PLANO MADANI
VOLUME 15 NOMOR 1 – APRIL 2026
© 2026 P ISSN 2301-878X - E ISSN 2541-2973

PEMODELAN SPASIOTEMPORAL PERSEBARAN LAHAN TERBANGUN DI DISTRIK KURIK, KABUPATEN MERAUKE

Agriarso Wahyu Septiawan[1], Mujiati[2], Dewi Ana Rusim[3]
[1,2,3] Program Magister Perencanaan Wilayah dan Kota
Universitas Cenderawasih, Jayapura, Papua, Indonesia
[1] Email : agriarso.wahyu.septiawan@gmail.com

Diterima (received): 28 Mei 2025 *Disetujui (accepted): 27 April 2026*

ABSTRACT

This study examines the spatiotemporal patterns of built-up land changes in Kurik District, Merauke Regency, from 2015 to 2024. Utilizing Landsat 8 and 9 satellite imagery alongside supervised classification and Change Detection Analysis methods, the research aims to comprehensively model spatial and temporal dynamics of land cover transformation. Internal and external validations yielded classification accuracies exceeding 90% with kappa indices above 0.80, despite challenges arising from spectral similarities between built-up areas and low-density vegetation. The analysis reveals a significant increase in built-up land area driven by population growth and infrastructure expansion, particularly after 2020. High-density vegetation remains dominant but experienced decline due to forest degradation, followed by natural succession recovery. The distribution of built-up land varies across villages, reflecting heterogeneous development pressures and socio-economic dynamics. This study underscores the necessity of spatial planning management based on geographic information systems to balance development needs with sustainable agricultural land conservation. Limitations related to spatial resolution and field data present challenges for future research. Methodologically, the study offers valuable contributions to spatiotemporal modeling supporting sustainable agrarian regional planning in Papua and comparable areas.

Keywords: *spatiotemporal modeling, built-up land, land cover change*

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji pola perubahan dan persebaran lahan terbangun di Distrik Kurik, Kabupaten Merauke, dalam rentang waktu 2015 hingga 2024. Dengan menggunakan data citra satelit Landsat 8 dan 9 serta metode supervised classification dan Change Detection Analysis, penelitian ini bertujuan memodelkan dinamika spasial dan temporal perubahan tutupan lahan secara komprehensif. Validasi internal dan eksternal menunjukkan tingkat akurasi klasifikasi di atas 90% dengan indeks kappa melebihi 0,80, meskipun tantangan masih muncul akibat kemiripan spektral antar kelas lahan, khususnya lahan terbangun dan vegetasi rendah. Hasil analisis mengungkapkan peningkatan signifikan area lahan terbangun, yang didorong oleh pertumbuhan penduduk dan ekspansi infrastruktur, terutama pasca tahun 2020. Vegetasi kerapatan tinggi masih mendominasi, meski sempat mengalami penurunan akibat degradasi hutan yang mulai pulih melalui proses suksesi alami. Persebaran lahan terbangun menunjukkan variasi antar wilayah kampung, mencerminkan perbedaan tekanan pembangunan dan dinamika sosial ekonomi. Studi ini menegaskan pentingnya pengelolaan tata ruang berbasis sistem informasi geografis untuk menjaga keseimbangan pembangunan dan konservasi lahan pertanian berkelanjutan.

Keterbatasan resolusi spasial citra dan data lapangan menjadi tantangan yang perlu diperhatikan pada penelitian berikutnya. Secara metodologis, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemodelan spasiotemporal untuk mendukung perencanaan wilayah agraris berkelanjutan di Papua dan wilayah serupa.

Kata kunci: *pemodelan spasiotemporal, lahan terbangun, perubahan tutupan lahan*

A. PENDAHULUAN

Distrik Kurik merupakan salah satu wilayah administratif di Kabupaten Merauke, Provinsi Papua Selatan, yang secara geografis terletak pada koordinat 140°5' hingga 140°26' Bujur Timur dan 8°1' hingga 8°21' Lintang Selatan. Wilayah ini berbatasan dengan Distrik Animha di utara, Laut Arafura di barat, Distrik Tanah Miring di timur, dan Distrik Kurik di selatan. Dengan luas mencapai 977,05 km², Distrik Kurik memiliki topografi datar dengan kemiringan 0 hingga 8 persen dan terletak di tepi Sungai Kumbe yang menjadi jalur akses utama melalui Jembatan Hewu, satu-satunya jembatan darat yang menghubungkan wilayah tersebut dengan ibu kota Kabupaten Merauke. Selain jalur darat, masyarakat lokal juga memanfaatkan penyeberangan sungai menggunakan perahu motor tradisional yang dikenal dengan sebutan "belang" (Badan Pusat Statistik Kabupaten Merauke, 2023).

Keunggulan geografis dan kondisi iklim Distrik Kurik sangat mendukung pengembangan sektor pertanian. Bersama dengan empat distrik lain, yaitu Malind, Tanah Miring, Semangga, dan Jagebob, Kurik berperan penting sebagai penyumbang utama produksi pangan, terutama beras, bagi Kabupaten Merauke dan wilayah Papua secara lebih luas. Hal ini didukung oleh curah hujan yang cukup, topografi datar, serta peraturan daerah Kabupaten Merauke Nomor 14 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) 2010-2030 yang menetapkan sebagian besar lahan di Distrik Kurik sebagai kawasan pertanian berkelanjutan (Pemerintah Kabupaten Merauke, 2011). Meski demikian, rencana strategis seperti pengembangan Pusat Ekonomi Khusus Pangan di kawasan eks KTM Salor pada tahun 2020 tidak terealisasi akibat perubahan fungsi kawasan hutan, yang mengindikasikan adanya tantangan dalam pengelolaan lahan (Dinas Pertanian Kabupaten Merauke, 2020).

Dalam konteks dinamika sosial-ekonomi, pertumbuhan penduduk di Distrik Kurik terus mengalami peningkatan signifikan. Data terbaru menunjukkan peningkatan jumlah penduduk dari 16.336 jiwa pada tahun 2022 menjadi 16.853 jiwa pada tahun 2023, yang berarti tambahan sekitar 517 jiwa dalam satu tahun. Peningkatan populasi ini secara alami mendorong kebutuhan lahan yang semakin tinggi, terutama untuk kebutuhan permukiman dan fasilitas publik (BPS Kabupaten Merauke, 2023). Ketersediaan lahan pertanian yang cukup besar, yakni sekitar 11.530,91 hektar dengan kawasan Lahan Pangan Pertanian Berkelanjutan (LP2B) seluas 10.257,17 hektar, secara formal membatasi alih fungsi lahan pertanian ke lahan non-pertanian hingga 89 persen. Namun, kenyataan di lapangan menunjukkan adanya fenomena alih fungsi lahan, yang berpotensi mengancam keberlanjutan fungsi agraris wilayah tersebut (Dinas Pertanian Kabupaten Merauke, 2023).

Fenomena perubahan tutupan lahan, khususnya konversi lahan pertanian menjadi lahan terbangun, merupakan isu kritis yang memerlukan pemantauan dan analisis spasiotemporal secara mendalam. Pemodelan pola persebaran lahan terbangun di Distrik Kurik diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif terkait dinamika penggunaan lahan selama dekade terakhir, sehingga dapat menjadi dasar bagi pengambilan keputusan perencanaan wilayah yang tepat dan berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat tema "Pemodelan Spasiotemporal Pola Persebaran Lahan Terbangun Distrik Kurik Kabupaten Merauke Provinsi Papua Selatan" yang fokus pada analisis perubahan dan penyebaran lahan terbangun antara tahun 2015 hingga 2024.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini difokuskan pada pemahaman pola perubahan dan persebaran lahan terbangun di Distrik Kurik selama rentang waktu satu dekade, yaitu dari tahun 2014 hingga 2024. Dalam konteks tersebut, muncul pertanyaan utama mengenai bagaimana pola perubahan tutupan lahan terbangun berkembang secara temporal dalam kurun waktu tersebut. Selain itu, penting juga untuk menganalisis secara spasial bagaimana persebaran lahan terbangun berubah dan menyebar di berbagai wilayah administrasi di Distrik Kurik. Dengan demikian, rumusan masalah penelitian ini bertumpu pada pemahaman dinamika perubahan tutupan lahan terbangun secara deret waktu dan distribusi spasialnya, yang menjadi dasar bagi analisis mendalam terkait dampak perubahan penggunaan lahan terhadap lingkungan dan pembangunan wilayah.

Penelitian ini bertujuan untuk menggali dan mengungkap pola perubahan lahan terbangun yang terjadi dalam periode tahun 2015 hingga 2024 di Distrik Kurik. Lebih spesifik, penelitian ini diarahkan untuk mengidentifikasi dan menganalisis deret waktu penggunaan lahan, serta melakukan pemetaan pola persebaran lahan terbangun secara spasial. Dengan pendekatan spasiotemporal, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan gambaran yang komprehensif dan akurat mengenai pertumbuhan serta persebaran lahan terbangun yang terjadi selama kurun waktu tersebut. Tujuan ini sekaligus bertujuan memberikan data empiris yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan kebijakan dalam pengelolaan ruang dan pembangunan wilayah di Distrik Kurik.

Secara akademis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi wahana pengembangan kemampuan analitis dan ilmiah, khususnya dalam bidang perencanaan wilayah dan kota, yang mengintegrasikan metode penginderaan jauh dan analisis spasial deret waktu. Dari sisi teoritis, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan terkait pemodelan spasiotemporal dan dinamika perubahan tutupan lahan, sekaligus menjadi referensi yang bermanfaat untuk studi-studi selanjutnya yang berfokus pada wilayah agraris dan kawasan dengan karakteristik serupa. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan penting bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam merumuskan kebijakan, strategi, serta rencana pengelolaan lahan yang berkelanjutan di Distrik Kurik, terutama dalam menjaga keseimbangan antara kebutuhan pembangunan dengan pelestarian fungsi lahan pertanian.

B. METODE PENELITIAN

1. Tutupan Lahan dan Lahan Terbangun

Tutupan lahan merupakan konsep yang fundamental dalam kajian geografi dan perencanaan wilayah, namun sering kali membingungkan bila dikaitkan dengan penggunaan lahan. Secara umum, tutupan lahan mengacu pada kondisi fisik permukaan bumi yang dapat dilihat secara visual maupun di bawah permukaan, seperti vegetasi, badan air, tanah, serta formasi geologis (Gregorio & Jansen, 2000). Unsur tutupan lahan juga mencakup aktivitas manusia seperti permukiman dan eksploitasi sumber daya alam (Lambin et al., 2003). Lebih lanjut, Rindyantika dan Priyono (2019) mengelompokkan tutupan lahan ke dalam dua kategori utama, yaitu lahan terbangun dan lahan belum terbangun, yang mencerminkan tingkat pengembangan dan fungsi lahan.

Dalam konteks ini, penting membedakan tutupan lahan dengan penggunaan lahan. Tutupan lahan berkaitan dengan bentuk fisik dan karakteristik material di permukaan, sementara penggunaan lahan mengacu pada aktivitas ekonomi dan sosial yang berlangsung di atasnya. Standar Nasional Indonesia (SNI) 7645-1:2014 menyediakan klasifikasi tutupan lahan yang komprehensif dan diadopsi dari standar internasional seperti LCCS-FAO dan ISO 19144-1:2009, yang disesuaikan dengan fenomena khusus di Indonesia (BSN, 2020). Standar ini memastikan keseragaman dalam pengelompokan tutupan lahan dan mempermudah integrasi data lintas wilayah.

Lahan terbangun merupakan area yang mengalami perubahan fisik akibat aktivitas manusia, yang umumnya bersifat permanen dan kedap air (BSN, 2010). Kategori ini meliputi permukiman, industri, jalan, dan fasilitas transportasi (Wijaya & Susilo, 2013). SNI 7645:2010 mendefinisikan lahan terbangun sebagai lahan yang telah bertransformasi dari kondisi alami menjadi area buatan manusia dengan fungsi tertentu.

Perubahan tutupan lahan adalah proses transformasi bentuk dan fungsi lahan yang dipicu oleh faktor alam dan manusia (Wahyunto et al., 2001). Pertumbuhan urbanisasi misalnya mengakibatkan penurunan tutupan vegetasi dan peningkatan area terbangun (Kushardono, 2015). Faktor utama yang mempengaruhi perubahan ini meliputi aksesibilitas, fasilitas publik, sarana dan prasarana, serta pertumbuhan penduduk (Lee, 1979; Sugiarto, 2018; Pane, 2020).

2. Penginderaan Jauh dan Metode Ekstraksi

Penginderaan jauh memungkinkan pengumpulan data permukaan bumi tanpa kontak fisik langsung, menggunakan sensor satelit untuk mendapatkan citra yang dianalisis secara spasial dan temporal (Colwell, 1984; Simamora et al., 2015). Data penginderaan jauh penting dalam perencanaan wilayah dan pemantauan lingkungan, serta mendukung penyusunan RTRW (Oktaviana et al., 2019; Kementerian ATR/BPN, 2018).

Citra Satelit Landsat terbagi menjadi beberapa, diantaranya Landsat 8 dan 9 dilengkapi sensor OLI dan TIRS dengan peningkatan kualitas data melalui rasio sinyal terhadap noise yang lebih baik, mendukung identifikasi tutupan lahan yang akurat (USGS, 2023). Sentinel-2 memberikan citra resolusi tinggi dengan cakupan global, membantu pemantauan lingkungan, hutan, dan pemetaan perkotaan secara efektif (Verrelst et al., 2012).

Ekstraksi lahan terbangun dari citra satelit dapat dilakukan melalui beberapa metode, termasuk klasifikasi citra dan penggunaan indeks spektral seperti Normalized Difference Built-up Index (NDBI). Klasifikasi citra terbagi menjadi supervised dan unsupervised classification, di mana supervised classification menggunakan sampel pelatihan untuk mengelompokkan piksel berdasarkan karakteristik spektral (Lillesand & Kiefer, 1994).

NDBI merupakan metode yang dikembangkan untuk mendeteksi lahan terbangun dengan memanfaatkan perbedaan reflektansi pada pita Short Wave Infrared (SWIR) dan Near Infrared (NIR) (Zha et al., 2003). Perhitungan NDBI efektif dalam membedakan lahan terbangun dari vegetasi dan air, sehingga sangat berguna dalam pemetaan spasial lahan terbangun (Suwarsono & Khomarudin, 2014). Pendekatan pengolahan data dapat dilakukan dengan mengombinasikan metode klasifikasi visual dan digital (man-machine interactive system) untuk memaksimalkan akurasi hasil (Jayanti, 2017).

3. Model dan Uji Validasi

Model dalam konteks pemodelan tutupan lahan adalah representasi sederhana dari sistem nyata yang memungkinkan analisis dinamika perubahan tutupan dan prediksi kondisi masa depan (Kubangun, 2015). Model spasiotemporal yang mengintegrasikan data penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) sangat membantu dalam memahami pola perubahan penggunaan lahan secara komprehensif.

Validasi hasil klasifikasi merupakan langkah krusial untuk memastikan kualitas data yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan. Akurasi peta tutupan lahan dinilai melalui confusion matrix dengan parameter seperti akurasi produsen, akurasi pengguna, akurasi keseluruhan, dan indeks kappa (Jensen, 2005; Wulansari, 2017). Standar akurasi yang dapat diterima untuk keperluan analisis spasial adalah minimal 85%, dengan kategori baik di atas 95% (SNI 7724:2011). Interpretasi nilai kappa mengacu pada Landis dan Koch (1977), yang mengukur kesepakatan antara klasifikasi dan data lapangan.

Berbagai studi telah dilakukan terkait pemantauan lahan terbangun menggunakan data citra satelit multitemporal dan platform Google Earth Engine (GEE). Wibisono dan Darmawan (2022) melakukan pemetaan di Kota Bandung dan Semarang dengan NDBI, menunjukkan peningkatan signifikan area terbangun dan akurasi hasil klasifikasi hingga 95%. Noraini dan Mabrur (2019) memanfaatkan Landsat 8 untuk analisis perubahan lahan di Kabupaten Lamongan, menekankan efektivitas citra multitemporal dalam mendukung perencanaan tata ruang. Sianturi (2022) mengkaji metode klasifikasi tersupervisi menggunakan Landsat 8 di Kota Malang dan menemukan Random Forest sebagai algoritma terbaik dengan akurasi 96%, memberikan gambaran luas area lahan terbangun dan implikasinya.

C. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan spasial-temporal yang bertujuan untuk menggambarkan perubahan dan pola persebaran lahan terbangun di Distrik Kurik, Kabupaten Merauke, dalam kurun waktu 2014–2024. Data diperoleh melalui citra satelit multitemporal dan dianalisis menggunakan metode penginderaan jauh serta Sistem Informasi

Geografis (SIG) untuk menghasilkan informasi numerik yang akurat. Sifat deskriptif penelitian ini tercermin dari fokusnya pada pemaparan fenomena tanpa menguji hubungan kausal, sedangkan pendekatan spasial-temporal memungkinkan analisis perubahan berdasarkan dimensi ruang dan waktu secara simultan. Penelitian ini juga merupakan studi kasus karena berfokus pada satu wilayah tertentu dengan karakteristik geografis dan pembangunan yang khas.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui survei lapangan yang mencakup pengambilan foto ber-geotag (geotagged photos) sebagai alat validasi hasil klasifikasi citra satelit. Metode ini memungkinkan verifikasi langsung terhadap kondisi fisik lahan terbangun di lapangan dengan mengaitkan foto dengan koordinat GPS, sehingga memudahkan pengujian akurasi hasil analisis spasial. Sementara itu, data sekunder yang digunakan meliputi citra satelit Landsat 8 dan 9 yang diperoleh dari portal USGS Earth Explorer, dengan resolusi spasial 30 meter dan rekaman citra tahun 2015, 2019, dan 2024/2025. Data batas administratif kecamatan dan desa juga digunakan dalam format shapefile dari BIG untuk keperluan pembatasan wilayah dan pemetaan spasial yang lebih akurat.

Dalam proses analisis data, tahap awal adalah klasifikasi citra menggunakan metode supervised classification. Metode ini dipilih karena kemampuannya mengelompokkan piksel citra berdasarkan sampel pelatihan yang diperoleh dari data lapangan. Klasifikasi dilakukan untuk mengidentifikasi lima kelas utama, yaitu lahan terbangun, badan air, sawah, vegetasi, dan tanah terbuka. Selanjutnya, untuk analisis spasial lebih mendalam, diterapkan metode tumpang susun (overlay) yang memungkinkan penggabungan beberapa lapisan peta tematik menjadi satu kesatuan informasi baru yang komprehensif. Teknik ini membantu mengkaji hubungan spasial antara lahan terbangun dengan variabel lainnya, seperti batas administrasi dan infrastruktur.

Untuk mendeteksi perubahan tutupan lahan dari waktu ke waktu, metode Change Detection Analysis diterapkan menggunakan pendekatan post-classification comparison. Metode ini melibatkan klasifikasi citra pada setiap periode waktu secara terpisah, kemudian membandingkan hasil klasifikasi tersebut untuk mengidentifikasi perubahan kelas lahan, khususnya pergeseran dari lahan non-terbangun menjadi lahan terbangun. Teknik ini efektif untuk memetakan alih fungsi lahan serta mendukung pemahaman pola perubahan lahan yang dinamis.

Prosedur penelitian dimulai dari tahap persiapan yang mencakup pemilihan topik, studi literatur, dan perumusan hipotesis sebagai dasar analisis. Pengumpulan data dilakukan melalui seleksi dan pengunduhan data citra yang memenuhi kriteria waktu, wilayah, dan kualitas (cloud cover minimal). Data primer diperoleh dari survei lapangan dengan pengambilan titik sampel menggunakan GPS untuk menghasilkan foto ber-geotag sebagai data validasi.

Pra-pengolahan data meliputi koreksi radiometrik dan geometrik citra untuk memastikan data bebas dari distorsi. Dalam penelitian ini, koreksi dasar sudah dilakukan oleh penyedia citra, sehingga peneliti hanya melakukan pemotongan citra sesuai batas wilayah untuk mempercepat proses analisis. Proses klasifikasi dilakukan dengan menggunakan metode supervised classification, diikuti dengan uji akurasi klasifikasi yang dilakukan dengan metode stratified random sampling

berdasarkan kelas tutupan lahan. Toleransi kesalahan sampling ditetapkan maksimal 20% sesuai standar nasional.

Analisis persebaran lahan terbangun dilakukan dengan mengintegrasikan hasil klasifikasi dan data spasial lain melalui metode tumpang susun serta perubahan lahan melalui Change Detection Analysis. Tahap akhir penelitian adalah penyajian hasil klasifikasi dan analisis dalam bentuk peta persebaran lahan terbangun yang informatif, lengkap dengan laporan dan interpretasi hasil yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan pengelolaan lahan.

Jadwal pelaksanaan penelitian dibagi dalam empat tahap utama: persiapan, pengumpulan data, pengolahan data, dan penyusunan laporan. Setiap tahapan memiliki aktivitas khusus yang dijadwalkan secara sistematis dalam kurun waktu empat bulan.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan tutupan lahan terbangun di Distrik Kurik selama periode 2015, 2020, dan 2024, dengan pendekatan spasial berbasis penginderaan jauh. Proses dimulai dari akuisisi dan praproses citra Landsat 8 Surface Reflectance (SR), dilanjutkan dengan klasifikasi tutupan lahan, serta validasi akurasi melalui pendekatan internal dan eksternal. Setiap tahapan dianalisis secara kritis untuk memahami dinamika perubahan ruang yang terjadi serta kualitas prediksi model.

1. Hasil Seleksi dan Praproses Data

Citra satelit Landsat 8 yang digunakan berasal dari tiga rentang waktu: 6 September 2015 (cloud cover 0,27%), 18 Agustus 2020 (11,33%), dan 1 November 2024 (2,38%). Seluruh citra memiliki resolusi spasial 30 meter dan telah melalui koreksi radiometrik dan geometrik oleh USGS, sehingga data tergolong level 2 dengan keandalan tinggi (Wulder et al., 2019). Pemotongan citra dilakukan untuk menyesuaikan batas administrasi Distrik Kurik, disertai buffer 2 km untuk meminimalisasi efek tepi (edge effect) pada klasifikasi.

Klasifikasi dilakukan menggunakan metode supervised classification berbasis training site. Tujuh kelas utama diidentifikasi: badan air, vegetasi kerapatan tinggi, vegetasi kerapatan rendah, lahan terbangun, tanah terbuka, awan, dan bayangan awan. Ciri spektral tiap kelas dianalisis berdasarkan kombinasi band RGB dan NIR khas Landsat (Lillesand et al., 2015). Model klasifikasi menunjukkan kemampuan dalam membedakan pola keruangan dan intensitas perubahan lahan secara spasial.

2. Validasi Internal

Validasi internal dilakukan dengan mengambil 30% data training sebagai acuan evaluasi. Hasil klasifikasi citra tahun 2015 menunjukkan overall accuracy sebesar 89,18% dan indeks kappa 85,56%**,** yang termasuk dalam kategori sangat baik (Landis & Koch, 1977). Kelas vegetasi kerapatan tinggi memperoleh akurasi tertinggi (97,80%), sedangkan vegetasi kerapatan rendah hanya 80,09% akibat tumpang tindih spektral dengan kelas lain seperti lahan terbangun.

Pada citra tahun 2020, overall accuracy meningkat menjadi 93,34% dan indeks kappa 90,96%**.** Akurasi kelas tertinggi dicapai oleh vegetasi kerapatan tinggi (99,05%) yang mencerminkan dominasi vegetasi yang stabil pada periode tersebut. Sedangkan lahan terbangun mengalami perbaikan akurasi menjadi 88,41%, yang

dapat dikaitkan dengan perbaikan kualitas citra dan area training yang lebih representatif.

Pada citra tahun 2024, overall accuracy mencapai 93,47% dengan indeks kappa 91,70%**,** menunjukkan peningkatan kemampuan model dalam menangkap dinamika tutupan lahan secara spasial. Hal ini memperkuat validitas teknik klasifikasi yang digunakan serta efektivitas data Landsat SR dalam studi perubahan lahan (Roy et al., 2014).

Tabel 1. Rekapitulasi Akurasi Hasil Klasifikasi Citra satelit Landsat 8 Tahun 2015. 2020, 2024

AKURASI	TAHUN		
	2015	**2020**	**2024**
Akurasi Kelas Tutupan Lahan			
Badan Air	93.02%	85.54%	97.94%
Vegetasi Kerapatan Tinggi	97.80%	99.05%	97.89%
Vegetasi Kerapatan Rendah	80.09%	91.53%	90.44%
Lahan Terbangun	81.19%	88.41%	88.47%
Tanah Terbuka	87.61%	86.34%	91.56%
Awan		88.04%	91.82%
Bayangan Awan		92.39%	90.48%
Overall Accuracy	89.18%	93.34%	93.47%
Indeks Kappa	85.56%	90.96%	91.70%

Sumber : hasil analisis tahun 2025

3. Validasi Eksternal

Validasi eksternal dilaksanakan pada tanggal 3 April 2025 dengan menggunakan aplikasi *Survey123* berbasis GIS. Data lapangan yang dikumpulkan menggunakan fitur geotag dan form berbasis RTK-GPS mencerminkan kondisi aktual tutupan lahan dan menjadi acuan untuk mengevaluasi generalisasi model. Hasil menunjukkan overall accuracy sebesar 84,77% dan indeks kappa 80,66%**,** mengindikasikan bahwa model tetap andal meskipun diuji dengan data independen.

Akurasinya cukup tinggi untuk kelas vegetasi kerapatan tinggi (86,21%) dan badan air (87,5%), namun sedikit menurun untuk lahan terbangun (82,76%) yang kemungkinan disebabkan oleh kondisi ambiguitas lahan di lapangan seperti semak belukar di sekitar bangunan. Hasil ini menguatkan pentingnya integrasi data lapangan dalam evaluasi spasial (Congalton & Green, 2009).

Perbandingan hasil klasifikasi tiga periode menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan area lahan terbangun secara signifikan di sekitar pusat permukiman dan jaringan jalan utama. Pola ini mengindikasikan proses suburbanisasi dan alih fungsi lahan pertanian, yang selaras dengan peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan infrastruktur kawasan (Yunus et al., 2022). Perubahan tertinggi terjadi antara tahun 2015–2020, seiring dengan peningkatan aktivitas ekonomi dan penataan kawasan pertanian skala besar.

Dalam konteks perencanaan wilayah, temuan ini memiliki implikasi penting terhadap penyusunan kebijakan tata ruang, khususnya terkait perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B). Data menunjukkan bahwa sebagian besar lahan terbangun baru berada pada area non-LP2B, namun ancaman terhadap keberlanjutan kawasan agraris tetap perlu diantisipasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan kontrol pemanfaatan ruang berbasis sistem informasi geospasial yang terintegrasi (ATR/BPN, 2018).

Tabel 2. *Confussion Matrix* Validasi Eksternal dari Hasil Klasifikasi Data Citra Satelit Landsat 8 Tahun 2024

Klasifikasi	Lapangan					Total
	Badan air	Veg Kerapatan Tinggi	Veg Kerapatan Rendah	Lahan Terbangun	Tanah Terbuka	
Badan air	21	0	2	0	1	24
Veg Kerapatan Tinggi	0	25	2	0	2	29
Veg Kerapatan Rendah	0	1	37	4	2	44
Lahan Terbangun	1	0	3	24	1	29
Tanah Terbuka	2	0	2	0	21	25
	24	26	46	28	27	151

Sumber : hasil analisis tahun 2025

Keunggulan dari penelitian ini terletak pada pendekatan spasial temporal menggunakan Landsat SR serta validasi ganda (internal-eksternal) yang memperkuat integritas data. Dengan akurasi yang tinggi, model ini dapat direplikasi untuk wilayah-wilayah agraris lainnya di Indonesia yang menghadapi tekanan konversi lahan. Pemanfaatan Google Earth Engine juga memberikan efisiensi signifikan dalam pengolahan big data spasial.

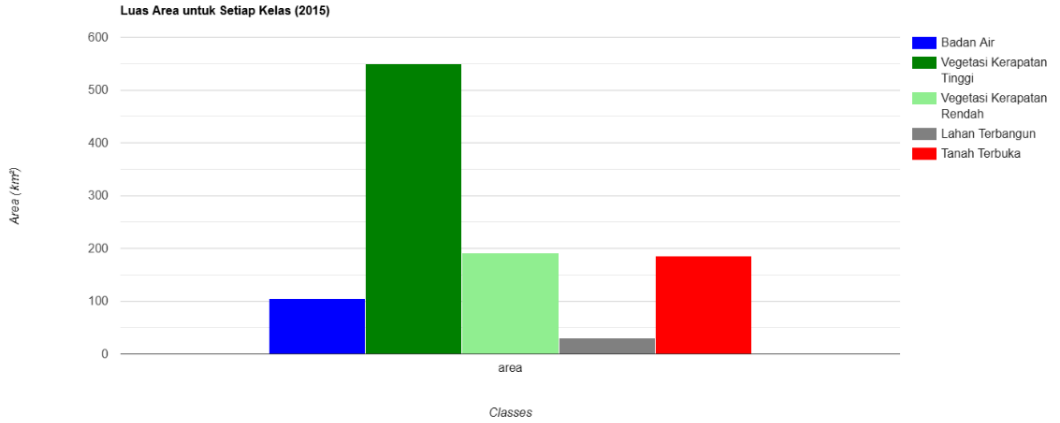
Selain itu, novelty dari penelitian ini adalah penerapan klasifikasi detail pada kawasan rural dengan tekanan alih fungsi, yang umumnya hanya dikaji pada kawasan urban. Hal ini menegaskan pentingnya monitoring berbasis citra multitemporal untuk mendukung kebijakan pembangunan berkelanjutan di kawasan pinggiran.

4. Analisis dan Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra Landsat 8 tahun 2015 menghasilkan luasan total 1063,10 km², hampir identik dengan luas AOI 1063,11 km², menunjukkan ketepatan spasial yang tinggi. Hasil klasifikasi menunjukkan dominasi vegetasi kerapatan tinggi (549,45 km²), diikuti vegetasi rendah (191,88 km²) dan tanah terbuka (185,93 km²). Lahan terbangun hanya mencakup 30,50 km², merefleksikan tingkat pembangunan yang masih rendah di Distrik Kurik pada awal periode analisis.

Akurasi klasifikasi per kelas sangat baik, terutama untuk vegetasi kerapatan tinggi (97,8%) dan badan air (93,0%). Lahan terbangun dan vegetasi rendah masing-masing mencatatkan akurasi 81,2% dan 80,1%, masih memenuhi standar minimum SNI 7724:2019. Namun, keduanya mengalami kesalahan klasifikasi akibat kemiripan spektral dengan kelas lain, khususnya antara atap bangunan dan tanah terbuka. Kesalahan ini menggarisbawahi keterbatasan resolusi spasial Landsat (30 m) dalam membedakan fitur skala kecil.

Secara keseluruhan, klasifikasi mencapai akurasi total 89,18%, tergolong sangat baik. Indeks Kappa sebesar 0,856 mengindikasikan konsistensi yang hampir sempurna antara hasil klasifikasi dan data referensi. Ini membuktikan bahwa pendekatan klasifikasi yang digunakan efektif dan dapat dipercaya sebagai baseline untuk analisis perubahan lahan di tahun-tahun berikutnya.



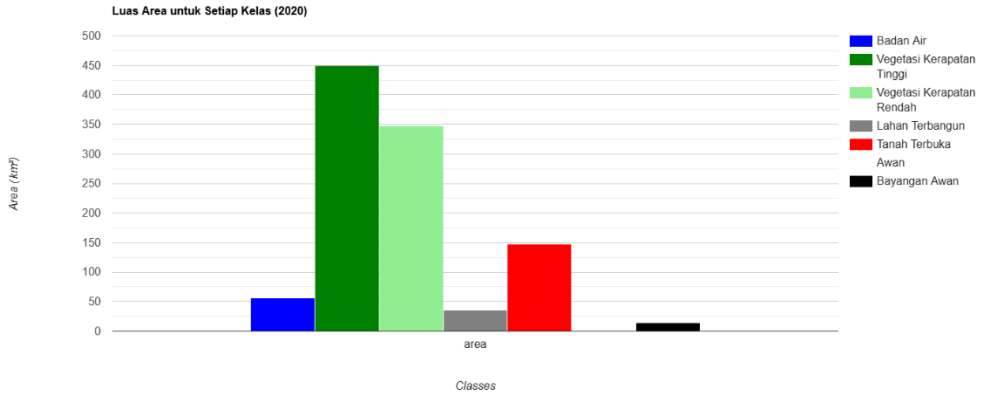
Gambar 1. Grafik Perbandingan Luasan Hasil Klasifikasi Data Citra Satelit Tahun 2015

Klasifikasi citra satelit Landsat 8 tahun 2020 pada wilayah studi menghasilkan total luasan 1.063,09 km², hampir sama dengan luas AOI sebesar 1.063,11 km². Vegetasi kerapatan tinggi masih mendominasi dengan luas 450,05 km² (42,32%), diikuti vegetasi kerapatan rendah 347,71 km² (32,70%), serta tanah terbuka 147,06 km² (13,83%). Lahan terbangun naik sedikit menjadi 35,94 km² (3,38%), sedangkan badan air mengalami penyusutan signifikan menjadi 56,18 km² (5,28%), yang dikaitkan dengan musim kemarau saat pengambilan citra (BMKG, 2020).

Akurasi klasifikasi untuk tiap kelas menunjukkan performa yang baik hingga sangat baik, dengan vegetasi kerapatan tinggi mencapai 99,05% dan badan air 85,54%. Tantangan utama terlihat pada pemisahan antara vegetasi kerapatan rendah, lahan terbangun, dan tanah terbuka yang memiliki kemiripan spektral, menyebabkan kesalahan klasifikasi di zona transisi. Kelas awan dan bayangan awan juga berhasil diidentifikasi dengan akurasi di atas 88%, memperlihatkan kemampuan model dalam memisahkan elemen atmosferik dari permukaan bumi.

Akurasi total klasifikasi mencapai 93,43%, dengan indeks Kappa 0,916 yang menunjukkan kesepakatan hampir sempurna antara hasil klasifikasi dan kondisi lapangan (Landis & Koch, 1977). Meskipun demikian, ambiguitas spektral di wilayah transisi tetap menjadi fokus perbaikan.

Komposisi tutupan lahan menggambarkan dominasi ekosistem alami dengan potensi ekologis yang tinggi dan urbanisasi yang masih rendah. Penyusutan badan air pada musim kemarau menjadi indikator penting perubahan hidrologi, sedangkan keberadaan lahan terbuka membuka peluang pengelolaan lahan berkelanjutan.
Secara keseluruhan, model klasifikasi ini efektif dan dapat diandalkan sebagai dasar pemantauan lingkungan dan perencanaan wilayah, dengan catatan perlunya peningkatan untuk mengatasi kesalahan pada kelas dengan karakteristik spektral serupa.

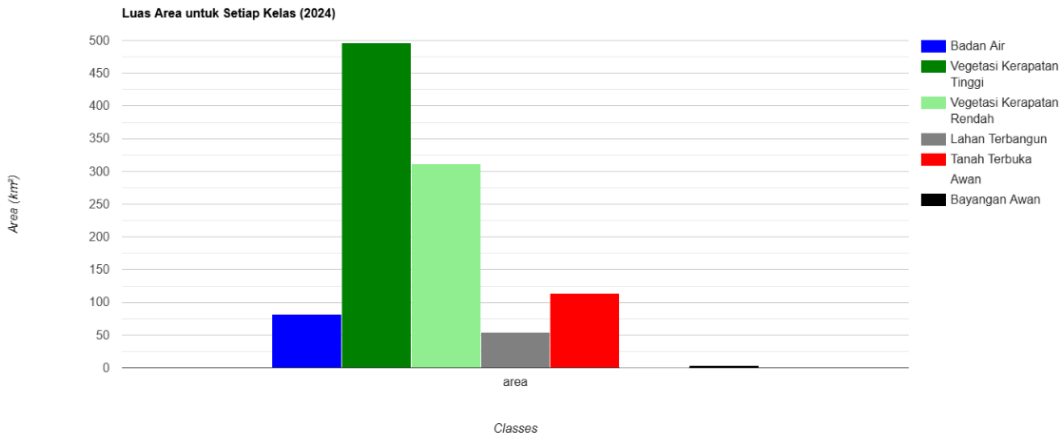


Gambar 2. Grafik Perbandingan Luasan Hasil Klasifikasi Data Citra Satelit Tahun 2020

Klasifikasi citra Landsat 8 tahun 2024 menunjukkan total luas 1.063,11 km². Vegetasi kerapatan tinggi mendominasi dengan 46,68%, diikuti vegetasi kerapatan rendah 29,28%, tanah terbuka 10,75%, dan lahan terbangun 5,07%. Badan air tercatat 7,72%, mengalami peningkatan dibanding tahun sebelumnya, meski dipengaruhi musim kemarau.

Akurasi klasifikasi tinggi, dengan badan air dan vegetasi kerapatan tinggi mencapai lebih dari 97%. Kesalahan klasifikasi terutama terjadi pada kelas vegetasi kerapatan rendah, lahan terbangun, dan tanah terbuka akibat kemiripan spektral di wilayah peralihan. Kelas awan dan bayangan awan juga teridentifikasi dengan baik.

Akurasi total mencapai 93,46% dengan indeks Kappa 0,916, menandakan model sangat andal dan konsisten. Namun, perbaikan masih diperlukan terutama di area dengan karakter spektral mirip agar kesalahan dapat diminimalkan. Hasil ini menunjukkan wilayah studi masih didominasi oleh vegetasi alami dengan urbanisasi yang relatif rendah, penting untuk pemantauan dan perencanaan lingkungan berkelanjutan.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Luasan Hasil Klasifikasi Data Citra Satelit Tahun 2024

5. Validasi Eksternal dan Klasifikasi

Validasi eksternal klasifikasi tutupan lahan di Distrik Kurik menunjukkan akurasi yang baik, dengan kelas badan air tertinggi (87,5%) dan lahan terbangun terendah (82,8%). Kesalahan terutama terjadi pada wilayah perairan dangkal, zona transisi vegetasi, dan area dengan kemiripan spektral seperti antara lahan terbangun dan tanah terbuka. Overall Accuracy sebesar 84,77% dan Indeks Kappa 0,81 menegaskan bahwa model klasifikasi cukup andal meski masih ada ruang untuk perbaikan terutama pada kelas yang memiliki kemiripan spektral tinggi.

Perbandingan akurasi tutupan lahan menunjukkan tren peningkatan teknologi penginderaan jauh dengan akurasi badan air naik tajam dari 85,54% (2020) menjadi 97,94% (2024). Vegetasi kerapatan tinggi stabil di atas 97%, sedangkan vegetasi kerapatan rendah meningkat signifikan dari 80% menjadi lebih dari 90%. Lahan terbangun tetap menjadi kelas dengan akurasi terendah dan stagnan di bawah 90%, menunjukkan tantangan mendasar dalam membedakan permukaan buatan manusia.

6. Perubahan Spasial Tutupan Lahan dan Normalisasi

Analisis spasial melalui Change Detection menunjukkan fluktuasi tutupan badan air yang menyusut drastis pada 2020 lalu pulih sebagian pada 2024. Vegetasi kerapatan tinggi mengalami penurunan signifikan 2015-2020 akibat degradasi hutan, namun mulai pulih pada 2024 melalui proses suksesi alami dan reboisasi. Vegetasi kerapatan rendah dan tanah terbuka menunjukkan dinamika penggunaan lahan yang kompleks, sementara lahan terbangun tumbuh pesat dengan akselerasi signifikan pasca 2020, menjadi perhatian penting untuk pengelolaan tata ruang.

Normalisasi dilakukan untuk mengatasi distorsi akibat kemiripan spektral antar kelas, gangguan atmosferik, dan perubahan musiman agar klasifikasi lebih akurat dan merepresentasikan kondisi lapangan yang sebenarnya.

Analisis pada 13 kampung menunjukkan variasi pertumbuhan lahan terbangun, dengan beberapa wilayah mengalami ekspansi cepat (misal Harapan Makmur, Salor Indah), sementara lainnya relatif stabil (misal Kaliki, Wonorejo). Pola ini menunjukkan tekanan pembangunan yang perlu diimbangi dengan pengelolaan lingkungan agar ruang terbuka hijau dan ekosistem tetap terjaga.

Tantangan dan hambatan yang dialami yaitu keterbatasan resolusi spasial citra satelit, kemiripan karakter spektral antar kelas, kondisi lapangan yang sulit dijangkau, serta kurangnya data curah hujan lengkap menjadi hambatan utama dalam mencapai klasifikasi tutupan lahan yang optimal.

E. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil memodelkan pola spasiotemporal persebaran lahan terbangun di Distrik Kurik, Kabupaten Merauke, menggunakan data citra satelit Landsat periode 2015–2024 yang dianalisis dengan metode supervised classification dan Change Detection Analysis. Hasil menunjukkan adanya peningkatan signifikan luas lahan terbangun yang mengindikasikan percepatan proses urbanisasi dan alih fungsi lahan, khususnya setelah tahun 2020. Vegetasi kerapatan tinggi masih mendominasi wilayah studi, meskipun mengalami penurunan sementara akibat degradasi hutan yang kemudian mulai mengalami pemulihan secara alami pada periode berikutnya.

Validasi internal dan eksternal mengonfirmasi keandalan model dengan overall accuracy rata-rata di atas 90% dan indeks kappa di atas 0,80, meskipun tantangan tetap ada terkait kemiripan spektral antar kelas lahan terbangun, vegetasi rendah,

dan tanah terbuka yang mempengaruhi akurasi klasifikasi. Normalisasi data dan koreksi distorsi spasial menjadi langkah penting untuk meningkatkan presisi hasil analisis.

Distribusi lahan terbangun menunjukkan pola heterogen antar kampung, dengan beberapa wilayah mengalami ekspansi pesat sementara yang lain relatif stabil, mencerminkan dinamika sosial-ekonomi dan tekanan pembangunan yang berbeda-beda. Fenomena ini menegaskan perlunya pengelolaan tata ruang berbasis sistem informasi geospasial yang terintegrasi untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan pembangunan dan pelestarian fungsi lahan pertanian serta ruang terbuka hijau.

Keterbatasan resolusi spasial citra satelit, kondisi lapangan yang sulit diakses, dan kurangnya data curah hujan lengkap menjadi hambatan utama yang perlu diperhatikan dalam penelitian lanjutan. Secara keseluruhan, studi ini memberikan kontribusi empiris dan metodologis penting dalam pemodelan spasiotemporal lahan terbangun di wilayah agraris dan dapat dijadikan acuan dalam perencanaan wilayah berkelanjutan di Papua dan daerah sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

Adeanti, Mega, Analisis Spasial Kerapatan Bangunan dan PengaruhnyaTerhadap Suhu, Prosiding Seminar Nasional Geomatika, 2018

Ardiansyah. Pengolahan Citra Penginderaan Jauh Menggunakan Envi 5.1 dan Envi Lidar (Teori dan Praktek). PT Labsig Inderaja Islim. Jakarta, 2015

Chastko, Karl, Build Up Index Script, https://custom-scripts.sentinel-hub.com/landsat-8/built_up_index/, diakses tanggal 21 April 2024

Department of the Interior U.S. Geological Survey, Landsat Nine Data Users Hand Book, 2022

Fajarini R., Barus B., Retno D. (2015). Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan Dan Prediksinya Untuk Tahun 2025 Serta Keterkaitannya Dengan Perencanaan Tata Ruang 2005 – 2015 Di Kabupaten Bogor. J. Tanah Lingk. 17 (1) April 2015: 8-15. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Gandharum, Laju, Kesepadanan Skala Peta dan Resolusi Spasial Citra, Jurnal Geospasial Volume 9 /No. 1, 2011

Hijrah T., Sitti I., Sulistyantara B. (2010). Studi Pengaruh Area Pengerasan Terhadap Perubahan Suhu Udara (Studi Kasus Area Parkir Plaza Senayan, Sarinah Thamrin, dan Stasiun Gambir). Jurnal Lanskap Indonesia. Vol. 2 No. 2 2010. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Jansen, Louisa, Di Gregorio, Antonio, Land Cover Classification System, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998

Kumar, A., Pandey, A. C., & Jeyaseelan, A. T. (2012). Built-up and vegetation extraction and density mapping using WorldView-II. Geocarto Internat, 6049 (May), 557–568.

Kushardono, Dony, Klasifikasi Digital pada Penginderaan Jauh, IPB Press, 2017

Lambin, E. F., Geist, H. J. & Lepers, E., Dynamics of Land Use and Land Cover Change inTropical Regions. Annu. Rev. Environ. Resour, Volume 28, pp. 205- 241, 2003.

Lillesand, Thomas M., Kiefer, Ralph W, Remote Sensing And Image Interpretation, 1979

Lukiawan, Reza, dkk, Standar Koreksi Geometrik Citra Satelit Resolusi Menengah dan Manfaat Bagi Pengguna, Pusat Penelitian dan Pengembangan Standardisasi, Badan Standardisasi Nasional. 2019

Murti, Bhisma, Validitas dan Reliabilitas Pengukuran, Universitas Sebelas Maret, 2011

Nur I., Suharyadi R., Danoedoro P. Kombinasi Indeks Citra untuk Analisis Lahan Terbangun dan Vegetasi Perkotaan. Majalah Geografi Indonesia. Vol. 32, No.1, Maret 2018 (24 – 32). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 2018

Pane, Maulana Muhammad, Faktor yang Mempengaruhi Perubahan Tutupan Lahan Ruang Terbuka Hijau di Pantai Timur Surabaya, Universitas Brawijaya, 2020

Purwanto, A. (2015). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Identifikasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Di Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu. Edukasi, 13(1), 27–36.

Putri, Klarissa Ardilia, Perbandingan Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Artificial Neural Network (ANN), Support Vector Machine (SVM), dan Random Forest (RF) dengan Bahasa Pemrograman R, Geoid Journal of Geodesy and Geomatic, 2024

Rindyantika, Putri and , Dr. Kuswaji Dwi Priyono, M.Si, Analisis Spasial Perubahan Penggunaan Lahan di Kecamatan Jaten Kabupaten Karanganyar Tahun 2008 Dan 2018, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019

Sasky P., Sobirin., Wibowo A. Pengaruh Perubahan Penggunaan Tanah Terhadap Suhu Permukaan Daratan Metropolitan Bandung Raya Tahun 2000 – 2016. Irons. Industrial Research Workshop and National Seminar Politeknik Negeri Bandung July 26 - 27, 2017

Septiawan, Agriarso Wahyu, Pemetaan Persebaran Klorofil Wilayah Perairan Selat Bali Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2006

Wijaya, Muhammad Sufwandika, Integrasi model spasial cellular automata dan regresi logistik biner untuk pemodelan dinamika perkembangan lahan terbangun : Studi kasus kota Salatiga, Jurnal Bumi Indonesia Volume 2, Nomor 1, 2022

Wulansari, Harvini, Uji Akurasi Klasifikasi Penggunaan Lahan Dengan Menggunakan Metode Defuzifikasi Maximum Likelihood Berbasis Citra Alos AVNIR – 2, Jurnal Bhumi, 2017

Yandra, A. (2017). Normalized Difference Built - up Index (NDBI) Sebagai Parameter Identifikasi Perkembangan Permukaaan Kumuh Pada Kawasan Pesisir Di Kelurahan Kalang Kawal Kecamatan Gunung Kijang Kabupaten Bintan. Tunas Geografi. Vol. 6 No. 2 2017 (143-150). Universitas Negeri Padang. Sumatera Barat. 2017