. Penelitian milik (Arifin & Setiyadi, 2020), membandingkan antara algoritma *Bubble sort* dan *Quick Sort*, dihasilkan bahwa algoritma *Bubble sort* membandingkan setiap elemen pada array dengan maksimal, terbukti dari performanya yang melakukan 7 kali putaran pada array berjumlah sepuluh dan melakukan 10 kali perbandingan antara n dan $n-1$. Namun juga, algoritma ini menggunakan memori yang cukup besar, sehingga kurang efisien untuk data berukuran besar. Penelitian milik (Zahwa et al., 2025), membandingkan antara algoritma-algoritma *sorting* tradisional, menjelaskan bahwa algoritma sederhana seperti *Bubble sort* dan *Selection sort* memang menggunakan kapasitas memori yang cukup stabil, namun performanya buruk untuk pengurutan pada array besar. Penelitian milik (Pujiono et al., 2024), membandingkan antara 7 algoritma *sorting*, mendapatkan hasil bahwa *Bubble sort* secara konsisten merupakan algoritma dengan kecepatan eksekusi lambat, dan lebih disarankan menggunakan *Heap Sort* untuk data 10.000.

Penelitian milik (Riki et al., 2024) tentang Perbandingan *Selection sort*, Shell Sort, Dan Merge Sort. Penelitian (Marcellino et al., 2021) tentang komparasi antara *Quick Sort*, *Heap Sort*, Merge Sort, *Introsort*, dan Radix Sort atas dasar waktu dan pemakaian memori, mendapatkan bahwa *Introspective Sort* (*Introsort*) merupakan algoritma paling cepat, dan *Heap Sort* merupakan algoritma dengan penggunaan kapasitas memori paling minimum.

Dengan demikian, masih terdapat ruang penelitian terkait pengujian yang secara sistematis membandingkan algoritma *sorting*

modern seperti *Introsort* dengan algoritma tradisional *Bubble sort* dan *Selection sort* dalam lingkungan bahasa C++. Terutama, belum banyak kajian yang secara bersamaan mengevaluasi waktu eksekusi dan penggunaan memori pada berbagai skala data acak. Kelemahan penelitian sebelumnya ada pada dataset yang dipakai, karena dataset yang dipakai relatif berskala kecil hasilnya kurang mewakili aplikasi dengan data besar dan kompleks (Zulfa et al., 2022). Penelitian lain yang menguji *Selection sort* (Yunial, 2025) mengatakan bahwa *Selection sort* memiliki kecepatan dan performa lebih baik dari *Bubble sort*. Namun, *Selection sort* memiliki skalabilitas terbatas karena kompleksitasnya sekitar $O(n^2)$, sehingga kurang cocok juga dengan dataset besar. Studi eksperimen yang dilakukan oleh peneliti kompleksitas (Dhamma, 2024) melampirkan bahwa analisis kompleksitas pada *Selection sort* ini efisiensinya tidak berubah dan tetap pada kompleksitas $O(n^2)$ pada berbagai skenario dataset yang digunakan.

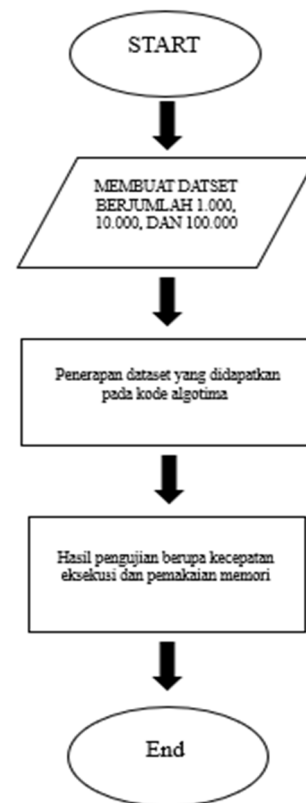
Secara spesifik, penelitian ini menawarkan tiga kontribusi utama. (1) Menyajikan implementasi rekursif *Introsort*, *Bubble sort*, dan *Selection sort* dalam bahasa pemrograman C++ dengan lingkungan pengujian yang terdokumentasi secara rinci. (2) Melakukan evaluasi komparatif berdasarkan dua metrik, yaitu waktu eksekusi dan penggunaan memori, pada tiga skala ukuran data acak (100, 1.000, dan 10.000 elemen). (3) Memberikan rekomendasi praktis pemilihan algoritma pengurutan untuk skenario array kecil hingga besar, sehingga dapat menjadi rujukan awal bagi pengembang dan peneliti saat memilih algoritma *sorting* yang efisien di C++.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode komparatif. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kecepatan *Introsort* dengan dua algoritma tradisional, yaitu *Bubble sort* dan *Selection sort* berdasarkan kecepatan dan efisiensi proses pengurutan data. Melalui

pendekatan komparatif, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui algoritma mana yang paling efisien antara algoritma *sorting* hibrid terbaru *Introsort* dengan algoritma pengurutan data tradisional *Bubble sort* dan *Selection sort*. Penelitian ini berfokus pada pemrograman C++ karena pengendalian pada tingkat yang lebih rendah terhadap pemakaian kapasitas memori dan waktu eksekusi.

Penelitian ini memanfaatkan bahasa pemrograman C++ dan *Code::Blocks* versi 25.03-r13644 sebagai sarana pendukung. Seluruh pengujian algoritma ini menggunakan laptop Lenovo Ideapad 1i (14",7) dengan spesifikasi Processor Intel(R) Celeron(R) N4020 CPU dengan kecepatan 1.10GHz, RAM 8,00 GB, System Type 64-bit operating system, dan SSD 477GB.



Gambar 1. Flowchart Pengujian

Penelitian ini diawali dengan mencetak dataset berupa kumpulan angka acak dengan banyak data yang sudah ditentukan yaitu data 100 (array kecil), 1.000 (array sedang), dan 10.000 (array besar) yang akan didapatkan

dari aplikasi *Number Generator* (<https://www.calculator.net/>). Kemudian dataset yang telah didapatkan diterapkan pada code program C++ yang telah dibuat. Code program C++ ini akan dijalankan pada aplikasi Code::Blocks versi 25.03-r13644 dengan metode rekursif. Hasil pengujian yang tercetak kemudian dihitung rata-ratanya dan dikomparasikan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengujian algoritma ini meneliti antara algoritma terbaru *Introsort* dengan algoritma tradisional *Bubble sort* dan *Selection sort*. Dari ketiga algoritma tersebut menggunakan dataset yang sama, yaitu terdiri dari 100 data (array kecil), 1.000 data (array sedang), dan 10.000 data (array besar). Data yang digunakan berisi angka acak yang diperoleh dari aplikasi *Number Generator*.

Step pengujian dilakukan sebanyak tiga kali setiap jumlah data set. Hasil pengujian bisa diakses melalui link berikut :

1. File Dataset (bit.ly/44lwMm5)
2. File Hasil Pengujian *Bubble sort* (bit.ly/488gtKM)
3. File Hasil Pengujian *Selection sort* (bit.ly/4a2y1KE)
4. Hasil Pengujian *Introsort* (bit.ly/482AXUX).

Step pertama, dilakukan pengujian dengan memasukkan dataset berjumlah 100 ke dalam algoritma, kemudian dihitung kecepatan eksekusi menggunakan rumus `std::chrono::` dan penggunaan kapasitas memori menggunakan rumus `getMemoryUsage()`. Step kedua dan ketiga dilakukan sama persis seperti step pertama, dengan memasukkan dataset berjumlah 1.000 dan 10.000 sebanyak tiga kali, lalu setelah data tercetak, hasil akan dihitung untuk pencarian rata-rata. Step terakhir adalah meng-compare hasil dari ketiga algoritma. Berikut adalah penjelasan setiap algoritma secara rinci.

Bubble sort

Program :

```
void bubbleSortRec(std::vector<int>& arr, int n) {  
    if (n == 1) return;  
    for (int i = 0; i < n - 1; i++) {  
        if (arr[i] > arr[i + 1]) {  
            std::swap(arr[i], arr[i + 1]);  
        }  
    }  
    bubbleSortRec(arr, n - 1);  
}
```

Algoritma *Bubble sort* rekursif (*ascending*) bekerja dengan cara mengurutkan data secara bertahap lewat proses rekursi. Program melakukan pengecekan dari awal array hingga data sebelum akhir. Dua data yang berdampingan akan saling dibandingkan, kemudian ditukar urutannya jika salah (elemen di kiri lebih besar) (Nasution et al., 2023). Setelah satu siklus pengecekan selesai, bilangan terbesar sudah otomatis berada di paling akhir array. Lalu kemudian dilanjutkan dengan memanggil kembali fungsi yang sebelumnya namun dengan ukuran array yang sudah dikurangi satu, sebagai artian bahwa elemen yang berada di akhir array merupakan elemen terbesar dan sudah benar urutannya.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Bubble sort*

Data	Waktu (ms)	Memori (MB)
100	0.7020	4.4531
100	0.2482	4.0156
100	0.2541	3.9883
1.000	10.4101	4.4570
1.000	40.0284	4.0156
1.000	32.5601	4.0078
10.000	1132.0632	4.0547
10.000	1729.9797	4.0547
10.000	1047.4152	4.0273

Dapat dilihat pada tabel bahwa algoritma *Bubble sort* ini berjalan konsisten dengan lambat, sehingga algoritma *Bubble sort* hanya akan efektif apabila digunakan pada array kecil. Hal ini sejalan dengan penelitian (Ali et al., 2025) yang menyatakan bahwa *Bubble sort* konsisten dengan kelambatannya.

Selection sort

Program :

```
void selectionSortRec(std::vector<int>& arr,
int n, int start = 0) {
    if (start >= n - 1) return;

    int minIndex = start;
    for (int i = start + 1; i < n; ++i) {
        if (arr[i] < arr[minIndex]) {
            minIndex = i;
        }
    }
    std::swap(arr[start], arr[minIndex]);
    selectionSortRec(arr, n, start + 1);
}
```

Algoritma *Selection sort* rekursif bekerja dengan cara menelusuri elemen dengan nilai paling kecil dari urutan array, kemudian ditempatkan pada posisi yang tepat. Pada tiap langkah pengurutannya, algoritma mencari elemen dengan nilai terkecil dan ditukar dengan posisi terdepan, setelah posisi awal terisi dengan benar, fungsi *Selection* akan berjalan mengurutkan sisa elemen lain pada array hingga urutan pada array benar. Algoritma di atas mengurutkan array dari nilai terkecil hingga terbesar (*ascending*). Pendekatan rekursif membuat proses berlangsung hingga array terurut seluruhnya.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Selection sort*

Data	Waktu (ms)	Memori (MB)
100	0.2622	3.9961
100	0.4530	4.0117
100	2.3010	4.0117
1.000	16.0294	4.0078
1.000	11.4190	4.0195
1.000	18.3960	4.0078
10.000	1066.7334	4.0234
10.000	1052.4875	4.0430
10.000	1081.7970	4.0430

Dapat dilihat pada tabel, bahwa *Selection sort* cukup stabil dalam pengekseskuan dan pemakaian memori, namun *Selection sort* tidak terlalu efisien untuk pengurutan data besar. Sama seperti halnya pada penelitian (Tambunan et al., 2024), bahwa *Selection sort* akan stabil pada data berukuran besar namun bergerak dengan lambat.

Introsort

Program :

Fungsi *Insertion Sort* untuk array kecil

```
void insertionSort(std::vector<int>& arr, int
low, int high) {
    for (int i = low + 1; i <= high; ++i) {
        int key = arr[i];
        int j = i - 1;
        while (j >= low && arr[j] > key) {
            arr[j + 1] = arr[j];
            --j;
        }
        arr[j + 1] = key;
    }
}
```

Fungsi *Heapify* untuk *Heap Sort*

```
void heapify(std::vector<int>& arr, int n, int i)
{
    int largest = i;
    int left = 2 * i + 1;
    int right = 2 * i + 2;

    if (left < n && arr[left] > arr[largest])
        largest = left;
    if (right < n && arr[right] > arr[largest])
        largest = right;
    if (largest != i) {
        std::swap(arr[i], arr[largest]);
        heapify(arr, n, largest);
    }
}
```

Fungsi *Heap Sort*

```
void heapSort(std::vector<int>& arr, int low,
int high) {
    int n = high - low + 1;
    for (int i = n / 2 - 1; i >= 0; --i) {
        heapify(arr, n, i);
    }
    for (int i = n - 1; i > 0; --i) {
        std::swap(arr[0], arr[i]);
        heapify(arr, i, 0);
    }
}
```

Fungsi *Partition* untuk *Quick Sort*

```
int partition(std::vector<int>& arr, int low, int
high) {
    int pivot = arr[high];
```

```
int i = low - 1;
for (int j = low; j < high; ++j) {
    if (arr[j] < pivot) {
        ++i;
        std::swap(arr[i], arr[j]);
    }
}
std::swap(arr[i + 1], arr[high]);
return i + 1;
}
```

Fungsi *Introsort Hybrid*

```
void IntrosortUtil(std::vector<int>& arr, int
low, int high, int depthLimit) {
    int n = high - low + 1;
    if (n <= 16) { // Threshold untuk Insertion
Sort
        insertionSort(arr, low, high);
        return;
    }
    if (depthLimit == 0) {
```

Jika kedalaman terlalu dalam, gunakan *Heap Sort*

```
        heapSort(arr, low, high);
        return;
    }
}
```

Partition *Quick Sort*

```
int pivot = partition(arr, low, high);
IntrosortUtil(arr, low, pivot - 1, depthLimit
- 1);
IntrosortUtil(arr, pivot + 1, high,
depthLimit - 1);
}
```

Fungsi utama *Introsort*

```
void Introsort(std::vector<int>& arr) {
    int n = arr.size();
    int depthLimit = 2 *
static_cast<int>(log(n)); // Kedalaman
maksimal
    IntrosortUtil(arr, 0, n - 1, depthLimit);
}
```

Introsort adalah algoritma yang menggabungkan tiga kecepatan yaitu *Quick Sort*, *Insertion Sort*, dan *Heap Sort*. Algoritma ini bekerja secara rekursif dengan menggunakan fungsi *IntrosortUtil*, yang

membagi array menjadi dua bagian seperti pada *Quick Sort*. Algoritma akan otomatis berpindah ke fungsi *Insertion Sort* jika menghadapi sub-array yang kecil untuk mengoptimalkan kinerja. Jika kedalaman rekursif sudah mencapai limit, algoritmanya akan berpindah dari *Quick Sort* ke *Heap Sort* untuk menjaga notasi kecepatan waktu eksekusi. *Introsort* menggunakan kombinasi ketiga algoritma tersebut untuk mempertahankan kinerja dan membuat strategi paling tepat apabila menghadapi skenario array tertentu.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Introsort*

Data	Waktu (ms)	Memori (MB)
100	0.0448	4.0156
100	0.0235	4.0117
100	0.0521	4.0156
1.000	0.5109	3.9922
1.000	0.5249	4.4453
1.000	0.5179	4.0078
10.000	3.0050	4.0469
10.000	3.0120	4.0547
10.000	2.6167	4.0430

Dapat dilihat pada data bahwa *Introsort* memiliki kecepatan eksekusi yang sangat cepat dan penggunaan memorinya masih cukup stabil untuk data besar sekalipun. Data tersebut sesuai dengan penelitian milik David R. Musser selaku penemu algoritma *Introsort* sendiri, bahwa *Introsort* memiliki operasi yang lebih efisien, algoritma ini menggunakan penggabungan dari *Quick Sort* dan *Heap Sort* untuk menjaga performa (Musser, 1997).

Perbandingan Kecepatan Ketiga Algoritma

Hasil perbandingan diambil dari rata-rata tiga percobaan yang telah dilakukan. Diagram tersebut memperlihatkan data dan waktu komparasi yang berbeda. Algoritma *Bubble sort* memiliki kecepatan paling lama dibandingkan dengan algoritma lainnya. Performa *Bubble sort* hanya akan efisien untuk array kecil (100) kurang efisien untuk array sedang (1.000) dan besar (10.000).



Gambar 1. Grafik Perbandingan Kecepatan

Tabel 4. Rata-rata kecepatan keseluruhan percobaan

Jumlah Data	Rata-rata Kecepatan (ms)		
	Bubble sort	Selection sort	Introsort
100	0,4014	1,0054	0,0415
1.000	27,666	15,2815	0,5179
10.000	1303,153	1067,006	2,8779

Jika dibandingkan antara *Bubble sort* dengan *Selection sort*, hasil menunjukan bahwa *Selection sort* lebih unggul dari aspek kecepatan dibandingkan algoritma *Bubble sort*. Di sisi lain *Selection sort* tidak lebih unggul dibandingkan algoritma *Introsort*. Waktu eksekusi *Introsort* pada array besar bahkan tidak menyentuh 5ms, bisa dilihat bahwa algoritma ini memiliki kecepatan eksekusi yang luar biasa cepat. Bisa disimpulkan, bahwa waktu eksekusi *Introsort* lebih efisien baik untuk array kecil maupun array besar dibanding *Bubble sort* dan *Selection sort*.

Perbandingan Penggunaan Memori Ketiga Algoritma

Perbandingan diagram tersebut didapatkan dari hasil rata-rata ketiga percobaan sebelumnya yang telah dilakukan. Setiap algoritma memperlihatkan hasil ukuran memori yang berbeda pada setiap percobaan. Data menyebutkan bahwa dari segi pemakaian memori algoritma *Bubble sort* menjadi lebih sedikit seiring bertambahnya data yang diinput. Dapat dilihat pada diagram bahwa perbandingan pemakaian memori antara

ketiga algoritma relatif stabil dikarenakan tidak ada perbandingan yang cukup signifikan dari ketiganya.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Penggunaan Memori

Tabel 4. Rata-rata pemakaian memori keseluruhan percobaan

Jumlah Data	Rata-rata Pemakaian Memori (MB)		
	Bubble sort	Selection sort	Introsort
100	4,1523	4,0065	4,0143
1.000	4,1601	4,0117	4,1484
10.000	4,0456	4,0365	4,0482

Meskipun perbandingan kapasitas memori algoritma *Introsort* terlihat tidak terlalu jauh berbeda dari yang lain, jika disandingkan dengan kecepatannya, *Introsort* tetap lebih unggul sebagai algoritma paling efisien dari ketiga algoritma yang telah dikomparasikan.

D. PENUTUP

Hasil ketiga percobaan komparasi yang telah dilakukan, algoritma modern yaitu *Introsort* dapat dibuktikan sebagai algoritma pengurutan yang paling cepat daripada dua algoritma tradisional, yaitu *Bubble sort* dan *Selection sort*. *Introsort* membuktikan waktu percobaan yang lebih cepat dari ukuran dataset (100, 1.000, 10.000 data), dan membuktikan bahwa penggunaan memori *Introsort* selalu stabil dan hampir sama dengan kedua algoritma tersebut. *Bubble sort* menghasilkan

waktu percobaan yang paling lama, semakin besar dataset yang diinput maka semakin lama waktu eksekusinya. Algoritma ini kurang tepat jika digunakan untuk dataset array sedang hingga dataset array besar. *Selection sort* membuktikan waktu yang lebih cepat daripada *Bubble sort*.

Tetapi kedua algoritma tersebut, tetap tidak bisa menandingi kinerja dan kecepatan *Introsort*. Algoritma *Introsort* adalah gabungan dari *Quick Sort*, *Insertion Sort*, dan *Heap Sort* yang bisa menyesuaikan berbagai dataset sehingga memori algoritma ini selalu stabil. Dengan hasil uji percobaan ini, dapat disimpulkan bahwa algoritma *Introsort* adalah algoritma yang paling cepat digunakan untuk pengurutan data dari yang paling kecil hingga yang paling besar di dalam pemrograman C++ sesuai dengan percobaan yang dilakukan.

Untuk penelitian ke depannya disarankan untuk menggunakan dataset yang berjumlah lebih banyak atau dengan kondisi yang lebih rumit seperti data terbalik atau data dengan pola tertentu supaya bisa teranalisis lebih menyeluruh terkait performa algoritma. Disarankan untuk menguji kecepatan eksekusi dan pemakaian kapasitas memori algoritma *Introsort* lebih lanjut, seperti mengkomparasikan algoritma *Introsort* dengan algoritma modern lain seperti *Timsort* atau *Radix Sort* sehingga bisa dilihat perbandingan yang lebih komprehensif untuk aplikasi di dunia nyata. Bisa dilakukan pada penelitian berikutnya dengan mempertimbangkan penggunaan alat, misalnya dengan komputer berspesifikasi lebih tinggi. Untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman lain seperti Python, Java, atau Go untuk mempertimbangkan apakah perbedaan bahasa pemrograman bisa memengaruhi kinerja algoritma. Disarankan untuk lebih mengutamakan penggunaan algoritma modern seperti *Introsort* untuk dataset berukuran besar yang membutuhkan kecepatan dan stabilitas tinggi. Jika perlu berterima kasih kepada pihak tertentu, misalnya sponsor penelitian, nyatakan dengan

jasas dan singkat, hindari pernyataan terimakasih yang berlebihan.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. I., Fardiarsyah, R. D., Shodik, L., Kinanti, F. Z. D., & Pujiono, I. P. (2025). Analisis Komparatif Efisiensi Memori dan Waktu Komputasi pada 8 Algoritma Sorting menggunakan C++. *LogicLink*, 2(1), 1–17. <https://doi.org/10.28918/logiclink.v2i1.10868>
- Arifin, R. W., & Setiyadi, D. (2020). Algoritma Metode Pengurutan Bubble Sort dan Quick Dalam Bahasa Pemrograman C++. *Information System for Educators and Professionals*, 4(2), 178–187. <https://ejournal-binainsani.ac.id/index.php/ISBI/article/view/1348>
- Aulia, F., & Yahfizham. (2024). Mengenal Bahasa Pemrograman Pada Algoritma Pemrograman. *Journal Of Informatics And Busines*, 1(4), 223–228. <https://doi.org/10.47233/jibs.v1i1.521>
- Dhamma, M. (2024). Analisis Kompleksitas Diantara Algoritma Insertion Sort dan Selection Sort dan Diimplemntasikan dengan Bahasa Pemograman Java. *INFOTEKJAR: Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 8(1), 6–9. <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v8i1.9641>
- Dharmalau, A., Rasyid, H. A., Larsen, J., Suryantoro, H., Khoiriyah, K., Nurlaela, L., Ningtyas, S., & Kurniati, I. (2025). *Buku Ajar Dasar-Dasar Teknologi Informasi: Konsep, Aplikasi, dan Perkembangannya*. Bogor: PT Mustika Sri Rosadi.
- Gustina, Ahadi, A. H., Aminuddin, F. H., & Syawal, M. F. (2025). Performance Analysis of Bubble Sort, Selection Sort, and Insertion Sort Algorithms Using Python on Student Data. *JIPTI: Jurnal*

- Inovasi Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, 6(2), 529–536.
<https://doi.org/10.52060/jipti.v6i2.3792>
- Mahrozi, N., & Faisal, M. (2023). Analisis Perbandingan Kecepatan Algoritma Selection Sort dan Bubble Sort. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, 1(2), 89–98.
<https://doi.org/10.572349/scientica.v1i2.209>
- Marcellino, Pratama, D. W., Suntiarko, S. S., & Margi, K. (2021). Comparative of Advanced Sorting Algorithms (Quick Sort, Heap Sort, Merge Sort, Intro Sort, Radix Sort) Based on Time and Memory Usage. *2021 1st International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence (ICCSAI)*, 154–160.
<https://doi.org/10.1109/ICCSAI53272.2021.9609715>
- Murad, D. F., Sunge, A. S., Prasandy, T., Maryani, Yossy, E. H., Putranto, A., Suzanna, & Ahmad Fitriansyah. (2025). *Pemrograman Komputer: Konsep, Logika, dan Implementasi*. Bogor: PT Mustika Sri Rosadi.
- Musser, D. R. (1997). Introspective sorting and selection algorithms. *Software: Practice and Experience*, 27(8), 983–993.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-024X\(199708\)27:8%3C983::AID-SPE117%3E3.0.CO;2-%23](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-024X(199708)27:8%3C983::AID-SPE117%3E3.0.CO;2-%23)
- Nasution, R., Syahputra, A., Widiyanto, A., Subuhanto, D., & Abdillah, A. Y. (2023). Persepsi Mahasiswa Informatika Terhadap Keefektifan Algoritma Bubble Sort dalam Mengurutkan Data. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 1(3), 220–225.
<https://doi.org/10.56211/blendsains.v1i3.186>
- Pujiono, I. P., Trianto, R. B., & Hana, F. M. (2024). Perbandingan Efisiensi Memori dan Waktu Komputasi Pada 7 Algoritma Sorting Menggunakan Bahasa Pemrograman Java. *Simkom*, 9(2), 218–230.
<https://doi.org/10.51717/simkom.v9i2.481>
- Rachmat, N. (2018). Perbandingan Bubble Sort, Shell Sort Dan Kombinasi Bubble Sort Dengan Shell Sort. *JUSIKOM: Jurnal Sistem Komputer Musirawas*, 3(1), 59.
<https://doi.org/10.32767/jusikom.v3i1.308>
- Retnoningsih, E. (2018). Algoritma Pengurutan Data (Sorting) Dengan Metode Insertion Sort dan Selection Sort. *Information Management for Educators and Professionals*, 3(1), 95–106.
<https://ejournal-binainsani.ac.id/index.php/IMBI/article/view/1060>
- Riki, Faridz, M., Hidayah, T. S., & Soeharsono. (2024). Perbandingan Algoritma Selection Sort, Shell Sort, dan Merge Sort Pada Data Sampling Numerik Menggunakan Matplotlib. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1, 253–265.
<https://conference.ut.ac.id/index.php/saintek/article/view/2616>
- Sari, N., Gunawan, W. A., Sari, P. K., Zikri, I., & Syahputra, A. (2022). Analisis Algoritma Bubble Sort Secara Ascending Dan Descending Serta Implementasinya Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Java. *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, 3(1), 16–23.
<https://doi.org/10.34306/abdi.v3i1.625>
- Tambunan, V. F., Akva, S., Davina, S., & Indra, Z. (2024). Analisis Kinerja Insertion Sort Dan Selection Sort Dalam Pemrograman Python. *Jurnal Kajian Riset Multidisiplin*, 8(12), 33–38.
<https://sejurnal.com/pub/index.php/jkrm/article/view/5558>
- Yanti, F., & Eriana, E. S. (2024). *Algoritma Sorting Dan Searching*. Purbalingga: CV. Eureka Media Aksara.
- Yovita, C., Nasution, K., & Haramaini, T. (2023). Penerapan Algoritma Naive

Bayes dan Selection Sort pada Penilaian Kuis di Aplikasi Pembelajaran Pemrograman Java dan PHP. *Hello World : Jurnal Ilmu Komputer*, 2(3), 120–128.

<https://doi.org/10.56211/helloworld.v2i3.278>

Yunial, A. H. (2025). Analisa Perbandingan Algoritma Bubble Sort dan Perbandingan Eksponensial. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 10(1), 7–14.

Zahwa, S., Amelia, N. D., Nafila, R., Putri, R. A., & Pujiono, I. P. (2025). Perbandingan Efisiensi Memori dan Waktu Komputasi pada Algoritma Rekursif dan Iteratif dalam Operasi Pengurutan di C++. *RESTIKOM: Riset Teknik Informatika Dan Komputer*, 7(1), 123–136. <https://doi.org/10.52005/restikom.v7i1.428>

Zulfa, M., Mikhael, M., & Sari, B. (2022). Analisis Perbandingan Algoritma Bubble Sort, Shell Sort, dan Quick Sort dalam Mengurutkan Baris Angka Acak menggunakan Bahasa Java. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(13), 237–246. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6962346>

ANALISIS SENTIMEN ULASAN *GAME* DELTA FORCE MOBILE MENGGUNAKAN *NAIVE BAYES* DAN *SUPPORT VECTOR MACHINE*

Faiz Najwan Zaky¹⁾, Muhamad Rendi Gibran²⁾, Sumanto³⁾, Jefina Tri Kumalasari⁴⁾, Ghofar Taufiq⁵⁾, Ade Christian⁶⁾

^{1,2}Prodi Informatika, Fakultas Teknik & Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

Correspondence author: M.R.Gibran, rendigibran1@gmail.com, Bekasi, Indonesia

Abstract

This study aims to analyze sentiment in Delta Force Mobile reviews on the Google Play Store using Naive Bayes and Support Vector Machines. Sentiment classification in reviews helps game developers understand player sentiment and improve user satisfaction. The method used is the KDD framework, which focuses on web scraping, text cleaning, tokenization, stemming, and TF-IDF for data weighting. The experimental data consisted of 29,454 reviews, with a peak accuracy rate of 86.17%. The study found a significant improvement in SVM's ability to classify negative sentiment accurately. SVM had a score of 0.69, while Naive Bayes had a score of 0.56. This indicates that SVM is more accurate at classifying reviews that contain technical complaints, such as lag and bugs.

Keywords: sentiment analysis, naive bayes, Support Vector Machine, delta force

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis sentimen pada ulasan Delta Force Mobile di Google Play Store menggunakan *Naive Bayes* dan *Support Vector Machine*. Klasifikasi sentimen dalam ulasan digunakan untuk membantu pengembang *game* memahami sentimen pemain dan membantu meningkatkan kepuasan pengguna. Metode yang digunakan yaitu kerangka kerja KDD yang berfokus pada *web scraping*, pembersihan teks, tokenisasi, *stemming*, dan TF-IDF untuk memberi bobot pada data. Data yang digunakan dalam eksperimen berjumlah 29.454 ulasan, dengan tingkat akurasi tertinggi sebesar 86.17%. Hasil penelitian mendapatkan temuan signifikan bahwa SVM memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengklasifikasikan sentimen negatif secara akurat. SVM memiliki nilai 0,69 dan *Naive Bayes* memiliki nilai 0,56. Hal ini menunjukkan bahwa SVM lebih akurat dalam mengklasifikasikan ulasan yang mengandung keluhan teknis seperti *lag* dan *bug*.

Kata Kunci: analisis sentimen, *Naive Bayes*, *Support Vector Machine*, delta force

A. PENDAHULUAN

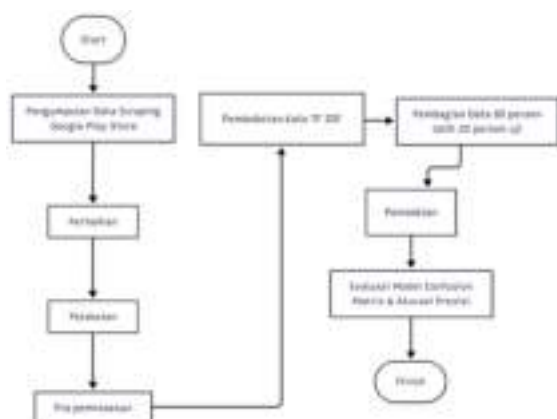
Selama sepuluh tahun terakhir ini industri *game* seluler mengalami pertumbuhan secara eksponensial. Hal ini dipicu oleh *smartphone*

yang semakin terjangkau, walaupun masih terdapat pengguna aktif yang terdaftar di berbagai platform aplikasi, yang mengakibatkan bergesernya pola umpan balik pengguna dalam jumlah besar. *Feedback* dari

pengguna di Google Play Store menjadi pertimbangan bagi pengembang untuk mengatasi masalah dari *bug*, dan mengenali fitur yang diinginkan pengguna. Begitupun, dari ribuan data yang terdaftar, *feedback* satu per satu secara random yang dianalisis sentimen secara komputasi (Nugraha et al., 2023). Pada aplikasi “Delta Force Mobile”, pengembangan masih kesulitan untuk memprioritaskan area perbaikan, meski secara manual mendapatkan data *feedback* yang melimpah. Hal ini tidak berbeda dari penelitian sebelumnya pada sasaran *feedback* data *game* (*Mobile Apps*) PUBG MOBILE (Sari et al., 2024). Dimana analisis sentimen menjadi salah satu fokus untuk permasalahan tersebut. Dua diantaranya, *Naive Bayes* dan *Support Vector Machine* (SVM) (Alyandi, 2025) yang sering dicontohkan. *Naive Bayes* terkenal cepat dan sederhana, sedangkan SVM lebih baik untuk menangani data yang berukuran besar (*high dimensional data*) dengan memisahkan data dan mencari *hyperplane* pemisah (Widyanto et al., 2023). Pengujian SVM pada dataset yang tidak seimbang oleh (Yani, 2025) pada perbandingan Mobile Legends, menunjukkan hasil yang lebih stabil. Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja kedua metode tersebut untuk memberikan masukan dalam mengembangkan Delta Force Mobile Game.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat eksperimen dan berbasis pada komputer. Ilustrasi Gambar 1 menjadi acuan untuk mengikuti langkah-langkah yang dilakukan penelitian.



Gambar 1. Alur Metodologi Penelitian

Data Scraping

Data ulasan dari pengguna telah diperoleh dari Google Play Store untuk permainan “Delta Force Mobile”. Pengambilan data (*scraping*) dilakukan menggunakan Pustaka Python *google-play-scraper* (Rismansyah et al., 2025). Parameter pengumpulan data diatur untuk negara Indonesia (*country='id'*) dan Bahasa Indonesia (*lang='id'*), dengan pengurutan berdasarkan ulasan yang relevan. Proses ini berhasil mengumpulkan 40.588 data ulasan mentah

Data Reparation

Sebelum memasuki tahap pemrosesan teks, dilakukan proses pembersihan data untuk memastikan kualitas dataset tetap terjaga. Pada tahap ini, data yang memiliki nilai kosong (*missing values*) dihapus, begitu pula ulasan yang terdeteksi duplikat. Dari total 40.588 data awal setelah proses pembersihan diperoleh 31.631 data ulasan yang unik dan siap diproses pada tahap selanjutnya

Data Labeling

Pelabelan data dilakukan dengan mengacu pada skor rating yang diberikan oleh pengguna. Ulasan dengan rating 4 dan 5 diklasifikasikan sebagai sentimen positif, sedangkan ulasan dengan bintang 1 dan 2 dikategorikan sebagai sentimen negatif. Sementara itu, ulasan dengan rating bintang 3 dianggap bersifat netral sehingga dikeluarkan dari dataset karena tidak menunjukkan kecenderungan sentimen yang jelas. Setelah proses pelabelan, diperoleh distribusi data sebanyak 22.933 ulasan bersentimen positif dan 6.521 ulasan bersentimen negatif.

Text Preprocessing

Data teks diproses melalui serangkaian tahapan agar dapat dibaca oleh algoritma:

1. Cleaning

Pada tahap ini, teks dibersihkan dari berbagai elemen yang tidak diperlukan, seperti URL, karakter selain huruf, angka,

serta spasi yang berlebihan. Proses ini dilakukan dengan bantuan *Regular Expression* “Regex” agar teks menjadi lebih bersih, konsisten, dan mudah diolah pada tahap berikutnya.

2. *Case Folding*

Tahap ini dilakukan dengan mengubah seluruh huruf dan teks menjadi huruf kecil (*lower case*). Tujuan adalah untuk menyeragamkan penulisan kata sehingga perbedaan huruf besar dan kecil tidak memengaruhi proses analisis selanjutnya.

3. *Tokenizing*

Pada tahap ini, teks dipecah menjadi unit-unit kata atau potongan kata (*token*). Proses tokenisasi bertujuan untuk mengubah kalimat menjadi daftar kata sehingga lebih mudah dianalisis pada tahap pemrosesan berikutnya.

4. *Stemming*

Tahap *stemming* dilakukan untuk mengubah kata-kata yang memiliki imbuhan menjadi bentuk kata dasarnya. Proses ini menggunakan pustaka Sastrawi, yang dirancang khusus untuk menangani proses *stemming* dalam Bahasa Indonesia, sehingga kata-kata menjadi lebih seragam dan mudah dianalisis

5. *Stopword Removal*

Pada tahap ini, kata-kata umum atau kata hubung yang tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap sentimen dihapus dari teks. Proses penghapusan *stopword* dilakukan menggunakan daftar *stopword* dari Sastrawi, sehingga hanya kata-kata yang relevan dengan analisis sentimen yang dipertahankan..

Ekstraksi Fitur dan Pemodelan

Data teks yang telah melalui tahap pembersihan selanjutnya direpresentasikan dalam bentuk vektor numerik menggunakan metode *Term Frequency-Inverse Document Frequency* (TF-IDF). Untuk menjaga efisiensi komputasi, jumlah fitur dibatasi hingga maksimal 5.000 kata. Selanjutnya, dataset dibagi menjadi data latih (*training*) dan data uji (*testing*) dengan perbandingan 80:20.

Pada tahap klasifikasi, digunakan dua algoritma pembelajaran mesin sebagai berikut:

1. *Naive Bayes* (MultinomialNB): Algoritma *Naive Bayes* dengan pendekatan Multinomial dipilih karena kemampuan yang efisien dalam menangani data teks dengan dimensi tinggi, serta performanya yang baik pada tugas klasifikasi.
2. *Support Vector Machine* (SVM): Algoritma *Support Vector Machine* digunakan dengan kernel linear (SVC kernel= ‘linear’) karena mampu memisahkan dua kelas sentimen secara efektif, khususnya pada data teks yang memiliki karakteristik berdimensi tinggi.

Evaluasi Model

Kinerja kedua model dievaluasi menggunakan *Confusion Matrix* untuk memperoleh nilai akurasi, presisi (*precision*), *recall*, dan *F1-score*. Proses evaluasi ini dilakukan untuk membandingkan performa masing-masing algoritma serta menentukan model yang paling akurat dalam mengklasifikasikan sentimen pengguna.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pra-pemrosesan Data

Berdasarkan hasil proses *scraping*, diperoleh sebanyak 40.588 data ulasan. Setelah dilakukan pembersihan dengan menghapus data duplikat (*duplicate removal*), jumlah ulasan berkurang menjadi 31.631 data yang unik. Tabel 1 menyajikan contoh perubahan data, mulai dari teks ulasan asli sehingga teks yang telah melalui tahap pembersihan dan siap untuk diolah lebih lanjut.

Tabel 1. Hasil Pra-Pemrosesan Data

Tahapan	Input (Data Mentah)	Output (Hasil Proses)
Ulasan Asli	"Game-nya SERU banget!! Tapi sayang,	-

Tahapan	Input (Data Mentah)	Output (Hasil Proses)
	banyak cheater di rank :("	
Cleaning	"Game-nya SERU banget!! Tapi sayang, banyak cheater di rank :("	"gamenya seru banget tapi sayang banyak cheater di rank"
Case Folding	"gamenya seru banget tapi sayang banyak cheater di rank"	"gamenya seru banget tapi sayang banyak cheater di rank"
Stopword Removal	"gamenya seru banget tapi sayang banyak cheater di rank"	"gamenya seru sayang banyak cheater rank"
Stemming	"gamenya seru sayang banyak cheater rank"	"game seru sayang banyak cheater rank"

Distribusi Sentimen

Setelah melalui proses pelabelan otomatis serta penghapusan ulasan dengan rating netral, diperoleh dataset akhir sebanyak 29.454 ulasan. Distribusi data menunjukkan adanya ketidakseimbangan (*imbalanced dataset*), di mana sentimen positif mendominasi dengan 22.933 ulasan (77,86%), sementara sentimen negatif berjumlah 6.521 ulasan (22,14%). Perbandingan distribusi sentimen tersebut ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Distribusi Label Sentimen

Temuan ini menunjukkan adanya masalah teknis signifikan yang perlu dianalisis lebih lanjut.

Word Cloud

Berdasarkan hasil analisis *word cloud* yang ditampilkan pada gambar 3, terlihat bahwa sentimen positif didominasi oleh kata-kata seperti "bagus", "mantap", "seru" dan "grafik". Kata-kata tersebut mencerminkan kepuasan pengguna terhadap kualitas dan pengalaman bermain yang ditawarkan.



Gambar 3. Word Cloud Sentimen Positif

Sebaliknya, *word cloud* pada gambar 4 menunjukkan bahwa sentimen negatif banyak didominasi oleh kata "lag", "login", "banyak", dan "berat". Temuan ini mengindikasikan bahwa permasalahan terkait stabilitas koneksi serta beban aplikasi merupakan faktor utama yang menyebabkan ketidakpuasan atau kekecewaan para pemain.



Gambar 4. Word Cloud Sentimen Negatif

Evaluasi dan Perbandingan Model

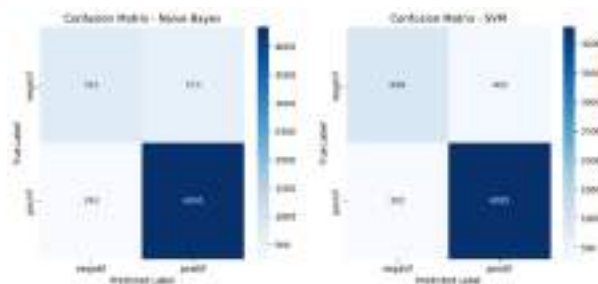
Pengujian model dilakukan menggunakan data uji sebesar 20% dari total dataset, yaitu sebanyak 5.891 data. Hasil perbandingan kinerja kedua algoritma ditampilkan pada Tabel 2, sedangkan visualisasi hasil klasifikasi disajikan dalam bentuk *Confusion Matrix* pada Gambar 5.

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa algoritma SVM menunjukkan kinerja yang lebih unggul dibandingkan dengan *Naive Bayes*. Perbedaan yang paling signifikan terlihat pada nilai recall untuk kelas negatif. SVM mampu mengidentifikasi sekitar 69% ulasan negatif atau keluhan pengguna, sedangkan *Naive Bayes* hanya dapat mengenali sekitar 56%.

Tabel 2. Perbandingan performa Algoritma

Model Algoritma	Akurasi (Accuracy)	Presisi (Negatif)	Recall (Negatif)	F1-Score (Negatif)
Naive Bayes	86,17%	0,75%	0,56%	0,64%
SVM	87,98%	0,75%	0,69%	0,72%

Hasil ini menunjukkan bahwa SVM memiliki tingkat kepekaan yang lebih tinggi dalam mendeteksi umpan balik negatif. Kemampuan tersebut sangat penting karena ulasan negatif dapat menjadi sumber informasi utama bagi pengembangan dalam melakukan evaluasi serta perbaikan terhadap produk atau layanan yang dikembangkan



Gambar 5. Confusion Matrix antara Naïve Bayes (Kiri) dan SVM (Kanan)

Berdasarkan *Confusion Matrix* pada gambar 5, dapat dilihat bahwa model *Naive Bayes* masih melakukan kesalahan yang cukup besar, yaitu mengklasifikasikan 573 ulasan negatif sebagai sentimen positif. Sebaliknya model SVM menunjukkan kinerja yang lebih baik dengan menurunkan jumlah kesalahan tersebut menjadi 406 ulasan. Hal ini mengindikasikan bahwa SVM lebih efektif dalam menangani kelas minoritas, khususnya sentimen negatif. Temuan ini juga sejalan

dengan hasil penelitian yang di laporkan oleh (Alga et al., 2024) yang menyebutkan bahwa SVM memiliki kemampuan yang lebih banyak dalam mendeteksi sentimen negatif

Perhitungan Manual Kinerja Model

Dengan tujuan mengamati akurasi dan evaluasi yang diperoleh, dilakukan perhitungannya secara manual dengan menggunakan nilai konfusif dari model SVM, dengan TP=4.285, FP=406, dan FN=302. Dalam melakukan evaluasi, dilakukan perhitungan menggunakan rumus evaluasi standar, dengan tujuan melakukan validasi dan verifikasi bahwa perhitungan model yang dipercaya.

a. Accuracy

Metrik ini untuk mengukur korelasi dari jumlah nilai perkiraan yang tepat, baik pada kelas positif maupun negatif, dalam satuan persentase terhadap nilai seluruhnya dari data yang di uji coba. Perhitungan adalah nilai yang dijumlahkan atau penjumlahan nilai TP dan TN, kemudian dibagi dengan total seluruhnya, merupakan penjumlahan nilai TP, TN, FP, dan FN

$$\begin{aligned}
 &= \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \\
 &= \frac{4285+898}{4285+898+406+302} \\
 &= \frac{5183}{5891} \\
 &= 0,8798(87,98\%)
 \end{aligned}$$

b. Precision

Metrik ini digunakan untuk nilai sejauh mana ketepatan model dalam memprediksi ulasan yang termasuk ke dalam kelas negatif

$$\begin{aligned}
 &= \frac{TN}{TN + FN} \\
 &= \frac{898}{898 + 302} \\
 &= \frac{898}{1200}
 \end{aligned}$$

$$= 0,748 (75\%)$$

c. *Recall*

Metrik ini digunakan untuk mengukur sejauh mana model mampu mengenali ulasan negatif yang sebenarnya dari seluruh ulasan negatif yang ada dalam data.

$$= \frac{TN}{TN + FP}$$

$$= \frac{898}{898 + 406}$$

$$= \frac{898}{1304}$$

$$= 0,688 (69\%)$$

d. *F1-Score*

Metrik ini merupakan rata-rata harmonis antara nilai presisi dan *recall*, yang digunakan untuk menilai keseimbangan kinerja model dalam melakukan klasifikasi

$$= 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

$$= 2 \times \frac{0,75 \times 0,69}{0,75 + 0,69}$$

$$= 2 \times \frac{0,5175}{1,44}$$

$$= 0,718 (72\%)$$

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis sentimen terhadap ulasan *game* Delta Force Mobile, dapat disimpulkan mayoritas pengguna memberikan tanggapan positif, khususnya terhadap sejumlah keluhan yang cukup dominan, terutama pada aspek teknis seperti masalah *lag*, gangguan jaringan, serta kendala saat proses login, yang menjadi penyumbang utama sentimen negatif.

Dari sisi perbandingan kinerja algoritma *Support Vector Machine* (SVM) menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan dengan *Naive Bayes*, SVM berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 87,98% serta memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mendeteksi sentimen negatif, yang tercermin dari nilai *recall* sebesar 0,69, lebih tinggi dibandingkan *Naive Bayes* yang hanya mencapai 0,56. Temuan tidak seimbang, sehingga lebih andal untuk mengidentifikasi umpan balik negatif dari pengguna tersebut.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Alga, J., Wulandari, C., & Intan, B. (2024). Analisis Sentimen Aplikasi Youtube di Google Play Store Menggunakan Machine Learning. *Resolusi : Rekayasa Teknik Informatika Dan Informasi*, 4(4), 408–416.
<https://doi.org/10.30865/resolusi.v4i4.1750>
- Alyandi, L. O. (2025). Perbandingan Kinerja Naive Bayes dan SVM Dalam Analisis Sentimen Ulasan Free Fire di Play Store. *JATI : Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(3), 5127–5135.
<https://doi.org/10.36040/jati.v9i3.13599>
- Nugraha, M. T., Sulistiyowati, N., & Enri, U. (2023). Analisis Sentimen Ulasan Aplikasi Satu Sehat Pada Google Play Store Menggunakan Naive Bayes Classifier. *JATI : Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 7(5), 3593–3601.
<https://doi.org/10.36040/jati.v7i5.7753>
- Rismansyah, R. R., Sudiarjo, A., & Mufizar, T. (2025). Analisis Sentimen Ulasan Shopee Pada Google Play Store Menggunakan Algoritma Naive Bayes. *JEIS: Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma*, 5(1), 109–120.
<https://doi.org/10.56486/jeis.vol5no1.661>
- Sari, P. R., Indah, D. R., Rasywir, E., Firdaus, M. A., & Athalina, G. (2024). Comparison of Naive Bayes and SVM Algorithms for Sentiment Analysis of PUBG Mobile on

Google Play Store. *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*, 13(6), 2767–2779.
<https://doi.org/10.32520/stmsi.v13i6.4814>

Widyanto, T., Ristiana, I., & Wibowo, A. (2023). Komparasi Naïve Bayes dan SVM Analisis Sentimen RUU Kesehatan di Twitter. *SINTECH: Science and Information Technology Journal*, 6(3), 147–161.
<https://doi.org/10.31598/sintechjournal.v6i3.1433>

Yani, F. (2025). Analisis Sentiment Pengguna Aplikasi Mobile Legend di Playstore Dengan Menggunakan Algoritma Naive Bayes dan Support Vector Machine (SVM). *Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi*, 6(2), 810–819.
<https://doi.org/10.46576/djtechno.v6i2.7313>

PERANCANGAN JARINGAN LAN DENGAN METODE *ROUTING INFORMATION PROTOCOL (RIP) VERSION 2* PADA PT. BERKARYA BERSAMA ANAK BANGSA

Khusnul Khoiriyah¹⁾, Lela Nurlaela²⁾, Andy Dharmalau³⁾

^{1,2,3}Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma

Correspondence author: K.Khoiriyah, khusnul@swadharma.ac.id, Jakarta, Indonesia

Abstract

PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa faced challenges with network installation and management due to unclear network segmentation and an inadequate LAN configuration. To address these issues, this study aimed to adopt the RIP Version 2 method for designing a LAN network. RIP Version 2 was chosen for its ability to dynamically adapt to topology changes and ensure fast and effective routing updates. Implementation of this method involved configuring routers to divide and connect network segments, which was expected to improve IP address efficiency and overall network performance. The results showed that implementing RIP Version 2 successfully improved network infrastructure layout, simplified network management and maintenance, and significantly improved network performance. RIP Version 2 implementation at PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa successfully resolved network issues, improved security, and minimized the risk of data breaches.

Keywords: computer network, local area network, RIP version 2

Abstrak

PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa menghadapi permasalahan dalam instalasi dan manajemen jaringan yang disebabkan oleh kurangnya pembagian segmen jaringan yang jelas dan konfigurasi segmentasi LAN yang tidak optimal. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengadopsi metode RIP *Version 2* untuk merancang jaringan LAN. Metode RIP *Version 2* dipilih karena kemampuannya untuk beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan topologi dan memastikan pembaruan *routing* yang cepat dan efektif. Implementasi metode ini melibatkan konfigurasi *router* untuk membagi dan menghubungkan segmen-segmen jaringan, yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan *IP address* dan kinerja jaringan secara keseluruhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan RIP *Version 2* berhasil meningkatkan tatanan infrastruktur jaringan, mempermudah pengelolaan dan pemeliharaan jaringan, serta meningkatkan performa jaringan secara signifikan. Implementasi RIP *Version 2* di PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa berhasil mengatasi masalah jaringan, meningkatkan keamanan, dan meminimalkan risiko kebocoran data.

Kata Kunci: jaringan komputer, *local area network*, *rip version 2*

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan telekomunikasi, salah satunya jaringan komputer, semakin berkembang pesat. Adanya perkembangan ini mempermudah banyak kegiatan salah satunya dibidang bisnis (Aulia et al., 2023). LAN (*local area network*) diperlukan sebagai penghubung antar komputer untuk dapat saling bertukar data untuk memudahkan kegiatan operasional (Irawati & Fitriansyah, 2025). PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa memiliki akses jaringan yang kurang baik dalam segi instalasi. Adapun kendala PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa dalam permasalahan jaringan seperti tidak adanya pembagian segmen jaringan dan konfigurasi segmentasi LAN yang masih kurang baik. Jaringan Komputer adalah koneksi yang memungkinkan dua *device* atau lebih saling berhubungan baik secara fisik maupun secara logika yang saling berkomunikasi untuk bertukar data atau informasi (Septiana et al., 2023).

Untuk menyelesaikan masalah ini dibutuhkan konfigurasi jaringan. Konfigurasi adalah pengaturan atau proses pembuatan pengaturan dari bagian-bagian yang membentuk keseluruhan sistem jaringan. Dalam jaringan komputer, konfigurasi sering mengacu pada *hardware* spesifik dan rincian perangkat lunak dalam hal perangkat yang terpasang, kapasitas atau kemampuan, pada sistem yang dibuat atau topologi jaringan (Alhimni & Yadi, 2020).

Topologi Jaringan adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan bagaimana komputer terhubung dalam suatu jaringan. Topologi fisik menguraikan layout aktual dari perangkat keras jaringan. Topologi logika menguraikan perilaku komputer pada jaringan dari sudut pandang operator manusianya (Pramestia et al., 2024). *Routing* merupakan sebuah proses untuk meneruskan paket-paket jaringan dari satu jaringan ke jaringan lainnya sehingga menjadi rute tertentu (Prasetya et al., 2020). Untuk melakukan *routing* dalam suatu jaringan, membutuhkan suatu alat yang disebut *router* yang berfungsi untuk

meneruskan paket-paket dari sebuah jaringan ke jaringan yang lainnya sehingga *host-host* yang ada pada suatu jaringan bisa berkomunikasi dengan *host-host* yang ada pada jaringan yang lain (Maharani et al., 2025).

Penelitian ini menggunakan RIP (*Routing Information Protocol*) Version 2 dalam perancangan jaringan LAN. RIP Version 2 dipilih karena kemampuannya untuk secara dinamis beradaptasi terhadap perubahan topologi dan memastikan pembaruan *routing* yang cepat dan efektif (Karimi et al., 2025). Implementasi RIP Version 2 melibatkan konfigurasi *router* untuk membagi segmen jaringan dan menghubungkan segmen-segmen yang telah dikonfigurasi, dengan harapan memperbaiki efisiensi penggunaan IP address dan meningkatkan kinerja jaringan.

Dari latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan mengadopsi metode RIP Version 2 untuk merancang jaringan LAN pada PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa sebagai solusi untuk permasalahan manajemen jaringan LAN yang ada saat ini. Hasil penelitian diharapkan dapat meningkatkan tatanan infrastruktur jaringan, mempermudah pengelolaan dan pemeliharaan jaringan, serta meningkatkan performa jaringan secara signifikan.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode penelitian kualitatif. Pengumpulan data dilakukan melalui peninjauan lapangan pada bulan November 2024 sampai dengan Februari 2025 dengan lokasi penelitian di PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa.

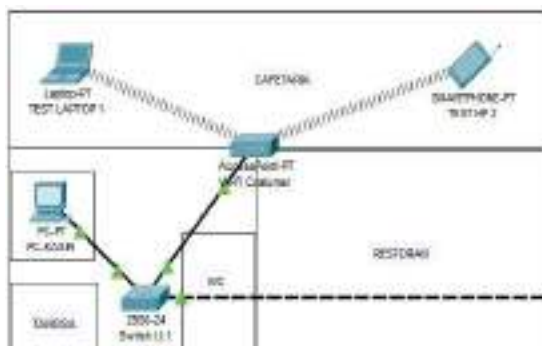
Metode Observasi dilakukan untuk mengumpulkan data dengan melakukan pengamatan langsung terhadap konfigurasi jaringan yang sedang berjalan. Metode Wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi dengan cara bertanya langsung kepada karyawan PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa. Selain itu juga dilakukan pengumpulan data dengan metode studi

pustaka, dilakukan dengan cara mencari bahan berupa materi bacaan berupa buku, jurnal, makalah dan juga melakukan *browsing* data di internet.

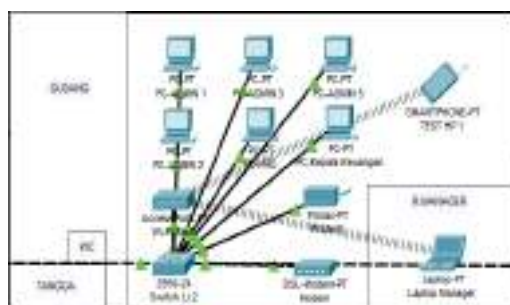
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Infrastruktur Jaringan yang digunakan PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa pada saat ini masih menggunakan LAN, dan pengelolaan perangkat yang ada masih kurang efisien. RIP v1 menggunakan *subnet mask* standar kelas, sehingga tidak dapat mendukung *subnetting* dan VLSM (*Variable Length Subnet masking*). Hal ini menyebabkan pemborosan alamat IP dan penggunaan sumber daya yang tidak efisien. Pengelolaan Alamat IP pada PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa juga masih kurang efisien karena terdapat banyak alamat IP yang tidak terpakai, sehingga mudah untuk diretas.

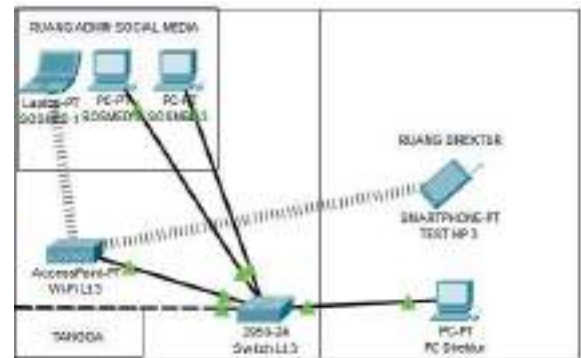
Berikut gambar topologi jaringan yang berjalan di PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa.



Gambar 1. Topologi Jaringan Lantai 1 (satu) PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa



Gambar 2. Topologi Jaringan Lantai 2 (dua) PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa.



Gambar 3. Topologi Jaringan Lantai 3 (tiga) PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa

Topologi yang digunakan adalah topologi star, Topologi Star merupakan topologi yang setiap simpul terhubung ke *file server* tunggal terpusat dengan menggunakan segmen kabel sendiri. Topologi ini memiliki keunggulan dalam hal minimalnya lintas data kabel sehingga dapat kinerja yang optimal (Pramestia et al., 2024).

Spesifikasi perangkat yang digunakan PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Perangkat *Hardware*

No	Nama <i>Hardware</i>	<i>Operating System</i>
1	PC	Windows 10
2	Laptop	Windows 10
3	Mobile	Android cupcake
4	Switch	-
5	Access Point	-
6	Modem	SM-E5577 500 Mbps

Analisis SWOT

Berdasarkan dari uraian struktur jaringan yang ada dan permasalahan, maka semua permasalahan tersebut dianalisa menggunakan metode SWOT. Analisa SWOT yang dilakukan dengan hasil analisisnya dipetakan dalam tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Analisis SWOT

Strength	Weakness	Opportunities	Threats
- Seluruh perangkat sudah terhubung ke sebuah jaringan. - Jangkauan akses Internet maksimal.	- Pengelolaan perangkat jaringan yang kurang memadai. - Tidak ada pembatasan dalam distribusi IP address. - Tidak ada segmentasi untuk keamanan jaringan.	- Penggunaan teknologi yang lebih canggih dan mumpuni - Mempermudah pengelolaan jaringan secara fisik maupun <i>logic</i> dengan metode <i>Routing Information Protocol Version 2</i>	- Ancaman Kebocoran data. - Jaringan dapat tidak stabil setiap saat.
Strategi Strength Opportunities	Strategi Weakness Opportunities	Strategi Strength Threats	Strategi Weakness Threats
Menambah perangkat <i>router</i> untuk memberikan segmentasi ke arah <i>switch</i>	- Memanfaatkan perangkat <i>Router</i> untuk segmentasi jaringan. - Memanfaatkan segmentasi jaringan untuk pengelolaan Jaringan. - Memanfaatkan segmentasi jaringan untuk pembatasan akses perangkat dari luar jaringan	- Melakukan segmentasi jaringan dengan metode <i>Routing Information Protocol Version 2</i> untuk membuat arus data stabil. - Menggunakan segmentasi Jaringan sebagai pembatasan hak akses untuk mencegah akses dari luar jaringan dan kebocoran data.	- Melakukan konfigurasi <i>Routing Information Protocol v2</i> sebagai penghubung antar segmen jaringan. - Menggunakan <i>prefix</i> pada alamat IP yang sesuai dengan jumlah <i>host</i> agar tidak terjadi kebocoran akses dari luar jaringan. - Melakukan <i>maintenance</i> pada jaringan setiap dua minggu sekali

Setelah melakukan analisa dan pengolahan data dari hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa :

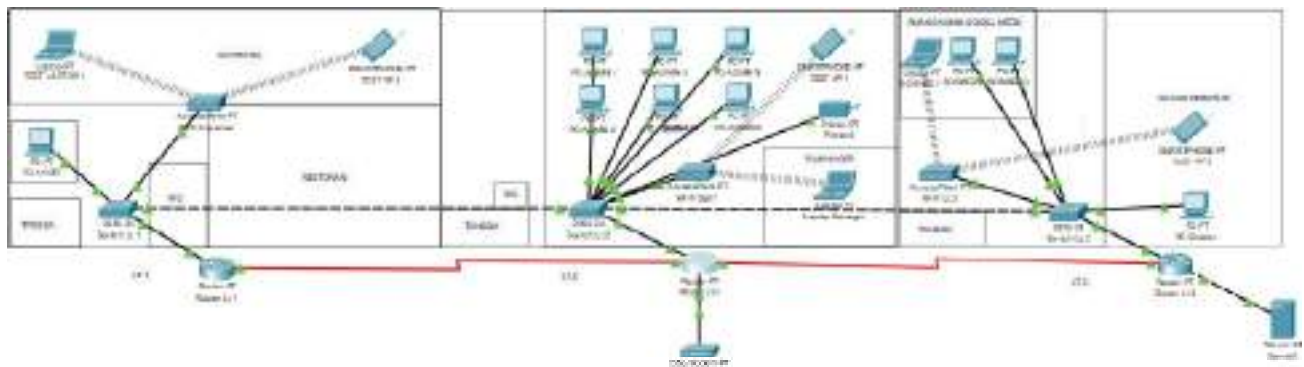
1. Pengelolaan Jaringan

Saat ini infrastruktur jaringan yang berjalan di PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa merupakan jaringan LAN, *IP Address* yang tidak dikelola dan tidak adanya segmentasi jaringan menyebabkan terjadinya

hambatan jaringan (*traffic*) serta peretasan oleh *user* dari luar PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa.

2. Keamanan Jaringan

Sistem jaringan PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa tidak memiliki sistem keamanan yang mumpuni, sehingga mengakibatkan rentannya terjadi kebocoran data

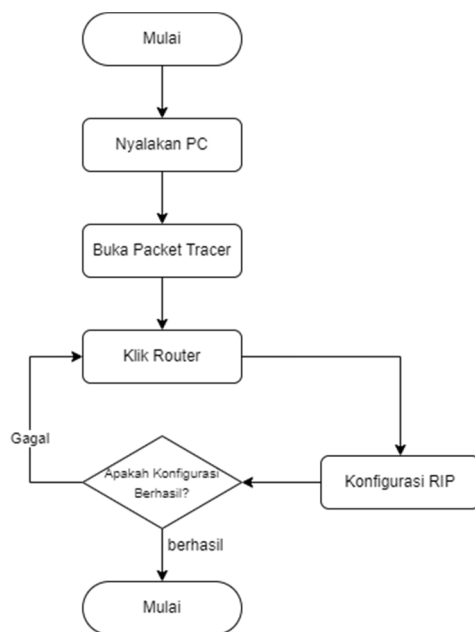


Gambar 4. Topologi Jaringan usulan PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa

Konfigurasi Routing Information Protocol (RIP) Version 2

Sistem jaringan yang diusulkan pada PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa yaitu perancangan RIP Version 2 untuk membagi segmen-segmen jaringan yang bertujuan sebagai pembatasan hak akses terhadap jaringan user.

Berikut ini *flowchart* konfigurasi RIP (Routing Information Protocol) Version2 :



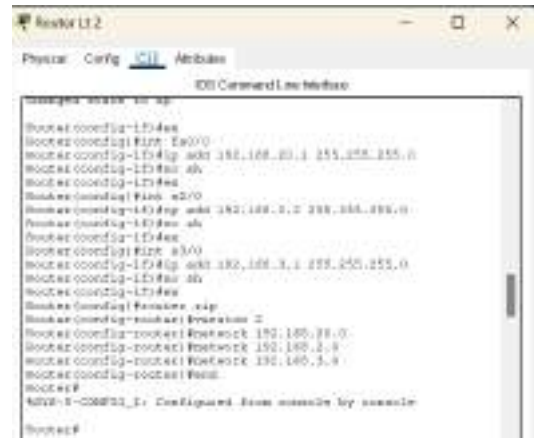
Gambar 5. Flowchart Konfigurasi RIP Version 2

Konfigurasi Router

Berikut adalah tampilan konfigurasi pembuatan RIP Version 2 pada router :



Gambar 6. Konfigurasi Router Lantai 1



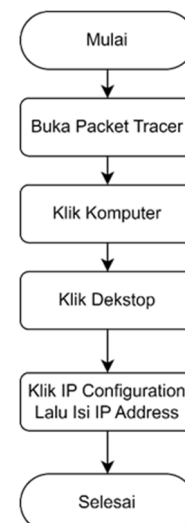
Gambar 7. Konfigurasi Router Lantai 2



Gambar 8. Konfigurasi Router Lantai 3

Konfigurasi IP Address Komputer

Berikut di bawah ini adalah tampilan *flowchart* pemasangan ip pada komputer :



Gambar 9. Flowchart Pemasangan IP Pada Komputer

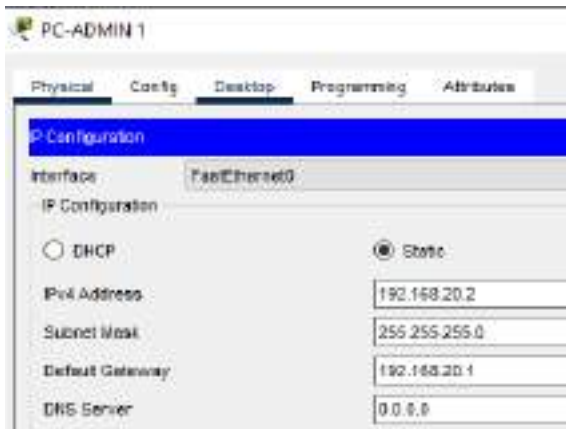
Segmentasi IP

Berikut di bawah ini tampilan pembagian *IP static* pada komputer kasir :



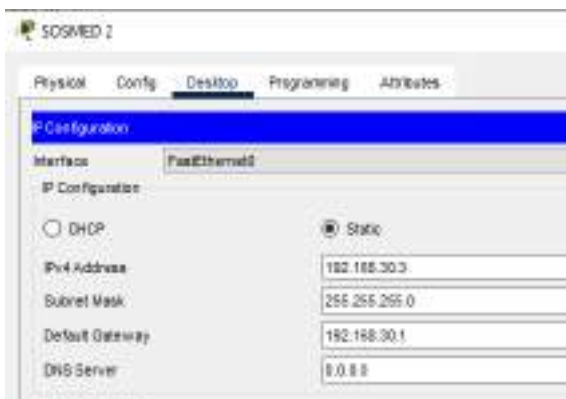
Gambar 10. Pemasangan IP Pada Komputer Kasir Lantai 1

Di bawah ini tampilan pembagian IP pada komputer admin lantai 2 :



Gambar 11. Pemasangan IP Pada Komputer Admin Lantai 2

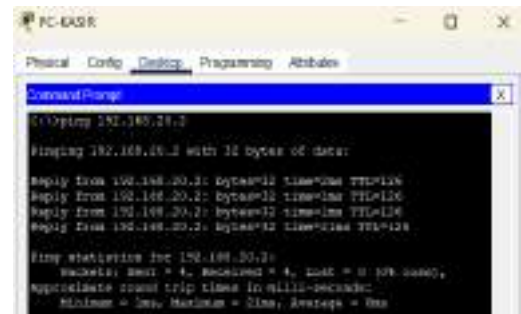
Di bawah ini tampilan pembagian IP pada komputer admin sosmed lantai 3:



Gambar 12. Pemasangan IP Pada Komputer Admin Sosmed Lantai 3

Hasil Pengujian Konfigurasi IPv2

Berikut di bawah ini adalah tampilan hasil *test ping* antara PC lantai 1 ke lantai 2 :



Gambar 13. Test Ping PC Kasir Ke PC Admin

Konfigurasi Security Wifi

Berikut di bawah ini adalah konfigurasi pemasangan *password* pada wifi. Tampilan hasil konfigurasi pemasangan *password* pada wifi :



Gambar 14. Konfigurasi Pemasangan password Pada Wifi

Konfigurasi Server

Konfigurasi pemasangan *firewall* pada server, router dengan IP 192.168.10.0 tidak diberi akses terhadap server, berikut tampilan hasil pemasangan *firewall* pada server :



Gambar 15. Konfigurasi Pemasangan Firewall Pada Server

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan perancangan Infrastruktur Jaringan RIP Version 2 menggunakan aplikasi simulasi *packet tracer* pada PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa, diketahui bahwa pada infrastruktur jaringan yang berjalan saat ini terdapat beberapa permasalahan seperti tidak adanya segmentasi jaringan, pengelolaan perangkat jaringan yang kurang efisien, manajemen IP Address yang tidak diatur, dan tidak terdapat keamanan jaringan.

Penggunaan satu segmen jaringan tanpa menggunakan *router* menyebabkan terjadinya *traffic* pada jaringan. Pengelolaan *IP address* yang tidak terbatas menyebabkan banyaknya alamat IP yang tidak terpakai, yang dapat mengakibatkan kebocoran data oleh pihak yang tidak bertanggung jawab untuk meretas sistem jaringan di PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa.

Dengan adanya perancangan Infrastruktur Jaringan RIPV2 pada PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa melibatkan dua perangkat utama, yaitu perangkat *router* dan *switch*. Perangkat *router* berfungsi sebagai wadah RIP Version 2 yang membagi segmentasi jaringan sekaligus berfungsi sebagai penghubung segmen jaringan yang telah dikonfigurasi. Sehingga manajemen *IP address* sudah teratur, terdapat keamanan jaringan, dan mencegah kebocoran data oleh pihak yang tidak bertanggung jawab.

PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa, dengan mempertimbangkan penambahan perangkat *router* dan *server* pada jaringan yang sebelumnya hanya menggunakan *switch* dan *modem*, maka diperlukan penerapan optimalisasi konfigurasi *router* dengan menambahkan perangkat *Router* yang lebih canggih dan mengoptimalkan konfigurasi untuk memenuhi kebutuhan jaringan. *Router* dapat memberikan manajemen trafik yang lebih baik dan fungsi *routing* yang efisien.

Penerapan segmentasi IP pada *router* dan perangkat *switch* difungsikan sebagai wadah pembagian segmen jaringan. Menggunakan metode RIP Version 2 pada

router agar kemampuan *router* untuk melakukan *routing* sebagai penghubung antar segmen jaringan dapat lebih baik. Dengan penerapan ini dapat dilakukan pengaturan filter untuk mengendalikan akses ke *server*.

Menerapkan metode VLSM (*Variable Length Subnet mask*) pada *router* dan *switch* untuk mengatur pengalamatan *IP address* sesuai kebutuhan perangkat yang digunakan. Hal ini akan membantu mencegah kebocoran *IP address* yang tidak digunakan.

Dengan menerapkan hal-hal tersebut diharapkan PT. Berkarya Bersama Anak Bangsa dapat meningkatkan efisiensi, manajemen, dan keamanan jaringan dengan penambahan perangkat *router* dan *server* infrastruktur jaringan yang digunakan perusahaan.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Alhimni, & Yadi, I. Z. (2020). Analisis Kinerja Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) Di Mikrotik Router Pada Dirjen Sumber Daya Air Balai Besar Wilayah Sungai Sumatera VIII. *Jurnal Pengembangan Sistem Informasi & Informatika*, 1(4), 233–243. <https://doi.org/10.47747/jpsii.v1i4.566>
- Aulia, B. W., Rizki, M., Prindiyana, P., & Surgana, S. (2023). Peran Krusial Jaringan Komputer dan Basis Data dalam Era Digital. *JUSTINFO : Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi*, 1(1), 9–20. <https://doi.org/10.33197/justinfo.vol1.iss1.2023.1253>
- Irawati, & Fitriansyah, A. (2025). *Komunikasi Data*. Yogyakarta : Deepublish.
- Karimi, M. A., Alwi, E. I., & Darwis, H. (2025). Analisis Quality Of Service Pada Routing Protocol Rip Versi 2. *LINIER : Literature Informatika & Komputer*, 2(1), 58–67. <https://doi.org/10.33096/linier.v2i1.2787>
- Maharani, M. R., Arrahimi, A. R., & Jaya, D. Y. (2025). Perancangan Jaringan

- Menggunakan Routing OSPF Pada SMPN 4 Banjarbaru. *JEIS: Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma*, 5(1), 48–54.
<https://doi.org/10.56486/jeis.vol5no1.550>
- Pramestia, N. D., Arvinda, S. D., Sudrajat, A., Widodo, N. C., & Aribowo, D. (2024). Analisis Teknologi Switching Menggunakan Topologi Mesh. *JUPITER: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro Dan Informatika*, 2(3), 7–13.
<https://doi.org/10.61132/jupiter.v2i3.266>
- Prasetya, B., Trisnawan, P. H., & Amron, K. (2020). Kinerja Antar Protokol EIGRP, IS-IS, Dan OSPF Dengan Metode Route Redistribution Menggunakan GNS3. *JPTIHK : Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 4(10), 3667–3673. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/8086>
- Septiana, R. D., Fitri, R., & Pratama, A. (2023). Rancangan Jaringan LAN Menggunakan Routing Protokol EIGRP di SMK Al-Khairiyah 1. *JEIS: Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma*, 3(2), 10–17.
<https://doi.org/10.56486/jeis.vol3no2.346>



Alamat Redaksi

**Kampus 1 Institut Teknologi dan Bisnis Swadharma
Jl. Malaka No.3, Tambora, Jakarta Barat
email : jurnal.jeis@swadharma.ac.id**

