
EKSPLORASI MULTISPECTRAL TERHADAP CITRA FOTO UDARA MENGUNAKAN KAMERA BERSENSOR APS-C 3100

Agus Pribadi¹⁾, Bambang Krismono²⁾

¹⁾Prodi Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Bumigora

²⁾Program Pasca Sarjana Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Bumigora

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

Abstract

Aerial photo imagery usage has expanded significantly, driven by the need to calculate regional potential, provide pre-planning views, support tourism, advertising, events, surveillance, and entertainment. Visually, obtaining aerial photo imagery using a DSLR camera can meet spatial information needs. A study is needed to investigate the potential for spectrum diversity (multispectral) in aerial photo imagery captured by the APS-C 3100 sensor camera, to determine the availability of spatial information based on its multispectral capabilities. Exploration of APS-C 3100 sensor camera imagery with stages (or method): aerial photo capture using APS-C 3100 sensor camera, image correction and sharpening, and multispectral observation. The stage of the method involves exploring the imagery produced by the APS-C 3100 sensor camera to determine the multispectral capabilities of the image. Based on the exploration result of 4 (four) aerial photo images acquired using an APS-C 3100 sensor camera, it was found that all of the aerial photo images did not have multispectral capabilities.

Keywords: multispectral, aerialphoto imagery, spatial information

Abstrak

Pemanfaatan citra aerialphoto untuk data spasial telah berkembang lebih luas, mulai untuk keperluan perhitungan potensi wilayah, view pra-perencanaan, pariwisata, pelaksanaan event, surveillance, hiburan dan periklanan. Secara visual, perolehan citra aerialphoto menggunakan kamera DSLR dapat memenuhi kebutuhan informasi secara spasial. Kajian potensi keragaman spektrum pada citra aerialphoto hasil kamera bersensor APS-C 3100 diperlukan untuk mengetahui ketersediaan informasi spasial berdasar kapabilitas multispectral. Eksplorasi citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 dengan tahapan (/ metode), pemotretan udara menggunakan kamera bersensor APS-C 3100, koreksi dan penajaman citra, observasi multispectral. Tahapan tersebut merupakan proses eksplorasi terhadap citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 untuk mengetahui kapabilitas multispectral citra. Berdasar hasil eksplorasi terhadap 4 (empat) citra aerialphoto hasil kamera bersensor APS-C 3100, diperoleh bahwa keseluruhan citra aerialphoto tersebut tidak memiliki kapabilitas multispectral. Dengan demikian, citra aerialphoto hasil kamera bersensor APS-C 3100 tidak dapat digunakan untuk pemrosesan maupun analisa multispectral.

Kata Kunci: *multispectral*, foto udara, informasi spasial

A. PENDAHULUAN

Pengideraan Jauh (Inderaja) merupakan mekanisme yang membantu mendapatkan informasi berkenaan permukaan bumi (Lasaiba dan Saud, 2022). Dalam Inderaja diperoleh perekaman obyek permukaan bumi berupa informasi berdasar gelombang tampak, inframerah, sinar ultraviolet serta gelombang *micro spectrum* lainnya dengan kamera pada suatu *platform* (I'zzuddiin et al., 2025). Citra Inderaja dalam penyusunan informasi spasial dalam Sistem Informasi Geografi (SIG), umumnya dipergunakan sebagai salah satu sumber / bahan dasar penyusunan data dan informasi spasial (Kaddar, 2022). Pada dasarnya, citra Inderaja pasif dapat berupa foto yang merupakan pantulan cahaya matahari yang direkam oleh sensor kamera (Julian, 2021). Pantulan cahaya dari suatu obyek mencakup panjang gelombang tertentu yaitu antara 0,400 μm sampai dengan 2,6 μm (μm = mikro meter) untuk keseluruhan obyek di muka bumi secara visual (Bakker et al., 2001). Salah satu citra Inderaja adalah hasil pemotretan udara. *Aerialphoto* (foto udara) merupakan pencitraan muka bumi yang dihasilkan oleh pemotretan udara pada area tertentu (Z. Firmansyah et al., 2025; Kaddar, 2022).

Pemanfaatan citra Inderaja pada dasarnya dapat dipergunakan untuk beberapa kebutuhan, mulai kebutuhan kartografi sampai dengan interpretasi detail untuk keperluan penentuan dan pengamatan (Rusyn et al., 2023). Pemanfaatan citra foto udara masa sekarang berkembang lebih luas, mulai untuk keperluan perhitungan potensi wilayah, *view* pra-perencanaan, pariwisata, untuk keperluan kontrol kondisi situasi, *event*, hiburan dan periklanan (Y. Firmansyah, 2024; Z. Firmansyah et al., 2025; Haque et al., 2024; Kaddar, 2022; Saihu et al., 2023). Citra Inderaja hasil foto udara memiliki kelebihan terhadap kendali akuisisi secara mandiri dibanding *satellite imagery* (Julian, 2021). Akuisisi citra foto satelit tidak dapat dikontrol secara mandiri sesuai kebutuhan

mandiri karena harus mengikuti pola durasi, jadwal dan *track* satelit sesuai kontrol operator satelit (Pribadi, 2023). Foto udara dalam akuisisinya dapat lebih fleksibel, karena kebutuhan dan proses pemotretan dapat langsung dikendalikan secara mandiri (Pribadi, 2023). Gambar 1 adalah ilustrasi citra Inderaja yang foto udara.



Gambar 1. Contoh Citra Foto Udara

Pemotretan udara pada umumnya menggunakan pesawat sebagai *platform* (wahana) dan menggunakan kamera metrik sebagai alat pengambilan gambarnya (Haque et al., 2024). Penggunaan pesawat terbang khusus sebagai wahana memiliki biaya yang cukup besar / mahal, dan sebagai alternatif adalah menggunakan pesawat terbang komersial berjadwal (Pribadi, 2023). Sesuai dengan perkembangan masa dan teknologi, alternatif wahana lain berupa *unmanned aerial vehicle* (UAV) ataupun wahana tanpa awak (Y. Firmansyah, 2024) Gambar 2 adalah ilustrasi UAV atau wahana tanpa awak.



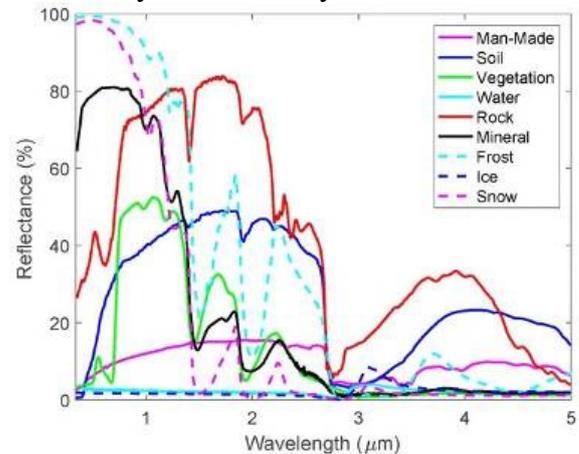
Gambar 2. Contoh Wahana Tanpa Awak (Haque et al., 2024)

Penggunaan penerbangan komersial berjadwal dan UAV memerlukan perangkat kamera tersendiri, karena pada umumnya kedua wahana tersebut tidak dilengkapi kamera secara langsung (Pribadi, 2023). Penggunaan kamera non metrik menjadi alternative pilihan untuk diaplikasikan pada penggunaan pesawat penerbangan komersial berjadwal dan UAV.

Menurut Saihu (2023), penggunaan UAV atau wahana tanpa awak dapat menggunakan kamera format kecil. Salah satu sensor kamera format kecil adalah sensor *crop factor* yaitu APS-C pada kamera tipe D3100 (APS-C 3100). Pemanfaatan kamera bersensor APS-C 3100 dapat diaplikasikan pada pengamatan wilayah memanfaatkan *surveillance aircraft* tanpa awak (Haque et al., 2024). Menurut Pribadi, (2023) berdasar hasil riset, secara visual kamera bersensor APS-C 3100 pada kamera tipe *digital single lens reflector* (DSLR) memiliki potensi untuk pemenuhan perolehan citra foto udara. Pemanfaatan kamera dengan format lebih kecil (kamera *pocket* PowerShot S100) masih memungkinkan diaplikasikan sebagai perangkat akuisisi pemotretan udara (Ayyubi et al., 2017). Memperhatikan penggunaan UAV ataupun *drone* yang dilengkapi dengan kamera format kecil, komposisi perangkat tersebut memungkinkan untuk diaplikasikan dalam pemotretan udara (Y. Firmansyah, 2024; Haque et al., 2024; Saihu et al., 2023).

Citra Inderaja memiliki beberapa aplikasi dalam penyajian data yang beragam dan spesifik, salah satunya *multispectral* atau pemanfaatan ragam spectrum gelombang cahaya (Lasaiba dan Saud, 2022). *Multispectral* pada citra Inderaja merupakan pemilahan / pengelompokan obyek di permukaan bumi berdasar panjang gelombang pantulan cahaya obyeknya (Simarmata et al., 2021). Pemilahan berdasar pada kaidah dasar panjang gelombang pemantulan tiap obyek, dan pengelompokannya berdasar arsitektur yang disematkan pada perangkat sensor kamera (Tshanga M., 2024). Gambar 3 adalah

ilustrasi ragam panjang gelombang pantulan beserta obyek reflektannya.



Gambar 3. Panjang gelombang dan obyek reflektansi (Njabi, 2022)

Tiap obyek di permukaan bumi memantulkan cahaya yang menyimpannya, dan tiap obyek tersebut memantulkan cahaya dengan panjang gelombang yang khas. Pada sensor kamera yang khusus untuk pemotretan obyek permukaan bumi, umumnya telah dilengkapi dengan fitur pemilahan kelompok panjang gelombang berdasar klasifikasi obyek. Klasifikasi pada umumnya berdasar pada prosentase tertinggi pada pemantulan, sehingga dapat diperoleh nilai panjang gelombang yang paling sesuai untuk suatu obyek, seperti tertuang pada gambar 3 (Njabi, 2022).

Unsur-unsur yang tersedia dalam citra foto udara perlu memenuhi standar kebutuhan data spasial berdasar interpretasi spasial (Firmansyah et al., 2025). Secara visual, perolehan citra foto udara menggunakan kamera DSLR dapat memenuhi kebutuhan citra Inderaja secara spasial (Pribadi, 2023). Dalam analisa citra Inderaja, secara spasial juga diperlukan pemenuhan kebutuhan spasial berdasar keragaman spektrum (Kaddar, 2022). Kajian potensi keragaman spektrum (*multispectral*) pada citra foto udara hasil kamera bersensor APS-C 3100 diperlukan untuk mengetahui ketersediaan informasi spasial berdasar kapabilitas

multispectral-nya. Observasi potensi *multispectral* terhadap citra hasil pemotretan udara dengan kamera bersensor APS-C 3100 pada dasarnya untuk mendapatkan data spasial berdasar keragaman tangkapan citra berdasar spektrum panjang gelombang elektromagnetik. Pemotretan udara menggunakan bukan kamera khusus pemotretan udara atau kamera non metrik sudah banyak dilakukan oleh banyak pihak. Namun belum banyak diketahui potensinya secara *multispectral* sebagaimana citra Inderaja kamera metrik atau citra satelit. Berdasar penelitian sebelumnya, citra hasil pemotretan udara dengan kamera bersensor APS-C 3100 memiliki potensi diaplikasikan sebagai bahan penyusunan data spasial (Pribadi, 2023). Secara visual, citra hasil pemotretan udara dengan kamera bersensor APS-C 3100 memiliki informasi spasial secara spektrum data. Penelitian ini membahas potensi *multispectral* citra hasil pemotretan udara dengan kamera non metrik bersensor APS-C 3100. Potensi *multispectral* citra foto udara kamera non metrik belum tereksplorasi. Jika citra hasil pemotretan udara dengan kamera bersensor APS-C 3100 memiliki potensi *multispectral*, maka akan dapat diaplikasikan lebih untuk keperluan data spasial, analisa spasial dan penerapan pemrosesan spasial pada kapasitas lanjut. Dengan demikian, pemenuhan data raster / Inderaja lebih mudah karena memanfaatkan kamera non metrik atau kamera untuk fotografi pada umumnya.

B. METODE PENELITIAN

Citra kamera bersensor APS-C 3100 yang diaplikasikan untuk keperluan foto udara tidak memiliki informasi maupun data teknis yang memuat tentang kapabilitas *multispectral*-nya. Gambar 4 adalah diagram metodologi yang dipergunakan dalam kegiatan penelitian. Secara garis besar, tahapan dalam metode penelitian merupakan pengamatan terhadap citra foto udara yang diakuisisi menggunakan kamera bersensor

APS-C 3100. Tahapan tersebut merupakan proses eksplorasi kapabilitas *multispectral* terhadap citra hasil akuisisi dengan kamera bersensor APS-C 3100 yang merupakan kamera non metrik.



Gambar 4. Metodologi

Spesifikasi Teknis Pemotretan

Akuisisi foto *landscape* wilayah pada bahasan ini menggunakan kamera bersensor APS-C 3100. Spesifikasi teknis *setting* kamera pada saat pemotretan adalah sebagai berikut :

- diafragma pada kisaran $f/10 - f/8$,
- focal length* lensa 18mm – 50mm,
- kecepatan rana menggunakan $1/60 - 1/250$ detik,
- resolusi gambar = 300 dpi,
- resolusi *frame* citra mencapai 10 mega pixel,
- bit depth* = 24,
- tipe *file* foto = *.jpg dan RAW.

Foto udara yang dipilih dalam penelitian ini adalah akuisisi ketinggian sedang, yaitu kisaran 2000 – 10000 kaki di atas permukaan laut (Cutler, 2019). Ketinggian tersebut merupakan kategori ketinggian pemotretan udara (Kaddar, 2022). Ketinggian pada saat pesawat pada fase pendakian atau *final approach*. Sudut pemotretan berdasar acuan horisontal adalah :

- sudut posisi kamera di kisaran -15° sampai dengan -30° ,

b. sudut posisi kedudukan menyesuaikan kemiringan yang diijinkan bagi pesawat komersial pada saat melakukan putaran.

Posisi kemiringan yang diperoleh dapat dimungkinkan posisi kamera relative tegak terhadap permukaan bumi.

Waktu pemotretan kisaran jam 07.00 sampai dengan 16.10, pada bulan Februari, Maret, Mei, Agustus dan November. Situasi cuaca pada saat pemotretan cerah dan relatif berawan. Sesi pemotretan dilaksanakan pada saat penerbangan berstatus :

- sesaat setelah *airborn*,
- putaran setelah *airborn*,
- putaran pada *final approach*, dan
- final approach to landing*.

Perbaikan Citra

Olah citra digital terhadap citra foto permukaan bumi secara dasar terdapat 2 tahapan (Rusyn et al., 2023) :

- koreksi atmosferik,
- penajaman citra.

Kedua tahapan tersebut diperlukan untuk mendapatkan citra foto permukaan bumi yang representatif guna keperluan perolehan informasi spasial. Dalam metode ini koreksi yang diterapkan adalah perbaikan citra terhadap gangguan *haze* atau efek atmosferik yang umumnya terjadi pada citra foto satelit maupun citra foto udara (Rusyn et al., 2023). Penajaman citra dengan menerapkan perbaikan intensitas dan *filter* terhadap *noise* yang menyertai citra pada saat akuisisi di lapangan.

Eksplorasi *Multispectral*

Obsrvasi *multispectral* diterapkan terhadap citra foto udara menggunakan kamera bersensor APS-C 3100. Citra foto udara tersebut dieksplorasi dengan menggunakan cara yang sama jika mengakses / membuka citra foto yang diakuisisi menggunakan kamera berbasis *multispectral*. Reflektansi spektral adalah rasio fluks radiasi naik dan turun untuk sifat permukaan, iluminasi, dan pengamatan tertentu, termasuk sifat pengambilan sampel spektral sensor

(Tshanga M., 2024). Beberapa pita spektral tersebut dikumpulkan oleh sensor yang mengukur energi yang dipantulkan pada bagian tertentu dari spektrum elektromagnetik (Njabi, 2022). Citra *multispectral* merupakan citra yang diakuisisi dengan menggunakan kamera bersensor jamak (Njabi, 2022). Gambar 5 berikut adalah ilustrasi citra foto udara yang memiliki kapabilitas *multispectral*.



Gambar 5. Citra foto udara *multispectral*

Spektrum elektromagnetik merupakan seluruh rentang panjang gelombang radiasi elektromagnetik (Tshanga M., 2024). Untuk kebutuhan analisa, spektrum elektromagnetik dibagi menjadi beberapa pita (bagian), masing-masing mewakili rentang panjang gelombang. Tiap bagian umum pita-pita tersebut dengan nama : sinar gamma, sinar-x, sinar ultraviolet, cahaya tampak (0,4 μ m-0,7 μ m), inframerah (0,7 μ m - 100 μ m), gelombang mikro (1mm - 1m), dan gelombang radio (Njabi, 2022). Ilustrasi pada gambar 5 merupakan data acuan terhadap 5 data citra lain yang akan diamati kapabilitas *multispectral*-nya.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip dimana lima komponen dasar Uji eksplorasi dilakukan terhadap 4 citra contoh / *sample* yang diperoleh menggunakan kamera bersensor APS-C 3100. Keempat citra sebagai *sample* tersebut masing-masing memiliki obyek mayoritas yang khas, yaitu dengan dominasi vegetasi, kombikasi vegetasi dan perairan, dominasi bangunan

dan kombinasi tanah terbuka dan kawasan pemukiman.

Hasil

Eksplorasi dilakukan terhadap citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 menggunakan citra foto yang didominasi obyek vegetasi area persawahan di daerah Mujur Kabupaten Lombok Tengah. Gambar 6 adalah visualisasi eksplorasi terhadap citra foto udara kamera bersensor APS-C 3100 dengan obyek dominasi vegetasi area persawahan. Terdapat sebagian obyek bangunan dan tanah terbuka dalam citra foto udara gambar 6.

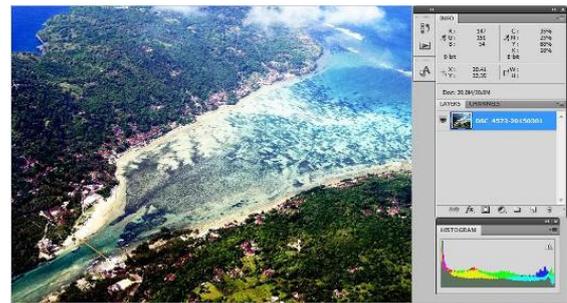


Gambar 6. Eksplorasi citra foto dominasi obyek vegetasi

Memperhatikan jendela 'layers' pada gambar 6, menunjukkan bahwa citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 dengan dominasi obyek vegetasi adalah tidak memiliki pembagian panjang gelombang yang terklasifikasi khusus. Pada jendela 'layers' hanya didapatkan 1 satu 'layer bar' spektrum yang berisikan citra foto.

Gambar 7 adalah ilustrasi eksplorasi citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 menggunakan citra foto yang isinya di dominasi kombinasi obyek vegetasi dan obyek perairan. Pada jendela 'layers' hanya didapatkan 1 satu 'layer bar' spektrum yang berisikan citra foto.

Memperhatikan jendela 'layers' pada gambar 7, menunjukkan bahwa citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 dengan dominasi obyek vegetasi dan perairan adalah tidak memiliki pembagian panjang gelombang yang terklasifikasi khusus.



Gambar 7. Eksplorasi citra foto dominasi vegetasi dan perairan

Pada gambar 8 adalah ilustrasi eksplorasi citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 menggunakan citra foto yang didominasi obyek bangunan. Obyek foto udara pada gambar 8 adalah Lombok Epicentrum Mall beserta lingkungan sekitarnya. Obyek dalam citra foto udara mampu mencitrakan dengan berdasar variasi obyek di dalamnya.



Gambar 8. Eksplorasi citra foto dominasi obyek bangunan

Memperhatikan jendela 'layers' pada gambar 8, menunjukkan bahwa citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 dengan dominasi obyek bangunan adalah tidak memiliki pembagian panjang gelombang yang terklasifikasi khusus. Hasil yang diperoleh pada jendela 'layers' hanya didapatkan 1 satu 'layer bar' spektrum yang berisikan citra foto.

Pencitraan permukaan bumi lebih bervariasi dapat dilakukan oleh kamera bersensor APS-C 3100. Tampilan gambar 9 mengilustrasikan eksplorasi citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 menggunakan citra foto yang didominasi obyek kombinasi tanah terbuka dan bangunan. Citra foto kamera bersensor APS-

C 3100 pada gambar 9 adalah hasil pemotretan bandara Selaparang beserta lingkungan terdekatnya.



Gambar 9. Eksplorasi citra foto dominasi obyek tanah terbuka dan bangunan

Memperhatikan jendela ‘layers’ pada gambar 9, menunjukkan bahwa citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 dengan dominasi obyek kombinasi tanah terbuka dan bangunan adalah tidak memiliki pembagian panjang gelombang yang terklasifikasi khusus. Hasil yang diperoleh pada jendela ‘layers’ hanya didapatkan 1 satu ‘layer bar’ spektrum yang berisikan citra foto.

Pembahasan

Citra *multispectral* memiliki beberapa kanal / kelompok panjang gelombang berdasar reflektansi obyek di permukaan bumi (Tshanga M., 2024). Penggunaan kamera bersensor APS-C 3100 untuk akuisisi pemotretan udara merupakan pemanfaatan tersendiri dalam pengaplikasian kamera non metrik dan UAV (Firmansyah *et al.*, 2025).. Kamera non metrik dengan sensor non jamak masih dapat menghasilkan citra *multispectral* dengan menambahkan filter *multispectral* pada lensa kamera (Birahmatika dan Nasution, 2016).

Memperhatikan hasil eksplorasi citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 pada gambar 6, gambar 7, gambar 8 dan gambar 9, didapatkan bahwa empat citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 tersebut tidak dapat diurai menjadi beberapa ragam lebar pita / kanal panjang gelombang reflektansi obyek dalam citra. Memperhatikan citra foto udara pada gambar 5, tampak jelas bahwa citra foto

udara *multispectral* memiliki lebih dari satu kanal spektrum foto udara. Perbandingan antara gambar , pada gambar 6, gambar 7, gambar 8 dan gambar 9 dengan gambar 5 memiliki perbedaan pada struktur fisik citra foto udara. Citra foto udara *multispectral* yang ditunjukkan pada gambar 5, tidak dimiliki oleh citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 pada gambar 6, gambar 7, gambar 8 dan gambar 9. Kondisi tersebut lebih disebabkan karena citra multispectral dihasilkan oleh kamera dengan sensor jamak, satu set sensor terdiri atas beberapa sub-sensor (Njabi, 2022).

Berdasar hasil eksplorasi multispectral pada citra hasil kamera bersensor APS-C 3100, diketahui bahwa foto udara yang dihasilkan oleh kamera bersensor APS-C 3100 tidak memiliki data spasial secara multispectral. Pada citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 merangkum keseluruhan panjang gelombang reflektansi pada satu kanal saja. Seluruh panjang gelombang terangkum dalam satu kanal adalah khas pada kamera non metrik ataupun kamera format kecil (Y. Firmansyah, 2024). Hal tersebut bersesuaian dengan kamera bersensor APS-C 3100 menggunakan sensor tunggal. Hal tersebut terbukti pada gambar 6, gambar 7, gambar 8 dan gambar 9 yang menunjukkan bahwa citra hasil kamera bersensor APS-C 3100 hanya ada 1 (satu) ‘layer bar’ spektrum. Hasil tersebut akan berbeda jika menerapkan penggunaan filter multispectral pada lensa kamera bersensor APS-C 3100.

Berdasar kajian potensi visual pemotretan udara dengan kamera DSLR (Pribadi, 2023), tampilan visual pada gambar 6, 7, 8 dan 9 memenuhi kebutuhan citra foto udara. Walaupun menggunakan kamera non metrik / DSLR / kamera bersensir APS-C 3100, pemotretan udara menggunakan pesawat pada ketinggian 2000 – 10000 kaki merupakan kategori pemotretan udara (Kaddar, 2022). Dengan demikian, hasil pemotretan dalam kondisi tersebut tergolong aerialphotography. Citra foto dengan kamera

bersensor APS-C 3100 masih dikategorikan citra foto udara yang memiliki konten spasial secara normal view untuk keperluan pembentukan data spasial (Pribadi, 2023).

D. PENUTUP

Eksplorasi citra foto udara hasil kamera bersensor APS-C 3100 tidak memiliki data citra secara multispectral. Foto hasil pemotretan kamera bersensor APS-C 3100 masih memiliki potensi secara visual untuk dipergunakan penyusunan data dan informasi spasial.

Memperhatikan bagian pembahasan dan simpulan, maka perlu ada modifikasi pemotretan dengan kamera non metrik untuk mendapatkan hasil citra multispectral. Modifikasi tersebut dilakukan jika pemotretan udara tidak menggunakan kamera bersensor jamak. Disamping kondisi tersebut, eksplorasi citra secara hypersectral perlu dilakukan untuk mengetahui potensi lain yang dimiliki citra hasil kamera bersensor APS-C 3100.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Ayyubi, A. S. Al, Cahyono, A. B., & Hidayat, H. (2017). Pemetaan Foto Udara Menggunakan Wahana Fix Wing UAV (Studi Kasus: Kampus ITS Sukolilo). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24518>
- Bakker, W. H., Weir, M. J. C., Gorte, B. G. H., & Pohl, C. (2001). *Principles of remote sensing: an introductory textbook* (L. L. F. Janssen (ed.)). International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.
- Birahmatika, R. A., & Nasution, A. M. T. (2016). Rancang Bangun Pencitraan Multispektral Cahaya Tampak untuk Deteksi Kesegaran Ikan Gurami (*Osphronemus Goramy*). *Ktrl.Inst (J.Auto.Ctrl.Inst)*, 8(2), 2016.
- Cutler, C. (2019). How To Fly A Continuous Descent On Final Approach (CDFA). In *Boldmethod*.
- Firmansyah, Y. (2024). Pemanfaatan Foto Udara Untuk Rencana Pengembangan Kawasan Wisata Desa Tamansari. *Jurnal Teknik*, 25(1), 45–49. <https://doi.org/10.33751/teknik.v25i1.10237>
- Firmansyah, Z., Susilo, Y., & Wijayanti, R. F. (2025). Perbandingan Metode PPK (Post Processed Kinematic) Dan Titik GCP (Ground Control Point) Foto Udara Studi Kasus: Desa Kalipecabean, Kecamatan Candi, Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Geodesi Undip*, 14(1), 41–50. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2025.49865>
- Haque, M. I., Susilo, Y., Mahardianti, M. A., Prabawa, S. E., & Yahya, F. (2024). Pemanfaatan Pesawat UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Untuk Pembuatan Peta Citra Desa Metode Fotogrametri Dengan Studi Kasus: Desa Kalipecabean, Kecamatan Candi, Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Geodesi Undip*, 13(2), 495–502. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2024.42880>
- I'zzuddiin, M., Alina, A. N., Mahardianti, M. A., Yahya, F., & Prabawa, S. E. (2025). Analisis Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Algoritma Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Pantai Timur Surabaya Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). *Jurnal Geodesi Undip*, 14(1), 21–32. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2025.46556>
- Julian, H. D. (2021). Analisis Parameter Segmentasi pada Perangkat Lunak Ecognition menggunakan Data citra Foto Udara. *Jurnal Swarnabhumi*, 6(1), 46–53. <https://doi.org/10.31851/swarnabhumi.v6i1.5104>

- Kaddar, B. (2022). *Basics Principles of Remote Sensing And GIS*. Faculty of Natural Sciences and Life, University Ibn Khaldoun Tiaret.
- Lasaiba, M. A., & Saud, A. W. (2022). Pemanfaatan citra Landsat 8 OLI_TIRS untuk identifikasi vegetasi di Kota Ambon. *Jurnal Geografi*, 20(1), 53–65.
- M, M. T., Ncube, L., & van Niekerk, E. (2024). Remote sensing insights into subsurface-surface relationships: Land Cover Analysis and Copper Deposits Exploration. In *Earth Science Informatics*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s12145-024-01423-2>
- Njabi, R. (2022). Full Spectrum: Multispectral Imagery And Hyperspectral Imagery. In *UP42*.
- Pribadi, A. (2023). *Potensi Visual Hasil Pemotretan Menggunakan Kamera DSLR D3100 Pada Pengaplikasian Aerialphoto Untuk Kebutuhan Data Spasial Citra Foto Udara*.
- Rusyn, B., Lutsyk, O., Kosarevych, R., Maksymyuk, T., & Gazda, J. (2023). Features extraction from multi-spectral remote sensing images based on multi-threshold binarization. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46785-7>
- Saihu, E. U. K., Purba, A., & Sarkowi, M. (2023). Pemanfaatan Teknologi drone Guna Pemetaan Kesesuaian Ruang Untuk Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan. *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung*, 4(1), 13–18. <https://doi.org/10.23960/jpi.v4n1.92>
- Simarmata, N., Tarigan, T. A., Wikantika, K., Aldyansyah, M., Tohir, R. K., Fauziah, A., & Purnama, Y. (2021). Analisis Transformasi Indeks Ndvi, NdwI Dan Savi Untuk Identifikasi Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Citra Sentinel Di Pesisir Timur Provinsi Lampung. *Jurnal Geografi*, 19(2), 69–79. <https://doi.org/10.26740/jggp.v19n2.p69-79>