

Analisis Perubahan Tutupan Lahan Permukiman Berbasis Sentinel-2 dan SVM di Kecamatan Tapin Utara

Rojaa Firoous Suri¹, Nasruddin², Nurul Astuti³

^{1,2,3}Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Politik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

Email: ¹rfiroous@gmail.com, ^{2*}nasruddin.luthfie@ulm.ac.id, ³nurulastuti@ulm.ac.id

Abstract

Residential land-cover change is an important indicator of spatial transformation and regional development dynamics. This study analyzes changes in residential land cover in North Tapin District, Tapin Regency, during 2016–2024 using Sentinel-2 Level-2A imagery integrated with Geographic Information Systems (GIS). A supervised classification approach based on the Support Vector Machine (SVM) algorithm with a Radial Basis Function kernel was applied to distinguish residential and non-residential areas. Several spectral indices were incorporated to improve class separability prior to classification. Accuracy assessment using a confusion matrix with 50 validation points indicates high reliability, with Overall Accuracy values of 98% ($\kappa=0.91$) in 2016 and 96% ($\kappa=0.83$) in 2024. Post-classification comparison reveals an increase of 181.85 ha in residential land over eight years, mainly resulting from the conversion of non-residential areas. Spatially, expansion patterns tend to follow major road corridors and highly accessible zones. These findings demonstrate that the integration of Sentinel-2 imagery and SVM provides an effective framework for multitemporal residential land-cover monitoring and supports evidence-based regional planning.

Keywords: Land-Cover Change, Geographic Information Systems, Sentinel-2, Support Vector Machine, Residential Areas.

Abstrak

Perubahan tutupan lahan permukiman merupakan indikator penting dalam memahami transformasi spasial dan dinamika perkembangan wilayah. Penelitian ini menganalisis perubahan tutupan lahan permukiman di Kecamatan Tapin Utara, Kabupaten Tapin, periode 2016–2024 menggunakan citra Sentinel-2 Level-2A yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Klasifikasi dilakukan melalui pendekatan supervised classification berbasis algoritma Support Vector Machine (SVM) dengan kernel Radial Basis Function untuk membedakan kelas permukiman dan non-permukiman. Beberapa indeks spektral dimanfaatkan untuk meningkatkan pemisahan kelas sebelum proses klasifikasi dilakukan. Evaluasi akurasi menggunakan confusion matrix berdasarkan 50 titik uji menunjukkan tingkat ketelitian yang tinggi, dengan Overall Accuracy sebesar 98% ($\kappa=0,91$) pada 2016 dan 96% ($\kappa=0,83$) pada 2024. Analisis pascaklasifikasi mengidentifikasi peningkatan luas permukiman sebesar 181,85 ha selama delapan tahun yang terutama berasal dari konversi lahan non-permukiman. Secara spasial, ekspansi permukiman cenderung mengikuti koridor jalan utama dan kawasan dengan aksesibilitas tinggi. Hasil ini menegaskan bahwa integrasi Sentinel-2 dan SVM efektif untuk memantau dinamika permukiman secara multitemporal serta mendukung perencanaan wilayah berbasis data spasial.

Kata Kunci: Perubahan Tutupan Lahan, Sistem Informasi Geografis, Sentinel-2, Support Vector Machine, Permukiman.

1. PENDAHULUAN

Perubahan tutupan lahan merupakan indikator penting dalam memahami dinamika pemanfaatan ruang suatu wilayah, karena mencerminkan interaksi berkelanjutan antara aktivitas manusia dan kondisi fisik lingkungan. Pada wilayah yang mengalami

perkembangan wilayah secara cepat, dinamika tersebut umumnya ditunjukkan oleh meningkatnya kawasan terbangun, terutama permukiman, sebagai konsekuensi dari pertumbuhan penduduk, intensifikasi aktivitas ekonomi, serta meningkatnya kebutuhan ruang untuk fungsi sosial dan pelayanan (Migas-Mazur et al., 2021).

Proses perubahan tutupan lahan tidak terjadi secara tunggal, melainkan dipengaruhi oleh kombinasi faktor sosial, ekonomi, kebijakan kelembagaan, serta perbedaan tingkat aksesibilitas antarwilayah yang secara bersama-sama membentuk pola pemanfaatan ruang yang bersifat dinamis (Degife, 2020). Fenomena tersebut juga terjadi di Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan. Kecamatan Tapin Utara, yang berperan sebagai pusat pemerintahan dan pelayanan kabupaten, menunjukkan intensitas perkembangan permukiman yang relatif tinggi dalam beberapa tahun terakhir. Perkembangan sektor jasa, perdagangan, dan aktivitas pelayanan publik mendorong meningkatnya kebutuhan ruang terbangun dan memicu ekspansi kawasan permukiman ke wilayah sekitarnya. Selain faktor sosioekonomi, kondisi fisik wilayah Tapin Utara yang relatif datar turut mendukung terjadinya konversi lahan non-terbangun menjadi kawasan permukiman dalam skala yang cukup cepat (Razafinimaro et al., 2022).

Secara spasial, perkembangan permukiman di Kecamatan Tapin Utara memperlihatkan kecenderungan mengikuti jaringan jalan utama dan area dengan tingkat aksesibilitas tinggi, seperti koridor Jalan Rantau–Binuang serta pusat-pusat kegiatan masyarakat. Pola pertumbuhan yang bersifat linear tersebut merupakan karakteristik umum kawasan perkotaan dan peri-urban, di mana sistem transportasi berperan sebagai faktor pengarah utama dalam ekspansi kawasan terbangun (Onuegbu & Egbu, 2024). Keterkaitan antara jaringan transportasi, pusat pelayanan, dan arah perkembangan ruang menegaskan bahwa perubahan tutupan lahan tidak hanya berdampak pada struktur ruang, tetapi juga berimplikasi terhadap kondisi lingkungan fisik. Konversi lahan non-terbangun menjadi kawasan terbangun berpotensi menurunkan kapasitas infiltrasi air, mengganggu keseimbangan hidrologi, serta meningkatkan risiko genangan dan degradasi lingkungan, terutama pada wilayah dataran rendah (Baqi et al., 2022). Oleh karena itu, ketersediaan informasi perubahan tutupan lahan yang akurat dan terkini menjadi kebutuhan penting dalam memahami dinamika wilayah secara komprehensif.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan pemantauan perubahan tutupan lahan secara periodik, objektif, dan efisien. Citra Sentinel-2, dengan resolusi spasial menengah dan kanal spektral yang sensitif terhadap variasi penutup lahan, telah banyak dimanfaatkan dalam pemetaan kawasan terbangun pada wilayah dengan heterogenitas tinggi. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pendekatan klasifikasi berbasis *machine learning*, termasuk algoritma *Support Vector Machine* (SVM), mampu menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam pemetaan tutupan lahan, khususnya untuk kelas permukiman yang memiliki karakteristik spektral kompleks (Al-Ayedi et al., 2023; Migas-Mazur et al., 2021; Yousefi et al., 2022).

Dalam konteks perencanaan wilayah, informasi spasial mengenai perubahan permukiman memiliki peran strategis dalam menggambarkan dinamika perkembangan ruang. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Tapin 2024–2043 menetapkan Kecamatan Tapin Utara sebagai Pusat Kegiatan Lokal sekaligus kawasan pengembangan permukiman. Dengan demikian, analisis perubahan tutupan lahan permukiman dapat dimanfaatkan untuk memahami arah perkembangan spasial kawasan tersebut dalam kerangka kebijakan tata ruang yang berlaku, tanpa dimaksudkan sebagai bentuk evaluasi terhadap kebijakan tersebut.

Penelitian terdahulu pada skala Kabupaten Tapin, seperti kajian geomorfologi dan kesesuaian lahan yang dilakukan oleh (Nurrahmah & Simon Sadok Siregar, 2010), memberikan gambaran umum mengenai karakteristik fisik wilayah. Namun, kajian tersebut umumnya bersifat statis dan belum mengkaji dinamika perubahan tutupan lahan permukiman secara temporal. Pada skala yang lebih rinci, khususnya di Kecamatan Tapin Utara sebagai pusat kegiatan lokal, kajian yang menganalisis perubahan tutupan lahan permukiman secara multitemporal masih relatif terbatas, padahal wilayah ini memiliki karakteristik perkembangan ruang yang heterogen dan berada pada zona transisi perkotaan–peri-urban.

Pendekatan konvensional berbasis interpretasi visual atau klasifikasi statistik sederhana memiliki keterbatasan dalam membedakan kelas permukiman dan non-permukiman yang memiliki karakteristik spektral saling tumpang tindih pada lanskap heterogen (Tan et al., 2024; Waladi, 2025). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu menangkap dinamika spasial-temporal perubahan permukiman secara lebih akurat pada skala kecamatan.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, diperlukan pendekatan pemetaan yang mampu menangkap dinamika perubahan tutupan lahan permukiman secara multitemporal dan akurat pada skala kecamatan. Dalam konteks tersebut, pemanfaatan citra Sentinel-2 menjadi relevan karena menyediakan data multitemporal dengan resolusi spasial 10 m dan kanal spektral yang sensitif terhadap variasi penutup lahan perkotaan (Xi et al., 2021), sementara algoritma Support Vector Machine (SVM) memiliki keunggulan dalam menangani pemisahan kelas non-linier dan kompleks dibandingkan metode klasifikasi konvensional (Jocea et al., 2025; Migas-Mazur et al., 2021; Soffianian et al., 2023; Yousefi et al., 2022).

Berdasarkan penelusuran literatur pada repositori institusi, jurnal nasional, dan portal pemerintah hingga 25 Januari 2026, belum ditemukan publikasi yang secara eksplisit menerapkan algoritma Support Vector Machine (SVM) untuk analisis perubahan tutupan lahan permukiman pada tingkat Kecamatan Tapin Utara; oleh karena itu, studi ini menyajikan kontribusi kontekstual yang relevan bagi wilayah kajian. Namun demikian, SVM dan kombinasi Sentinel-2 dengan indeks spektral telah digunakan secara luas pada studi serupa di wilayah lain, sehingga pendekatan ini dipilih karena kesesuaiannya dengan tujuan penelitian.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pendekatan dan Unit Analisis

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif spasial untuk menganalisis perubahan tutupan lahan permukiman dengan memadukan data penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pendekatan kuantitatif spasial dipilih karena memungkinkan pengukuran perubahan secara numerik sekaligus visualisasi pola distribusinya dalam bentuk peta tematik yang terstruktur. Integrasi penginderaan jauh dan SIG memberikan keunggulan dalam memperoleh data spasial yang konsisten, objektif, dan dapat direplikasi, terutama melalui pemanfaatan citra satelit multitemporal. Dengan karakteristik tersebut, pendekatan ini dinilai sesuai untuk mengkaji dinamika perubahan tutupan lahan pada skala kecamatan, di mana detail spasial dan ketelitian klasifikasi menjadi faktor penting dalam menghasilkan informasi yang akurat (Rahmat et al., 2022). Analisis penelitian difokuskan pada Kecamatan Tapin Utara selama periode 2016–2024 sebagai unit wilayah kajian.

Unit analisis yang digunakan adalah piksel raster pada citra satelit, sehingga setiap perubahan diidentifikasi berdasarkan transformasi nilai spektral pada tingkat piksel. Pendekatan multi-temporal diterapkan dengan membandingkan kondisi tutupan lahan

pada dua waktu pengamatan yang berbeda untuk mengidentifikasi arah, pola, serta besaran perubahan spasial yang terjadi. Melalui perbandingan ini, perubahan dapat dianalisis secara sistematis, baik dari sisi kuantitas luas lahan yang berubah maupun dari sisi distribusi dan kecenderungan ekspansi permukiman dalam struktur ruang wilayah.

2.2 Lokasi dan Data Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Tapin Utara, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan, yang berfungsi sebagai pusat pemerintahan dan pelayanan kabupaten. Data utama yang digunakan berupa citra Sentinel-2 Level-2A tahun 2016 dan 2024 yang diperoleh dari Copernicus Open Access Hub. Citra Sentinel-2 dipilih karena memiliki resolusi spasial menengah (10–20 m) yang memadai untuk pemetaan kawasan permukiman pada skala kecamatan, serta menyediakan informasi spektral yang cukup sensitif untuk membedakan kawasan terbangun, vegetasi, dan badan air. Produk Sentinel-2 Level-2A telah melalui proses koreksi atmosfer, sehingga nilai reflektansi permukaan yang dihasilkan dapat dibandingkan secara konsisten antar waktu pengamatan (Bill Donatien et al., 2024; Joice et al., 2025).

Data pendukung dalam penelitian ini meliputi batas administrasi wilayah yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial, dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Tapin 2024–2043 sebagai konteks perencanaan ruang, data kependudukan dari Badan Pusat Statistik (BPS), serta citra resolusi tinggi Google Earth yang digunakan sebagai referensi visual dalam proses interpretasi dan validasi.

2.3 Pra-proses Data Citra

Tahapan pra-proses dilakukan untuk memastikan kesesuaian dan konsistensi data citra sebelum dianalisis lebih lanjut. Proses ini mencakup pemotongan citra berdasarkan batas administrasi Kecamatan Tapin Utara, penyamaan sistem proyeksi ke Universal Transverse Mercator (UTM) Zona 50S, serta penyesuaian resolusi spasial antar band citra. Penyeragaman resolusi dilakukan melalui proses *resampling* terhadap band Sentinel-2 beresolusi 20 meter menjadi 10 meter agar seluruh band dapat dianalisis secara terpadu dalam proses klasifikasi. Langkah ini bertujuan untuk meminimalkan pengaruh perbedaan resolusi antar band terhadap hasil klasifikasi tutupan lahan.

Untuk meningkatkan kemampuan pemisahan kelas tutupan lahan, dihitung beberapa indeks spektral, yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI), dan *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI). Pemanfaatan indeks spektral tersebut terbukti efektif dalam meningkatkan diskriminasi antara kawasan terbangun, vegetasi, dan badan air pada analisis citra Sentinel-2 (Razafinimaro et al., 2022; Yousefi et al., 2022).

2.4 Proses Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan dilakukan menggunakan pendekatan supervised classification dengan algoritma Support Vector Machine (SVM). Algoritma ini dipilih karena memiliki kemampuan yang baik dalam memisahkan kelas tutupan lahan serta menunjukkan performa akurasi yang kompetitif dibandingkan algoritma pohon keputusan pada studi berbasis Sentinel-2 dengan karakteristik spektral yang saling tumpang tindih, khususnya antara permukiman dan non-permukiman, sehingga menunjukkan kinerja yang stabil pada pemetaan kawasan terbangun dengan kompleksitas spektral tinggi (Safira et al., 2024; Tan et al., 2024; Waladi, 2025). Dalam penelitian ini digunakan kernel Radial Basis Function (RBF) untuk mengakomodasi hubungan non-linear pada distribusi data spektral citra Sentinel-2.

Parameter SVM ditetapkan menggunakan pengaturan bawaan (*default parameters*) dari perangkat lunak yang digunakan, dengan nilai *penalty* parameter (C) sebesar 1 dan nilai *gamma* sebesar $1/n$, di mana n merupakan jumlah fitur input yang digunakan dalam proses klasifikasi. Penggunaan parameter default ini dilakukan untuk menjaga konsistensi hasil klasifikasi antar waktu pengamatan dalam analisis multitemporal, mengingat tujuan utama penelitian adalah analisis perubahan spasial tutupan lahan, bukan optimasi performa algoritma. Pendekatan serupa umum diterapkan dalam studi perubahan tutupan lahan berbasis citra resolusi menengah, di mana stabilitas hasil antar waktu lebih diprioritaskan dibandingkan penyesuaian parameter model secara intensif (Migas-Mazur et al., 2021; Yousefi et al., 2022). Klasifikasi dilakukan ke dalam dua kelas utama, yaitu permukiman dan non-permukiman. Kelas permukiman didefinisikan sebagai area yang didominasi oleh bangunan dan infrastruktur terbangun, sedangkan kelas non-permukiman mencakup vegetasi, lahan pertanian, badan air, serta lahan terbuka lainnya.

2.5 Pasca-proses dan Evaluasi Akurasi

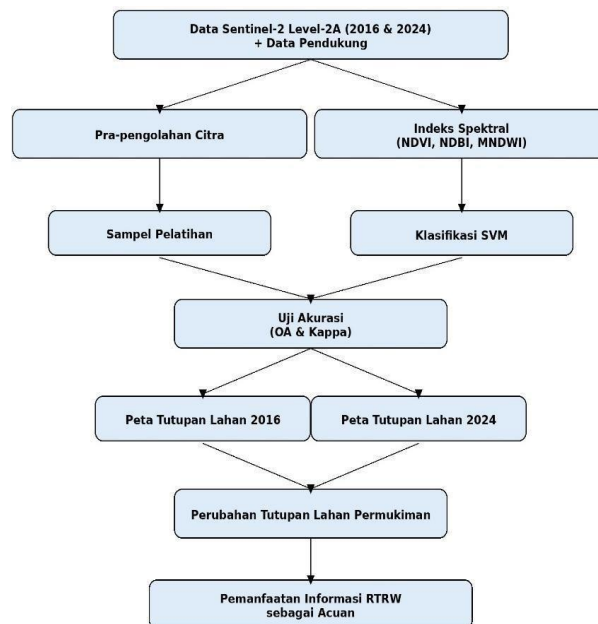
Tahap pasca-proses mencakup evaluasi ketelitian hasil klasifikasi dan penyiapan data untuk analisis perubahan tutupan lahan. Evaluasi akurasi dilakukan dengan menyusun *confusion matrix* berdasarkan 50 titik uji yang dipilih secara acak dan didistribusikan secara merata di seluruh wilayah Kecamatan Tapin Utara. Penentuan jumlah titik uji ini mempertimbangkan praktik umum dalam evaluasi akurasi peta tutupan lahan berbasis citra resolusi menengah pada skala lokal dengan jumlah kelas terbatas. Pendekatan validasi berbasis *sampling* acak dengan jumlah titik uji yang proporsional terhadap kompleksitas kelas dan luas wilayah, serta penggunaan *confusion matrix* untuk menghitung metrik akurasi seperti Overall Accuracy, User's Accuracy, dan koefisien Kappa, telah banyak diterapkan dalam studi evaluasi akurasi tutupan lahan dan dinilai memadai untuk menghasilkan estimasi akurasi yang andal pada berbagai konteks spasial, termasuk wilayah urban dan peri-urban (Ursu et al., 2025).

Seluruh titik uji diverifikasi melalui interpretasi visual menggunakan citra resolusi tinggi Google Earth sebagai data referensi. Parameter akurasi yang dihitung meliputi Overall Accuracy, Producer's Accuracy, User's Accuracy, dan koefisien Kappa. Penggunaan *confusion matrix* sebagai alat evaluasi merupakan prosedur standar dalam penelitian klasifikasi tutupan lahan berbasis citra satelit untuk menilai kesesuaian antara hasil klasifikasi dan data referensi (Foody, 2020; Rahmat et al., 2022; Wang et al., 2021). Hasil evaluasi akurasi digunakan sebagai dasar untuk memastikan keandalan peta tutupan lahan sebelum dilakukan analisis perubahan secara spasial.

2.6 Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Analisis perubahan tutupan lahan dilakukan menggunakan metode *postclassification comparison* dengan membandingkan hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2016 dan 2024 pada tingkat piksel. Pendekatan ini dipilih karena relatif stabil terhadap perbedaan karakteristik data antar waktu pengamatan dan banyak digunakan dalam analisis multi-temporal berbasis citra satelit resolusi menengah (Onuegbu & Egbu, 2024; Tang et al., 2022). Melalui proses *overlay* antara peta hasil klasifikasi kedua tahun pengamatan, perubahan tutupan lahan diidentifikasi dan dikelompokkan ke dalam beberapa kategori utama, yaitu permukiman tetap, non-permukiman yang mengalami konversi menjadi permukiman, serta non-permukiman tetap. Kategorisasi ini memungkinkan identifikasi secara kuantitatif maupun spasial terhadap arah dan intensitas perubahan yang terjadi selama periode pengamatan. Dengan pendekatan tersebut, tidak hanya besaran perubahan yang dapat dihitung, tetapi juga lokasi-lokasi spesifik yang mengalami transformasi fungsi lahan dapat dipetakan secara rinci. Hasil perubahan

tersebut selanjutnya dianalisis secara spasial untuk mengidentifikasi pola perkembangan permukiman, termasuk kecenderungan arah ekspansi, bentuk persebaran, serta keterkaitannya dengan elemen aksesibilitas wilayah seperti jaringan jalan utama dan pusat aktivitas. Analisis ini juga mempertimbangkan keterhubungan spasial antara area yang mengalami konversi dengan struktur ruang eksisting. Selain itu, temuan perubahan tersebut dikaitkan secara deskriptif dengan dinamika kependudukan dan konteks kebijakan tata ruang yang berlaku, sehingga memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai karakter, faktor pendorong, dan implikasi perubahan permukiman di Kecamatan Tapin Utara. (Jagannathan et al., 2025).



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

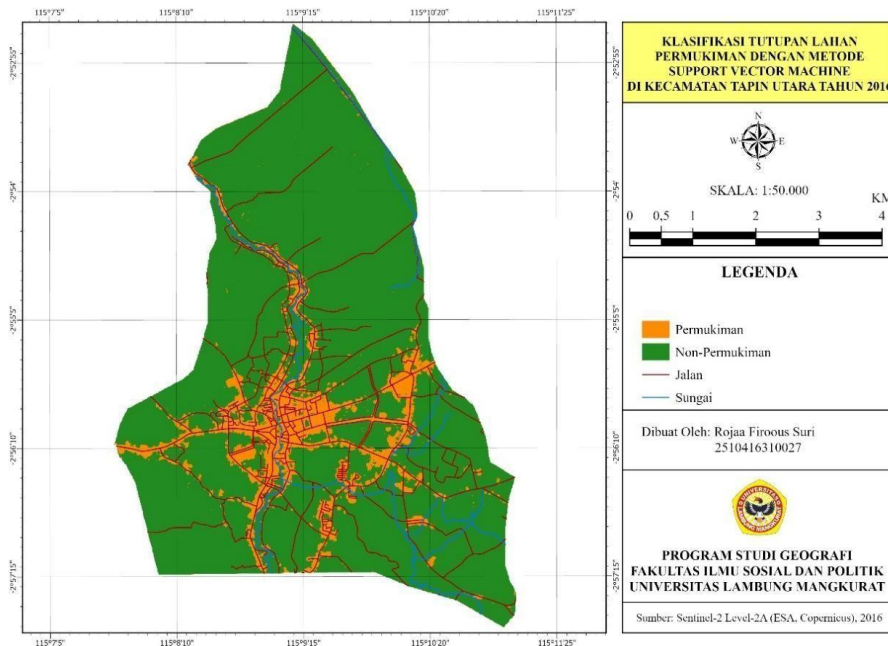
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tutupan Lahan Permukiman Tahun 2016

Hasil pemetaan tahun 2016 menunjukkan bahwa kawasan permukiman di Kecamatan Tapin Utara masih berkembang secara terbatas dan terkonsentrasi pada lokasi-lokasi tertentu. Permukiman pada periode ini umumnya tumbuh di sekitar pusat aktivitas yang telah terbentuk sebelumnya, seperti kawasan pelayanan publik, perdagangan, serta sepanjang jaringan jalan utama yang memiliki aksesibilitas relatif baik. Pola tersebut mengindikasikan bahwa perkembangan permukiman masih sangat dipengaruhi oleh struktur ruang eksisting dan belum menunjukkan kecenderungan ekspansi yang meluas ke seluruh wilayah kecamatan. Dengan kata lain, distribusi spasial permukiman masih mengikuti pola konsentris dan linear yang terbentuk dari pusat kegiatan yang sudah mapan.

Secara spasial, konfigurasi permukiman tahun 2016 tampak lebih kompak dan memiliki batas yang relatif tegas dengan kawasan non-permukiman di sekitarnya. Ekspansi ke lahan non-terbangun masih bersifat terbatas, sehingga konversi lahan belum berlangsung secara intensif. Kondisi ini mencerminkan tahap perkembangan wilayah yang masih berada pada fase awal, di mana pertumbuhan permukiman berlangsung secara bertahap dan cenderung mengikuti ketersediaan infrastruktur dasar serta tingkat aksesibilitas yang memadai. Selain itu, tekanan terhadap kebutuhan ruang hunian pada periode tersebut relatif rendah, baik dari sisi pertumbuhan penduduk maupun aktivitas ekonomi, sehingga dinamika perubahan tutupan lahan belum menunjukkan percepatan

yang signifikan dibandingkan periode berikutnya. Pola ini menunjukkan bahwa struktur ruang wilayah pada tahun 2016 masih relatif stabil dan belum mengalami transformasi spasial secara luas.



Gambar 2. Peta Tutupan Lahan Permukiman Kecamatan Tapin Utara Tahun 2016

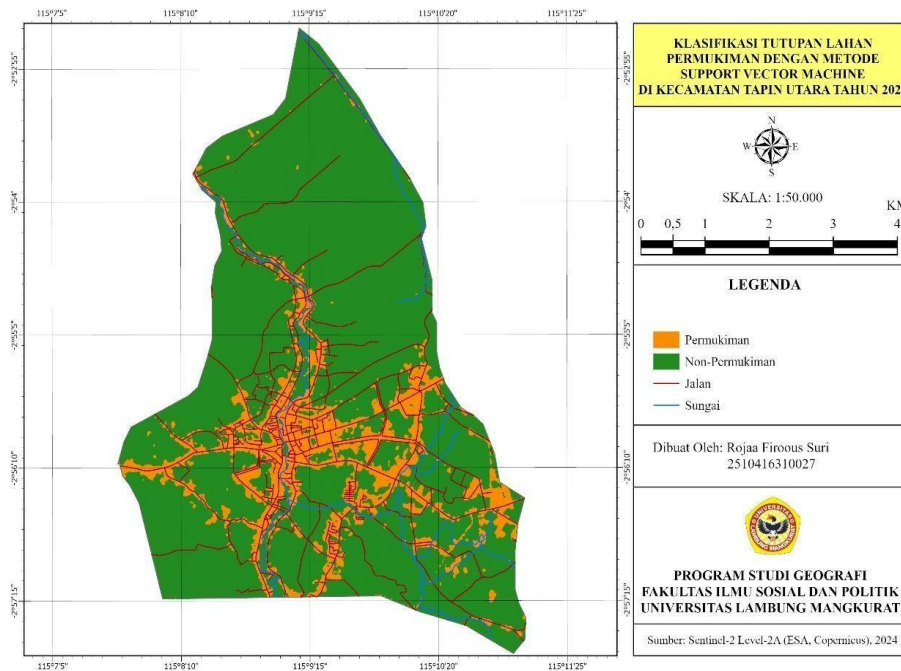
Untuk menilai keandalan peta tutupan lahan tahun 2016, dilakukan uji akurasi menggunakan 50 titik uji acak yang didistribusikan di seluruh wilayah Kecamatan Tapin Utara. Titik uji tersebut ditentukan dengan metode *simple random sampling* dan diverifikasi melalui interpretasi visual citra resolusi tinggi Google Earth sebagai data referensi. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa evaluasi akurasi merepresentasikan kondisi spasial tutupan lahan secara objektif.

Hasil uji akurasi menunjukkan nilai Overall Accuracy (OA) sebesar 98%, yang menandakan tingkat ketelitian klasifikasi yang sangat tinggi. User's Accuracy (UA) untuk kelas permukiman mencapai 100%, sedangkan kelas non-permukiman sebesar 97,73%, yang menunjukkan bahwa hasil klasifikasi pada tahun 2016 memiliki tingkat keandalan yang sangat baik. Dari sisi Producer's Accuracy (PA), kelas permukiman memiliki nilai 85,71%, yang mengindikasikan masih terdapat sebagian kecil permukiman di lapangan yang belum teridentifikasi pada peta, sementara kelas non-permukiman memiliki PA sebesar 100%. Nilai koefisien Kappa (κ) sebesar 0,91 menunjukkan tingkat kesepakatan yang hampir sempurna (*almost perfect agreement*) antara hasil klasifikasi dan data referensi.

3.2 Tutupan Lahan Permukiman Tahun 2024

Peta tutupan lahan permukiman tahun 2024 memperlihatkan perubahan yang cukup signifikan dibandingkan tahun 2016. Permukiman tidak lagi hanya terkonsentrasi pada lokasi tertentu, tetapi mulai menyebar dan mengisi ruang-ruang non-permukiman di sekitarnya. Pola ini menunjukkan adanya peningkatan kebutuhan ruang seiring dengan berkembangnya aktivitas penduduk dan fungsi wilayah.

Secara spasial, permukiman tahun 2024 tampak lebih menyebar dan tidak sekompak tahun 2016. Ekspansi permukiman cenderung terjadi secara bertahap dan mengikuti area yang mudah diakses, sehingga mencerminkan dinamika perkembangan wilayah yang lebih intensif.



Gambar 3. Peta Tutupan Lahan Permukiman Kecamatan Tapin Utara Tahun 2024

Uji akurasi peta tutupan lahan tahun 2024 dilakukan dengan pendekatan yang sama seperti tahun 2016, yaitu menggunakan 50 titik uji acak yang diverifikasi melalui citra resolusi tinggi sebagai data referensi. Pendekatan ini bertujuan untuk menjaga konsistensi metode evaluasi sehingga hasil akurasi antar waktu dapat dibandingkan secara objektif. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa kualitas klasifikasi tetap berada pada kategori sangat baik, meskipun terdapat sedikit penurunan dibandingkan tahun 2016. Nilai Overall Accuracy (OA) sebesar 96% mengindikasikan bahwa sebagian besar titik uji berhasil diklasifikasikan dengan benar, sehingga peta tutupan lahan tahun 2024 dapat dinilai memiliki tingkat keandalan yang tinggi dalam merepresentasikan kondisi spasial wilayah kajian.

Nilai User's Accuracy (UA) kelas permukiman sebesar 75%, sedangkan kelas non-permukiman mencapai 100%, yang mengindikasikan adanya kecenderungan overestimasi permukiman. Sementara itu, Producer's Accuracy (PA) untuk kelas permukiman mencapai 100%, yang menunjukkan bahwa seluruh permukiman pada data referensi berhasil terdeteksi pada peta. Adapun PA kelas non-permukiman sebesar 95,45%, yang mengindikasikan masih terdapat sebagian kecil non-permukiman yang salah diklasifikasikan sebagai permukiman. Nilai koefisien Kappa (κ) sebesar 0,83 menunjukkan tingkat kesepakatan yang sangat baik (*very good/substantial agreement*) antara hasil klasifikasi dan data referensi.

3.3 Perubahan Tutupan Lahan Permukiman Tahun 2016–2024

Perbandingan antara peta tutupan lahan permukiman tahun 2016 dan 2024 menunjukkan adanya peningkatan dan perluasan kawasan permukiman di Kecamatan Tapin Utara selama periode pengamatan delapan tahun. Secara kuantitatif, luas tutupan lahan permukiman mengalami pertambahan yang terukur, yang mengindikasikan terjadinya konversi lahan non-permukiman menjadi permukiman. Perubahan ini mencerminkan adanya transformasi fungsi ruang dari non-permukiman menjadi permukiman sebagai respons terhadap dinamika perkembangan wilayah.

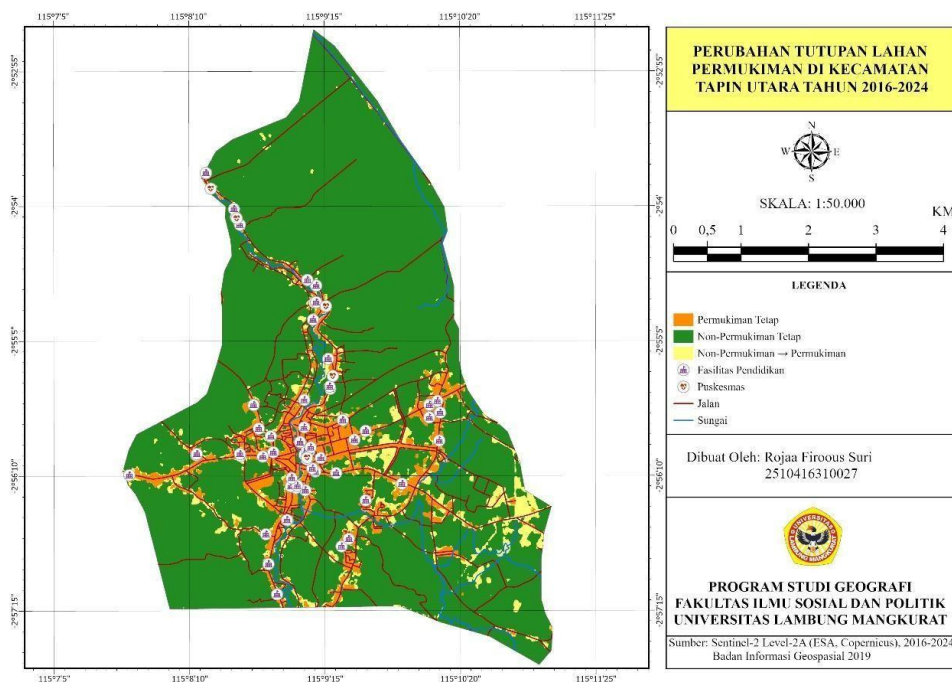
Pertambahan luas tersebut tidak hanya menunjukkan perubahan angka secara statistik, tetapi juga menggambarkan pergeseran struktur pemanfaatan lahan pada tingkat kecamatan. Konversi yang terjadi mengindikasikan adanya intensifikasi penggunaan ruang, di mana sebagian lahan yang sebelumnya berfungsi sebagai ruang terbuka, vegetasi, atau lahan non-terbangun lainnya beralih menjadi area permukiman. Dengan demikian, peningkatan luas permukiman pada periode 2016–2024 merepresentasikan proses ekspansi spasial yang berlangsung secara bertahap dan mencerminkan dinamika perkembangan kawasan terbangun di wilayah kajian.

Tabel 1. Perubahan Tutupan Lahan Permukiman Tahun 2016–2024 di Kecamatan Tapin Utara

No	Kelas	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	Permukiman Tetap	3.998.100	399,81	12,26%
2.	Non-Permukiman → Permukiman	1.818.500	181,85	5,58%
3.	Non-Permukiman Tetap	26.804.400	2.680,44	82,16%
	Total	32.621.000	3.262,10	100%

Analisis spasial melalui overlay peta tutupan lahan tahun 2016 dan 2024 menunjukkan bahwa pertumbuhan permukiman terutama terjadi melalui konversi lahan non-permukiman. Perubahan ini berlangsung bertahap dan mencerminkan peningkatan kebutuhan ruang hunian. Secara spasial, perkembangan permukiman tidak terjadi secara acak, melainkan mengikuti jaringan jalan, pusat aktivitas ekonomi, dan kawasan dengan tingkat aksesibilitas tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa faktor sosial-ekonomi berperan penting dalam mengarahkan intensitas dan arah ekspansi permukiman di wilayah kajian.

Dinamika tersebut mencerminkan proses transformasi ruang pada skala kecamatan sebagai respons terhadap pertumbuhan penduduk dan kebutuhan pelayanan wilayah. Selain itu, konversi lahan ini juga mengindikasikan meningkatnya tekanan terhadap ruang non-permukiman, sehingga menegaskan kuatnya interaksi antara manusia dan ruang dalam dinamika sistem keruangan wilayah.



Gambar 4. Peta Perubahan Tutupan Lahan Permukiman Kecamatan Tapin Utara Tahun 2016–2024

3.4 Sintesis Spasial Perubahan Permukiman dalam Konteks Perkembangan Wilayah

Hasil analisis perubahan tutupan lahan menunjukkan bahwa selama periode 2016–2024, kawasan permukiman di Kecamatan Tapin Utara mengalami peningkatan luas sebesar 181,85 ha. Pertambahan tersebut terjadi melalui proses ekspansi dari kawasan permukiman yang telah berkembang sebelumnya menuju wilayah sekitarnya. Secara spasial, perubahan permukiman memperlihatkan pola pertumbuhan yang cenderung terarah dan mengikuti jaringan jalan utama, sehingga membentuk konfigurasi perkembangan yang bersifat linear. Pola spasial tersebut berkaitan erat dengan dinamika kependudukan di Kecamatan Tapin Utara. Data statistik menunjukkan adanya peningkatan jumlah penduduk dan rumah tangga dalam beberapa tahun terakhir, yang berimplikasi langsung pada meningkatnya kebutuhan ruang hunian. Kondisi ini mendorong tekanan pemanfaatan lahan non-permukiman di sekitar kawasan terbangun, terutama pada lokasi yang memiliki tingkat aksesibilitas relatif tinggi (Badan Pusat Statistik Kabupaten Tapin, 2024).

Secara konseptual, pertumbuhan penduduk dan bertambahnya jumlah rumah tangga berperan sebagai faktor pendorong utama terjadinya konversi lahan menjadi kawasan permukiman. Kebutuhan akan unit hunian baru cenderung diarahkan ke Lokasi-lokasi yang dekat dengan pusat aktivitas dan mudah dijangkau, sehingga menjelaskan kecenderungan perkembangan permukiman yang mengikuti koridor jalan utama sebagai elemen pengarah spasial. Dalam perspektif perencanaan wilayah, Kecamatan Tapin Utara ditetapkan sebagai Pusat Kegiatan Lokal (PKL) serta kawasan pengembangan permukiman dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Tapin Tahun 2024–2043. Penetapan peran wilayah tersebut memberikan kerangka struktural dalam memahami arah perkembangan spasial permukiman yang terjadi. Analisis perubahan tutupan lahan pada penelitian ini digunakan untuk menggambarkan dinamika perkembangan ruang dalam konteks kebijakan tata ruang yang berlaku, tanpa dimaksudkan sebagai bentuk evaluasi terhadap kesesuaian atau efektivitas kebijakan tersebut (Pemerintah Kabupaten Tapin, 2024).

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tutupan lahan permukiman di Kecamatan Tapin Utara mengalami peningkatan yang nyata selama periode 2016–2024. Berdasarkan hasil klasifikasi citra Sentinel-2 dan analisis perubahan tutupan lahan, luas kawasan permukiman bertambah sebesar 181,85 ha sebagai akibat dari konversi lahan non-permukiman. Secara spasial, perkembangan permukiman memperlihatkan kecenderungan pola yang terarah, terutama mengikuti jaringan jalan utama dan berkembang dari pusat kecamatan menuju wilayah sekitarnya. Pola tersebut mencerminkan karakter perkembangan wilayah yang dipengaruhi oleh faktor aksesibilitas dan kebutuhan ruang hunian. Evaluasi akurasi menunjukkan bahwa peta tutupan lahan permukiman yang dihasilkan memiliki tingkat keandalan yang sangat baik, sehingga mampu merepresentasikan kondisi spasial wilayah penelitian secara akurat pada skala kecamatan. Dengan demikian, penerapan teknologi penginderaan jauh yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis terbukti efektif untuk memantau dinamika perubahan tutupan lahan permukiman secara temporal.

Dalam konteks pengelolaan dan perencanaan wilayah, hasil penelitian ini menyediakan informasi spasial yang dapat dimanfaatkan sebagai data pendukung dalam memahami arah perkembangan permukiman di Kecamatan Tapin Utara. Informasi mengenai pola dan arah ekspansi permukiman dapat digunakan untuk membantu

perencanaan pemanfaatan ruang yang lebih terarah dan berbasis data spasial, tanpa dimaksudkan sebagai evaluasi terhadap kebijakan tata ruang yang berlaku. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, khususnya terkait penggunaan dua kelas tutupan lahan serta rentang waktu pengamatan yang terbatas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan klasifikasi tutupan lahan multi-kelas, memperpanjang periode analisis, serta mengintegrasikan data sosial-ekonomi kuantitatif guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor pendorong perubahan permukiman

REFERENCES

- Al-Aayed, N. B. S., Malik, M. I., & Taher, H. B. (2023). International Journal of INTELLIGENT SYSTEMS AND APPLICATIONS IN ENGINEERING A Comparative Study of Support Vector Machine and Maximum Likelihood Classification to Extract Land Cover of Wasit Governorate-Iraq. In *Original Research Paper International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering IJISAE* (Vol. 2023, Number 5s). www.ijisae.org
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Tapin. (2024). *Kabupaten Tapin Dalam Angka 2024*. <https://tapinkab.bps.go.id>
- Baq, M. F., Lu, L., Chen, F., Nawaz-Ul-huda, S., Pan, L., Tariq, A., Qureshi, S., Li, B., & Li, Q. (2022). Characterizing Spatiotemporal Variations in the Urban Thermal Environment Related to Land Cover Changes in Karachi, Pakistan, from 2000 to 2020. *Remote Sensing*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/rs14092164>
- Bill Donatien, L. M., Biona Clobite, B., & Lemvo Meris Midel, M. (2024). Comparing Sentinel-2 and Landsat 9 for land use and land cover mapping assessment in the north of Congo Republic: a case study in Sangha region. *International Journal of Remote Sensing*, 45(22), 8015–8036. <https://doi.org/10.1080/01431161.2024.2394238>
- Degife, A. W. (2020). *Impacts of Land Use Cover Change, Cropland Expansion and Climate Change on the Potential of Yield and Production in Ethiopia, Gambella Region*.
- Foody, G. M. (2020). Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification. *Remote Sensing of Environment*, 239, 111630. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111630>
- Jagannathan, J., Vadivel, M. T., & Divya, C. (2025). Land use classification using multi-year Sentinel-2 images with deep learning ensemble network. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-12512-7>
- Jocea, A. F., Porumb, L., Necula, L., & Raducanu, D. (2025). Sentinel-2 Land Cover Classification: State-of-the-Art Methods and the Reality of Operational Deployment—A Systematic Review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 17, Number 22). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su172210324>
- Migas-Mazur, R., Kycko, M., Zwijacz-Kozica, T., & Zagajewski, B. (2021). Assessment of sentinel-2 images, support vector machines and change detection algorithms for bark beetle outbreaks mapping in the tatra mountains. *Remote Sensing*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/rs13163314>
- Nurrahmah, D., & Simon Sadok Siregar, dan. (2010). *Pemetaan Potensi Lahan di Kabupaten Tapin Kalimantan Selatan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)*. www.dishutkalsel.org/index
- Onuegbu, F. E., & Egbu, A. U. (2024). Employing post classification comparison to detect land use cover change patterns and quantify conversions in Abakaliki LGA Nigeria from 2000 to 2022. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59056-w>
- Pemerintah Kabupaten Tapin. (2024). *Peraturan Daerah Kabupaten Tapin Nomor 09 Tahun 2024 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Tapin Tahun 2024–2043*.

- Rahmat, A., Ramadhan, A. N., Ramadhani, W. S., Listiana, I., Yanfika, H., Widyastuti, R. A. D., & Mutolib, A. (2022). Changes in Land cover using the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Method in Kedamaian Subdistrict, Bandar Lampung City as Urban City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1027(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1027/1/012032>
- Razafanimaro, A., Hajalalaina, A. R., Rakotonirainy, H., & Zafimarina, R. (2022). Land cover classification based optical satellite images using machine learning algorithms. *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, 8(3), 362–380. <https://doi.org/10.26555/ijain.v8i3.803>
- Safira, Amiren, M., Nazhifah, S. A., Rusdi, M., Nizamuddin, & Misbullah, A. (2024). Comparison of Support Vector Machine and Random Forest Methods on Sentinel-2A Imagery for Land Cover Identification in Banda Aceh City Using Google Earth Engine. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 13(6). <https://doi.org/10.33022/ijcs.v13i6.4510>
- Soffianian, A. R., Toosi, N. B., Asgarian, A., Regnauld, H., Fakheran, S., & Waser, L. T. (2023). Evaluating resampled and fused Sentinel-2 data and machine-learning algorithms for mangrove mapping in the northern coast of Qeshm island, Iran. *Nature Conservation*, 52, 1–22. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.52.89639>
- Tan, Y. C., Duarte, L., & Teodoro, A. C. (2024). Comparative Study of Random Forest and Support Vector Machine for Land Cover Classification and Post-Wildfire Change Detection. *Land*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/land13111878>
- Tang, T., Meng, Z., Lian, Y., Xiao, Z., Ping, J., Cai, Z., Zhang, X., Dong, X., & Zhang, Y. (2022). New Insights into Surface Deposits in the Balmer-Kapteyn Cryptomare Region Provided by Chang'E-2 Microwave Radiometer Data. *Remote Sensing*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/rs14184556>
- Ursu, C. D., Benedek, J., & Temerde-Ivan, K. (2025). Accuracy Assessment of Four Land Cover Datasets at Urban, Rural and Metropolitan Area Level. *Remote Sensing*, 17(5). <https://doi.org/10.3390/rs17050756>
- Waladi, A. (2025). *Peningkatan Akurasi Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Random Forest pada Data Sentinel-2 di Jambi*.
- Wang, X., Cong, P., Jin, Y., Jia, X., Wang, J., & Han, Y. (2021). Assessing the effects of land cover land use change on precipitation dynamics in guangdong–hong kong–macao greater bay area from 2001 to 2019. *Remote Sensing*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/rs13061135>
- Xi, Y., Ren, C., Tian, Q., Ren, Y., Dong, X., & Zhang, Z. (2021). Exploitation of Time Series Sentinel-2 Data and Different Machine Learning Algorithms for Detailed Tree Species Classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 7589–7603. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3098817>
- Yousefi, S., Mirzaee, S., Almohamad, H., Dughairi, A. A. Al, Gomez, C., Siamian, N., Alrasheedi, M., & Abdo, H. G. (2022). Image Classification and Land Cover Mapping Using Sentinel-2 Imagery: Optimization of SVM Parameters. *Land*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/land11070993>