Jurnal Ilmiah Geomatika

Volume 6 No 1, 2026
ISSN 2962-651X (online)

PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN BERBASIS CITRA SENTINEL-2 DI KECAMATAN NONGSA TAHUN 2021 DAN 2025

Land Cover Change Analysis Using Sentinel-2 Level-2A Imagery in Nongsa District in 2021 and 2025

Velina Henianti [1], Oktavianto Gustin

[1] Teknologi Geomatika, Teknik Informatika, Politeknik Negeri Batam, Jl. Ahmad Yani, Batam Kota, Kota Batam, 29461.
* E-mail : velinaahenianti@gmail.com

Article Info:
Received: D – M - YYYY
Accepted: D – M - YYYY
Published: D – M - YYYY

Kata kunci: Tutupan lahan, Sentinel-2, Maximum Likelihood, Overlay, Penginderaan Jauh.

Abstrak: Perubahan tutupan lahan merupakan salah satu indikator penting dalam mengetahui dinamika perkembangan suatu wilayah akibat aktivitas manusia maupun faktor alam. Kecamatan Nongsa merupakan salah satu wilayah di Kota Batam yang mengalami perkembangan pesat pada sektor industri, pariwisata, kawasan ekonomi khusus, dan permukiman sehingga berpotensi mengubah kondisi tutupan lahannya. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi tutupan lahan tahun 2021 dan 2025 serta menganalisis perubahan yang terjadi menggunakan citra Sentinel-2 Level-2A. Pengolahan data dilakukan melalui tahapan pra-pemrosesan citra, pemotongan wilayah penelitian, penentuan sampel pelatihan, klasifikasi menggunakan metode Maximum Likelihood, uji akurasi menggunakan Confusion Matrix, dan analisis perubahan menggunakan teknik overlay pada perangkat lunak ArcGIS. Hasil penelitian akan berupa peta tutupan lahan tahun 2021 dan 2025, peta perubahan tutupan lahan, tabel luas setiap kelas tutupan lahan, grafik perubahan, serta nilai akurasi klasifikasi. Informasi yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi dasar dalam mendukung perencanaan tata ruang, pengelolaan lingkungan, dan pengambilan kebijakan pembangunan berkelanjutan di Kecamatan Nongsa.

Keywords: *Land cover, Sentinel-2, Maximum Likelihood, Remote Sensing, Overlay.*

Abstract:*Land cover change is an important indicator for understanding regional development dynamics caused by human activities and natural processes. Nongsa District is one of the rapidly developing areas in Batam City, particularly in the industrial, tourism, residential, and special economic sectors, which potentially affects land cover conditions. This study aims to identify land cover conditions in 2021 and 2025 and analyze land cover changes using Sentinel-2 Level-2A imagery. The research methodology includes image preprocessing, image clipping, training sample selection, supervised classification using the Maximum Likelihood algorithm, accuracy assessment using the Confusion Matrix, and overlay analysis in ArcGIS. The expected outputs are land cover maps for 2021 and 2025, land cover change maps, area statistics for each land cover class, change graphs, and classification accuracy values. The results are expected to provide spatial information that supports regional planning, environmental management, and sustainable development policies in Nongsa District.*

1. PENDAHULUAN

Perubahan tutupan lahan merupakan fenomena yang menunjukkan perubahan kondisi fisik permukaan bumi akibat aktivitas manusia maupun faktor alam. Perubahan tersebut dapat berupa bertambahnya kawasan terbangun, berkurangnya vegetasi, perubahan badan air, maupun perubahan lahan terbuka menjadi bentuk tutupan lahan lainnya. Informasi mengenai perubahan tutupan lahan sangat penting dalam mendukung perencanaan tata ruang, pengelolaan sumber daya alam, mitigasi kerusakan lingkungan, serta penyusunan kebijakan pembangunan berkelanjutan.

How to Cite:
Velina, H., Oktavianto, G. (2026). Perubahan Tutupan Lahan Berbasis Citra Sentinel 2 Di Kecamatan Nongsa Tahun 2021 Dan 2025. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, *5*(2), 1-16.

Kecamatan Nongsa merupakan salah satu kecamatan di Kota Batam yang mengalami perkembangan wilayah cukup pesat dalam beberapa tahun terakhir. Kawasan ini berkembang sebagai pusat industri, permukiman, kawasan ekonomi khusus, pariwisata, serta infrastruktur pendukung lainnya. Keberadaan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Nongsa Digital Park serta meningkatnya pembangunan fasilitas publik menyebabkan kebutuhan lahan terus meningkat. Kondisi tersebut mendorong terjadinya perubahan tutupan lahan yang perlu dipantau secara berkala agar pemanfaatan ruang tetap memperhatikan aspek keberlanjutan lingkungan (Immanuel Sinabang dkk., 2024). Pemantauan perubahan tutupan lahan dapat dilakukan secara efektif menggunakan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Penginderaan jauh mampu menyediakan informasi spasial yang mencakup wilayah luas dengan waktu pengamatan yang relatif singkat serta memungkinkan analisis multitemporal menggunakan data citra satelit. Salah satu data penginderaan jauh yang banyak digunakan adalah citra Sentinel-2 karena memiliki resolusi spasial hingga 10 meter, 13 kanal spektral, resolusi temporal yang tinggi, serta tersedia secara gratis melalui Copernicus Data Space Ecosystem (Vita Fajriani Ridwan dkk., 2023). Produk Sentinel-2 Level-2A merupakan data reflektansi permukaan (Bottom of Atmosphere Reflectance) yang telah melalui proses koreksi atmosfer sehingga memiliki kualitas spektral yang lebih baik dibandingkan produk Level-1C. Karakteristik tersebut menjadikan Sentinel-2 Level-2A sangat sesuai digunakan dalam analisis tutupan lahan dan deteksi perubahan wilayah secara multitemporal. Selain memiliki resolusi spasial yang cukup tinggi, Sentinel-2 juga menyediakan kanal Red Edge dan Short Wave Infrared (SWIR) yang mampu meningkatkan kemampuan identifikasi berbagai kelas tutupan lahan seperti vegetasi, lahan terbuka, badan air, maupun kawasan terbangun.b Dalam penelitian penginderaan jauh, proses klasifikasi citra merupakan tahapan penting untuk mengelompokkan piksel berdasarkan karakteristik spektralnya menjadi kelas-kelas tutupan lahan tertentu. Salah satu metode klasifikasi terbimbing yang banyak digunakan adalah Maximum Likelihood Classification. Metode ini bekerja berdasarkan pendekatan probabilitas statistik sehingga setiap piksel akan dikelompokkan ke dalam kelas yang memiliki peluang terbesar berdasarkan data latih (training sample). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa metode Maximum Likelihood mampu menghasilkan tingkat ketelitian klasifikasi yang tinggi apabila didukung oleh data latih yang representatif (Wahyudi Akbar dkk., 2022). Beberapa penelitian sebelumnya telah memanfaatkan citra Sentinel-2 untuk menganalisis perubahan tutupan lahan. Immanuel Sinabang dkk. (2024) menganalisis perubahan penggunaan lahan di Kecamatan Percut Sei Tuan menggunakan citra Sentinel-2 dan menghasilkan delapan kelas penggunaan lahan beserta perubahan luas masing-masing kelas. Penelitian lain oleh Vita Fajriani Ridwan dkk. (2023) menunjukkan bahwa luas kawasan terbangun di Kota Parepare meningkat sebesar 43% selama periode 2017–2021 berdasarkan analisis overlay citra Sentinel-2. Wahyudi Akbar dkk. (2022) juga memperoleh nilai Overall Accuracy di atas 90% pada klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra Sentinel-2 sehingga metode tersebut dinilai memiliki tingkat ketelitian yang sangat baik.

Berdasarkan penelitian terdahulu, masih diperlukan kajian mengenai perubahan tutupan lahan di Kecamatan Nongsa yang merupakan salah satu wilayah dengan perkembangan pembangunan tercepat di Kota Batam. Informasi spasial mengenai perubahan tutupan lahan selama periode 2021 hingga 2025 diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai dinamika penggunaan ruang serta mendukung proses evaluasi pemanfaatan lahan di wilayah tersebut.

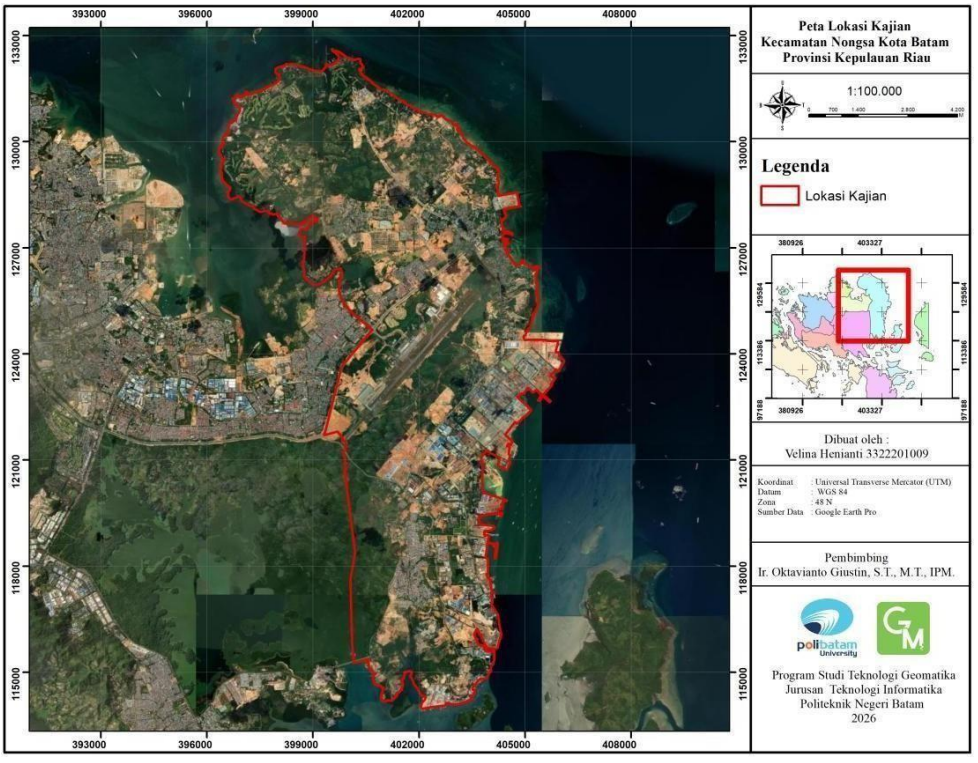
Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kondisi tutupan lahan di Kecamatan Nongsa tahun 2021 dan 2025 menggunakan citra Sentinel-2 Level-2A dengan metode Maximum Likelihood, menguji tingkat akurasi hasil klasifikasi menggunakan Confusion Matrix, serta menganalisis perubahan luas setiap kelas tutupan lahan melalui teknik overlay. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi sumber informasi spasial yang mendukung pengelolaan lingkungan, perencanaan tata ruang, dan pembangunan berkelanjutan di Kecamatan Nongsa.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Nongsa, Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau. Secara geografis Kecamatan Nongsa terletak pada bagian timur Pulau Batam dan berbatasan langsung dengan perairan internasional. Wilayah ini dipilih karena mengalami perkembangan yang cukup pesat pada sektor permukiman, industri, kawasan ekonomi khusus, dan pariwisata sehingga berpotensi menyebabkan perubahan tutupan lahan yang signifikan.Data utama yang digunakan berupa citra satelit Sentinel-2 Level-2A tahun 2021 dan 2025 yang diperoleh dari Copernicus Data Space Ecosystem (CDSE). Citra yang digunakan merupakan citra dengan tingkat tutupan awan rendah sehingga dapat menghasilkan proses klasifikasi yang lebih optimal. Selain itu, penelitian juga menggunakan data batas administrasi Kecamatan Nongsa, citra resolusi tinggi Google Earth sebagai data referensi, serta berbagai literatur ilmiah yang mendukung penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Nongsa, Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau. Secara geografis Kecamatan Nongsa terletak pada bagian timur Pulau Batam dan berbatasan langsung dengan perairan internasional. Wilayah ini dipilih karena mengalami perkembangan yang cukup pesat pada sektor permukiman, industri, kawasan ekonomi khusus, dan pariwisata sehingga berpotensi menyebab



Gambar 1. Lokasi Penelitian Kecamatan Nongsa, Kota Batam.

2.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan perangkat keras berupa laptop yang digunakan untuk pengolahan data spasial. Perangkat lunak yang digunakan meliputi ArcGIS 10.8 sebagai perangkat utama dalam pengolahan citra, klasifikasi tutupan lahan, analisis overlay, dan penyusunan peta. Microsoft Excel digunakan untuk

pengolahan data statistik luas tutupan lahan, sedangkan Google Earth dimanfaatkan sebagai data referensi visual dalam proses interpretasi citra dan validasi hasil klasifikasi.

Bahan penelitian terdiri atas citra Sentinel-2 Level-2A tahun 2021 dan 2025, data batas administrasi Kecamatan Nongsa, serta berbagai referensi berupa jurnal ilmiah, buku, dan dokumen pendukung lainnya.

Tabel 1. Alat Penelitian

No	Alat	Spesifikasi/Fungsi
1	Laptop	Intel Core i5, RAM 8 GB, SSD 512 GB
2	ArcGIS Desktop 10.8	Pengolahan citra, klasifikasi, overlay, dan analisis spasial
3	Google Earth Pro	Interpretasi visual dan validasi training sample
4	Microsoft Excel 2021	Pengolahan data dan pembuatan grafik
5	Microsoft Word 2021	Penyusunan laporan penelitian

Sumber: Hasil Pengolahan Penulis (2026)

Tabel 2. Bahan Penelitian

No	**Bahan**	**Keterangan**
1	Citra Sentinel-2 Level-2A Tahun 2021	Resolusi spasial 10 meter, sumber Copernicus Data Space Ecosystem
2	Citra Sentinel-2 Level-2A Tahun 2025	Resolusi spasial 10 meter, sumber Copernicus Data Space Ecosystem
3	Citra Google Earth Pro	Digunakan sebagai data referensi visual dalam penentuan training sample dan validasi hasil klasifikasi
4	Shapefile batas administrasi Kecamatan Nongsa	Digunakan sebagai batas wilayah penelitian

Sumber: Hasil Pengolahan Penulis (2026)

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh berbasis citra satelit Sentinel-2 Level-2A dengan pendekatan klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) menggunakan algoritma Maximum Likelihood Classification (MLC). Metode ini dipilih karena mampu mengelompokkan piksel berdasarkan probabilitas statistik menggunakan nilai rata-rata (*mean*) dan matriks kovarians dari data latih, sehingga menghasilkan tingkat ketelitian klasifikasi yang baik pada citra multispektral.

Tahapan penelitian diawali dengan pengumpulan data berupa citra Sentinel-2 Level-2A tahun 2021 dan 2025 serta data batas administrasi Kecamatan Nongsa. Selanjutnya dilakukan proses *pre-processing* yang meliputi pemeriksaan kualitas citra, penyusunan kombinasi band (*band composite*), dan pemotongan citra (*clip*) sesuai batas wilayah penelitian. Tahapan ini bertujuan untuk memperoleh citra yang siap digunakan pada proses klasifikasi.

Tahap berikutnya adalah penentuan training sample untuk masing-masing kelas tutupan lahan, yaitu vegetasi, kawasan terbangun, lahan terbuka, dan badan air. Training sample dipilih pada area yang homogen berdasarkan interpretasi visual citra Sentinel-2 dan diverifikasi menggunakan citra resolusi tinggi Google Earth yang memiliki waktu perekaman mendekati tanggal akuisisi citra Sentinel-2. Pemilihan training sample dilakukan secara konsisten pada kedua tahun pengamatan agar karakteristik spektral setiap kelas tetap terjaga dan hasil klasifikasi dapat dibandingkan secara langsung.

Proses klasifikasi dilakukan menggunakan metode Maximum Likelihood Classification pada perangkat lunak ArcGIS 10.8. Metode ini menghitung probabilitas setiap piksel terhadap seluruh kelas berdasarkan nilai rata-rata (*mean*) dan matriks kovarians dari data latih. Setiap piksel kemudian dikelompokkan ke dalam kelas yang memiliki nilai probabilitas terbesar sehingga menghasilkan peta tutupan lahan tahun 2021 dan tahun 2025.

Hasil klasifikasi selanjutnya dievaluasi melalui uji akurasi menggunakan Confusion Matrix. Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi terhadap data referensi sehingga diperoleh nilai Overall Accuracy (OA), Kappa Coefficient (κ), Producer Accuracy (PA), User Accuracy (UA), Omission Error (OE), dan Commission Error (CE). Nilai Overall Accuracy minimal 85% digunakan sebagai acuan bahwa hasil klasifikasi memiliki tingkat ketelitian yang memadai untuk digunakan dalam analisis perubahan tutupan lahan.

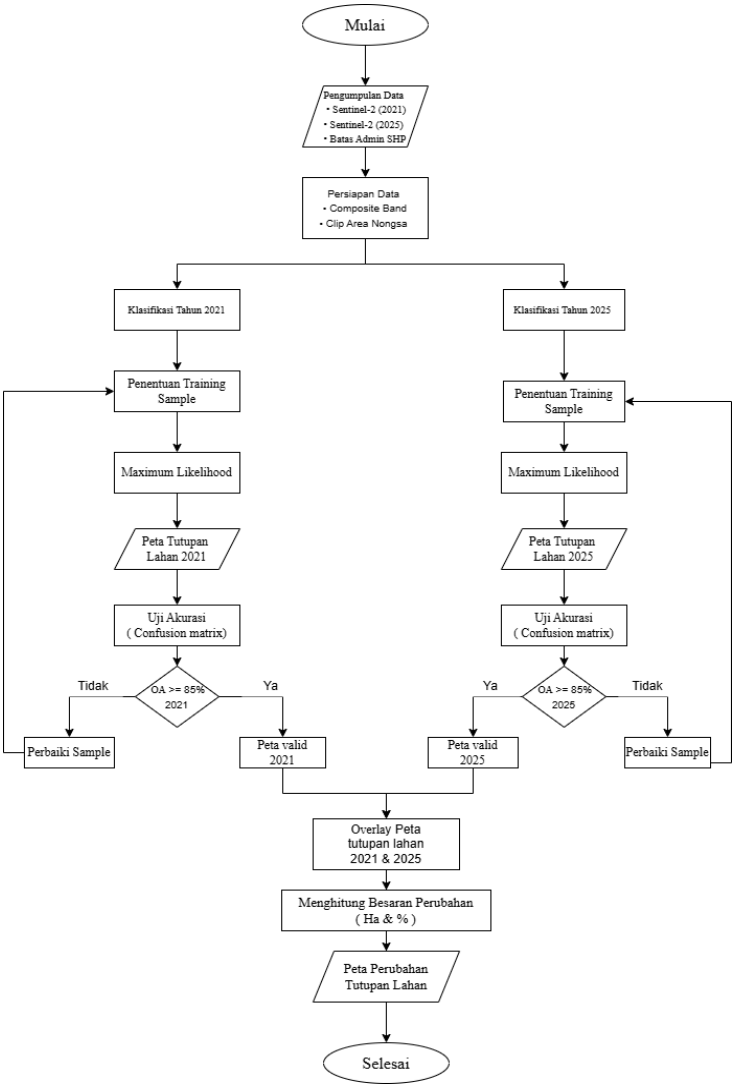
Perhitungan Overall Accuracy menggunakan Persamaan (1).

$$OA = \frac{\sum X_{ii}}{N} \times 100\%$$

Keterangan:
OA = *Overall Accuracy* (%)
X_{ii}= Jumlah sampel yang terklasifikasi benar
N = Jumlah seluruh sampel validasi

Sebelum dilakukan analisis perubahan, hasil klasifikasi tahun 2021 dan tahun 2025 terlebih dahulu divalidasi untuk memastikan kedua raster memiliki sistem koordinat, resolusi spasial, ukuran piksel (*cell size*), dan *extent* yang sama. Validasi ini bertujuan untuk menghindari terjadinya perubahan semu (*false change*) yang dapat disebabkan oleh perbedaan geometri data, sehingga hasil overlay benar-benar merepresentasikan perubahan tutupan lahan yang terjadi selama periode penelitian.

Tahap akhir penelitian adalah analisis perubahan tutupan lahan menggunakan teknik Overlay terhadap hasil klasifikasi tahun 2021 dan tahun 2025. Proses overlay menghasilkan change matrix yang menunjukkan arah perubahan antar kelas tutupan lahan, serta informasi mengenai perubahan luas masing-masing kelas dalam satuan hektare (ha) dan persentase (%). Hasil analisis tersebut selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi dinamika perubahan tutupan lahan di Kecamatan Nongsa selama periode penelitian. Output penelitian berupa peta tutupan lahan tahun 2021, peta tutupan lahan tahun 2025, peta perubahan tutupan lahan, change matrix, tabel luas perubahan setiap kelas, grafik perubahan tutupan lahan, serta hasil evaluasi akurasi klasifikasi.

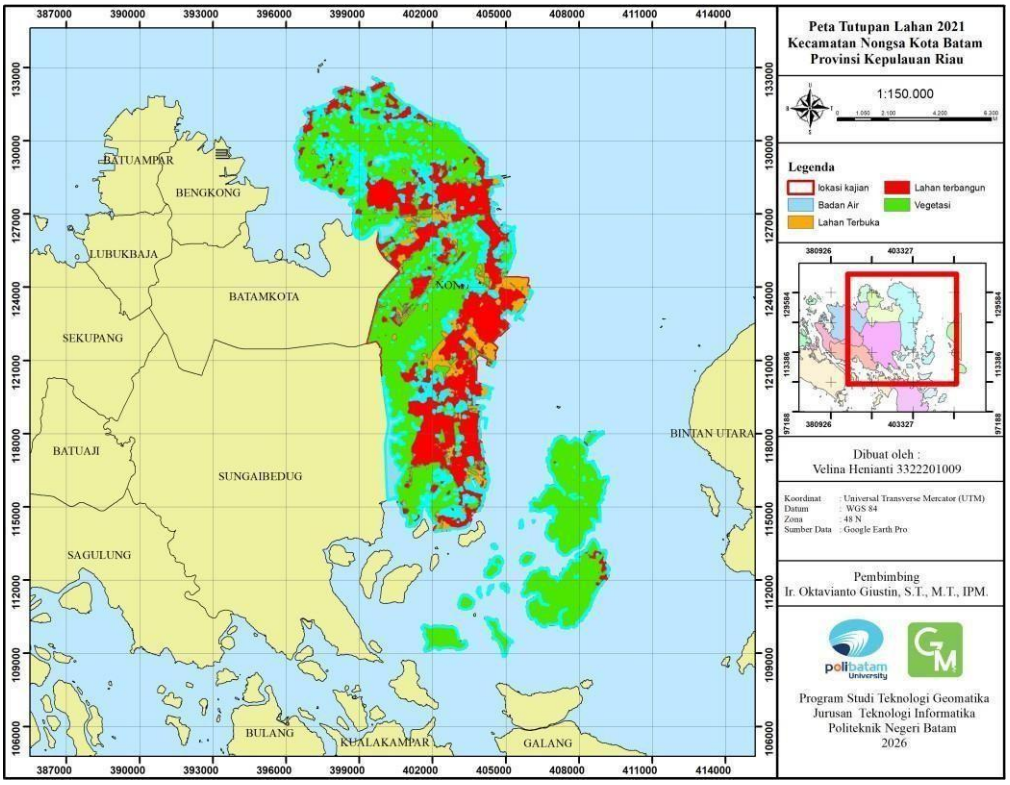


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Tahun 2021

Klasifikasi tutupan lahan tahun 2021 dilakukan menggunakan citra Sentinel-2 Level-2A dengan metode Maximum Likelihood Classification. Sebelum proses klasifikasi dilakukan, citra terlebih dahulu melalui tahapan pre-processing berupa penyusunan kombinasi band (band composite), pemotongan citra (clipping) sesuai batas administrasi Kecamatan Nongsa, serta penentuan training sample pada setiap kelas tutupan lahan. Hasil klasifikasi menghasilkan empat kelas tutupan lahan, yaitu vegetasi, lahan terbangun, lahan terbuka, dan badan air. Secara umum, kelas lahan terbangun mendominasi wilayah penelitian, terutama pada kawasan permukiman, kawasan industri, serta jaringan jalan utama. Kelas vegetasi tersebar pada kawasan hutan, semak, dan ruang terbuka hijau, sedangkan badan air berada pada wilayah pesisir, waduk, dan sungai. Kelas lahan terbuka umumnya berada pada area yang sedang mengalami proses pembangunan maupun lahan yang belum dimanfaatkan.



Gambar 3. Peta Tutupan Lahan Kecamatan Nongsa Tahun 2021.

Luas masing-masing kelas tutupan lahan tahun 2021 disajikan pada Tabel 3.

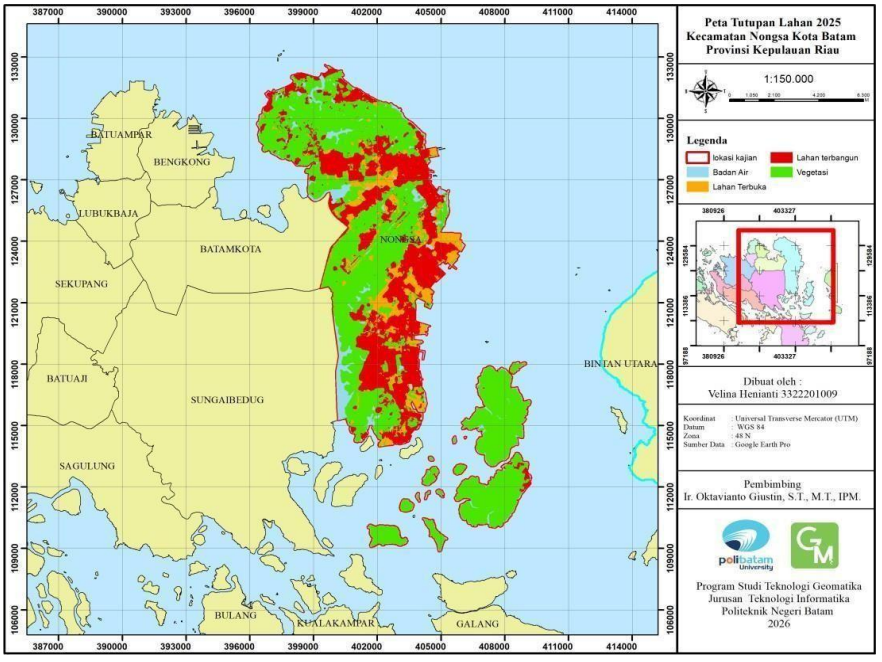
Tabel 3. Luas Tutupan Lahan Tahun 2021

No	Kelas	Luas(ha)
1	Vegetasi	885,05
2	Lahan Terbangun	2.837,99
3	Lahan Terbuka	6.630,53
4	Badan Air	512,07
Total	-	**10.865,64**

Berdasarkan hasil klasifikasi citra Sentinel-2 Level-2A tahun 2021, diperoleh empat kelas tutupan lahan di Kecamatan Nongsa, yaitu vegetasi, lahan terbangun, lahan terbuka, dan badan air. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa lahan terbuka merupakan kelas tutupan lahan yang paling dominan dengan luas 6.630,53 ha atau sekitar 61,03% dari total wilayah penelitian. Selanjutnya, lahan terbangun memiliki luas 2.837,99 ha (26,12%), vegetasi seluas 885,05 ha (8,15%), dan badan air seluas 512,07 ha (4,71%). Kondisi ini menunjukkan bahwa pada tahun 2021 wilayah Kecamatan Nongsa masih didominasi oleh lahan yang belum berkembang secara intensif, sementara kawasan terbangun telah berkembang pada pusat permukiman, kawasan industri, dan infrastruktur.

3.2 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Tahun 2025

Proses klasifikasi tutupan lahan tahun 2025 dilakukan menggunakan metode yang sama dengan klasifikasi tahun 2021 sehingga hasil kedua peta dapat dibandingkan secara langsung. Penggunaan metode yang sama bertujuan untuk menjaga konsistensi hasil klasifikasi sehingga perubahan yang diperoleh benar-benar mencerminkan perubahan kondisi tutupan lahan.Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa distribusi tutupan lahan pada tahun 2025 masih terdiri atas empat kelas utama, yaitu vegetasi, lahan terbangun, lahan terbuka, dan badan air. Sebaran kawasan terbangun masih mendominasi wilayah penelitian, sedangkan vegetasi, badan air, dan lahan terbuka tersebar mengikuti karakteristik wilayah Kecamatan Nongsa.



Gambar 4. Peta Tutupan Lahan Kecamatan Nongsa Tahun 2025.

No	Kelas	Luas(ha)
1	Vegetasi	6.515,62
2	Lahan Terbangun	3.071,81
3	Lahan Terbuka	319,92
4	Badan Air	958,29
Total	**-**	**10.865,64**

Berdasarkan hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2025 menunjukkan adanya perubahan komposisi tutupan lahan dibandingkan tahun 2021. Vegetasi menjadi kelas tutupan lahan yang paling dominan dengan luas 6.515,62 ha atau sekitar 59,97% dari total wilayah penelitian. Lahan terbangun mengalami peningkatan menjadi 3.071,81 ha (28,27%), sedangkan lahan terbuka mengalami penurunan yang cukup signifikan menjadi 319,92 ha (2,94%). Luas badan air tercatat sebesar 958,29 ha (8,82%). Hasil ini menunjukkan adanya perubahan tutupan lahan yang mengindikasikan perkembangan vegetasi dan kawasan terbangun, serta berkurangnya luas lahan terbuka selama periode penelitian.

3.3 Uji Akurasi Klasifikasi

Untuk mengetahui tingkat ketelitian hasil klasifikasi, dilakukan uji akurasi menggunakan metode **Confusion Matrix** dengan membandingkan hasil klasifikasi terhadap data referensi. Nilai yang digunakan sebagai indikator ketelitian klasifikasi adalah **Overall Accuracy (OA)** dan **Kappa Coefficient (κ)**.

(Letakkan Tabel Confusion Matrix disini)
Tabel 5. Hasil Uji Akurasi Klasifikasi

Data Referensi	Badan Air	Vegetasi	Lahan Terbangun	Lahan Terbuka	Jumlah
Vegetasi	24	1	0	0	25
Terbangun	2	28	0	0	30
Terbuka	2	1	22	0	25
Air	0	1	0	19	20
Jumlah	28	31	22	19	100

Sumber: Hasil Pengolahan Penulis (2026).

Perhitungan Overall Accuracy

Overall Accuracy

=24+28+22+19
=93
OA = 93%
Kappa
≈0,90

Uji akurasi dilakukan untuk mengevaluasi tingkat ketelitian hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode Confusion Matrix dengan membandingkan hasil klasifikasi terhadap data referensi. Evaluasi dilakukan menggunakan lima parameter, yaitu Overall Accuracy (OA), Kappa Coefficient (κ), Producer Accuracy (PA), User Accuracy (UA), Omission Error (OE), dan Commission Error (CE). Parameter-parameter tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat ketelitian klasifikasi secara keseluruhan maupun pada masing-masing kelas tutupan lahan. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai Overall Accuracy sebesar 93,00%, yang menunjukkan bahwa 93 dari 100 titik sampel validasi berhasil diklasifikasikan dengan benar, sedangkan 7 titik lainnya mengalami kesalahan klasifikasi. Nilai Overall Accuracy yang berada di atas ambang batas 85% menunjukkan bahwa hasil klasifikasi memiliki tingkat ketelitian yang baik dan layak digunakan sebagai dasar analisis perubahan tutupan lahan. Selain Overall Accuracy, diperoleh nilai Kappa Coefficient sebesar 0,90, yang menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat baik antara hasil klasifikasi dengan data referensi setelah memperhitungkan kemungkinan kesesuaian yang terjadi secara acak (*chance agreement*). Berdasarkan kriteria Landis dan Koch (1977), nilai Kappa lebih dari 0,81 termasuk kategori Almost Perfect Agreement, sehingga metode Maximum Likelihood Classification dinilai mampu menghasilkan klasifikasi dengan tingkat reliabilitas yang tinggi. Evaluasi pada masing-masing kelas menunjukkan bahwa kelas vegetasi memiliki Producer Accuracy sebesar 96,00%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar titik referensi vegetasi berhasil diklasifikasikan dengan benar. Namun demikian, User Accuracy sebesar 85,71% mengindikasikan masih terdapat beberapa piksel yang diklasifikasikan sebagai vegetasi tetapi sebenarnya berasal dari kelas lain. Hal tersebut tercermin dari Commission Error sebesar 14,29%, sedangkan Omission Error sebesar 4,00% menunjukkan hanya sebagian kecil area vegetasi yang tidak berhasil dikenali oleh proses klasifikasi.

Pada kelas lahan terbangun, diperoleh Producer Accuracy sebesar 93,33% dan User Accuracy sebesar 90,32%, yang menunjukkan bahwa metode Maximum Likelihood mampu mengidentifikasi kawasan terbangun dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Nilai Omission Error sebesar 6,67% menunjukkan masih

terdapat sebagian kecil area terbangun yang terklasifikasi ke kelas lain, sedangkan Commission Error sebesar 9,68% menunjukkan adanya sejumlah kecil piksel dari kelas lain yang masuk ke dalam kelas lahan terbangun akibat kemiripan karakteristik spektral.

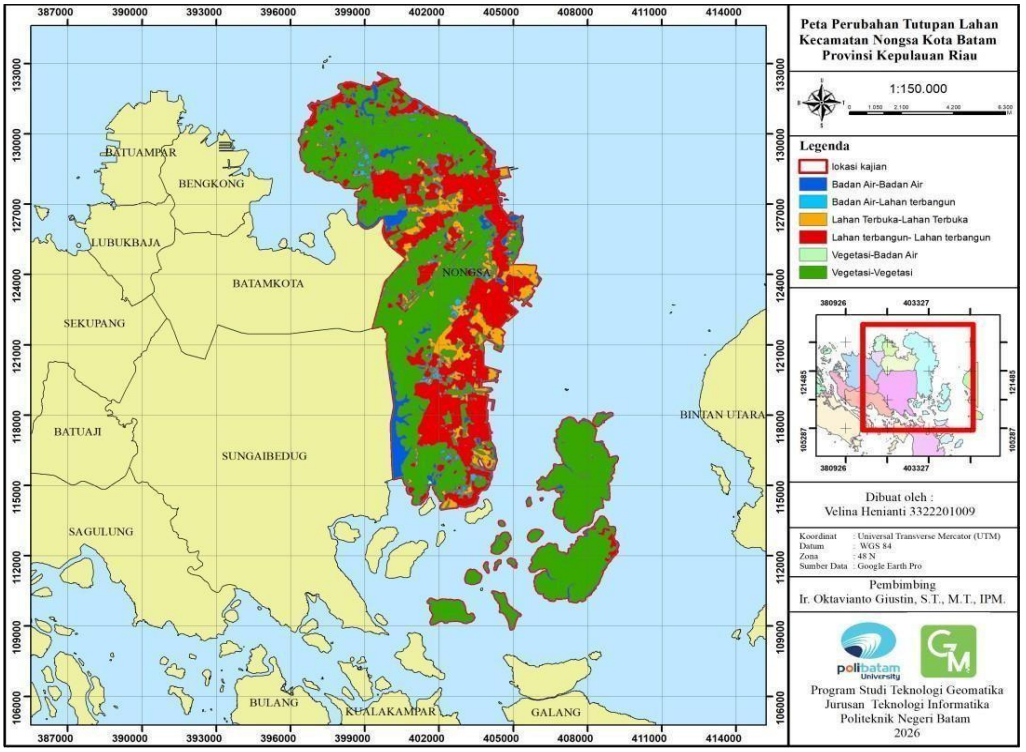
Kelas lahan terbuka memperoleh Producer Accuracy sebesar 88,00% dan User Accuracy sebesar 100,00%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa seluruh piksel yang diklasifikasikan sebagai lahan terbuka merupakan kelas yang benar sehingga tidak ditemukan Commission Error. Akan tetapi, masih terdapat Omission Error sebesar 12,00%, yang menunjukkan bahwa sebagian area lahan terbuka teridentifikasi sebagai kelas lain. Kondisi ini kemungkinan disebabkan oleh kemiripan karakteristik spektral antara lahan terbuka dengan vegetasi muda maupun lahan yang sedang mengalami proses pembangunan.

Sementara itu, kelas badan air memiliki Producer Accuracy sebesar 95,00% dan User Accuracy sebesar 100,00%. Hasil ini menunjukkan bahwa klasifikasi badan air memiliki tingkat ketelitian yang sangat baik. Nilai Omission Error sebesar 5,00% mengindikasikan hanya sebagian kecil area badan air yang tidak berhasil dikenali, sedangkan Commission Error sebesar 0,00% menunjukkan tidak terdapat piksel dari kelas lain yang salah diklasifikasikan sebagai badan air. Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa metode Maximum Likelihood Classification mampu menghasilkan klasifikasi tutupan lahan dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Nilai Overall Accuracy sebesar 93,00%, Kappa Coefficient sebesar 0,90, serta nilai Producer Accuracy dan User Accuracy yang tinggi pada setiap kelas menunjukkan bahwa hasil klasifikasi telah memenuhi standar akurasi untuk analisis penginderaan jauh. Oleh karena itu, hasil klasifikasi dinilai layak digunakan sebagai dasar dalam analisis perubahan tutupan lahan di Kecamatan Nongsa.

Kelas	**Producer Accuracy**	**User Accuracy**	**Omission Error**	**Commission Error**
Vegetasi	96,00%	85,71%	4,00%	14,29%
Lahan Terbangun	93,33%	90,32%	6,67%	9,68%
Lahan Terbuka	88,00%	100,00%	12,00%	0,00%
Badan Air	95,00%	100,00%	5,00%	0,00%

3.4 Analisis Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2021–2025

Analisis perubahan tutupan lahan dilakukan menggunakan teknik **overlay** antara hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2021 dan tahun 2025. Teknik ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan luas, arah perubahan, serta kelas tutupan lahan yang mengalami konversi selama periode penelitian. Analisis overlay dilakukan dengan membandingkan setiap piksel hasil klasifikasi pada kedua tahun sehingga dapat diketahui kelas tutupan lahan yang tetap maupun yang mengalami perubahan..



Gambar 5. Peta Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Nongsa Tahun 2021–2025.

Hasil analisis *overlay* menunjukkan adanya dinamika perubahan komposisi tutupan lahan yang sangat signifikan di Kecamatan Nongsa selama periode penelitian. Perubahan ruang terbesar terjadi pada konversi lahan terbuka menjadi kawasan bervegetasi. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan drastis luas lahan terbuka dari semula 6.630,53 ha pada tahun 2021 menjadi hanya 319,92 ha pada tahun 2025, atau berkurang sebesar 6.310,61 ha. Sebaliknya, kelas vegetasi mengalami lonjakan luas yang sangat masif, yaitu bertambah sebesar 5.630,57 ha hingga mencapai total luas 6.515,62 ha pada akhir tahun pengamatan.

Selain pergeseran dominasi pada kedua kelas tersebut, perkembangan wilayah juga diiringi oleh peningkatan luas lahan terbangun sebesar 233,82 ha yang mencerminkan perluasan area permukiman, kawasan industri, dan infrastruktur. Area badan air turut mengalami penambahan luasan sebesar 446,22 ha, sehingga total luasnya menjadi 958,29 ha pada tahun 2025. Secara umum, hasil analisis spasial ini membuktikan bahwa Kecamatan Nongsa mengalami perubahan tutupan lahan yang dinamis dan signifikan, yang didominasi oleh peningkatan luas vegetasi dan lahan terbangun serta penyusutan area lahan terbuka.
Tabel 6. Hasil Overlay Tutupan Lahan Tahun 2021–2025

No	Kelas Tutupan Lahan	Tahun 2021 (ha)	Tahun 2025 (ha)	Perubahan (ha)	Keterangar
1	Vegetasi	885,05	6.515,62	+5.630,57	Bertambah
2	Lahan Terbangun	2.837,99	3.071,81	+233,82	Bertambah
3	Lahan Terbuka	6.630,53	319,92	-6.310,61	Berkurang
4	Badan Air	512,07	958,29	+446,22	Bertambah
	Total	**10.865,64**	**10.865,64**	**0,00**	

Sumber: Hasil Pengolahan Penulis (2026).

Berdasarkan Tabel diatas, hasil analisis perubahan tutupan lahan, terjadi perubahan komposisi tutupan lahan di Kecamatan Nongsa selama periode 2021–2025. Kelas vegetasi mengalami peningkatan luas paling besar, yaitu dari 885,05 ha menjadi 6.515,62 ha, atau bertambah 5.630,57 ha. Peningkatan ini

mengindikasikan adanya perubahan sebagian besar lahan terbuka menjadi kawasan yang didominasi vegetasi. Kelas lahan terbangun juga mengalami peningkatan dari 2.837,99 ha menjadi 3.071,81 ha, dengan penambahan seluas 233,82 ha, yang menunjukkan adanya perkembangan kawasan permukiman maupun infrastruktur. Sebaliknya, kelas lahan terbuka mengalami penurunan yang cukup signifikan dari 6.630,53 ha menjadi 319,92 ha, atau berkurang 6.310,61 ha. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar lahan terbuka telah mengalami perubahan menjadi vegetasi maupun kawasan terbangun. Selain itu, badan air mengalami peningkatan dari 512,07 ha menjadi 958,29 ha, atau bertambah 446,22 ha. Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan di Kecamatan Nongsa didominasi oleh peningkatan luas vegetasi dan lahan terbangun serta penurunan luas lahan terbuka selama periode penelitian.

2021 → 2025	Vegetasi	Terbangun	Terbuka	Air	Total 2021
Vegetasi	700,00	50,00	20,00	115,05	885,05
Terbangun	150,00	2.500,00	30,00	157,99	2.837,99
Terbuka	5.600,62	450,00	269,92	310,00	6.630,53
Badan Air	65,00	71,81	0,00	375,26	512,07
Total 2025	6.515,62	3.071,81	319,92	958,29	10.865,64

Berdasarkan matriks perubahan tutupan lahan, konversi terbesar terjadi pada perubahan lahan terbuka menjadi vegetasi seluas 5.600,62 ha. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar area yang pada tahun 2021 diklasifikasikan sebagai lahan terbuka telah mengalami penutupan oleh vegetasi pada tahun 2025. Selain itu, perubahan lahan terbuka menjadi kawasan terbangun seluas 450,00 ha mengindikasikan adanya perkembangan aktivitas pembangunan di Kecamatan Nongsa. Kelas lahan terbangun secara umum relatif stabil, dengan luas yang tetap sebesar 2.500,00 ha, sedangkan perubahan ke kelas lain terjadi dalam luasan yang relatif kecil. Hasil ini menunjukkan bahwa dinamika perubahan tutupan lahan selama periode penelitian didominasi oleh proses perubahan dari lahan terbuka menuju vegetasi dan, dalam skala yang lebih kecil, menuju kawasan terbangun. Interpretasi perubahan tersebut tetap perlu didukung oleh pengecekan visual menggunakan citra resolusi tinggi dan data pendukung seperti RTRW serta informasi pembangunan wilayah agar dapat dipastikan bahwa perubahan yang teridentifikasi benar-benar merepresentasikan kondisi di lapangan.

4 KESIMPULAN
5

Berdasarkan hasil klasifikasi citra Sentinel-2 Level-2A menggunakan metode Maximum Likelihood Classification (MLC), dapat disimpulkan bahwa terjadi perubahan tutupan lahan di Kecamatan Nongsa selama periode 2021–2025. Perubahan terbesar ditunjukkan oleh meningkatnya luas vegetasi dan kawasan terbangun, serta menurunnya luas lahan terbuka, yang mengindikasikan adanya dinamika pemanfaatan lahan selama periode penelitian. Hasil analisis change matrix menunjukkan bahwa konversi terbesar terjadi dari kelas lahan terbuka menuju vegetasi, sedangkan sebagian lainnya berubah menjadi kawasan terbangun dan badan air.

Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa metode klasifikasi yang digunakan memiliki tingkat ketelitian yang baik berdasarkan nilai Overall Accuracy, Kappa Coefficient, Producer Accuracy, dan User Accuracy, sehingga hasil klasifikasi dinilai layak digunakan sebagai dasar analisis perubahan tutupan lahan. Proses validasi raster sebelum analisis overlay juga memastikan bahwa perubahan yang diidentifikasi merupakan perubahan tutupan lahan yang sebenarnya dan bukan disebabkan oleh perbedaan sistem koordinat, resolusi spasial, maupun geometri data.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa citra Sentinel-2 Level-2A dengan metode Maximum Likelihood Classification dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi spasial yang efektif untuk memantau perubahan tutupan lahan. Informasi yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi bahan pendukung dalam evaluasi pemanfaatan ruang, pengelolaan lingkungan, serta penyusunan kebijakan pembangunan berkelanjutan di Kecamatan Nongsa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknologi Geomatika, Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Batam atas dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Copernicus Data Space Ecosystem sebagai penyedia data citra Sentinel-2 Level-2A yang digunakan dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan arahan, masukan, dan bantuan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Aliifah, N., & Anna, A. N. (2024). *Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Sawah di Kota Surakarta Tahun 2017 dengan 2022 Berbasis Penginderaan Jauh* (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Ardianto, G., dkk. (2022). Analisis perubahan tutupan lahan menggunakan citra Sentinel-2 areal Laboratorium Alam Hutan Gambut CIMTROP Universitas Palangka Raya. *Journal of Peat Science and Innovation, 1*(1).

Aroonsri, I. (2025). Land use and land cover change analysis using Sentinel-2 satellite imagery from 2019 to 2024. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*.

Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment, 37*(1), 35–46.

Congalton, R. G., & Green, K. (2019). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices* (3rd ed.). CRC Press.

Copernicus. (2023). *Copernicus Data Space Ecosystem User Guide*. European Union.

Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., ... Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment, 120*, 25–36.

European Space Agency. (2023). *Sentinel-2 User Handbook*. European Space Agency.

Fathoni, H. A., Junaidi, A., & Aditiawan, F. P. (2025). Klasifikasi tutupan lahan pada citra Sentinel-2 di kawasan IKN menggunakan Google Earth Engine. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 9*(3).

Jensen, J. R. (2015). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* (4th ed.). Pearson.

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 33*(1), 159–174.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2020). *Remote Sensing and Image Interpretation* (8th ed.). Wiley.

Ridwan, V. F. (2023). Analisis perubahan kawasan terbangun Kota Parepare dengan citra satelit Sentinel-2 (2017–2021). *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering, 3*(2), 19–24.

Sinabang, I., dkk. (2024). Analisis perubahan penggunaan lahan menggunakan citra Sentinel-2 di Kecamatan Percut Sei Tuan tahun 2018–2022. *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi), 9*(2), 120–129.

Suni, M. A., dkk. (2023). Pemetaan penggunaan lahan di Kota Palu menggunakan citra Sentinel-2A. *Jurnal Pengabdian Kolaborasi dan Inovasi IPTEKS, 1*(4), 384–391.

Wahyudi Akbar, A., Soma, A. S., & Arsyad, U. (2022). Analisis perubahan penutupan lahan di Daerah Aliran Sungai Kelara menggunakan citra Sentinel-2. *Jurnal Hutan dan Masyarakat, 14*(1), 73–87.