

# Studi Pola dan Klasifikasi Perubahan Penggunaan Lahan Multitemporal di Sub DAS Ake Kobe Menggunakan Citra Satelit

Amirudin Miradj\*, Muhammad Saleh Pallu, Rita Tahir Lopa, Muksan Putra Hatta  
Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, INDONESIA  
\*Corresponding author: pbpengineer@gmail.com

## INTISARI

Penelitian ini menganalisis pola perubahan penggunaan lahan multitemporal di Sub DAS Ake Kobe selama periode 2019–2024 menggunakan citra satelit Sentinel-2 dan metode klasifikasi *Random Forest*. Pendekatan penginderaan jauh dan analisis spasial digunakan untuk mengidentifikasi perubahan kelas tutupan lahan yang mencakup hutan, permukiman, lahan pertanian, lahan terbuka, industri, dan badan air. Dengan melakukan klasifikasi citra satelit pada *Google Earth Engine* (GEE). Pengumpulan dan pra-pemrosesan Citra: mengambil dan membersihkan citra Sentinel-2 untuk setiap tahun (2019-2024), persiapan data latih dengan menggabungkan sampel tutupan lahan (air, vegetasi, lahan terbangun, dll.) dan membaginya menjadi data latih dan uji. Ekstraksi nilai citra dengan mengambil nilai piksel dari citra tahun 2024 pada lokasi sampel latih dan uji. pelatihan dan pengujian model yaitu melatih pengklasifikasi *Random Forest* menggunakan data latih tahun 2024 dan menguji akurasi. Hasil menunjukkan adanya penurunan luas hutan sebesar 10,812 ha, serta peningkatan signifikan pada kategori pertanian, lahan terbuka dan industri masing-masing sebesar 2.601 ha, 1.250 ha dan 734.4 ha pada tahun 2024. Evaluasi akurasi klasifikasi menghasilkan nilai akurasi sebesar 93,62% dan Kappa 92,06, Temuan ini memberikan dasar ilmiah untuk pengambilan kebijakan pengelolaan sumber daya lahan dan air secara berkelanjutan di Sub DAS Ake Kobe.

Kata kunci: Penggunaan lahan, Sub DAS Ake Kobe, Sentinel-2, *Random Forest*, perubahan spasial

## 1 PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan adalah isu yang semakin relevan untuk studi lingkungan dan manajemen sumber daya alam. Di Indonesia, contoh sekarang ini terjadi di Sub DAS Ake Kobe, yang merupakan wilayah yang terganggu oleh faktor-faktor seperti pertumbuhan populasi, kebijakan pada sektor pertanian, dan urbanisasi, perubahan penggunaan lahan yang cepat tidak akan mengancam ekosistem lokal, tetapi juga kualitas air dan keberlanjutan sumber-sumber daya alam (Zhao et al., 2021; Masoudi et al., 2021). Periode waktu dari tahun 2019 hingga 2024 dipilih untuk analisis ini karena bertepatan dengan meningkatnya aktivitas konstruksi pada proyek infrastruktur di wilayah kajian ini sedang meningkat. Dalam konteks kebutuhan akan lahan pemukiman, arael perusahaan, lahan pertanian, transisi lain yang signifikan dalam penggunaan lahan adalah kesadaran tentang dampak lingkungan dikonfirmasi oleh Li et al. (2023), transformasi dalam penggunaan lahan seperti itu bisa memicu isu-isu lingkungan yang jauh lebih serius, seperti kualitas tanah dan fertilitas yang negatif dan degradasi habitat.

Teknik pemantauan seperti satelit dan Sistem Informasi Geografis (SIG) berperan dalam memahami perubahan penggunaan lahan. Citra satelit menyediakan informasi yang diperlukan untuk analisis penggunaan lahan dalam resolusi tinggi dan frekuensi temporal yang baik. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknik penginderaan jauh seperti klasifikasi pemodelan melalui algoritma Pembelajaran Mesin sangat efektif untuk mengidentifikasi dan memetakan perubahan penggunaan lahan (Zhu et al., 2021; Adegun et al., 2023). Elemen lingkungan dasar seperti vegetasi dan sumber daya air dari Sub DAS Ake Kobe juga terpengaruh oleh perubahan pola penggunaan lahan. Penelitian ini mempelajari dampak penggunaan lahan terhadap kualitas air menunjukkan bahwa pertanian intensif berkontribusi pada peningkatan sedimentasi dan pencemaran nutrisi sumber daya air. Oleh karena itu, mempelajari dan memantau perubahan ini sangat penting untuk perencanaan pengelolaan sumber daya air (Zhao et al., 2021; Masoudi et al., 2021). Melalui penelitian dari studi ini berharap dapat memberikan wawasan untuk formulasi kebijakan yang lebih efektif dan praktik pengelolaan Sub DAS Ake Kobe yang berkelanjutan.

Studi ini bertujuan untuk menganalisis pola perubahan penggunaan lahan multitemporal dan implikasinya terhadap ekosistem lokal dan pengelolaan sumber daya air.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

Perubahan penggunaan lahan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berinteraksi. Beberapa studi telah mendokumentasikan urbanisasi yang cepat sebagai pendorong utama konversi lahan di sepanjang banyak badan sungai. Dalam kasus Bangladesh, perubahan penggunaan lahan tersebut mencakup konversi lahan pertanian menjadi lahan perkotaan, yang memiliki dampak penting terhadap layanan ekosistem dan kualitas air (Hoque et al., 2022). Studi lain mendokumentasikan perubahan penggunaan lahan yang memiliki dampak dramatis pada tutupan lahan dan keanekaragaman hayati, seperti deforestasi, yang tidak hanya menghilangkan habitat bagi banyak spesies, tetapi juga mengubah pola aliran air, meningkatkan erosi tanah, dan pada akhirnya berdampak pada kualitas air (Zhao et al., 2021). Pengembangan infrastruktur menimbulkan masalah tambahan, karena juga dilakukan secara intensif di dalam dan sekitar badan sungai, mempercepat proses fragmentasi di sepanjang sungai dan mengganggu ekosistem alami (Datta et al., 2022). Deteksi perubahan dalam penggunaan lahan sekarang dapat dilakukan melalui GIS dan penginderaan jauh, yang telah menjadi standar untuk mempelajari perubahan penggunaan dan tutupan lahan. Dengan data spasial, peneliti dapat melacak perubahan seiring waktu dan menggambarkan kontur sosial-ekonomi di sepanjang badan sungai (Bonsu & Bonin, 2023). Dalam studi kasus wilayah Delta Pearl, misalnya, analisis konversi lahan dari penggunaan pertanian ke tujuan lain mendokumentasikan peningkatan emisi karbon yang secara langsung dapat diatribusikan pada konversi tersebut (Zhao et al., 2021). Pengurangan permukaan tanah yang dapat menyerap air dapat memicu peningkatan frekuensi banjir dan kekeringan (Santos et al., 2021). Penyebaran lahan yang tidak terbangun, seperti hutan dan ladang, memiliki peran yang kritis dalam mencapai keseimbangan dalam siklus air.

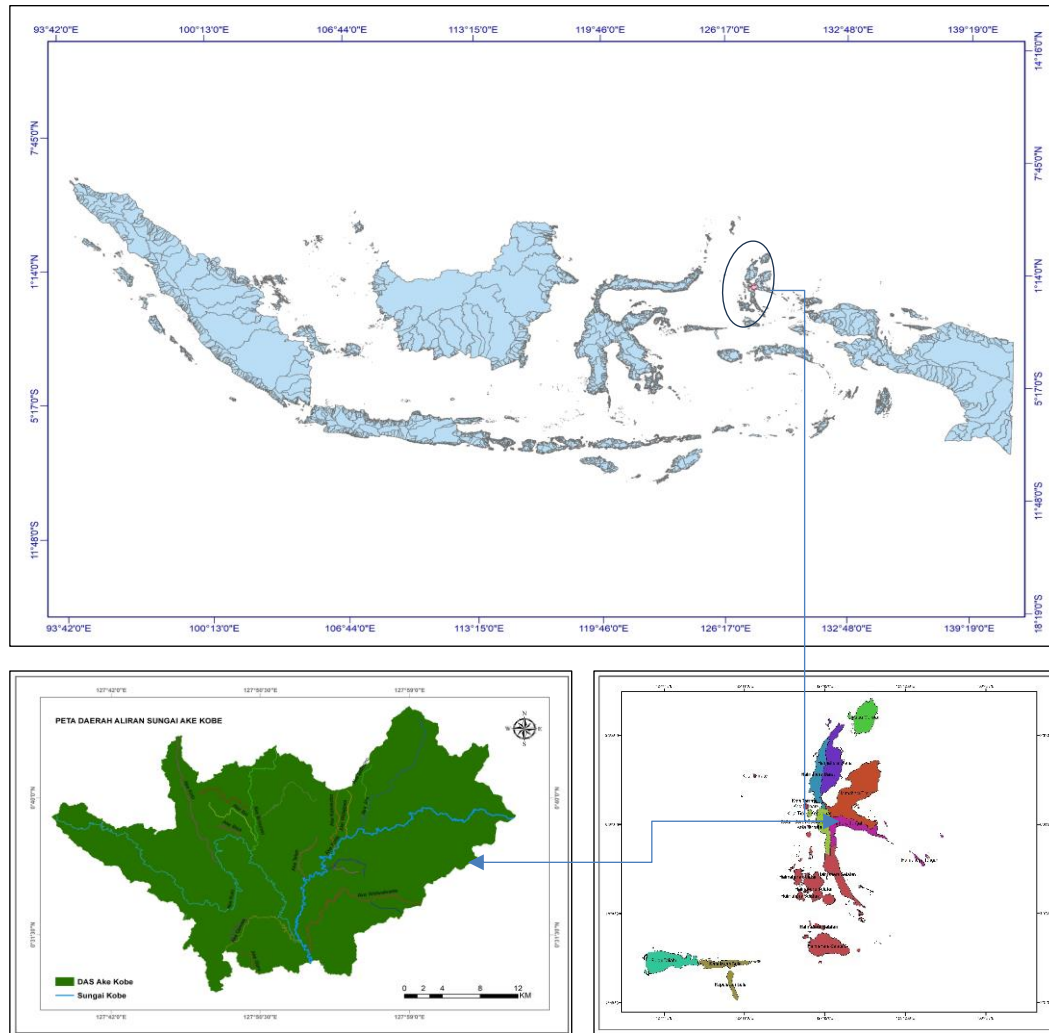
Sementara itu, masalah ketahanan lingkungan yang berhubungan dengan penggunaan lahan juga perlu mendapat perhatian. Merujuk pada penelitian Masoudi et al. (2021), tentang perencanaan tata guna lahan yang berkelanjutan di Iran, penggunaan perencanaan metode dengan kriteria multi-objektif dapat mencapai keseimbangan antara berbagai kepentingan yang konflik dalam pengelolaan lahan (Masoudi et al., 2021). Hal ini menunjukkan pentingnya integrasi dalam pendekatan perencanaan penggunaan lahan di DAS. Sebagian literatur juga menunjukkan dampak perubahan tata guna lahan terhadap proses hidrologi, di mana terdapat kemungkinan peningkatan frekuensi banjir dan kekeringan sebagai akibat pengurangan permukaan tanah yang dapat menyerap air (Santos et al., 2021). Sebaliknya, penyebaran lahan tidak terbangun, seperti hutan dan ladang, memiliki peran yang kritis dalam mencapai keseimbangan dalam siklus air.

Penggunaan lahan dan perubahan ekosistem telah lama menjadi perhatian dalam studi geospasial dan lingkungan. *Model Land Change Modeler (LCM)* menjadi salah satu model utama yang digunakan untuk memprediksi perubahan berdasarkan parameter spasial dan temporal (Zhu et al., 2021; Kimijima et al., 2022), menunjukkan bahwa metode pembelajaran mesin mampu meningkatkan akurasi klasifikasi penggunaan lahan. Zhu et al., (2021) mengembangkan model yang menggabungkan pembelajaran temporal dengan teknik *relearning* untuk klasifikasi citra satelit resolusi tinggi secara lebih efektif. Selain aspek teknis, dinamika perubahan penggunaan lahan juga dipengaruhi oleh kebijakan dan faktor sosial-ekonomi. Hu & Shrestha, (2020), He et al., (2020), dan Ward et al., (2021) mencatat bahwa perubahan kebijakan dapat mempengaruhi keputusan petani dalam alih fungsi lahan. Penelitian dari Huang et al., (2021), menekankan pentingnya mempertimbangkan dampak lingkungan dari konversi lahan seperti hilangnya keanekaragaman hayati dan perubahan kualitas tanah (Kimijima et al., 2022; Huang et al., 2021). Pendekatan berbasis data, khususnya kombinasi data penginderaan jauh dan parameter sosial-ekonomi, telah diakui sebagai pendekatan komprehensif dalam menganalisis pola perubahan penggunaan lahan dan dampaknya (Adegun et al., 2023).

## 3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Ake Kobe, yang terletak di Kabupaten Halmahera Tengah, Provinsi Maluku Utara, dengan koordinat geografis sekitar 0°30'33,78" LU dan 127°53'2,61" BT. Sub DAS Ake Kobe memiliki luas wilayah sebesar ±752,40 km<sup>2</sup> atau 75.240 hektar. Sub DAS ini dipilih karena

mengalami tekanan signifikan akibat ekspansi pertanian, urbanisasi, dan pembangunan industri, yang memengaruhi fungsi ekosistem dan risiko bencana hidrometeorologis seperti banjir. Pemilihan periode analisis tahun 2019–2024 didasarkan pada peningkatan intensitas pembangunan dan perubahan penggunaan lahan yang terdeteksi dalam periode tersebut, sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas tentang dinamika spasial yang terjadi selama lima tahun terakhir (Phiri et al., (2020). Lokasi penelitian disajikan dalam gambar 1 berikut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Sub DAS Ake Kobe di Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara.

Penelitian ini menerapkan pendekatan campuran kuantitatif dan kualitatif untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan secara multitemporal di Sub DAS Ake Kobe selama periode 2019 hingga 2024. Metodologi yang digunakan dirancang untuk menggabungkan teknik penginderaan jauh, klasifikasi berbasis *machine learning* serta analisis spasial dan dampaknya terhadap ekosistem. Tahapan metodologis dapat dijelaskan sebagai berikut.

### 1. Pengumpulan Data

Data utama dalam penelitian ini diperoleh dari citra satelit Sentinel-2 Level 2A cocok digunakan di Indonesia karena kelebihan utama citra Sentinel-2 Level-2A adalah data reflektansi permukaan yang sudah terkoreksi atmosfer dan siap dianalisis (*Analysis Ready Data*), sehingga memudahkan untuk analisis langsung seperti klasifikasi tutupan lahan dan pemantauan vegetasi tanpa perlu koreksi atmosfer tambahan. Keunggulan lainnya meliputi resolusi spasial tinggi (hingga 10 m), resolusi temporal (5 hari dengan satelit kembar), 13 band spektral yang mendetail, serta data yang gratis dan dapat diakses secara global. Dalam studi rentang waktu dari tahun 2019 hingga 2024. Untuk keperluan *supervise classification*, dikumpulkan data sampel pelatihan sebanyak 217 titik yang dibagi ke dalam enam kelas tutupan lahan, yaitu: air (67

titik), vegetasi/hutan (33 titik), permukiman (28 titik), lahan pertanian (30 titik), lahan terbuka (24 titik), dan industri (35 titik).

## 2. Pra-pemrosesan Data

Pra-pemrosesan dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra dan menghilangkan pengaruh gangguan atmosferik seperti awan dan bayangan awan. Teknik masking awan menggunakan band *Scene Classification Layer SCL*) dari Sentinel-2 diterapkan untuk menyeleksi piksel bebas awan. Selanjutnya, dilakukan komposit median tahunan dari masing-masing tahun (2019–2024) untuk menghasilkan representasi tahunan yang stabil dari setiap piksel.

## 3. Klasifikasi Penggunaan Lahan

Klasifikasi citra dilakukan menggunakan algoritma *Random Forest* (RF), yang dikenal memiliki kinerja tinggi dengan akurasi 90.32% dengan koefisien kappa 0.8434 (Nguyen et al., 2018, Rodriguez-Galiano et al., 2011, Ibrahim, 2022), dalam pengklasifikasian citra multispektral, data sampel dibagi secara acak dengan rasio 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian model. Model dikalibrasi menggunakan fitur spektral utama (B2, B3, B4, B8, B11). Validasi hasil klasifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi dan label aktual dalam *confusion matrix*, yang menghasilkan akurasi keseluruhan sebesar 93,62% dan nilai Kappa sebesar 0.9206, menunjukkan tingkat klasifikasi yang sangat baik.

## 4. Pemetaan dan Analisis Temporal

Peta klasifikasi hasil model RF untuk masing-masing tahun diekspor ke Google Drive dalam format raster GeoTIFF. Selanjutnya dilakukan analisis spasial dan statistik terhadap hasil klasifikasi untuk mengukur luas per kelas LULC tiap tahun. Grafik tren dan tabel perubahan digunakan untuk mengidentifikasi dinamika spasial, seperti ekspansi permukiman, alih fungsi hutan, dan peningkatan area industri.

## 5. Analisis Perubahan dan Dampak

Langkah berikutnya adalah melakukan analisis transisi antar kelas untuk mengidentifikasi pola alih fungsi lahan dominan, seperti dari hutan ke pertanian atau dari lahan terbuka ke permukiman dan industri. Hasil ini dianalisis lebih lanjut untuk mengevaluasi implikasinya terhadap ekosistem, termasuk potensi penurunan kualitas lingkungan dan peningkatan risiko bencana hidrometeorologis seperti banjir. Analisis ini juga menjadi dasar dalam perumusan strategi mitigasi dan konservasi berbasis zona prioritas.

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil klasifikasi multitemporal lahan menunjukkan perubahan signifikan di Sub DAS Ake Kobe dari tahun 2019 dan 2024. Sebagaimana yang ditampilkan sari tabel 1-2 sebagai berikut.

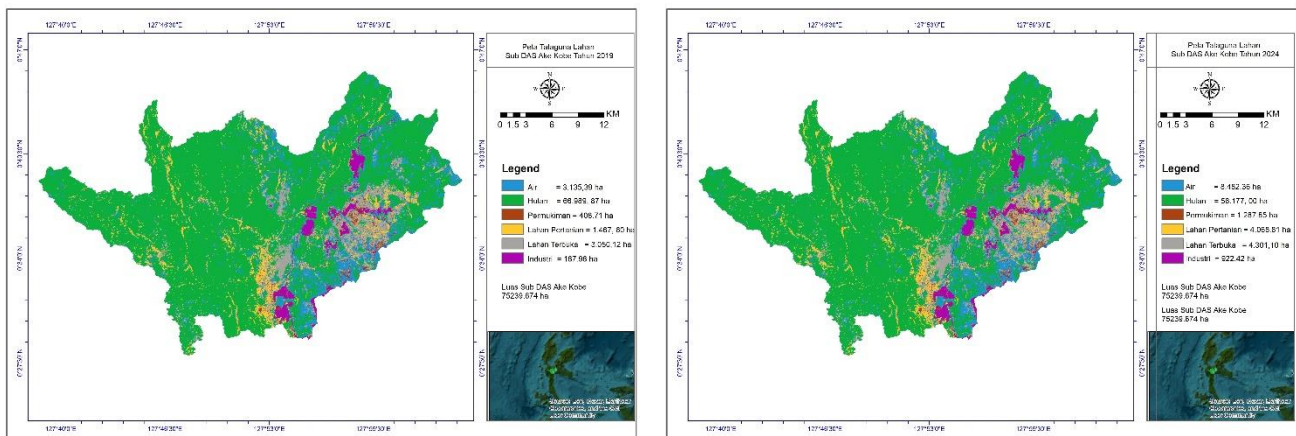
Tabel 1 Klasifikasi Lahan 2019

Klasifikasi Lahan 2019	Luas (ha)	Luas (km)	% Luas
Air	3,135.39	31.35	4.17
Hutan	66,989.87	669.90	89.04
Permukiman	408.71	4.09	0.54
Lahan Pertanian	1,467.60	14.68	1.95
Lahan Terbuka	3,050.12	30.50	4.05
Industri	187.98	1.88	0.25
<b>Total Luas Sub DAS</b>	<b>75239.674</b>	<b>752.40</b>	<b>100</b>

Tabel 2 Klasifikasi Lahan 2024

Klasifikasi Lahan 2024	Luas (ha)	Luas (km)	% Luas
Air	8,482.36	84.82	11.27
Hutan	56,177.00	561.77	74.66
Permukiman	1,287.85	12.88	1.71
Lahan Pertanian	4,068.81	40.69	5.41
Lahan Terbuka	4,301.10	43.01	5.72
Industri	922.42	9.22	1.23
<b>Total Luas Sub DAS</b>	<b>75239.535</b>	<b>752.40</b>	<b>100</b>

Dari tabel klasifikasi lahan tersebut diatas kelas hutan yang dominan pada periode awal mengalami penurunan yang konsisten, dari 66.989.39 ha pada tahun 2019 menjadi 56.177 ha pada tahun 2024 seluas 10.812.87 ha. Ini menunjukkan bahwa ada sifat dinamis dalam pengembangan infrastruktur, tetapi secara umum terus berkembang. Lahan pertanian menunjukkan pertumbuhan yang signifikan, dari 1.467.60 ha pada tahun 2019 menjadi 2.178,06 ha pada tahun 2023 menalami peningkatan signifikan pada tahun 2024, dengan peningkatan utama terjadi pada tahun 2023 dan tahun 2024, yang mengurangi penggunaan lahan dari vegetasi alami. Lahan terbuka menunjukkan penurunan menjadi 3.050.12 ha tahun 2019 menurun pada tahun 2023 menjadi 2.279.07 ha. Penurunan ini berkorelasi kuat dengan permukiman dan industri, yang menunjukkan bahwa area yang sebelumnya belum berkembang telah berubah menjadi area yang baru dikembangkan. Selama beberapa tahun, industri ini telah berkembang dari 187,98 ha menjadi 922.42 ha, dengan kenaikan tertinggi secara proporsional.



Gambar 2. Hasil Klasifikasi LULC Sub DAS Ake Kobe Metode *Random Forest* 2019 dan 2024

Analisis matriks transisi menunjukkan bahwa konversi utama terjadi dari hutan ke lahan pertanian serta dari lahan terbuka ke permukiman dan industri. Konversi ini menunjukkan tekanan pembangunan terhadap tutupan vegetasi alami, yang dalam jangka panjang dapat meningkatkan risiko degradasi lingkungan dan bencana seperti banjir dan tanah longsor. Menggunakan model Cellular Automata dari hasil klasifikasi LULC dengan *Random Forest* pada QGIS prediksi spasial untuk tahun 2028 menunjukkan bahwa arah perubahan konsisten, dengan nilai akurasi 96,38% dan nilai Kappa 0,91. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan klasifikasi dan simulasi yang digunakan memiliki tingkat keandalan yang tinggi dalam memprediksi tren perubahan penggunaan lahan.

## 5 KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Sub DAS Ake Kobe mengalami perubahan penggunaan lahan yang signifikan selama periode 2019–2024. Penurunan luas hutan dan lahan terbuka secara konsisten diimbangi oleh peningkatan area pertanian, permukiman, dan industri, yang mencerminkan intensifikasi tekanan pembangunan dan penggunaan lahan. Klasifikasi menggunakan *algoritma Random Forest* menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi, mendukung validitas data spasial untuk analisis lebih lanjut. Analisis transisi dan prediksi spasial 2029 dengan QGIS menunjukkan bahwa konversi lahan akan terus berlangsung kecuali ada intervensi kebijakan yang tegas. Penelitian ini merekomendasikan perlunya zonasi konservasi, kebijakan reforestasi, dan integrasi perencanaan spasial berbasis bukti dalam pengelolaan DAS. Strategi mitigasi berbasis zona prioritas dan penerapan sistem peringatan dini terhadap perubahan LULC menjadi sangat penting untuk keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat lokal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada segenap kolega di Universitas Hasanuddin yang telah berkontribusi dan membantu dalam penelitian ini, serta kepada segenap tim penelitian yang telah berkontribusi dalam tersusunnya artikel ilmiah ini

## REFERENSI

- Adegun, A. A., Viriri, S., & Tapamo, J. (2023). Review of Deep Learning Methods for Remote Sensing Satellite Images Classification: Experimental Survey and Comparative Analysis. *Journal of Big Data*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00772-x>
- Bonsu, K., & Bonin, O. (2023). Urban Growth Process in Greater Accra Metropolitan Area: Characterization Using Fractal Analysis. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 7(2). <https://doi.org/10.1007/s41651-023-00149-x>
- Datta, S., Karmakar, S., Islam, Md. N., Karim, M. E., Kabir, Md. H., & Uddin, J. (2022). Assessing Landcover and Water Uses Effects on Water Quality in a Rapidly Developing Semi-Urban Coastal Area of Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, 336, 130388. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130388>
- He, X., Chen, C., Liu, Y., & Chu, Y. (2020). Inundation Analysis Method for Urban Mountainous Areas Based on Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Model Using Remote Sensing Data. *Sensors and Materials*, 32, 3813. <https://doi.org/10.18494/sam.2020.2769>
- Hoque, M. Z., Islam, I., Ahmed, M., Hasan, S. S., & Prodhan, F. A. (2022). Spatio-Temporal Changes of Land Use Land Cover and Ecosystem Service Values in Coastal Bangladesh. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 25(1), 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.01.008>
- Hu, S., & Shrestha, P. (2020). Examine the impact of land use and land cover changes on peak discharges of a watershed in the midwestern United States using the HEC-HMS model. *Papers in Applied Geography*, 6, 101–118. <https://doi.org/10.1080/23754931.2020.1732447>
- Huang, J., Weng, L., Chen, B., & Xia, M. (2021). DFFAN: Dual Function Feature Aggregation Network for Semantic Segmentation of Land Cover. *Isprs International Journal of Geo-Information*, 10(3), 125. <https://doi.org/10.3390/ijgi10030125>
- Ibrahim, S. (2022). Improving Land Use/Cover Classification Accuracy from Random Forest Feature Importance Selection Based on Synergistic Use of Sentinel Data and Digital Elevation Model in Agriculturally Dominated Landscape. *Agriculture*. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010098>
- Kimijima, S., Sakakibara, M., & Nagai, M. (2022). Investigation of Long-Term Roving Artisanal and Small-Scale Gold Mining Activities Using Time-Series Sentinel-1 and Global Surface Water Datasets. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5530. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095530>
- Li, W., Sun, K., Li, W., Wei, J., Miao, S., Gao, S., & Zhou, Q. (2023). Aligning Semantic Distribution in Fusing Optical and SAR Images for Land Use Classification. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 199, 272–288. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.04.008>
- Masoudi, M., Centeri, C., Jakab, G., Nel, L. P., & Mojtahedi, M. (2021). GIS-Based Multi-Criteria and Multi-Objective Evaluation for Sustainable Land-Use Planning (Case Study: Qaleh Ganj County, Iran) “Landuse Planning Using MCE and Mola.” *International Journal of Environmental Research*, 15(3), 457–474. <https://doi.org/10.1007/s41742-021-00326-0>
- Nguyen, H., Doan, T., & Radeloff, V. (2018). APPLYING RANDOM FOREST CLASSIFICATION TO MAP LAND USE/LAND COVER USING LANDSAT 8 OLI. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 363–367. <https://doi.org/10.5194/ISPRS-ARCHIVES-XLII-3-W4-363-2018>
- Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V., Murayama, Y., & Ranagalage, M. (2020). Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review. *Remote Sensing*, 12(14), 2291. <https://doi.org/10.3390/rs12142291>

- Rodriguez-Galiano, V., Ghimire, B., Rogan, J., Chica-Olmo, M., & Rigol-Sánchez, J. (2011). An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 67, 93–104. <https://doi.org/10.1016/J.ISPRSJPRS.2011.11.002>
- Santos, L., Ferreira, K. R., Câmara, G., Picoli, M. C. A., & Simões, R. (2021). Quality Control and Class Noise Reduction of Satellite Image Time Series. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 177, 75–88. <https://doi.org/10.1016/j.isprs.2021.04.014>
- Ward, A. I., Richardson, S. M., & Mergeay, J. (2021). Reeves' Muntjac Populations Continue to Grow and Spread Across Great Britain and Are Invading Continental Europe. *European Journal of Wildlife Research*, 67(3). <https://doi.org/10.1007/s10344-021-01478-2>
- Zhao, Y., Ma, S., Jian-hong, F., & Cai, Y. (2021). Examining the Effects of Land Use on Carbon Emissions: Evidence From Pearl River Delta. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3623. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073623>
- Zhu, Z., Liu, B., Wang, H., & Hu, M. (2021). Analysis of the Spatiotemporal Changes in Watershed Landscape Pattern and Its Influencing Factors in Rapidly Urbanizing Areas Using Satellite Data. *Remote Sensing*, 13(6), 1168. <https://doi.org/10.3390/rs13061168>