

3D MODEL PROTOTYPE OF PALANGKA RAYA UNIVERSITY BASED ON GEOSPATIAL DATA USING DRONE PHOTOGRAMMERY

3D UNIVERSITAS PALANGKA RAYA BERBASIS DATA GEOSPASIAL MENGGUNAKAN FOTOGAMETRI DRONE

Berkat Yuda¹, Gagas Wira Syahputra², Nathanael Yanuar Kristianto³, Sabrina Valent Casey Bintang⁴, Sri Wahyuni⁵, Lola Cassiophea⁶, Petrisly Perkasa⁷, Whendy Trissan⁸

^{1 2 4 5} Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan

^{6 7 8} Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Palangka Raya

e-mail: berkatyuda22@gmail.com, syah.gagas@gmail.com, nathanaelyanuarkristianto@gmail.com, sabrina.v.bintang@gmail.com, sriwhyuni2703@gmail.com

ABSTRACT

Utilization of Drone Technology (Unmanned Aerial Vehicle/UAV) in the geospatial field has rapidly advanced in recent years, particularly in mapping and three-dimensional (3D) modeling. This study aims to explore and apply drone imagery technology in the creation of a 3D model (digital mock-up) of the environment at the University of Palangka Raya campus, serving as an accurate and informative spatial visual representation. Data collection was conducted through aerial image acquisition using a drone equipped with a high-resolution camera, with systematically planned flight parameters to ensure adequate coverage and overlap. The data processing was carried out using Structure from Motion (SfM)-based photogrammetry software, which included stages such as image orientation, point cloud reconstruction, mesh model creation, and texturing. The resulting 3D model was then evaluated both visually and geometrically to assess its spatial accuracy and completeness. The results show that 3D modeling using drone imagery is capable of representing the shapes and structures of buildings, vegetation, and other campus environmental features with a high level of detail. The spatial accuracy of the model also falls within acceptable tolerance limits for visualization and site planning purposes. The significance of this research lies in the time and cost efficiency of the mapping process compared to conventional methods such as manual field surveying. Additionally, the 3D model holds great potential to support academic activities, campus development planning, asset preservation, and as an engaging medium for visual promotion. Thus, the integration of drone and photogrammetry technology can serve as an innovative solution for the development of modern and applicable geospatial information systems in higher education environments.

Keywords: Drone, Aerial Imagery, 3D Modeling, Photogrammetry, University of Palangka Raya

PENDAHULUAN

Universitas Palangka Raya (UPR) merupakan perguruan tinggi negeri tertua di Kalimantan Tengah yang berdiri sejak 20 November 1963. Sebagai pusat pendidikan dan penelitian regional, UPR memiliki luas lahan sekitar 5.350 hektar, menjadikannya salah satu kampus terluas di Indonesia. Kawasan utamanya, Kampus Tunjung Nyaho seluas 300 hektar, hanya memanfaatkan sekitar 5% untuk fasilitas akademik, sementara sisanya berupa hutan kota yang berfungsi sebagai ruang terbuka hijau. Selain itu, terdapat Kampus Kartini (50 hektar) dan kawasan hutan pendidikan di Hampangen (5.000 hektar) yang digunakan untuk penelitian dan konservasi lingkungan.

Dengan cakupan wilayah yang luas dan topografi yang beragam, Universitas Palangka Raya memiliki peran strategis dalam pengembangan dan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh, khususnya drone atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Teknologi ini telah berkembang pesat dan terbukti efektif dalam berbagai bidang, seperti pemetaan wilayah, pemantauan lingkungan, konservasi hutan, hingga pengelolaan lahan gambut di Kalimantan Tengah. Dalam konteks tersebut, teknologi UAV menjadi solusi tepat untuk menjangkau area yang sulit diakses dan menyediakan data spasial secara cepat dan real-time. Selain UAV, penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) seperti ArcGIS 10.8 berperan penting dalam mendukung analisis spasial yang presisi.

SIG memungkinkan pemrosesan data geospasial secara efisien melalui fitur seperti klasifikasi lahan dan analisis jaringan, sehingga sangat relevan dalam mendukung perencanaan dan pengambilan keputusan berbasis spasial. Di sisi lain, maket arsitektur memiliki nilai penting dalam dunia desain dan perencanaan ruang. Maket berfungsi sebagai media visualisasi skala kecil yang membantu pemahaman tata letak dan proporsi sebelum implementasi fisik dilakukan. Menurut Prasetyo (2020), maket tidak hanya memperkuat komunikasi antara perancang dan pemangku kepentingan, tetapi juga memperjelas interpretasi spasial dari suatu kawasan atau objek.

Dengan mengintegrasikan teknologi UAV, SIG, dan representasi maket, penelitian ini berfokus pada pengembangan prototipe maket 3D Kampus Universitas Palangka Raya sebagai bentuk representasi visual spasial yang akurat dan informatif. Lokasi ini dipilih karena keunggulan geografis dan komitmennya terhadap pengembangan teknologi UAV. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi praktis dan akademis, baik dalam pemetaan digital kampus maupun sebagai referensi dalam pengembangan inovasi berbasis teknologi geospasial yang mendukung perencanaan berkelanjutan di Kalimantan Tengah.

TUJUAN PENELITIAN

1. Membuat prototipe maket 3D kampus Universitas Palangka Raya berbasis citra drone.
2. Menguji akurasi spasial hasil model 3D sebagai bahan visualisasi dan perencanaan kawasan.
3. Menilai efektivitas metode fotogrametri drone dibandingkan metode konvensional.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kampus Universitas Palangka Raya yang terletak pada koordinat 2°12'39.6"S, 113°54'49.7"E, dengan luas sekitar 338 hektar. Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif dengan teknik fotogrametri menggunakan drone (Unmanned Aerial Vehicle/UAV).

1. Akuisisi Data

Data spasial dikumpulkan melalui pemotretan udara menggunakan drone DJI Mavic Air 2S dengan kamera beresolusi tinggi. Penerbangan dilakukan menggunakan misi grid dengan pengaturan overlap 80% dan sidelap 70% untuk memastikan kualitas data optimal. Jalur terbang direncanakan menggunakan aplikasi Pix4Capture dan dikontrol secara langsung dari perangkat mobile melalui DJI Fly.

2. Pengolahan Data

Proses pembuatan peta digital diawali dengan pengambilan data menggunakan drone yang dikendalikan melalui aplikasi DJI Fly untuk pengambilan citra dan Pix4Dcapture untuk perencanaan misi otomatis, di mana parameter seperti ketinggian terbang, sidelap, dan overlap ditentukan guna memastikan tumpang tindih citra yang cukup. Setelah drone diterbangkan dan data citra diperoleh dalam format JPEG, data dipindahkan ke komputer dan diproses menggunakan perangkat lunak fotogrametri Agisoft Metashape melalui tahapan import foto, penyelarasan (Align Photos), pembuatan dense cloud, digital elevation model (DEM), dan orthomosaic yang merupakan peta digital berkualitas tinggi yang bebas distorsi. Hasil orthomosaic diekspor dalam format TIFF dan kemudian dikonversi ke format ECW menggunakan Global Mapper untuk efisiensi ukuran file. Selanjutnya, data ECW dianalisis dan diklasifikasi dalam ArcGIS Pro, dengan pembuatan shapefile (jalan, bangunan, luas bangunan), pengisian atribut (nama, koordinat X dan Y), pemotongan raster menggunakan shapefile, dan penerapan simbologi untuk visualisasi data. Tahap akhir berupa penyusunan layout peta yang meliputi elemen-elemen kartografis seperti judul, legenda, north

arrow, scale bar, dan ekspor peta dalam format JPEG atau PDF untuk keperluan presentasi maupun publikasi.

3. Pembuatan Maket 3D

Maket 3D dimulai dari perencanaan skala 1:12.500 dan pemilihan bahan seperti spanduk, plywood, dan PVC foam board. Tahapan pembuatan meliputi pemotongan komponen, perakitan maket, penempelan bangunan dan vegetasi, hingga pewarnaan dan finishing. Seluruh proses dilakukan berdasarkan citra spanduk sebagai acuan visual.

4. Evaluasi dan Validasi

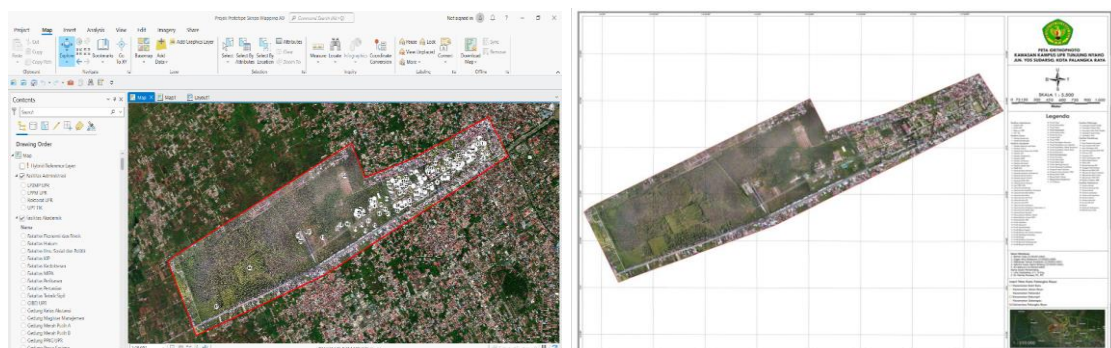
Evaluasi dan analisis dilakukan terhadap model 3D digital dan maket fisik melalui pengukuran reprojection error, densitas tie points, kualitas dense cloud, serta analisis skala internal, untuk menilai akurasi spasial dan visualisasi objek; sementara efektivitas metode dinilai berdasarkan efisiensi waktu dan biaya dibandingkan metode konvensional, serta ditinjau dari potensi aplikatifnya dalam perencanaan kampus, manajemen aset, promosi, dan edukasi spasial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan prototipe maket 3D digital Kampus Universitas Palangka Raya dengan memanfaatkan citra udara yang diperoleh dari drone. Proses pemodelan dilakukan secara sistematis mulai dari akuisisi data udara, pemrosesan menggunakan perangkat lunak fotogrametri, hingga visualisasi dan analisis hasil model 3D.

1. Hasil Pengolahan Data Fotogrametri

Hasil pengolahan data dari proses pengambilan citra udara hingga menjadi peta menunjukkan bahwa integrasi teknologi drone dan perangkat lunak pemetaan mampu menghasilkan peta digital yang akurat dan efisien. Pengambilan data dilakukan menggunakan drone yang dikendalikan melalui aplikasi Pix4Dcapture dengan pengaturan overlap dan sidelay yang sesuai standar, menghasilkan citra udara dengan tumpang tindih yang cukup untuk proses fotogrametri. Citra tersebut kemudian diproses menggunakan Agisoft Metashape melalui tahapan align photo, dense cloud, digital elevation model (DEM), dan orthomosaic, yang menghasilkan citra koreksi geometris beresolusi tinggi. File orthomosaic diekspor dalam format TIFF dan dikonversi ke ECW menggunakan Global Mapper untuk efisiensi penyimpanan dan pemrosesan. Selanjutnya, data ECW diolah dalam ArcGIS Pro melalui proses clip raster, pembuatan dan pengisian atribut shapefile (seperti jalan, bangunan, dan luas area), serta simbologi untuk visualisasi objek. Tahap akhir adalah penyusunan layout peta yang mencakup elemen-elemen kartografis seperti judul, legenda, skala, dan panah utara, yang kemudian diekspor dalam format JPEG atau PDF sebagai produk peta siap guna untuk analisis Pspasial, presentasi, dan dokumentasi.



Gambar 01. Hasil Data Fotogrametri (Prototipe PTB UPR, 2025)

2. Pembuatan Maket 3D

Model 3D yang dihasilkan direpresentasikan dalam bentuk maket fisik berskala 1:12.500. Proses pembuatan maket dilakukan dengan mengacu pada orthophoto dan model digital yang telah diproses, sehingga tata letak, bentuk, dan orientasi bangunan dalam maket sesuai dengan kondisi aktual kampus.

Dalam proses ini, data hasil pemetaan digunakan sebagai dasar untuk menentukan proporsi, elevasi, dan posisi objek fisik seperti bangunan, jalan, dan area terbuka. Bahan-bahan seperti plywood, PVC board, serta material dekoratif lainnya disesuaikan agar mampu merepresentasikan visual lingkungan kampus dengan baik. Selain menjadi alat bantu visualisasi, maket fisik ini juga berfungsi sebagai media komunikasi antara perencana, pengelola kampus, dan pemangku kepentingan lainnya.

Meskipun berbentuk fisik, maket ini tetap mampu menyajikan informasi spasial yang berguna dalam konteks perencanaan kawasan dan visualisasi kampus. Peningkatan akurasi visual dari citra drone membantu menghasilkan tata letak yang lebih presisi dan realistis, dibandingkan dengan metode pembuatan maket konvensional yang hanya mengandalkan peta 2D atau sketsa lapangan.

Namun demikian, proses manual dalam pembuatan maket tetap menghadirkan beberapa keterbatasan, seperti ketidakmampuan menampilkan kontur atau perbedaan elevasi secara detail, serta keterbatasan fleksibilitas saat ada perubahan tata ruang kampus. Oleh karena itu, keberadaan maket fisik ini perlu dikombinasikan dengan model digital interaktif untuk memberikan gambaran menyeluruh dan dinamis dalam mendukung proses perencanaan spasial.



Gambar 02. Hasil Maket 3D (Prototipe PTB UPR, 2025)

3. Analisis Akurasi dan Evaluasi Visual

Akurasinya dianalisis berdasarkan:

- Reprojection Error: Menunjukkan kesalahan proyeksi ulang titik 3D ke gambar asli. Nilai error yang rendah (< 0.5 piksel) menunjukkan ketepatan model.
- Tie Point Density: Jumlah dan distribusi titik pengikatan (tie points) yang tersebar merata menandakan kestabilan geometri model.
- Dense Cloud Quality: Kualitas awan titik padat yang dihasilkan mencerminkan detail dan kesesuaian bentuk model dengan objek nyata.
- Analisis Skala Internal: Perbandingan ukuran aktual objek dengan dimensi dalam model digital menunjukkan galat relatif yang dapat diterima.
- Pemeriksaan Visual: Dilakukan melalui pengecekan bentuk, tekstur, dan kekonsistenan geometri objek terhadap dokumentasi lapangan dan citra asli.

4. Efektifitas Waktu dan Biaya

Dibandingkan metode konvensional (survei manual), pendekatan berbasis drone terbukti lebih efisien. Akuisisi data dapat dilakukan dalam 1–2 hari dan pemrosesan hanya memerlukan waktu 3–5 hari. Biaya tenaga kerja dan peralatan juga lebih rendah dibandingkan survei manual dengan total station atau theodolite.

Tabel 1. Perbandingan Metode Konvensional dan Metode Berbasis Drone

Aspek	Metode Konvensional	Metode Berbasis Drone
Waktu Pengukuran	2-4 Minggu	1-2 Hari
Waktu Pemrosesan	3-6 Minggu (pembuatan manual)	3-5 hari (pengolahan model 3D)
Biaya Tenaga Kerja	Tinggi (karena keterampilan manual)	Lebih rendah (operator drone)
Biaya Peralatan	Tinggi (alat survei dan bahan fisik)	Moderat (drone dan perangkat lunak)
Ketepatan Model	Bergantung pada keahlian tenaga kerja	Tinggi (presisi data drone)

5. Potensi Aplikasi Model 3D

Hasil model 3D memiliki beragam potensi penerapan:

- Perencanaan Tata Ruang: Sebagai dasar simulasi zonasi dan pengembangan kawasan kampus.
- Manajemen Aset: Inventarisasi bangunan dan fasilitas kampus berbasis spasial.
- Keamanan dan Mitigasi Bencana: Analisis jalur evakuasi dan area rawan bencana.
- Promosi Kampus: Penyusunan virtual tour berbasis web atau VR.
- Penelitian Lingkungan: Pemantauan perubahan lahan, vegetasi, dan kondisi ekosistem kampus.

6. Tantangan dan Rekomendasi

Beberapa tantangan dalam penelitian ini mencakup berbagai aspek teknis dan operasional yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pemodelan 3D berbasis citra drone. Salah satu tantangan utama adalah kondisi cuaca yang tidak menentu. Penerbangan drone sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin, intensitas cahaya, serta kemungkinan hujan yang dapat mengganggu kestabilan penerbangan dan kualitas citra yang dihasilkan. Dalam beberapa kasus, penerbangan harus dijadwal ulang atau dihentikan untuk menghindari kerusakan perangkat dan kehilangan data. Ketiadaan Ground Control Point (GCP) juga menjadi kendala yang signifikan. Tanpa GCP, hasil model hanya memiliki akurasi spasial relatif, bukan absolut. Ini membatasi penggunaannya dalam aplikasi teknis seperti perencanaan infrastruktur atau pemetaan batas lahan. Kendala penggunaan GCP biasanya berkaitan dengan keterbatasan akses lokasi, perizinan pemasangan titik kontrol di area kampus, serta waktu dan tenaga tambahan yang dibutuhkan dalam proses pengukuran koordinat GCP secara presisi.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, maka integrasi Ground Control Points (GCP) atau sistem Real-Time Kinematic (RTK) dalam proses akuisisi data sangat disarankan untuk meningkatkan akurasi absolut dari model yang dihasilkan dan perencanaan penerbangan harus mempertimbangkan prakiraan cuaca yang lebih detail dan fleksibel dalam penjadwalan. Penelitian di masa depan juga disarankan untuk mengeksplorasi integrasi dengan teknologi Augmented Reality (AR) atau Virtual Reality (VR) agar model 3D tidak hanya menjadi alat visualisasi pasif, tetapi juga sarana interaktif yang lebih aplikatif dalam konteks pendidikan, perencanaan, dan promosi kampus. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan penggunaan GCP atau teknologi RTK untuk meningkatkan akurasi absolut. Selain itu, pengembangan model untuk aplikasi Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) dapat menjadi inovasi lanjutan yang bermanfaat dalam konteks pendidikan dan promosi kampus.

PENUTUP

KESIMPULAN

- Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan citra drone dalam pemodelan 3D Kampus Universitas Palangka Raya dapat dilakukan secara sistematis dan efisien melalui tahapan akuisisi data udara, pengolahan menggunakan perangkat lunak fotogrametri (Agisoft Metashape), serta visualisasi spasial dengan dukungan GIS (ArcGIS dan Global Mapper).
- Dibandingkan metode konvensional, pendekatan berbasis drone terbukti lebih efektif dalam hal waktu dan biaya. Proses pengambilan data berlangsung cepat, sementara pemrosesan digital mempercepat

Berkat Yuda, Gagas Wira Syahputra, Nathanael Yanuar Kristianto, Sabrina Valent Casey Bintang, Sri Wahyuni, Lola Cassiopea, Petrisly Perkasa, Whendy Trissan

pembangunan maket dengan tingkat akurasi yang tinggi, sekaligus menekan biaya operasional dan tenaga kerja.

- Model 3D yang dihasilkan memiliki akurasi visual dan spasial yang baik, ditunjukkan melalui nilai reprojection error yang rendah serta kesesuaian proporsi objek terhadap kondisi nyata. Oleh karena itu, model ini dapat diandalkan untuk mendukung perencanaan ruang, pengelolaan aset kampus, serta media promosi berbasis visual yang informatif dan interaktif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aris Marfai, M., Fatchurohman, H., & Cahyadi, A. (2019). An Evaluation of Tsunami Hazard Modeling in Gunungkidul Coastal Area using UAV Photogrammetry and GIS. Case Study: Drini Coastal Area. E3S Web of Conferences, 125(2019). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912509005>
- [2] Badan Informasi Geospasial. (2014). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014. Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, 1–17. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/269446/perka-big-no-15-tahun-2014>
- [3] Detha, A., Datta, F. U., Beribe, E., Foeh, N., & Ndaong, N. (2019). View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk. Karakteristik Bakteri Asam Laktat Yang Diisolasi Dari Susu Kuda Sumba, 7(1) (1408), 274–282.
- [4] Fatchurohman, H., Cahyadi, A., & Purwanto, T. H. (2022). Worst-Case tsunami inundation modeling using high-resolution UAV-DEM in various coastal typologies, case study Gunungkidul coastal area. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 986(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012027>
- [5] Firnawati, F., Kaswanto, R. L., & Sjaf, S. (2021). Pemetaan partisipatif potensi jasa lanskap kawasan hutan Desa Pattaneteang, Kabupaten Bantaeng. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management), 11(2), 189–203. <https://doi.org/10.29244/jpsl.11.2.189-203>
- [6] Hidayat, M., & Rizki Zulkarnain, M. (2024). Application of Quantum GIS in the Development of 3D Maps in the Tourism Bakunjangan Application. Jurnal Teknologi Informasi Dan Pendidikan, 17(2), 427–442. <https://doi.org/10.24036/jtip.v17i2.895>
- [7] Marfai, M. A., Sunarto, Khakim, N., Cahyadi, A., Rosaji, F. S. C., Fatchurohman, H., & Wibowo, Y. A. (2018). Topographic data acquisition in tsunami-prone coastal area using Unmanned Aerial Vehicle (UAV). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 148(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/148/1/012004>
- [8] Naspendra, Z., & Setiawati, A. R. (2020). Pedoman Praktikum Sistem Informasi Geografis (SIG). In Sistem Informasi (Issue 3).
- [9] Panjaitan, P. S., & Supit, J. M. (2021a). Data Foto Udara Untuk Pemanfaatannya Di Sektor Pertambangan. Jurnal Penelitian Tambang, 4(2), 121–125.
- [10] Panjaitan, P. S., & Supit, J. M. (2021b). Kajian Tingkat Akurasi dan Ketelitian Geometri Peta Dasar dari Hasil Pengolahan Data Foto Udara untuk Pemanfaatannya di Sektor Pertambangan. INTAN Jurnal Penelitian Tambang, 4(2), 121–125.
- [11] Patrisia Y, Cassiopea L (2013). Pemanfaatan Serbuk Kayu Benuas Sisa Industri Penggergajian Sebagai Bahan Pembuatan Paving Block. BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan. 1 (2): 50-61.
- [12] Patrisia Y, Murwantini S (2013). Influence of Ulin Wood Grain Usage as Fiber Material on Concrete Compressive and Tensile Strength. BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan. 1 (1):11-20.
- [13] Patrisia Y, Coenraad R (2016). Modeling Materials Price For Building Material In Palangka Raya. BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan. 4 (2):11-20.
- [14] Patrisia Y, Coenraad R, Inderawan NA, & Elidad E (2020) Mechanical properties of fly ash-based geopolymer concrete using variation in maximum size of coarse aggregate. Journal of Physics: Conference Series, 1469(1): 012025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1469/1/012025>.

- [15] Patrisia Y, Law DW, Gunasekara C, & Wardhono A (2022). Fly ash geopolymer concrete durability to sulphate, acid and peat attack. MATEC Web Conf. 364 02003. DOI: 10.1051/mateconf/202236402003.
- [16] Patrisia, Y., Gunasekara, C., Setunge, S., Mendis, P., & Nanayakkara, O. (2025). Multi-perspective evaluation of waste-derived cellulose fiber concrete: engineering performance, microstructure and sustainability. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/23789689.2025.2561203>
- [17] Patrisia, Y., Gunasekara, C., Law, D.W., Loh, T., Nguyen, K., Setunge, S., & So, T.S. (2025) Advanced manufacturing of waste-integrated concrete roof tiles: Scaling up to TRL 6. *Sustainable Materials and Technologies*, 45: e01461. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2025.e01461>.
- [18] Patrisia, Y., Gunasekara, C., Law, D.W., Setunge, S., & Kaminsky, B. (2025b) Engineering and thermo-acoustic insulation performance of recycled waste concrete composites. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*: 1-19. <https://doi.org/10.1080/21650373.2025.2533996>.
- [19] Peiris, D., Patrisia, Y., Gunasekara, C., Law, D. W., Tam, V. W. Y., & Setunge, S. (2025). Environmental impact of recycled aggregate treatment methods using life-cycle assessment and cost analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s11367-025-02565-1>
- [20] Peiris, D., Gunasekara, C., Law, D.W., Patrisia, Y., Tam, V.W.Y., & Setunge, S. (2025) Impact of treatment methods on recycled concrete aggregate performance: a comprehensive review. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36497-y>.
- [21] Republik Indoensia, M. P. (2020). Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomo 37 Tahun 2020 Tentang Pengoperasian Pesawat Udara Tanpa Awak Di Ruang Udara Yang Dilayani Indonesia. Mentri Perhubungan Republik Indonesia, 13.
- [22] Republik Indonesia. (1997). PP No. 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah. *Icassp*, 21(3), 295–316.
- [23] Rocha, G. G. da. (2025). Fotogrametria. *Caderno Virtual de Turismo*, 25(1), 217–240. <https://doi.org/10.18472/cvt.25n1.2025.dossiexr.2243>
- [24] SIG, S. (2025). Analisis Karakteristik Model Spasial Kabupaten Gowa Berbasis Gis Dan Remote Sensing Menggunakan Citra Landsat. *Core.Ac.Uk*, 2025. <https://core.ac.uk/download/pdf/132584430.pdf>
- [25] Utomo, B. (2018). Drone Untuk Percepatan Pemetaan Bidang Tanah. *Media Komunikasi Geografi*, 18(2), 146. <https://doi.org/10.23887/mkg.v18i2.12798>
- [26] Widodo, S., Farida, A., Maysyurah, A., & Widiyanto, A. (2023). Pemanfaatan Teknologi Drone Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (GCP) di Daerah Irigasi Waibu Distrik Salawati Tengah. *Musamus Journal of Civil Engineering*, 5(02), 36–43. <https://doi.org/10.35724/mjce.v5i02.5078>