



ANALISIS CITRA BERBASIS OBJEK PADA BANGUNAN PANTAI DI TELUK MANADO

Chalvin Juniarto^{1,*}, Joyce Christian Kumaat², Denny Maliangkay³

^{1,2,3} Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum, Universitas Negeri Manado

✉ chalvinjuniarto07@gmail.com *

ABSTRACT. This research aims to analyze the spatial distribution and characteristics of coastal buildings in Manado Bay using an object-based image analysis approach. The research method used is descriptive-analytical, utilizing 2023 spatial data obtained from Sentinel 2A satellite imagery. The analysis was conducted through segmentation and classification techniques based on Object-Based Image Analysis (OBIA) using eCognition software. The results showed that the OBIA method was able to identify and separate objects based on spectral, shape and texture attributes. The classification of the Manado Bay area, which has an area of 4,217 hectares, shows that this area is dominated by vegetation and open land (1,466 ha), followed by sea water bodies (1,566 ha), built-up land (785 ha), shallow water habitat (386 ha), and other objects (15 ha). The total accuracy of 74.36% through the guided method, explains the effectiveness in identifying the main features in the study area as the optimal approach used in OBIA. The results of this study illustrate the dynamics of the development of Manado Bay coastal area through the distribution pattern and characteristics of the buildings detected. The concentration of built-up land in the central part of the bay reflects the dominance of economic activities, such as trade, industry, services and tourism. On the other hand, the presence of vegetation and open land in the outer area of the bay shows great potential for local economic development, but also faces the threat of land conversion that can affect the balance of coastal ecosystems.

Keywords: Object-Based Image Analysis, Coastal Buildings, Manado Bay, eCognition, Sentinel 2A

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi spasial dan karakteristik bangunan pantai di Teluk Manado dengan menggunakan pendekatan analisis citra berbasis objek. Metode penelitian yang digunakan bersifat deskriptif-analitik, dengan memanfaatkan data spasial tahun 2023 yang diperoleh dari citra satelit Sentinel 2A. Analisis dilakukan melalui teknik segmentasi dan klasifikasi berbasis *Object-Based Image Analysis* (OBIA) menggunakan perangkat lunak *eCognition*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode OBIA mampu mengidentifikasi dan memisahkan objek berdasarkan atribut spektral, bentuk, dan tekstur. Klasifikasi wilayah Teluk Manado didominasi oleh vegetasi dan lahan terbuka (1.466 ha), diikuti oleh badan air laut (1.566 ha), lahan terbangun (785 ha), habitat perairan dangkal (386 ha), serta objek lainnya (15 ha). Total akurasi 74,36% melalui metode terbimbing, menjelaskan efektivitas dalam mengidentifikasi fitur utama di wilayah studi sebagai pendekatan yang optimal digunakan. Temuan ini memperlihatkan dinamika perkembangan kawasan pesisir Teluk Manado melalui pola distribusi dan karakteristik bangunan yang terdeteksi. Konsentrasi lahan terbangun di bagian tengah teluk mencerminkan dominasi aktivitas ekonomi, seperti perdagangan, industri, jasa, dan pariwisata. Di sisi lain, keberadaan vegetasi dan lahan terbuka di wilayah luar teluk menunjukkan potensi besar untuk pengembangan ekonomi lokal, namun juga menghadapi ancaman konversi lahan yang dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem pesisir.

Kata Kunci: Analisis Citra Berbasis Objek, Bangunan Pantai, Teluk Manado, eCognition, Sentinel 2A

Diterima: 11-02-2025, Direvisi: 05-03-2025, Disetujui: 12-03-2025



PENDAHULUAN

Wilayah pesisir memiliki peran strategis dalam pembangunan berkelanjutan, khususnya di negara kepulauan seperti Indonesia. Kawasan ini menjadi pusat berbagai aktivitas ekonomi dan sosial, termasuk perikanan, pariwisata, dan transportasi laut (Dahuri et al., 2008). Namun, wilayah pesisir juga tergolong rentan terhadap tekanan lingkungan seperti erosi, abrasi, intrusi air laut, dan perubahan penggunaan lahan akibat pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang intensif (Zamdial et al., 2020)(Haryeni et al., 2024). Bangunan pantai merupakan salah satu elemen penting di kawasan ini karena memiliki fungsi vital dalam mendukung aktivitas manusia dan sebagai bagian dari sistem perlindungan terhadap bencana alam seperti gelombang tinggi dan tsunami (Jessika et al., 2022). Akan tetapi, pertumbuhan dan perkembangan bangunan di wilayah pesisir yang tidak terkendali seringkali menyebabkan degradasi lingkungan serta meningkatkan risiko terhadap bencana (Laiskodat et al., 2023)(Nur & Nurwati, 2023).

Pemantauan dan analisis terhadap keberadaan, distribusi, dan karakteristik bangunan pantai menjadi aspek yang sangat penting dalam mendukung perencanaan wilayah pesisir yang adaptif dan berkelanjutan. Penginderaan jauh menjadi salah satu pendekatan teknis yang efektif dalam menyediakan data spasial yang berskala luas, sistematis, dan periodik (Niagara et al., 2020). Teknologi ini telah banyak digunakan dalam studi pemetaan wilayah pesisir, baik untuk analisis tutupan lahan, perubahan garis pantai, maupun pemantauan dampak bencana (Maharani et al., 2023).

Salah satu pendekatan yang semakin berkembang dan menunjukkan keunggulan dalam interpretasi spasial adalah *Object-Based Image Analysis* (OBIA). Pendekatan ini memungkinkan proses segmentasi citra menjadi objek-objek yang lebih representatif terhadap fitur nyata di permukaan bumi, seperti bangunan, vegetasi, dan badan air (Burnett & Blaschke, 2003). Lebih lanjut, Blaschke (2010) menjelaskan bahwa OBIA memanfaatkan informasi spektral, spasial, bentuk, dan tekstur secara simultan, sehingga mampu meningkatkan akurasi klasifikasi dan interpretasi.

Dalam konteks wilayah pesisir, pendekatan OBIA telah digunakan secara luas untuk berbagai penelitian. Anggoro et al (2017) maupun Adji (2022) menerapkan OBIA untuk pemetaan habitat bentik dan klasifikasi geomorfologi terumbu karang, sedangkan Farajzadeh et al (2023) menggabungkan data UAV dan *Digital Surface Model* (DSM) untuk ekstraksi bangunan secara detail di wilayah pesisir. Ekstraksi bangunan dari ortofoto (Agustina & Rokhmana, 2019) dan pemetaan lahan basah (Alfiansyah et al., 2023). Selain itu, OBIA juga telah digunakan dalam pemetaan ekosistem mangrove menggunakan citra Sentinel-2B (Firmansyah et al., 2019) dan analisis citra resolusi tinggi menggunakan perangkat lunak eCognition (Gupta & Bhadauria, 2014). Dukungan algoritma klasifikasi seperti *Support Vector Machine* (SVM) dalam kerangka OBIA semakin memperkuat kemampuan sistem dalam mengenali fitur-fitur spesifik seperti bangunan, vegetasi, dan badan air secara presisi (Jiang et al., 2008)(W. Liu et al., 2019).

Selain teknologi penginderaan jauh, peran *Geographic Information System* (GIS) juga sangat penting dalam pengolahan, integrasi, dan analisis data spasial yang dihasilkan. GIS memungkinkan penggabungan berbagai sumber data, termasuk citra satelit, data hasil survei lapangan, informasi topografi, dan data sosial-ekonomi, untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis ruang (Buchori, 2011)(Gulo, 2024). Teknologi ini telah digunakan dalam berbagai studi, seperti analisis perubahan ruang terbuka hijau (Devi & Santosa, 2022), pemetaan zona rawan bencana, hingga perencanaan kawasan pesisir berbasis mitigasi risiko (Kincaid, 2024). Integrasi OBIA dengan GIS membuka peluang untuk analisis spasial yang lebih mendalam, seperti evaluasi kesesuaian lahan, analisis kerentanan, dan simulasi skenario pembangunan pesisir.

Teluk Manado merupakan salah satu kawasan pesisir yang mengalami pertumbuhan pembangunan bangunan pantai secara signifikan dalam dua dekade terakhir. Aktivitas pemukiman, pariwisata, dan pelabuhan berkembang pesat di wilayah ini, yang mengakibatkan tekanan terhadap tata ruang pesisir. Kondisi ini memunculkan tantangan dalam pengelolaan ruang, konservasi lingkungan, dan mitigasi risiko bencana pesisir. Kajian zonasi wilayah pesisir berbasis mitigasi bencana telah dilakukan oleh Kamal et al (2023) untuk mengidentifikasi potensi risiko, namun masih diperlukan pendekatan yang lebih terintegrasi, adaptif, dan berbasis data spasial aktual.

Dengan mempertimbangkan berbagai perkembangan teknologi dan tantangan dalam pengelolaan wilayah pesisir, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan pendekatan *Object-Based Image Analysis* (OBIA) dalam analisis bangunan pantai di Teluk Manado. Pendekatan ini memanfaatkan data citra

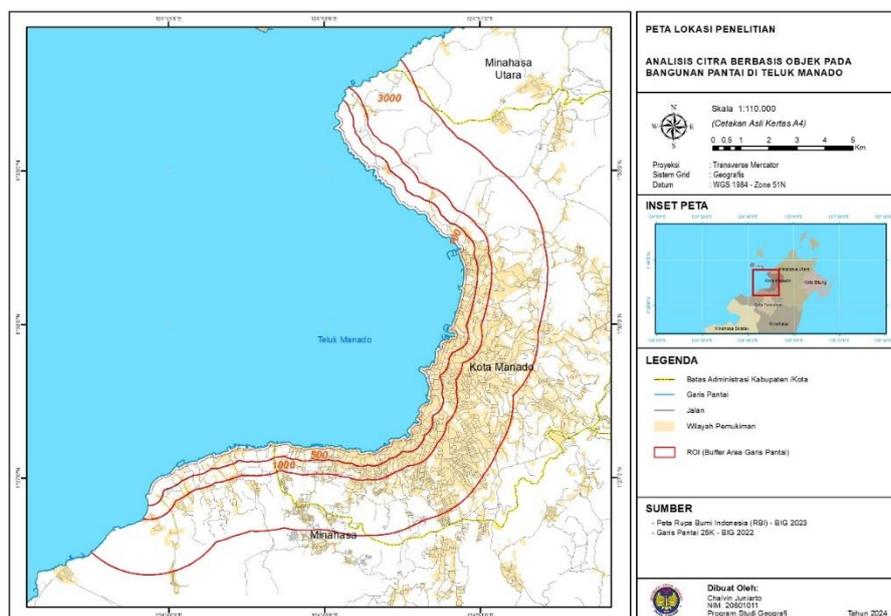
penginderaan jauh, teknik segmentasi dan klasifikasi berbasis objek untuk mengidentifikasi bangunan pantai secara lebih akurat dibandingkan metode klasifikasi berbasis piksel. Dalam hal ini, OBIA digunakan untuk membedakan fitur-fitur fisik seperti bangunan dari elemen lain di lingkungan pesisir dengan mempertimbangkan atribut bentuk, ukuran, tekstur, dan konteks spasial objek. Penelitian ini juga mengintegrasikan hasil klasifikasi berbasis objek ke dalam sistem *Geographic Information System* (GIS) untuk mendukung analisis spasial lanjutan. Proses ini mencakup pemetaan distribusi bangunan pantai, analisis keterkaitan dengan zonasi tata ruang dan risiko bencana, serta identifikasi pola-pola pembangunan yang relevan dengan pengelolaan wilayah pesisir. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya menghasilkan peta bangunan pantai yang lebih representatif, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan berbasis data spasial secara komprehensif.

Sejalan dengan berbagai studi terdahulu yang telah membuktikan efektivitas OBIA dalam klasifikasi tutupan lahan dan ekstraksi objek spasial (Sari & Syah, 2021), penelitian ini memberikan kontribusi dalam penyediaan informasi spasial yang relevan untuk perencanaan wilayah pesisir yang adaptif dan berbasis risiko. Di tengah dinamika perubahan lingkungan pesisir dan meningkatnya potensi bencana akibat perubahan iklim, hasil analisis ini juga berpotensi menjadi dasar dalam perumusan strategi pembangunan pesisir yang lebih berkelanjutan dan resilien (Sallaye et al., 2022)(Somantri, 2024).

Dengan pendekatan ini, penelitian menyajikan gambaran kondisi eksisting bangunan pantai di Teluk Manado secara objektif dan sistematis. Informasi tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai bahan evaluasi terhadap tata kelola ruang pesisir saat ini, sekaligus menjadi masukan penting dalam merancang kebijakan penataan wilayah yang responsif terhadap tantangan lingkungan dan kebutuhan pembangunan berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis citra berbasis objek (*Object-Based Image Analysis* atau OBIA) untuk mengidentifikasi dan menganalisis distribusi serta karakteristik bangunan pantai di Teluk Manado. Jenis penelitian ini bersifat deskriptif-analitik, di mana data spasial yang diperoleh dari citra satelit diproses dan dianalisis untuk menghasilkan informasi terkait pola sebaran bangunan pantai serta hubungannya dengan dinamika lingkungan pesisir. Pendekatan OBIA dipilih karena kemampuannya dalam mengidentifikasi fitur kompleks seperti bangunan pantai melalui segmentasi spasial berdasarkan kesamaan spektral, tekstur, bentuk, dan konteks spasial (Blaschke, 2010). Selain itu, integrasi data citra satelit resolusi tinggi dengan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan analisis spasial yang lebih akurat dan komprehensif.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian, 2024

Penelitian ini dilaksanakan di Teluk Manado, yang mencakup wilayah perairan maupun administrasi yang berbatasan langsung dengan Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Wilayah ini dipilih karena karakteristik geografisnya yang unik, ditandai oleh keberadaan ekosistem pesisir maupun tingginya aktivitas pembangunan infrastruktur pantai seperti dermaga, pelabuhan, dan struktur buatan lainnya. Selain itu, kombinasi sektor industri, jasa, perdagangan, dan pariwisata menjadikan Teluk Manado sebagai wilayah yang dinamis, namun juga rentan terhadap dampak antropogenik.

Pengumpulan data dilakukan melalui serangkaian tahapan sistematis untuk memastikan kualitas dan relevansi data yang digunakan. Data utama diperoleh dari citra satelit Sentinel-2A, yang diunduh melalui platform resmi *Copernicus Open Access Hub*. Citra Sentinel-2A dipilih karena memiliki resolusi spasial 10 meter, yang cukup tinggi untuk mengidentifikasi fitur bangunan pantai secara akurat. Pemilihan citra tahun 2023 didasarkan pada kebutuhan untuk merepresentasikan kondisi terkini di wilayah Teluk Manado, termasuk perkembangan infrastruktur pantai dan dinamika lingkungan pesisir. Selain itu, pemilihan citra dengan tutupan awan kurang dari 10% memastikan bahwa data yang digunakan mencerminkan kondisi terbaik pada periode tersebut. Untuk mendukung analisis, data sekunder diperoleh dari dua sumber utama: Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) dan *OpenStreetMap* (OSM). Data RBI oleh BIG digunakan sebagai referensi peta dasar yang andal karena merupakan produk geospasial nasional dengan tingkat akurasi tinggi, terutama untuk informasi topografi dan batas administratif wilayah. Sementara itu, *OpenStreetMap* digunakan sebagai sumber tambahan untuk memverifikasi distribusi bangunan pantai, meskipun data ini memerlukan validasi lebih lanjut karena bersifat kolaboratif dan *crowdsourced* (Haklay & Weber, 2008). Selain itu, referensi literatur terkait pemetaan bangunan pantai di Teluk Manado juga digunakan sebagai tambahan data validasi. Pendekatan ini memastikan bahwa hasil analisis memiliki akurasi yang tinggi dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Sedangkan teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan-tahapan yang mencakup pra-pengolahan citra, segmentasi berbasis objek, klasifikasi multikriteria, analisis distribusi spasial, serta validasi hasil. Pra-pengolahan citra merupakan langkah awal untuk meningkatkan kualitas data sebelum tahap analisis. Proses ini meliputi koreksi geometrik untuk mengoreksi distorsi geometrik pada citra satelit agar sesuai dengan koordinat spasial di lapangan (Jensen, 2014), koreksi radiometrik untuk memperbaiki efek atmosferik dan variasi sensor menggunakan model atmosferik seperti *Dark Object Subtraction* (DOS) atau FLAASH (Song et al., 2001), serta peningkatan kualitas citra menggunakan teknik seperti histogram *equalization* untuk memperjelas fitur penting dalam citra (Gonzalez & Woods, 2018). Selain itu, *clipping area of interest* (AOI) dilakukan untuk memotong citra berdasarkan batas administratif atau geografis Teluk Manado sehingga analisis lebih terfokus pada area studi.

Setelah pra-pengolahan, proses segmentasi berbasis objek dilakukan untuk membagi citra menjadi segmen-segmen berdasarkan kesamaan atribut spektral, tekstur, bentuk, dan konteks spasial. Parameter utama yang digunakan dalam segmentasi meliputi skala untuk menentukan ukuran segmen, kompak (*compactness*) untuk mengontrol bentuk segmen, dan keseragaman (*homogeneity*) untuk mengelompokkan piksel menjadi segmen yang lebih homogen. Pendekatan ini telah banyak digunakan dalam berbagai studi penginderaan jauh untuk mengidentifikasi fitur kompleks seperti bangunan pantai (Benz et al., 2004). Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *eCognition Developer* yang mendukung algoritma segmentasi multikriteria.

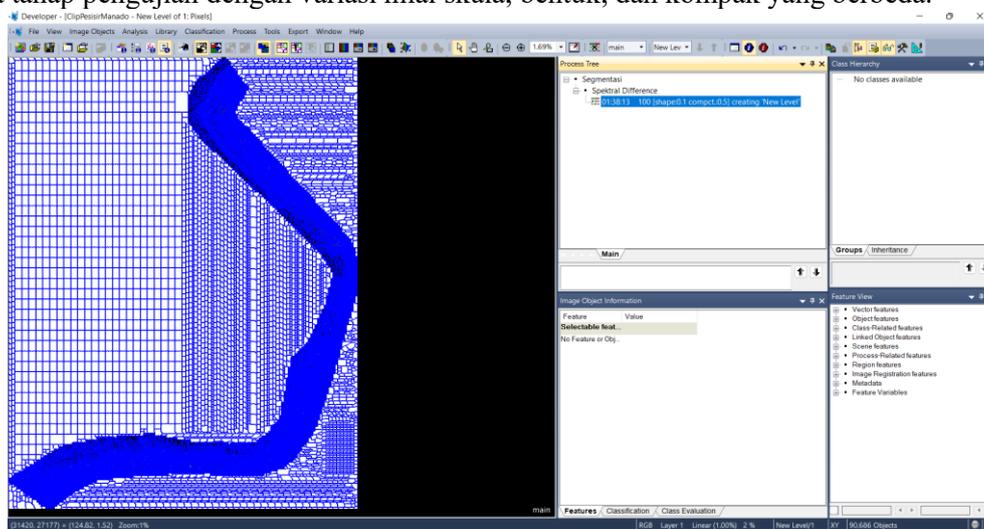
Setelah segmentasi, setiap segmen dianalisis menggunakan teknik klasifikasi multikriteria berdasarkan atribut spektral, tekstur, dan spasial. Klasifikasi ini menggunakan metode berbasis aturan (*rule-based classification*) yang memungkinkan penggabungan beberapa atribut untuk menghasilkan hasil klasifikasi yang lebih akurat (Z. J. Liu et al., 2005). Selain itu, teknik *Nearest Neighbor* (NN) diterapkan untuk mengklasifikasikan segmen berdasarkan kedekatan nilai atributnya dengan sampel pelatihan. Sampel pelatihan diambil sebagai data referensi dengan label kategori tertentu, dan algoritma NN menghitung jarak antara segmen yang akan diklasifikasi dengan sampel pelatihan untuk menentukan kategori segmen. Teknik ini telah terbukti efektif dalam aplikasi pemetaan wilayah pesisir dan infrastruktur pantai (Yang et al., 2008). Hasil dari NN kemudian digunakan sebagai input awal dalam metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) untuk meningkatkan akurasi dan konsistensi hasil klasifikasi.

Setelah klasifikasi, analisis distribusi spasial dilakukan untuk memahami pola distribusi bangunan pantai berdasarkan jarak dari garis pantai. Pengukuran jarak dilakukan menggunakan alat analisis GIS seperti *Near Analysis* atau *Buffer Analysis*, dan hasilnya divisualisasikan dalam bentuk peta tematik untuk menunjukkan zona-zona distribusi bangunan pantai. Statistik deskriptif seperti jumlah, luas total, dan densitas bangunan dihitung untuk setiap zona jarak, dan hubungan antara distribusi bangunan pantai dengan variabel lainnya (Zhang et al., 2014). Validasi hasil dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi dengan data lapangan (*ground truth*) yang diperoleh melalui interpretasi visual citra satelit atau referensi literatur. Indikator validasi meliputi akurasi keseluruhan dan kemampuan metode dalam mengidentifikasi bangunan pantai dengan bentuk geometris yang kompleks (Congalton & Green, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Segmentasi dan Klasifikasi

Proses analisis citra berbasis objek dimulai dengan tahap segmentasi, yang merupakan langkah kritis dalam memecah citra satelit menjadi segmen-segmen kecil berdasarkan kesamaan spektral, bentuk, dan tekstur. Dalam penelitian ini, segmentasi dilakukan menggunakan perangkat lunak eCognition dengan pendekatan *multiresolution segmentation*. Metode ini memungkinkan pembentukan objek-objek homogen berdasarkan parameter skala, bentuk, dan *compactness*. Parameter yang digunakan meliputi skala sebesar 150, bentuk (*shape*) sebesar 0,1, dan kompak (*compactness*) sebesar 0,5. Pemilihan parameter ini didasarkan pada eksperimen iteratif untuk mencapai keseimbangan antara homogenitas spektral dan karakteristik bentuk objek. Proses penentuan parameter dilakukan melalui beberapa tahap pengujian dengan variasi nilai skala, bentuk, dan kompak yang berbeda.



Gambar 2. Proses Pemilihan Parameter Berdasarkan Eksperimen Iteratif

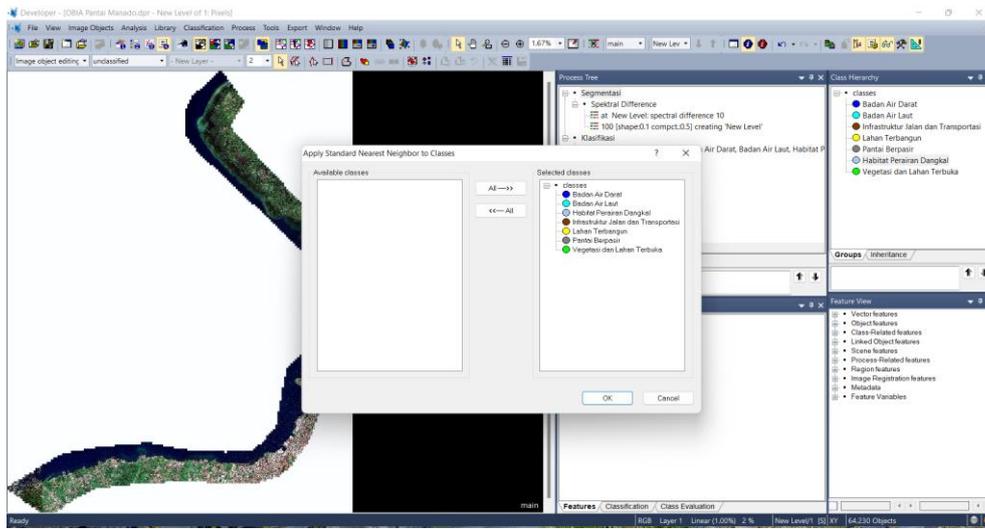
Parameter skala 150 dipilih karena mampu menghasilkan segmentasi yang optimal untuk identifikasi fitur bangunan pantai di Teluk Manado, yang memiliki ukuran variatif mulai dari dermaga kecil hingga pelabuhan besar. Nilai bentuk 0,1 memberikan bobot lebih tinggi pada atribut spektral dibandingkan bentuk, sementara nilai kompak 0,5 menjamin bahwa objek yang terbentuk memiliki batas yang realistis.

Tabel 1. Parameter Segmentasi OBIA yang digunakan dalam Penelitian

No	Parameter	Nilai
1	Skala	150
2	Bentuk (<i>Shape</i>)	0,1
3	Kompak (<i>Compactness</i>)	0,5
	Jumlah Objek	60.230

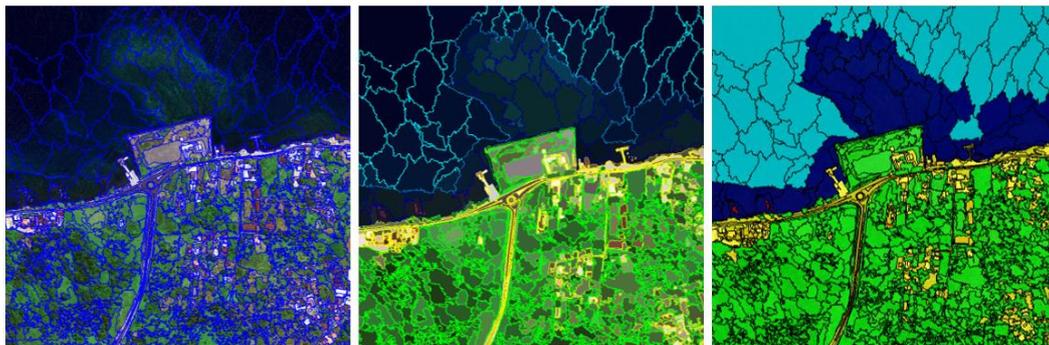
Hasil segmentasi menghasilkan total 60.230 objek yang merepresentasikan area di wilayah studi dengan homogenitas tinggi berdasarkan spektral, bentuk, dan tekstur. Objek-objek ini memiliki batas

yang jelas dan dapat diinterpretasikan sebagai representasi fisik dari fitur permukaan bumi. Segmentasi multiresolusi memiliki keunggulan signifikan dibandingkan metode segmentasi berbasis piksel karena mempertimbangkan hubungan spasial antar piksel, sehingga menghasilkan batas objek yang lebih realistis dan relevan dengan kondisi lapangan.



Gambar 3. Klasifikasi Objek Menggunakan Algoritma Nearest Neighbor

Tahapan berikutnya, dilanjutkan dengan proses klasifikasi objek menggunakan algoritma *nearest neighbor* (NN), yang merupakan metode klasifikasi citra. Algoritma ini bekerja dengan membandingkan atribut setiap segmen hasil segmentasi dengan segmen yang telah diberi label sebelumnya untuk menentukan kelasnya (Contoh Gambar 3 pada kawasan MBW dan Ring Road 3). Atribut yang digunakan dalam klasifikasi mencakup spektral, tekstur, bentuk, dan konteks spasial.



Gambar 4. Proses Pelatihan Model Pada Klasifikasi Citra

Klasifikasi objek dalam penelitian ini mencakup lima kelas utama: Badan Air Laut, Habitat Perairan Dangkal, Lahan Terbangun, Vegetasi dan Lahan Terbuka, serta Objek Lain. Definisi dan deskripsi setiap kelas dirancang berdasarkan konsep umum dalam analisis citra satelit untuk wilayah pesisir, seperti yang dijelaskan dalam literatur oleh Blaschke (2010), Burnett & Blaschke (2003), dan diperkuat oleh pendekatan klasifikasi objek dalam konteks pesisir oleh Anggoro et al. (2017) dan Wicaksono & Hafizt (2013). Deskripsi rinci untuk tiap kelas atribut disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kelas Atribut pada Klasifikasi OBIA Teluk Manado

No	Kelas Atribut	Deskripsi
1	Badan Air Laut	Wilayah perairan dalam yang mencakup bagian laut terbuka dan jauh dari garis pantai.
2	Habitat Perairan Dangkal	Wilayah pesisir dengan kedalaman air yang cukup dangkal sehingga dasar perairan dapat terdeteksi pada citra
3	Lahan Terbangun	Area yang telah dimodifikasi oleh manusia untuk keperluan permukiman, infrastruktur, atau fasilitas lainnya

4	Vegetasi dan Lahan Terbuka	Area yang ditutupi oleh tumbuhan alami atau buatan, seperti hutan mangrove, perkebunan, atau semak belukar.
5	Objek Lain	Kategori ini mencakup elemen-elemen yang tidak termasuk dalam kelas utama. Seperti sungai, bayangan, atau barrier lain; kapal, perahu, dan artefak lainnya dalam citra.

Proses klasifikasi ini melibatkan pelatihan model menggunakan klasifikasi tak terbimbing dan terbimbing, di mana data referensi diperoleh melalui interpretasi visual citra dan validasi lapangan. Hasil klasifikasi menghasilkan informasi yang menunjukkan distribusi spasial setiap kelas di wilayah studi. Data ini memberikan gambaran rinci tentang pola sebaran fitur permukaan bumi, termasuk dominasi kelas lahan terbangun di bagian dalam wilayah Teluk Manado. Sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Saputra et al. (2021), pendekatan ini memberikan presisi lebih baik pada kelas-kelas yang memiliki bentuk spasial yang jelas seperti lahan terbangun dan vegetasi. Dominasi ini berkaitan erat dengan aktivitas perdagangan, jasa dan industri yang intensif di area tersebut. Fitur-fitur lahan terbangun mencakup infrastruktur penting seperti dermaga, pelabuhan, fasilitas wisata bahari, serta pengembangan komersial modern seperti mall, hotel, dan restoran. Selain itu, hasil klasifikasi juga menunjukkan bahwa kelas vegetasi dan lahan terbuka memiliki distribusi yang cukup signifikan. Distribusi ini mencerminkan keberadaan ekosistem penting dan area pertanian atau perkebunan yang dimanfaatkan oleh masyarakat lokal di wilayah sepanjang garis pantai. Temuan ini konsisten dengan studi Wicaksono & Hafizt (2013) sebelumnya yang menunjukkan dominasi vegetasi mangrove dan aktivitas manusia sebagai kelas utama di pesisir Bintuni.

Tabel 3. Hasil klasifikasi OBIA pada Citra Teluk Manado Tahun 2023

Kelas Atribut	Jumlah Objek		Selisih	% Akurasi
	Tak Terbimbing	Terbimbing		
Badan Air Laut	2.097	3.229	-1.132	64,94
Habitat Perairan Dangkal	3.550	2.017	1.533	56,82
Lahan Terbangun	22.396	23.463	-1.067	95,45
Vegetasi dan Lahan Terbuka	22.296	21.504	792	96,45
Objek Lain	175	301	-126	58,14
Total	50.514	50.514	0	74,36

Hasil klasifikasi secara keseluruhan menunjukkan performa metode klasifikasi tak terbimbing dan terbimbing dalam mengenali lima kelas atribut utama. Akurasi total sebesar 74,36% menunjukkan bahwa metode klasifikasi terbimbing cukup efektif dalam mengidentifikasi fitur-fitur utama di wilayah studi. Selain itu, terdapat variasi signifikan dalam akurasi antar kelas. Nilai ini juga mencerminkan adanya ruang untuk perbaikan, terutama pada kelas-kelas dengan akurasi rendah. Faktor yang dapat mempengaruhi antara lain: kompleksitas tekstur, seperti fitur habitat perairan dangkal dan objek lain memiliki tekstur yang kompleks, sehingga sulit diklasifikasikan. Selanjutnya, resolusi citra secara spasial dan radiometrik dapat memengaruhi kemampuan algoritma dalam membedakan fitur-fitur kecil. Kualitas data pelatihan juga berdampak pada akurasi yang digunakan dalam metode klasifikasi citra.

Selisih antara jumlah objek yang dihasilkan oleh metode tak terbimbing dan terbimbing juga menunjukkan bahwa metode terbimbing lebih efektif dalam menghasilkan segmentasi yang lebih spesifik. Misalnya, Badan Air Laut (-1.132) dan Lahan Terbangun (-1.067) memiliki selisih negatif, artinya metode terbimbing lebih akurat dalam mengidentifikasi fitur-fitur ini. Habitat Perairan Dangkal (+1.533) dan Vegetasi dan Lahan Terbuka (+792) memiliki selisih positif, artinya metode tak terbimbing cenderung "*over-segment*" pada fitur-fitur dengan tekstur kompleks seperti substrat dasar laut dan vegetasi heterogen. Sebagaimana juga ditunjukkan oleh Setiawan et al. (2022) dalam studi bentuk di wilayah pesisir, mengenai klasifikasi terbimbing mampu mereduksi *noise* dan mengidentifikasi objek secara lebih konsisten.

Secara keseluruhan, hasil segmentasi dan klasifikasi menunjukkan bahwa analisis citra berbasis objek dengan pendekatan *multiresolution segmentation* dan algoritma *nearest neighbor* mampu memberikan informasi spasial yang berguna untuk pengelolaan pesisir yang berkelanjutan. Namun, dalam penerapannya pada wilayah dengan luasan besar seperti Teluk Manado, terdapat tantangan signifikan dalam proses segmentasi dan klasifikasi menggunakan metode OBIA. Salah satu tantangan

utama adalah kompleksitas komputasi akibat volume data yang besar, yang memerlukan kapasitas pemrosesan tinggi dan waktu yang lebih lama. Selain itu, variasi spektral, tekstur, dan bentuk objek di wilayah luas sering kali mempersulit penentuan parameter segmentasi yang optimal. Misalnya, parameter skala yang sesuai untuk satu area mungkin tidak efektif untuk area lain dengan karakteristik permukaan yang berbeda. Hal ini menuntut penyesuaian iteratif yang intensif dan validasi lapangan yang lebih menyeluruh untuk memastikan akurasi hasil. Klasifikasi fitur dengan tekstur kompleks, seperti substrat dasar laut dan vegetasi heterogen, sering kali sulit dibedakan dari artefak citra seperti bayangan atau noise. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan lebih lanjut, terutama pada optimasi parameter segmentasi, integrasi data tambahan seperti citra drone atau LiDAR, serta pengembangan algoritma yang lebih adaptif terhadap variasi spasial.

Pola Distribusi dan Karakteristik Bangunan Pantai

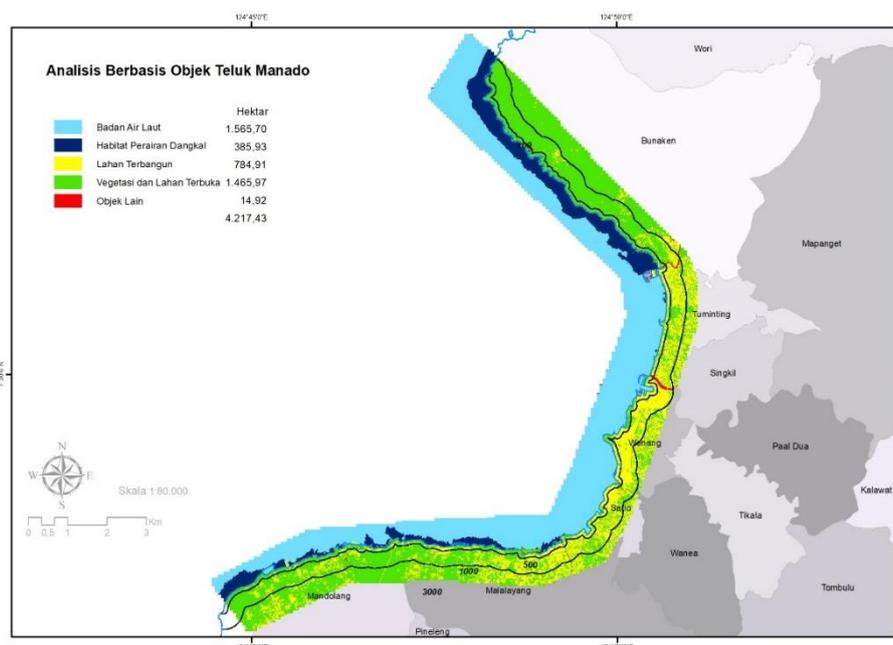
Hasil analisis citra berbasis objek (OBIA) mengungkapkan distribusi spasial kelas-kelas utama di wilayah Teluk Manado, yang mencakup badan air laut, habitat perairan dangkal, lahan terbangun, vegetasi dan lahan terbuka, serta objek lain. Total area yang dianalisis mencapai 4.217 hektar berdasarkan hasil klasifikasi terbimbing, dengan dominasi kelas vegetasi dan lahan terbuka (1.466 ha), diikuti oleh badan air laut (1.566 ha), lahan terbangun (785 ha), habitat perairan dangkal (386 ha), dan objek lain (15 ha). Perbandingan antara klasifikasi metode tak terbimbing dan terbimbing seperti pada tabel 2, menunjukkan variasi dalam luasan kelas, yang mencerminkan efektivitas penggunaan data pelatihan dalam meningkatkan akurasi klasifikasi. Hal ini sejalan dengan temuan Zhang et al. (2014) yang menyatakan bahwa metode klasifikasi terbimbing dengan dukungan data pelatihan yang baik mampu mengurangi kesalahan klasifikasi dan meningkatkan ketepatan pemetaan spasial objek di wilayah pesisir.

Tabel 4. Luasan Kelas OBIA Teluk Manado Tahun 2023

<i>Kelas</i>	<i>Luasan (Ha)</i>	
	<i>Tak Terbimbing</i>	<i>Terbimbing</i>
Badan Air Laut	1.559	1.566
Habitat Perairan Dangkal	416	386
Lahan Terbangun	721	785
Vegetasi dan Lahan Terbuka	1.512	1.466
Objek Lain	9	15
Total	4.217	4.217

Berdasarkan interpretasi peta tematik, pola distribusi bangunan pantai di Teluk Manado menunjukkan karakteristik spasial yang unik (Gambar 5). Habitat perairan dangkal maupun vegetasi dan lahan terbuka tersebar secara dominan pada bagian luar teluk, yakni di wilayah utara dan selatan. Keberadaan vegetasi dan lahan terbuka mencerminkan ketersediaan lahan yang saat ini belum dimanfaatkan secara intensif oleh manusia. Wilayah ini memiliki potensi besar untuk mendukung pengembangan ekonomi lokal, seperti kegiatan budidaya perikanan, pertanian, atau agroforestri. Namun juga rentan terhadap konversi menjadi lahan terbangun akibat tekanan pembangunan infrastruktur, urbanisasi, atau ekspansi industri. Hal ini sejalan dengan temuan Farajzadeh et al. (2023) yang menekankan bahwa daerah pesisir sering kali menghadapi tekanan penggunaan lahan akibat pesatnya urbanisasi dan pembangunan ekonomi, yang dapat berdampak negatif pada ekosistem pesisir jika tidak dikelola secara berkelanjutan.

Perbandingan alokasi ruang antara vegetasi dan lahan terbuka (1.466 Ha) dengan lahan terbangun (785 Ha) menunjukkan perlunya keseimbangan antara pembangunan fisik dan pelestarian fungsi ekologis. Apabila alokasi ruang tidak dikelola dengan baik melalui perencanaan tata ruang wilayah yang komprehensif, risiko degradasi lingkungan dapat meningkat secara signifikan. Misalnya, konversi vegetasi alami seperti hutan mangrove menjadi lahan terbangun dapat menyebabkan hilangnya habitat biota laut, penurunan kapasitas perlindungan garis pantai dari abrasi, serta penurunan kemampuan ekosistem dalam menyerap karbon. Selain itu, ekspansi lahan terbangun yang tidak terkendali dapat mengganggu keseimbangan hidrologi, dan meningkatkan risiko banjir rob, serta memperburuk dampak perubahan iklim di wilayah pesisir.



Gambar 5. Peta Distribusi OBIA Teluk Manado Tahun 2023

Di sisi lain, lahan terbangun menunjukkan distribusi yang lebih padat dan terpusat di bagian tengah serta sebagian di wilayah selatan. Hal ini mencakup infrastruktur penting seperti dermaga, pelabuhan, fasilitas wisata, dan permukiman, yang berkaitan erat dengan aktivitas perdagangan, industri, jasa, dan pariwisata. Dominasi lahan terbangun di bagian tengah teluk mencerminkan pusat aktivitas manusia yang intensif, didukung oleh kedalaman air dangkal dan aksesibilitas yang baik. Karakteristik fisik bangunan pantai di wilayah studi juga bervariasi berdasarkan fungsi dan lokasi. Misalnya, dermaga dan pelabuhan umumnya terletak di dekat garis pantai dengan kedalaman air yang cukup untuk memfasilitasi kapal besar. Fasilitas wisata dan penunjang umum cenderung tersebar di sekitar destinasi pariwisata populer (kawasan reklamasi *boulevard* hingga malalayang *beach walk*).

Pola distribusi kelas-kelas utama di Teluk Manado mencerminkan interaksi dinamis antara faktor geografis, ekologis, dan aktivitas manusia. Distribusi ini menunjukkan hubungan langsung antara karakteristik fisik lingkungan dan fungsi spesifik dari setiap jenis bangunan pantai. Temuan ini memiliki implikasi signifikan bagi pengelolaan pesisir yang berkelanjutan di Teluk Manado. Informasi mengenai distribusi spasial bangunan pantai dapat dimanfaatkan untuk mendukung mitigasi risiko bencana, perlindungan ekosistem, dan perencanaan pembangunan yang ramah lingkungan. Disamping itu penelitian ini menyoroti peran sektor pariwisata sebagai salah satu pendorong utama pembangunan infrastruktur pantai di wilayah pesisir perkotaan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *Object-Based Image Analysis* (OBIA) dengan segmentasi multiresolusi dan klasifikasi nearest neighbor efektif dalam menghasilkan informasi spasial yang akurat untuk wilayah pesisir Teluk Manado. Parameter segmentasi yang digunakan menghasilkan representasi objek yang realistis, sedangkan klasifikasi terbimbing berhasil mengidentifikasi lima kelas penutup lahan dengan akurasi keseluruhan sebesar 74,36%. Kelas dengan bentuk spasial jelas seperti vegetasi dan lahan terbangun menunjukkan akurasi tinggi, sementara kelas dengan tekstur kompleks seperti habitat perairan dangkal dan objek lain masih memerlukan peningkatan akurasi.

Distribusi spasial hasil klasifikasi mencerminkan kondisi nyata wilayah pesisir, dengan dominasi kelas vegetasi serta badan air laut. Meski demikian, tantangan teknis seperti kebutuhan komputasi tinggi dan sensitivitas parameter segmentasi masih menjadi kendala dalam penerapan OBIA di wilayah yang luas dan heterogen. Oleh karena itu, pengembangan metode lebih lanjut melalui integrasi data tambahan dan peningkatan algoritma klasifikasi sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas pemetaan pesisir secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, A. S. (2022). Metode Geobia Dalam Klasifikasi Zona Geomorfologi Terumbu Karang Di Pulau Pombo. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 8(2), 93–102. <https://doi.org/10.23960/jge.v8i2.175>
- Agustina, F. D., & Rokhmana, C. A. (2019). Ekstraksi Bangunan Pada Ortofoto Menggunakan Teknik Klasifikasi Citra Berbasis Objek. *Elipsoida : Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 2(02), 45–52. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2019.4895>
- Alfiansyah, M., Dewi Fazlina, Y., & Rusdi, M. (2023). Proses Segementasi pada Object Based Image Analysis (OBIA) untuk Pemetaan Lahan Basah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(4), 709–715. www.jim.usk.ac.id/JFP
- Anggoro, A., Siregar, V. P., & Agus, S. B. (2017). Klasifikasi Multiskala Untuk Pemetaan Zona Geomorfologi dan Habitat Bentik Menggunakan Metode OBIA di Pulau Pari. *Jurnal Penginderaan Jauh Dan Pengolahan Data Citra Digital*, 14(2), 89–93. <https://doi.org/10.30536/j.pjpdcd.1017.v14.a2622>
- Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., & Heynen, M. (2004). Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58(3), 239–258. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2003.10.002>
- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>
- Buchori, I. (2011). Konsep Sistem Informasi Rencana Tata Ruang Wilayah Untuk Kabupaten/Kota Di Indonesia. *Tataloka*, 13(4), 224–234.
- Burnett, C., & Blaschke, T. (2003). A multi-scale segmentation/object relationship modelling methodology for landscape analysis. *Ecological Modelling*, 168(3), 233–249. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(03\)00139-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00139-X)
- Congalton, R. G., & Green, K. (2019). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices* (3rd ed.). CRC Press.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S. P., & Sitepu, M. J. (2008). *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir Dan Lautan Secara Terpadu* (Cet 4). Pradnya Paramita.
- Devi, N. S., & Santosa, P. B. (2022). Analisis Geospasial Perubahan Ruang Terbuka Hijau Wilayah Kota Purwokerta dari Tahun 2013 sampai 2020. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 5(2), 59. <https://doi.org/10.22146/jgise.74620>
- Farajzadeh, Z., Saadatseresht, M., & Alidoost, F. (2023). Automatic Building Extraction From Uav-Based Images And Dsms Using Deep Learning. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10(4/W1-2022), 171–177. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-171-2023>
- Firmansyah, S., Gaol, J., & Susilo, S. B. (2019). Comparison of SVM and Decision Tree Classifier with Object Based Approach for Mangrove Mapping to Sentinel-2B Data on Gili Sulat, Lombok Timur. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 9(3), 746–757. <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.3.746-757>
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). Digital Image Processing. In *Pearson Education Limited* (4th ed.). <https://doi.org/10.1201/9781003002826-2>
- Gulo, F. W. R. (2024). Peran Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Bencana. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, 4(12), 1–23.
- Gupta, N., & Bhadauria, H. S. (2014). Object based Information Extraction from High Resolution Satellite Imagery using eCognition. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, 11(3), 139–144. <file:///C:/Users/Jefferson/Downloads/71755beb95626b29efb02e6a102d49f4.pdf>

- Haklay, M., & Weber, P. (2008). OpenStreetMap: User-Generated Street Maps. *IEEE Pervasive Computing*, 7(4), 12–18. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2008.80>
- Haryeni, Kamal, E., Razak, A., & Prarikeslan, W. (2024). Strategi Adaptasi Lingkungan Dan Pengelolaan Terpadu Di Pesisir Penjaringan Jakarta Utara. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 2(12), 260–265.
- Jensen, J. R. (2014). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective* (2nd ed.). Pearson Education Limited.
- Jessika, Y., Dharma, I. S., Dirgayusa, I. G. N., & Prasetyo, A. (2022). Studi Laboratorium Bangunan Pantai Untuk Mereduksi Gelombang Tsunami Kasus Palu, Sulawesi Selatan. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 8(1), 143–154. <https://doi.org/10.24843/jmas.2022.v08.i01.p16>
- Jiang, N., Zhang, J. X., Li, H. T., & Lin, X. G. (2008). Object-Oriented Building Extraction By Dsm and Very High-Resolution Orthoimages. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 441–446.
- Kamal, S. A., Rondonuwu, D. M., & Warouw, F. (2023). Analisis Rencana Zonasi Wilayah Pesisir Kota Manado Berbasis Mitigasi Bencana. *Jurnal Spasial*, 11(1), 29–39.
- Kincaid, L. (2024). Utilizing Technologies for Coastal Zone Management : Applications of GIS and Remote Sensing. *Journal of Coastal Zone Management*, 27(1000637), 26–27. <https://doi.org/10.35248/2473-3350.24.27.637>
- Laiskodat, D. E., Lay, B. P., & Foju, M. K. M. (2023). Pengaruh Pembangunan Di Pemukiman Pesisir Pantai Di Kelurahan Oesapa Terhadap Rencana Tata Ruang Kota Kupang. *Jurnal Ilmiah Dan Karya Mahasiswa*, 1(4), 369–392. kalau tdk ad isikan link dari gogle
- Liu, W., Yang, M. Y., Xie, M., Guo, Z., Li, E. Z., Zhang, L., Pei, T., & Wang, D. (2019). Accurate building extraction from fused DSM and UAV images using a chain fully convolutional neural network. *Remote Sensing*, 11(24), 1–18. <https://doi.org/10.3390/rs11242912>
- Liu, Z. J., Wang, J., & Liu, W. P. (2005). Building extraction from high resolution imagery based on multi-scale object oriented classification and probabilistic hough transform. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 4(C), 2250–2253. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2005.1525421>
- Maharani, S., Suhana, M. P., & Kurniawati, E. (2023). Pemetaan Perubahan Garis Pantai di Pantai Tanjung Siambang, Pulau Dompok Dengan Metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 16(2), 177–190. <https://doi.org/10.21107/jk.v16i2.18298>
- Niagara, Y., Ernawati, & Purwandari, E. P. (2020). Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Untuk Pemetaan Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Unsupervised K-Means Berbasis Web GIS (Studi Kasus Sub-DAS Bengkulu Hilir). *Rekursif: Jurnal Informatika*, 8(1), 100–110. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/rekursif/article/download/8478/5706>
- Nur, A. A. J., & Nurwati, N. (2023). Dampak Reklamasi Terhadap Kerusakan Lingkungan Dan Kemiskinan Di Kota Makassar. *SosioGlobal : Jurnal Pemikiran Dan Penelitian Sosiologi*, 7(2), 152–163. <https://jurnal.unpad.ac.id/sosioGlobal/article/view/47601>
- Sallaye, M., Mezouar, K., Dahmani, A., & Cherif, Y. S. (2022). Coastal vulnerability assessment and identification of adaptation measures to climate change between Cape Matifou and Cape Djinet Algeria. *Geo-Eco-Marina*, 2022(28), 181–193. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7493268>
- Sari, C. A., & Syah, A. F. (2021). Pemetaan Habitat Bentik Pulau Salarangan Menggunakan Metode Object-Based Image Analysis. *Rekayasa*, 14(1), 128–136. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.7996>
- Somantri, L. (2024). Studi Komparasi Teknik Klasifikasi berbasis Objek terhadap Citra Resolusi Spasial Menengah dan Tinggi untuk Pemetaan Tutupan Lahan di Sebagian Kabupaten Kulonprogo. *Majalah Geografi Indonesia*, 38(1), 1–7. <https://doi.org/10.22146/mgi.70636>
- Yang, Y., Wang, Y., Zhou, Q., & Gong, J. (2008). Urban expansion analysis based on spatial variables derived from multi-temporal remote sensing imagery. *Proceedings of SPIE - The International*

Society for Optical Engineering, 7144(October), 714412. <https://doi.org/10.1117/12.812733>

Zamdial, Hartono, D., Bakhtiar, D., Nofridiansyah, E., Renta, P. P., Muqsit, A., & Anggoro, A. (2020). Studi Identifikasi Kerusakan Wilayah Pesisir Di Kabupaten Bengkulu Utara Provinsi Bengkulu. *Jurnal Enggano*, 5(3), 510–528.

Zhang, L., Jia, K., Li, X., Yuan, Q., & Zhao, X. (2014). Multi-scale segmentation approach for object-based land-cover classification using high-resolution imagery. *Remote Sensing Letters*, 5(1), 73–82. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2013.875235>