
MARKERLESS AUGMENTED REALITY UNTUK PEMBELAJARAN SISTEM SARAF PUSAT

Christina Purnama Yanti¹⁾, Dewa Ayu Putri Wulandari²⁾, I Ketut Yama Cahyana Putra³⁾
^{1,2,3}Prodi Informatika, Teknologi dan Informatika, Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia

Correspondence author: C.P.Yanti, christinapy@instiki.ac.id, Denpasar, Indonesia

Abstract

The research aims to design and build a learning media application for the Human Central Nervous System at SMA Negeri 1 Pupuan, utilizing Augmented reality technology. This Augmented reality provides students with a new experience that seems practical and effective in supporting learning activities. The Augmented reality method used in the research is Markerless (i.e., without markers). After designing the application, Black Box Testing was carried out, material expert testing with results of 96% in the strongly agree category, as well as UEQ testing with the Attractiveness value (allure) of 1.88 in the outstanding category, Perspicuity (Clarity/Readability) of 1.81 in the good category, Efficiency of 1.85 in the good category, Dependability (Reliability) of 1.91 in the outstanding category, and Stimulation of 1.98 in the exceptional category. Good and structured system design, careful testing of the application, and positive user responses show that the application has the potential to become a learning medium that can support learning activities in the Central Nervous System material.

Keywords: learning media, nervous system, augmented reality, markerless

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun aplikasi media pembelajaran Sistem Saraf Pusat Manusia pada SMA Negeri 1 Pupuan, dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality*. Hal ini memberikan pengalaman yang baru pada siswa yang terkesan praktis dan efektif untuk mendukung kegiatan pembelajaran. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah MDLC (*Multimedia Development Life Cycle*). Setelah perancangan aplikasi, dilakukan pengujian *Black Box Testing*, pengujian ahli materi dengan hasil 96% dalam kategori sangat setuju, serta pengujian UEQ dengan nilai *Attractiveness* (Daya Tarik) sebesar 1,88 dengan kategori sangat baik, *Perspicuity* (Kejelasan/Keterbacaan) sebesar 1.81 dengan kategori baik, *Efficiency* (Efisiensi) sebesar 1,85 dengan kategori baik, *Dependability* (Keandalan) sebesar 1,91 dengan kategori sangat baik, dan *Stimulation* (Stimulasi) sebesar 1,98 dengan kategori sangat baik. Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa aplikasi berpotensi dalam menjadi sebuah media pembelajaran yang bisa mendukung kegiatan pembelajaran dalam materi Sistem Saraf Pusat.

Kata Kunci: media pembelajaran, sistem saraf pusat, *augmented reality*, *markerless*

A. PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaannya, pendidikan memerlukan media pembelajaran yang efektif agar materi dapat disampaikan dengan baik dan mudah dipahami oleh peserta didik (Endra et al., 2020). SMA Negeri 1 Pupuan yang berlokasi di Jalan Jurusan Gunung Batukaru, Desa Pujungan, merupakan salah satu institusi pendidikan yang menerapkan Kurikulum Merdeka dan Kurikulum 2013 sebagai dasar pembelajarannya. Salah satu mata pelajaran penting dalam kurikulum tersebut adalah Biologi. Biologi merupakan ilmu yang mempelajari kehidupan dan organisme hidup, mencakup struktur, fungsi, pertumbuhan, evolusi, persebaran, dan klasifikasinya (Saputra et al., 2025). Beberapa materi dalam pelajaran Biologi memiliki objek yang sulit diamati secara langsung, sehingga siswa dituntut untuk memiliki kemampuan membayangkan atau memvisualisasikan objek tersebut (Juwita et al., 2021). Salah satu materi yang tergolong demikian adalah sistem saraf pusat.

Berdasarkan hasil kuesioner terhadap 50 siswa SMAN 1 Pupuan, diketahui bahwa sebanyak 34 siswa (68%) mengalami kesulitan dalam memahami materi sistem saraf pusat. Materi ini mencakup fungsi sistem saraf pusat dalam menerima dan menerjemahkan rangsangan dari sistem saraf tepi, serta bagian-bagian utamanya seperti otak, sumsum tulang belakang, dan neuron. Karena materi ini tidak diajarkan di jenjang Sekolah Dasar maupun Sekolah Menengah Pertama, maka pemahaman siswa terhadap topik ini menjadi tantangan tersendiri ketika pertama kali dipelajari di Sekolah Menengah Atas.

Hasil observasi di SMAN 1 Pupuan menunjukkan bahwa media pembelajaran yang digunakan masih terbatas pada buku, presentasi (PPT), video, dan beberapa alat peraga sederhana. Media-media tersebut kurang mendukung interaksi langsung antara siswa dan materi pembelajaran, sehingga pemahaman siswa menjadi kurang optimal.

Interaksi yang dimaksud melibatkan pengalaman belajar yang memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi objek pembelajaran secara bebas, seperti memutar, memperbesar, atau melihat dari berbagai sudut (Murniarti et al., 2023).

Wawancara dengan guru Biologi, I Putu Wahyu Iswara, S.Pd, menunjukkan bahwa sekitar 30% siswa masih mengalami kesulitan memahami materi ini. Meskipun guru telah memanfaatkan media yang tersedia secara maksimal, keterbatasan waktu menjadi kendala dalam melakukan pengembangan media pembelajaran yang lebih interaktif. Apabila kondisi ini dibiarkan, proses pembelajaran dapat menjadi kurang efektif.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pengembangan media pembelajaran interaktif dalam bentuk aplikasi mobile yang mampu memvisualisasikan sistem saraf pusat dalam model 3D. Salah satu teknologi yang sesuai untuk tujuan ini adalah *Augmented reality* (AR). *Augmented reality* adalah teknologi yang menggabungkan objek virtual dua atau tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata dan memungkinkan interaksi secara *real-time* dalam ruang campuran (*Mixed Reality*) (Sitohang et al., 2023).

Alasan pemilihan teknologi *Augmented reality* adalah *Augmented reality* memungkinkan visualisasi interaktif dari struktur ini secara realistis dalam ruang 3D, sehingga memudahkan pemahaman dibandingkan dengan gambar datar atau teks. Dengan aplikasi berbasis *Augmented reality*, siswa dapat melihat dan memahami struktur serta fungsi sistem saraf pusat secara lebih mendalam melalui kamera *smartphone* mereka. Konsep *Augmented reality* yang digunakan yaitu berbasis *Markerless* dimana *Markerless AR* adalah teknologi *augmented reality* yang tidak memerlukan marker fisik (seperti kode QR atau gambar khusus) untuk memunculkan objek virtual. Sebagai gantinya, AR mendeteksi lingkungan nyata menggunakan sensor kamera, GPS, giroskop, dan algoritma *computer vision* untuk

mengenali permukaan datar (*plane*), posisi, dan orientasi pengguna (Mishra et al., 2021).

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di sekolah SMA Negeri 1 Pupuan. SMA ini terletak di Jalan Jurusan Gunung Batukaru, Br. Adat Margasari, Desa Pujungan, Kecamatan Pupuan, Kabupaten Tabanan, Bali. Instansi pendidikan ini, dalam sistem pembelajarannya menggunakan Kurikulum Merdeka dan juga kurikulum 2013 (K13). Dalam penelitian ini, penulis menggunakan teknik pengumpulan data seperti wawancara, observasi, dokumentasi dan juga studi kepustakaan (Spadoni et al., 2022).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode MDLC (*Multimedia Development Life Cycle*). Adapun tahapan dari metode MDLC adalah sebagai berikut (Putra et al., 2023):

1. *Concept* (Konsep):

Dalam konteks pembelajaran sistem saraf pusat, misalnya: membuat aplikasi AR interaktif untuk memahami struktur otak manusia.

2. *Design* (Desain):

Mendesain alur aplikasi dengan UML, antarmuka pengguna (UI), serta pemetaan konten multimedia (gambar, teks, suara, animasi, video). Juga termasuk memilih teknologi yang digunakan (misalnya Unity dengan AR Foundation untuk *markerless* AR).

3. *Material Collecting* (Pengumpulan Materi):

Mengumpulkan semua bahan yang dibutuhkan, seperti gambar anatomi otak, suara penjelasan, narasi, dan model 3D.

4. *Assembly* (Penyusunan):

Menggabungkan semua elemen multimedia ke dalam aplikasi menggunakan software Unity.

5. *Testing* (Pengujian):

Melakukan uji coba aplikasi untuk menemukan bug, memastikan semua fungsi

berjalan baik, dan mengevaluasi kenyamanan pengguna.

6. *Distribution* (Distribusi):

Produk akhir dipublikasikan atau disebarakan ke target pengguna yaitu siswa dan guru.

Skenario Pengujian

1. Uji Validasi Ahli Materi

Berikut ini adalah tabel pernyataan pengujian validasi ahli materi pada aplikasi AR Pengenalan Sistem Saraf Pusat. Ahli materi cukup menjawab dengan :

- 1 =Sangat Tidak Setuju (STS)
- 2 =Tidak Setuju (TS)
- 3 =Netral (N)
- 4 =Setuju (S)
- 5 =Sangat Setuju (SS)

2. *User Experience Questionnaire* (UEQ)

Berikut ini adalah tabel daftar pernyataan User Experience pada aplikasi AR Pengenalan Sistem Saraf Pusat yang akan diisi oleh siswa di SMA 1 Pupuan terlampir pada gambar 2.

	1	2	3	4	5	6	7		
menyusahkan	<input type="radio"/>	menyenangkan	1						
tak dapat dipahami	<input type="radio"/>	dapat dipahami	2						
kreatif	<input type="radio"/>	monoton	3						
mudah dipelajari	<input type="radio"/>	sulit dipelajari	4						
bermanfaat	<input type="radio"/>	kurang bermanfaat	5						
membosankan	<input type="radio"/>	mengasyikkan	6						
tidak menarik	<input type="radio"/>	menarik	7						
tak dapat diprediksi	<input type="radio"/>	dapat diprediksi	8						
cepat	<input type="radio"/>	lambat	9						
berdaya cipta	<input type="radio"/>	konvensional	10						
menghalangi	<input type="radio"/>	mendukung	11						
baik	<input type="radio"/>	buruk	12						
rumit	<input type="radio"/>	sederhana	13						
tidak disukai	<input type="radio"/>	menggembirakan	14						
lazim	<input type="radio"/>	terdepan	15						
tidak nyaman	<input type="radio"/>	nyaman	16						
aman	<input type="radio"/>	tidak aman	17						
memotivasi	<input type="radio"/>	tidak memotivasi	18						
memenuhi ekspektasi	<input type="radio"/>	tidak memenuhi ekspektasi	19						
tidak efisien	<input type="radio"/>	efisien	20						
jelas	<input type="radio"/>	membingungkan	21						
tidak praktis	<input type="radio"/>	praktis	22						
terorganisasi	<input type="radio"/>	berantakan	23						
atraktif	<input type="radio"/>	tidak atraktif	24						
ramah pengguna	<input type="radio"/>	tidak ramah pengguna	25						
konservatif	<input type="radio"/>	inovatif	26						

Gambar 1. Daftar Penilaian UEQ

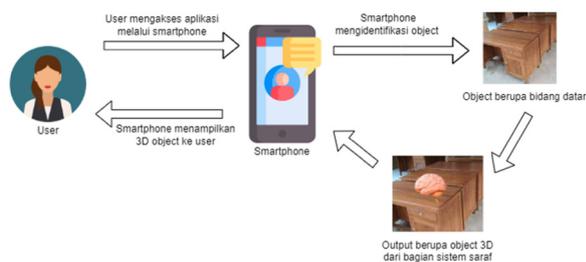
Untuk perhitungan dari UEQ ini menggunakan *Data Analysis Tools* yang

sudah disediakan oleh website resmi UEQ (Yanti et al., 2024).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum dari sistem yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 2.

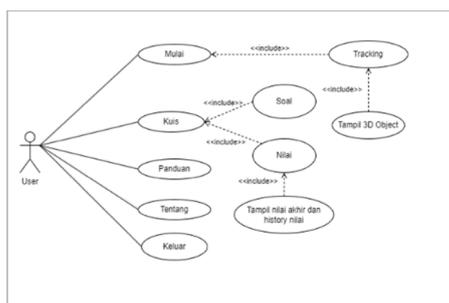


Gambar 2. Gambaran Umum Sistem

Pertama, User mengakses *smartphone* yang didalamnya sudah terinstal aplikasi AR Sistem Saraf Pusat. Selanjutnya, aplikasi mengakses kamera AR pada *smartphone*. Kamera *smartphone* akan mengidentifikasi Objek, jika Objek cocok (bidang datar), maka Objek akan dirubah menjadi marker dan 3D Objek akan tampil. Kemudian *smartphone* akan menampilkan 3D Object tersebut kepada user.

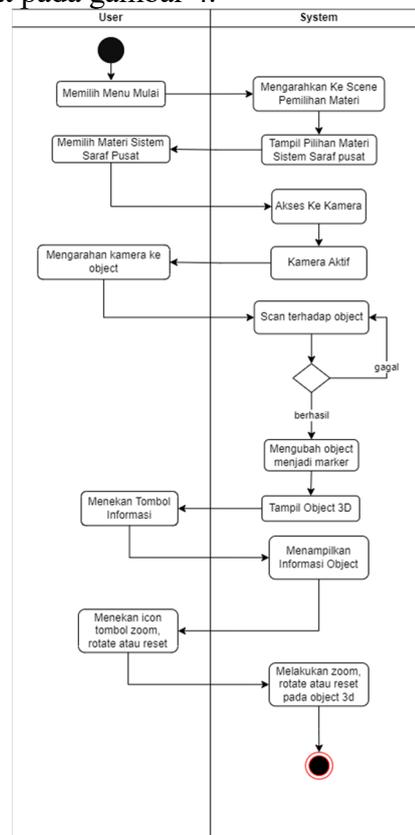
Desain Sistem

Use case diagram dari aplikasi *Augmented reality* Pengenalan Sistem Saraf Pusat Pada Manusia dapat dilihat di gambar 3 dibawah ini. Masing masing dari *Use case* tersebut akan dibuatkan skenario untuk menjelaskan langkah langkah dan proses yang terjadi didalam menu tersebut (Triono et al., 2021).



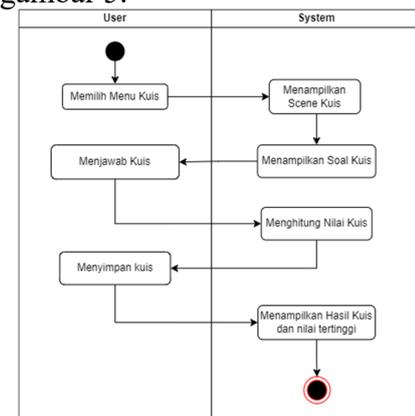
Gambar 3. Use case Diagram

Activity diagram menu Mulai dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Activity diagram Menu Mulai

Activity diagram menu Kuis dapat dilihat pada gambar 5.

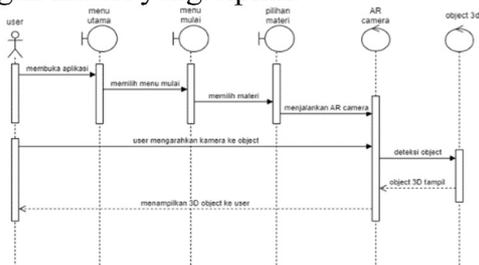


Gambar 5. Activity diagram Menu Kuis

Dalam *activity diagram* ini, user memulai dengan memilih menu kuis. Kemudian sistem akan menampilkan *scene* atau halaman kuis, yang dimana dalam *scene* ini, sistem akan menampilkan soal soal terkait dengan sistem saraf pusat. Proses selanjutnya adalah user

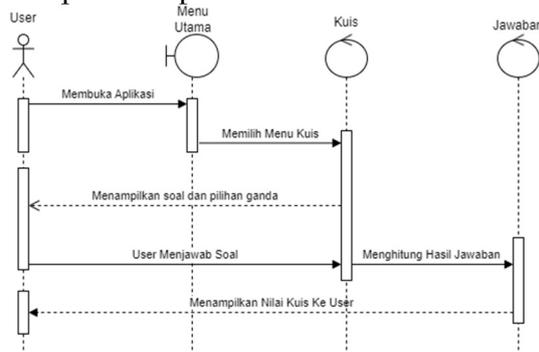
akan menjawab soal kuis. Setelah selesai menjawab, user menyimpan hasil kuis dan sistem akan menghitung dan juga menampilkan hasil dari kuis yang sudah dikerjakan oleh user. User juga dapat melihat nilai tertinggi didalam *scene* kuis ini.

Sequence diagram menu Mulai dimulai dari user mengirim pesan untuk membuka aplikasi dan selanjutnya User mengirimkan pesan untuk memilih menu mulai pada menu utama. User akan memilih materi, setelah itu, menu pilihan materi mengirim pesan ke kamera dan kamera pada *smartphone* pun terbuka. User kemudian mengarahkan kamera ke objek. Selanjutnya sistem akan mengidentifikasi objek. apabila sesuai maka sistem akan menampilkan 3D Object sesuai dengan materi yang dipilih.



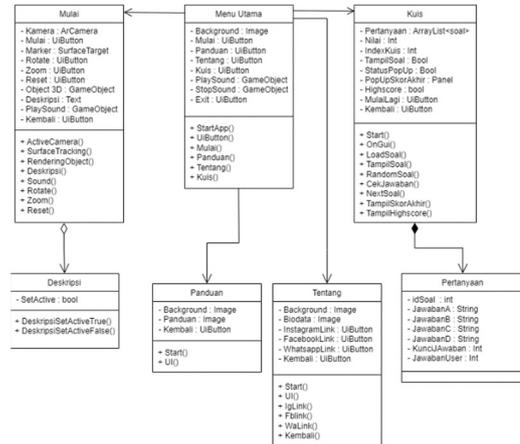
Gambar 6. *Sequence diagram* Kuis

Sequence diagram menu kuis dimulai dari user mengirim pesan untuk membuka aplikasi dan selanjutnya User mengirimkan pesan untuk memilih menu kuis, lalu sistem akan membalas pesan tersebut dengan menampilkan halaman menu kuis yang berisi soal dan pilihan jawaban (pilihan ganda). Kemudian user akan menjawab semua pertanyaan yang selanjutnya dihitung oleh sistem. Hasil dari perhitungan itu akan ditampilkan kepada user.



Gambar 7. *Sequence diagram* Menu Kuis

Class diagram pada aplikasi ini mencakup beberapa tabel dari semua aspek yang ada pada menu utama seperti mulai, panduan, kuis, dan tentang. Gambar class diagram dari aplikasi dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. *Class diagram*

Implementasi Object ke Bentuk 3D

Dalam pembuatan model 3D dari bagian bagian sistem saraf pusat digunakan *software* blender dengan versi 4.1. Object 3D yang dibuat ada 4 Object, yaitu otak bagian luar, otak bagian dalam, sel saraf (neuron), dan sumsum tulang belakang. Semua 3D tersebut diekspor dalam format fbx.



Gambar 9. Proses Pembuatan Objek 3D

Hasil Augmented reality pada Aplikasi



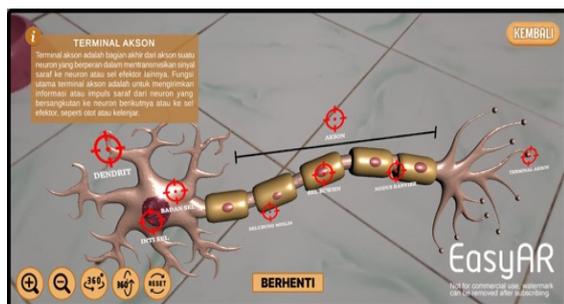
Gambar 10. Halaman Utama Aplikasi

Dalam halaman utama ini, terdapat beberapa menu yaitu menu mulai, kuis pembelajaran, tentang aplikasi dan juga panduan aplikasi. Terdapat juga tombol untuk mengaktifkan atau menonaktifkan musik dari aplikasi. Untuk keluar dari aplikasi, pengguna dapat menekan tombol exit.



Gambar 11. Halaman Pemilihan Materi

Dalam halaman ini, terdapat beberapa menu pilihan materi yaitu otak besar, otak kecil dan batang otak. Jika salah satu materi dipilih, maka halaman akan berpindah ke AR Camera. Menu untuk akses kuis pembelajaran, tentang aplikasi dan juga panduan aplikasi juga terdapat dalam halaman ini. Tombol kembali akan mengembalikan user ke halaman pemilihan materi.



Gambar 12. Halaman AR Kamera

Dalam halaman ini, sistem akan mengaktifkan kamera. Jika pengguna mengarahkan kamera ke Object bidang datar, maka Object 3D akan muncul. Untuk mengetahui informasi mengenai bagian 3D, pengguna dapat menyentuh bagian tanda kecerahan dari 3D tersebut. Tombol kembali akan mengembalikan user ke halaman utama. User dapat melakukan zoom in atau zoom out dengan menekan tombol icon zoom in dan

zoom out. Untuk melakukan rotasi pada Object 3d, user dapat menekan tombol icon rotasi vertical ataupun horizontal, menekan kembali tombol rotasi akan menghentikan rotasi Object. User juga bisa mereset rotasi pada Object dengan cara menekan tombol icon reset.



Gambar 13. Halaman Kuis

Dalam halaman ini, terdapat 10 soal yang diambil dari 40 soal yang di random dan opsi jawaban berupa pilihan ganda, jika pengguna menekan salah satu opsi, maka aplikasi akan menampilkan pemberitahuan bahwa jawaban yang dipilih benar atau salah, jika benar maka point akan bertambah dan sebaliknya.

Pengujian Aplikasi

1. Uji Validasi Ahli Materi

Penguji ahli materi diuji oleh salah satu guru yang mengempu mata pelajaran biologi yang bernama I Putu Wahyu Iswara, S.Pd. Untuk mengetahui interval indeks penilaiannya, hasil skor (likert) akan dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

Skor maksimum = jumlah soal x skor tertinggi likert

$$= 10 \times 5$$

$$= 50$$

Skor minimum = jumlah soal x skor terendah likert

$$= 10 \times 1$$

$$= 10$$

Total skor = (1 x jumlah memilih STS) + (2 x jumlah memilih TS) + (3 x jumlah memilih N) + (4 x jumlah memilih S) + (5 x jumlah memilih SS)

$$\begin{aligned}
 &= (1 \times 0) + (2 \times 0) + (3 \times 0) + (4 \times 2) + (5 \times 8) \\
 &= 0 + 0 + 0 + 8 + 40 \\
 &= 48
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Indeks (\%)} &= 48/50 \times 100 \\
 \text{Indeks (\%)} &= 0,96 \times 100 \\
 \text{Indeks (\%)} &= 96
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan penilaian ahli materi ini adalah 96%. Maka, hasil dari pengujian ahli materi ini berada pada kategori sangat setuju

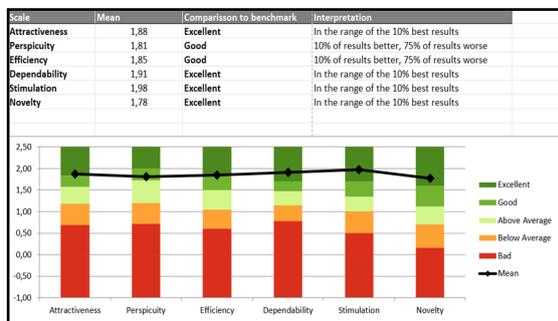
2. User Experience Questionnaire (UEQ)

Pengujian ini dilakukan untuk dengan menyebarkan kuesioner 26 butir pertanyaan UEQ. Responden yang menjawab kuesioner ini adalah 20 orang siswa kelas 12 IPA 3.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20
P1	2	5	3	5	6	5	0	6	6	7	7	6	6	6	5	6	6	6	5	5
P2	6	6	6	5	5	6	5	6	6	7	6	6	6	6	6	6	2	6	6	5
P3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	3	2	2	2	2	3	3
P4	3	3	5	2	3	2	2	2	2	2	1	2	2	3	2	2	1	3	3	3
P5	2	3	3	2	2	3	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2	3	3
P6	5	6	6	6	5	6	6	6	6	7	7	6	6	6	7	6	6	6	6	5
P7	5	5	5	7	6	6	6	6	6	6	7	7	6	6	5	7	6	6	6	5
P8	5	5	3	5	4	5	3	6	6	6	6	6	7	6	5	7	6	7	6	6
P9	3	3	5	3	5	6	3	2	2	2	2	1	2	2	3	1	1	2	2	3
P10	3	3	4	3	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	2
P11	4	5	3	6	5	6	6	7	6	6	7	6	6	6	6	6	7	7	7	5
P12	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
P13	5	6	3	6	6	6	6	6	6	7	7	7	6	6	6	6	6	6	7	6
P14	6	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	7	6	6	6	6	6
P15	5	3	5	5	2	4	6	6	7	7	7	6	4	6	5	7	6	6	6	6
P16	6	5	5	5	5	5	7	6	7	7	7	6	6	5	7	6	7	6	6	6
P17	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2
P18	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	3	1	2	1	1	3
P19	3	3	2	2	2	2	3	1	2	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	3
P20	5	6	5	5	6	6	6	6	7	7	6	6	6	6	6	5	7	6	6	5
P21	2	3	5	2	2	3	3	2	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	2
P22	6	5	6	6	6	6	6	7	6	7	7	7	6	6	7	6	7	6	7	6
P23	3	3	3	3	2	3	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	3
P24	2	2	1	3	2	1	2	1	2	1	2	2	3	3	3	1	2	2	2	3
P25	3	2	3	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3
P26	4	6	5	5	6	6	6	6	6	7	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5

Gambar 14. Hasil Kuesioner

Untuk menghitung kuesioner UEQ dapat menggunakan tools dari UEQ sendiri yaitu UEQ Data Analysis Tools (.xlsx) (Sudipa et al., 2022). Dari data kuesioner yang sudah didapatkan, mendapatkan hasil perhitungan seperti gambar 15.



Gambar 15. Hasil Perhitungan UEQ

Dari hasil perhitungan pada gambar 15, poin *Attractiveness* mendapatkan skor mean 1,88 (*Excellent*) yang berarti tingkat daya tarik aplikasi berada pada kategori sangat

baik. Poin *Perspicuity* mendapatkan skor mean 1,81 (*Good*), dalam hal ini berarti tingkat keterbacaan aplikasi berada pada kategori baik. Poin *Efficiency* mendapatkan skor mean 1,85 (*Good*), dalam hal ini berarti tingkat efisiensi aplikasi berada pada kategori baik. Poin *Dependability* mendapatkan skor mean 1,91 (*Excellent*), dalam hal ini berarti tingkat keandalan aplikasi berada pada kategori sangat baik. Poin *Stimulation* mendapatkan skor mean 1,98 (*Excellent*), dalam hal ini berarti tingkat stimulasi aplikasi berada pada kategori sangat baik. Poin *Novelty* mendapatkan skor mean 1,78 (*Excellent*), dalam hal ini berarti tingkat kesesuaian aplikasi berada pada kategori sangat baik.

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan pada aplikasi AR Sistem Saraf pusat dengan beberapa pengujian, didapatkan kesimpulan sebagai berikut : Perancangan dan pembangunan aplikasi media pembelajaran sistem pengenalan sistem saraf pusat pada manusia berbasis Mobile dimulai dengan pengumpulan data yaitu melakukan wawancara terhadap salah satu guru dan melakukan survey untuk menemukan masalah yang ada, dilanjutkan dengan perancangan sistem dengan membuat *Use case Diagram*, *Activity diagram*, *Sequence diagram* dan *User Interface Design* aplikasi beserta dengan pengujiannya, yaitu menggunakan uji validasi ahli materi, dan pengujian UEQ.

Pengujian terhadap aplikasi AR Sistem Saraf Pusat dilakukan dengan menyebarkan kuesioner UEQ yang memiliki 26 butir pertanyaan kepada 20 orang siswa sebagai responden. Hasil dari dari pengujian UEQ adalah, mendapatkan nilai *Attractiveness* (Daya Tarik) sebesar 1,88 dengan kategori sangat baik, *Perspicuity* (Kejelasan/Keterbacaan) sebesar 1.81 dengan kategori baik, *Efficiency* (Efisiensi) sebesar 1,85 dengan kategori baik,

Dependability (Keandalan) sebesar 1,91 dengan kategori sangat baik, dan *Stimulation* (Stimulasi) sebesar 1,98 dengan kategori sangat baik.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Endra, R. Y., Cucus, A., & Ciomas, M. (2020). Penerapan Teknologi Augmented Reality bagi Siswa untuk meningkatkan Minat Belajar Bahasa Mandarin di Sekolah. *TABIKPUN: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 19–30.
<https://doi.org/10.23960/jpkmt.v1i1.9>
- Juwita, Saputri, E. Z., & Kusumawati, I. (2021). Teknologi Augmented Reality (Ar) Sebagai Solusi Media Pembelajaran Sains Di Masa Adaptasi Kebiasaan Baru. *Bioeduca: Journal of Biology Education*, 3(2), 124–134.
<https://doi.org/10.21580/bioeduca.v3i2.6636>
- Mishra, H., Kumar, A., Sharma, M., Singh, M., Sharma, R., & Ambikapathy, A. (2021). Application of Augmented Reality in the field of Virtual Labs. *International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)*, 403–405.
<https://doi.org/10.1109/ICACITE51222.2021.9404705>
- Murniarti, E., Prayitno, H., Wibowo, G. A., Suparmi, & Rochmah, E. Y. (2023). Implementing Augmented Reality in Inclusive Education: Experiments and Potential. *International Journal of Science and Society*, 5(4), 60–72.
<https://doi.org/10.54783/ijsoc.v5i4.765>
- Putra, A. D., Susanto, M. R. D., & Fernando, Y. (2023). Penerapan MDLC Pada Pembelajaran Aksara Lampung Menggunakan Teknologi Augmented Reality. *CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering, and Informatics*, 1(2), 32–34.
<https://doi.org/10.58602/chain.v1i2.19>
- Saputra, N. A., Arba'a, D. A., & Cristofel, J. (2025). Penerapan Augmented Reality dalam Pembelajaran Visualisasi Planet Bumi bagi Siswa MI Miftahush Shibyan. *Seminar Nasional Teknologi & Sains (STAINS)*, 526–531.
<https://doi.org/10.29407/e04pqz62>
- Sitohang, T. O. P., Hamdani, H., & Tambunan, J. (2023). Implementasi Augmented Reality Pada Aplikasi Pembelajaran Komponen Jaringan Komputer Dengan Menggunakan Metode Markerless Berbasis Android. *Publikasi Kegiatan Pengabdian Masyarakat Widya (PUNDIMASWID)*, 2(1), 31–38.
<https://doi.org/10.54593/pundimaswid.v2i1.185>
- Spadoni, E., Porro, S., Bordegon, M., Arosio, I., Barbalini, L., & Carulli, M. (2022). Augmented Reality to Engage Visitors of Science Museums through Interactive Experiences. *Heritage*, 5(3), 1370–1394.
<https://doi.org/10.3390/heritage5030071>
- Sudipa, I. G. I., Aditama, P. W., & Yanti, C. P. (2022). Evaluation of Lontar Prasi Bali Application based on Augmented Reality Using User Experience Questionnaire. *East Asian Journal of Multidisciplinary Research (EAJMR)*, 1(9), 1845–1854.
<https://doi.org/10.55927/eajmr.v1i9.1531>
- Triono, S., Tulenan, V., & Paturusi, S. D. E. (2021). Aplikasi Augmented Reality Pengenalan Tokoh Wayang Kulit Dengan Metode Markerless. *Jurnal Teknik Informatika*, 16(3), 293–302.
<https://doi.org/10.35793/jti.v16i3.34180>
- Yanti, C. P., Aditama, P. W., & Sudipa, I. G. I. (2024). Implementation of marker-based tracking for Lontar Prasi balinese character recognition in augmented reality. *2nd International Conference On Technology, Informatics, And Engineering*, 060005.
<https://doi.org/10.1063/5.0192183>
-