

Identifikasi Permukiman Kumuh Menggunakan Citra *Unmanned Aerial Vehicle* dan *Object Based Image Analysis* di Kecamatan Medan Belawan, Kota Medan

Mutia Sari Hutabarat¹, Achmad Siddik Thoha^{2*}, Charloq¹

¹Program Studi Magister Perencanaan Pembangunan Wilayah dan Pedesaan, Sekolah Pascasarjana
Universitas Sumatera Utara, Medan

²Program Studi Doktor Perencanaan Wilayah Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan

*Koresponden email: a.siddik@usu.ac.id

Diterima: 9 Juli 2025

Disetujui: 23 Juli 2025

Abstract

Slum problems in coastal areas such as Medan Belawan Sub-district, Medan City, require accurate spatial data to support effective intervention planning. The absence of detailed base maps is often a major obstacle. This research aims to produce high accuracy slum maps using the integration of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology and Object Based Image Analysis (OBIA) method. Aerial photography data was acquired using a UAV over a study area of 62.60 Ha, producing an orthomosaic with a spatial resolution of 2.90 cm/pixel. This data was then analyzed using OBIA with classification parameters including object height, shape, texture, and spatial association to identify three main classes: Slum, Non-Slum, and Non-Settlement. This study proves that the integration of UAV and OBIA is a highly effective and reliable method for accurately mapping slums in complex coastal environments, providing a solid basis for local governments in their zoning programs.

Keyword: *mapping, slum, unmanned aerial vehicle (uav), object based image analysis (obia), medan belawan*

Abstrak

Permasalahan permukiman kumuh di kawasan pesisir seperti Kecamatan Medan Belawan, Kota Medan, memerlukan data spasial yang akurat untuk mendukung perencanaan intervensi yang efektif. Ketiadaan peta dasar yang detail seringkali menjadi kendala utama. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan peta permukiman kumuh dengan akurasi tinggi menggunakan integrasi teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dan metode Object Based Image Analysis (OBIA). Data foto udara diakuisisi menggunakan UAV di area studi seluas 62,60 Ha, menghasilkan orthomosaic dengan resolusi spasial 2,90 cm/piksel. Data ini kemudian dianalisis menggunakan OBIA dengan parameter klasifikasi meliputi ketinggian objek, bentuk, tekstur, dan asosiasi spasial untuk mengidentifikasi tiga kelas utama yaitu permukiman kumuh, permukiman tidak kumuh, dan non-permukiman. Studi ini membuktikan bahwa integrasi UAV dan OBIA merupakan metode yang sangat efektif dan andal untuk memetakan permukiman kumuh secara akurat di lingkungan pesisir yang kompleks, sehingga dapat menjadi dasar yang kuat bagi pemerintah daerah dalam program penataan kawasan.

Kata Kunci: *pemetaan, unmanned aerial vehicle (uav), object based image analysis (obia), medan belawan*

1. Pendahuluan

Pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat di Indonesia telah memicu berbagai masalah bagi perkotaan, salah satunya adalah kemunculan permukiman kumuh. Permukiman kumuh adalah permukiman yang tidak layak huni karena ketidakteraturan bangunan, tingkat kepadatan bangunan yang tinggi, dan kualitas bangunan serta sarana dan prasarana yang tidak memenuhi syarat[1]. Permukiman kumuh dicirikan oleh kepadatan bangunan yang tinggi, kualitas fisik lingkungan yang tidak layak, serta minimnya akses terhadap infrastruktur dan layanan dasar. Kecamatan Medan Belawan di Kota Medan merupakan salah satu wilayah yang merepresentasikan kompleksitas masalah ini. Sebagai kawasan pesisir dengan kepadatan penduduk tinggi dan kerentanan terhadap bencana hidrometeorologi seperti banjir rob, penataan permukiman di Medan Belawan menjadi sangat krusial. Permukiman kumuh dicirikan oleh kombinasi empat aspek diantaranya *insecure tenure* (tenurial yang tidak aman), *poor quality of housing* (kualitas

perumahan yang buruk), *overcrowding* (kepadatan berlebih) dan *lack of access to basic services* (kurangnya akses ke layanan dasar) [2].

Salah satu kendala fundamental dalam upaya penanganan permukiman kumuh di wilayah ini adalah minimnya data spasial yang akurat dan terkini. Ketiadaan peta dasar yang komprehensif menyulitkan identifikasi presisi dan pemetaan area kumuh, yang berakibat pada program penanganan yang kurang tepat sasaran. Untuk mengatasi kesenjangan data ini, diperlukan pendekatan inovatif yang mampu menangkap karakteristik fisik permukiman secara detail.

Teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau drone menawarkan solusi efisien untuk akuisisi data spasial dengan resolusi sangat tinggi. Citra yang dihasilkan UAV dapat diolah lebih lanjut menggunakan Analisis OBIA. Citra foto udara diinterpretasikan dengan mengamati ciri-ciri objek secara umum, dengan mempertimbangkan elemen-elemen interpretasi. Kemudian, objek-objek tersebut dideskripsikan berdasarkan elemen-elemen interpretasi seperti Bentuk, Ukuran, Pola, Bayangan, Rona atau warna, Tekstur, Lokasi geografis, Asosiasi (pemanfaatan drone) [3]. GEOBIA sebagai sebuah subdisiplin dari ilmu geoinformasi berfokus pada partisi citra penginderaan jauh menjadi objek-objek gambar yang bermakna, dan menilai karakteristiknya melalui skala spasial, spektral dan temporal [4]. *Object-Based Image Analysis* (OBIA), sebuah metode analisis lanjutan yang tidak hanya mengandalkan nilai spektral piksel, tetapi juga mengklasifikasikan objek berdasarkan atribut spasial seperti bentuk, ukuran, tekstur, dan hubungan kontekstual. Kombinasi ini sangat menjanjikan untuk menghasilkan data spasial yang presisi dan komprehensif yang esensial untuk perencanaan tata ruang yang efektif. Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan kombinasi UAV dan OBIA dalam mengidentifikasi permukiman kumuh di lingkungan perkotaan.

Penggabungan citra UAV dan OBIA berhasil menghasilkan informasi karakteristik fisik permukiman kumuh dan memvisualisasikan perbedaan antara permukiman kumuh dan permukiman formal [5]. Studi tentang karakteristik perumahan kumuh yang melibatkan pengidentifikasian dan klasifikasi atribut-atribut tertentu seperti ukuran dan kondisi bangunan, kepadatan populasi, aksesibilitas, dan infrastruktur yang tersedia, menunjukkan bahwa penggunaan drone memberikan manfaat yang signifikan dalam survei perumahan kumuh [6].

Meskipun demikian, penerapan spesifik untuk menguji kemampuan metode ini dalam mencapai tingkat akurasi tertentu di lingkungan pesisir yang dinamis seperti Medan Belawan masih perlu pembuktian lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pemetaan permukiman kumuh menggunakan UAV dan OBIA di Medan Belawan.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Bagan Deli, Kecamatan Medan Belawan, Kota Medan, Sumatera Utara. Wilayah ini memiliki luas 21,82 km² yang terbagi atas 6 kelurahan. Berada pada ketinggian 3 meter di atas permukaan laut (dpl). Berdasarkan posisi geografisnya, Kecamatan Medan Belawan memiliki batas-batas yang jelas: di sebelah Utara berbatasan langsung dengan Selat Malaka, di sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Medan Labuhan, serta di sebelah Timur dan Barat berbatasan dengan Kabupaten Deli Serdang. Titik lokasi spesifik dari penelitian ini akan dilaksanakan di Kelurahan Bagan Deli, yang merupakan salah satu kelurahan di Kecamatan Medan Belawan. Pengumpulan data dilakukan pada September-November 2023. Analisis data dilakukan di Studio Perencanaan Wilayah Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.

2.2. Data dan alat penelitian

Data primer dalam penelitian ini adalah citra foto udara yang diakuisisi menggunakan drone DJI Phantom 4 yang menghasilkan 743 foto udara. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat keras (laptop) dan Drone DJI Mavic 2 Pro serta perangkat lunak Pix4D, Agisoft, ecognition dan ArcGIS 10.8.

2.3. Analisis Data

Penelitian ini menggunakan UAV untuk akuisisi citra udara resolusi tinggi (2,90 cm/piksel) yang mencakup area studi seluas 62,60 Ha. Citra foto udara UAV kemudian diolah menjadi citra ortofoto. Selanjutnya citra ortofoto ini kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *Object-Based Image Analysis* (OBIA). Proses analisis OBIA dalam penelitian ini terdiri dari dua tahapan utama yaitu segmentasi dan klasifikasi

3. Hasil dan Pembahasan

Pemetaan kawasan permukiman yang dilakukan di kawasan permukiman padat Kelurahan Bagan Deli Medan Belawan dilakukan pukul 09.00 – 1100. Kondisi cuaca cerah dan angin tidak bertiup kencang. Kondisi ini sangat baik untuk mendapatkan citra foto udara yang bisa diolah menjadi orthomosaic atau peta foto udara tegak.

Akuisisi foto udara misi terbang grid (2D) dengan ketinggian 120 m. Adapun tumpang tindih foto diatur dengan sebesar 80% untuk *front overlap* dan 80% *side overlap*. Pengaturan ini untuk mendapatkan kualitas hasil pembentukan orthomosaic yang bagus tanpa ada bolong dan rusak pada bagian inti area studi.



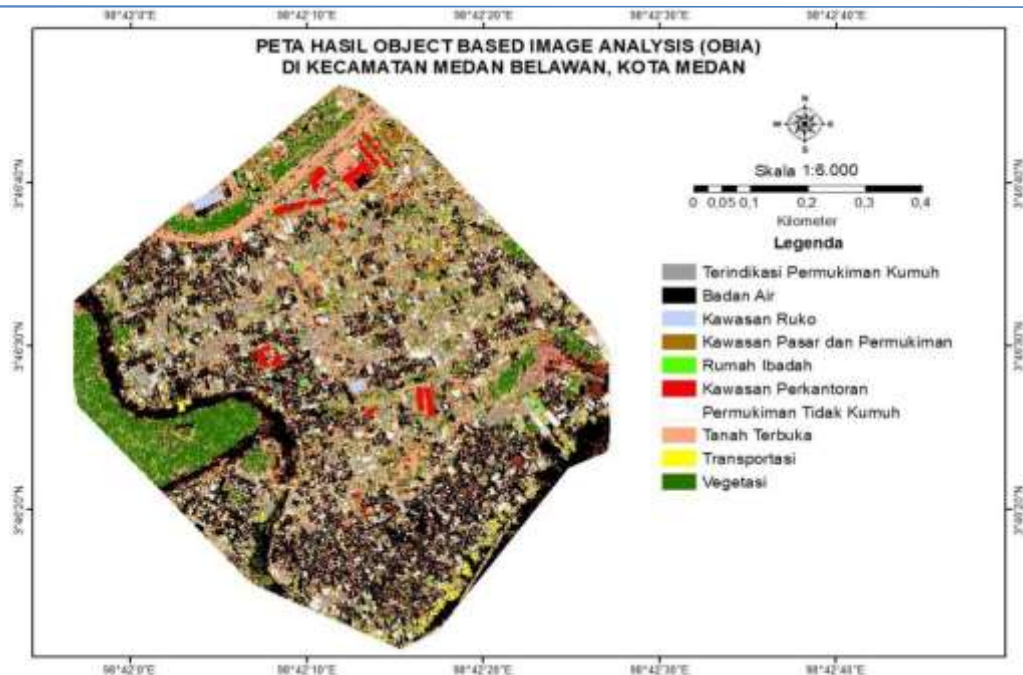
Gambar 1. Peta Orthomosaic Kawasan permukiman di Pesisir Medan Belawan

Dari hasil citra pada **Gambar 1** dapat terlihat bahwa wilayah studi di Kelurahan Bagan Deli Medan Belawan didominasi oleh permukiman padat dan rapat, terutama di bagian tengah dan selatan, mengindikasikan kepadatan hunian tinggi. Di sisi Barat dan Tenggara, terlihat badan air dan vegetasi hijau, kemungkinan mangrove atau sempadan sungai. Karakteristik dasar permukiman kumuh meliputi kondisi rumah yang buruk dan pencahayaan yang tidak memadai [7]. Bangunan yang sangat rendah dan berhimpitan, yang mungkin teridentifikasi dari peta tinggi bangunan seringkali mengalami masalah pencahayaan alami dan sirkulasi udara. Ketinggian bangunan juga dapat mempengaruhi efektivitas sarana prasarana seperti drainase dan aksesibilitas.

Alur sungai melingkar di sekitar area padat penduduk menegaskan status wilayah sebagai kawasan pesisir yang rentan genangan dan banjir rob. Jaringan jalan sempit, akses terbatas, dan tidak teratur menunjukkan karakteristik permukiman informal atau kumuh. Beberapa bangunan beratap terang/biru muda kemungkinan fasilitas umum. Terdapat fenomena *blurring boundaries* (batas yang kabur) di permukiman modern, permukiman memang memiliki fungsi ganda, bahkan tren ini semakin menguat dan mentransformasi kawasan yang tadinya murni perumahan. Hal ini menegaskan bahwa permukiman adalah sebuah ekosistem hidup yang kompleks, bukan sekadar kumpulan rumah[8].

Untuk mendapatkan kondisi pola permukiman dan lingkungan kawasan permukiman di pesisir Medan Belawan dilakukan klasifikasi penggunaan lahan dengan metode OBIA. Metode ini membedakan kelas penggunaan lahan melalui bentuk objek. Obyek dengan pola, warna dan rona sama akan membentuk kelas yang sama. Hasil analisis foto udara menggunakan OBIA diperoleh peta tutupan lahan seperti ditampilkan pada **Gambar 2**.

Berdasarkan hasil analisis citra foto udara berbasis objek pada Gambar 2 diperoleh jenis dan sebaran spasial mengenai klasifikasi tutupan lahan. Klasifikasi ini terdiri dari sebelas jenis tutupan lahan yang mencerminkan penggunaan dan karakter fisik wilayah secara aktual. Hasil ini penting dalam memberikan dasar kebijakan pengelolaan tata ruang, penataan permukiman, serta penanggulangan kawasan kumuh. Sebaran jenis penggunaan lahan dan luas masing-masing penggunaan lahan ditampilkan pada **Tabel 1**.



Gambar 2. Peta Tutupan Lahan Hasil *Object-Based Image Analysis* (OBIA)

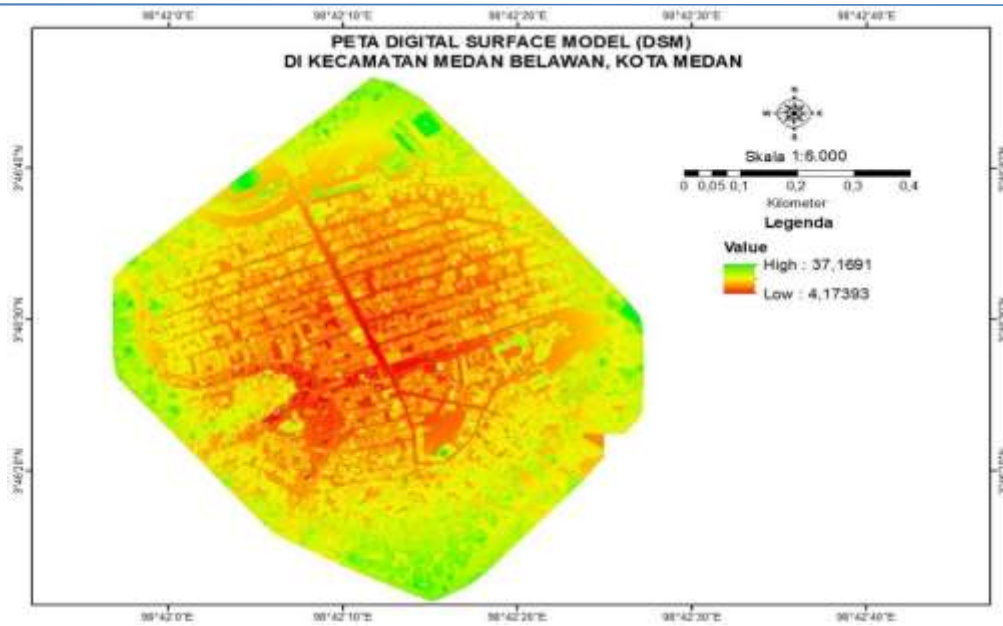
Tabel 1. Jenis Kelas dan Luas Penggunaan Lahan Hasil Klasifikasi OBIA Kawasan Permukiman Pesisir di Medan Belawan

Tutupan Lahan	Luas (Ha)	Luas (%)
Terindikasi Permukiman Kumuh	9.77	15.76
Badan Air	19.33	31.18
Kawasan Ruko	1.21	1.95
Kawasan Pasar dan Permukiman	2.07	3.34
Rumah Ibadah	0.70	1.13
Kawasan Perkantoran	4.33	6.98
Permukiman Tidak Kumuh	2.31	3.73
Tanah Terbuka	9.60	15.48
Jalan	4.97	8.02
Vegetasi	7.71	12.44
Total (Ha)	62.06	100

Tabel 1 menunjukkan total luas wilayah yang teridentifikasi sebesar 62,06 Ha, kategori badan air menjadi tutupan terbesar, yakni 19,34 Ha (31,2%) dari keseluruhan area, mencerminkan dominasi elemen perairan seperti sungai, kanal, dan muara di wilayah pesisir ini. Sementara itu, kawasan yang terindikasi sebagai permukiman kumuh mencakup 9,78 Ha (15,8%) dari total luas tersebar di bagian tengah dan selatan peta. Angka ini memperlihatkan konsentrasi permukiman dengan kepadatan tinggi dan kondisi bangunan yang tidak layak huni, menjadi fokus utama dalam program penataan permukiman oleh pemerintah daerah.

Jika dibandingkan, luas permukiman tidak kumuh hanya mencapai 2,32 Ha (3,7%), hal ini menunjukkan ketimpangan persebaran permukiman layak. Kawasan tanah terbuka menempati 9,61 Ha (15,5%), memberikan potensi pengembangan ruang terbuka hijau atau infrastruktur publik lainnya. Di sisi lain, vegetasi mencakup 7,72 Ha (12,4%), yang menunjukkan masih adanya elemen hijau alami atau buatan di wilayah ini meskipun cenderung tersebar dan tidak merata. Fungsi-fungsi pelayanan dan aktivitas ekonomi seperti kawasan ruko (1,22 Ha), pasar dan permukiman (2,08 Ha), serta perkantoran (4,33 Ha) memperlihatkan distribusi terbatas namun strategis, umumnya berada di koridor akses utama. Rumah ibadah, meski hanya mencakup 0,70 Ha, tetap teridentifikasi sebagai elemen penting dalam jaringan sosial masyarakat setempat. Kawasan transportasi, yang mencapai 4,97 Ha menjadi jaringan penghubung antar fungsi lahan yang ada.

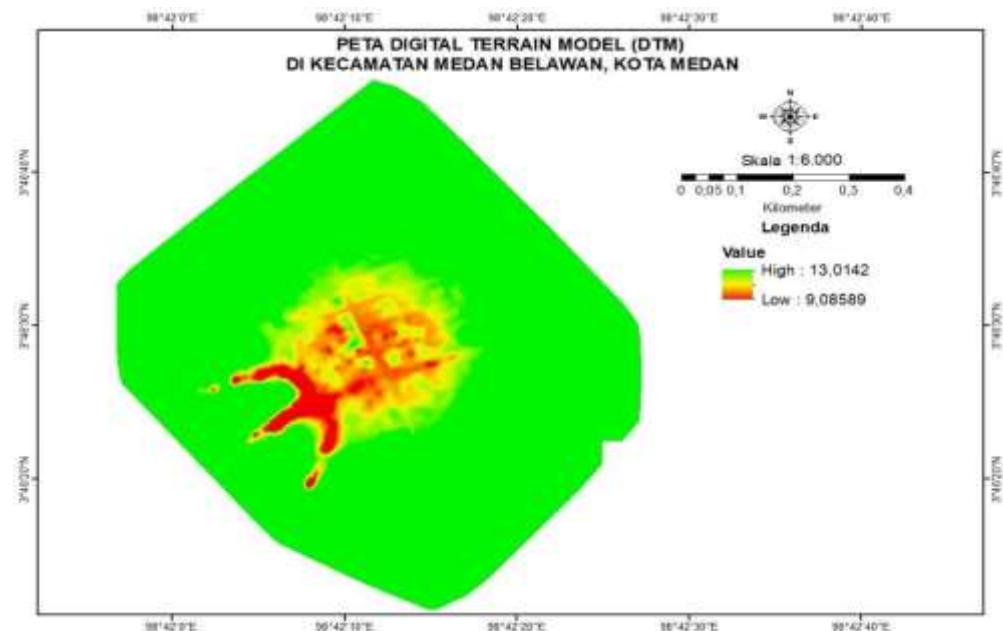
Peta yang ditampilkan pada **Gambar 3** merupakan peta *Digital Surface Model* (DSM) untuk wilayah Bagan Deli, Kecamatan Medan Belawan, Kota Medan, dengan skala 1:6.000. Peta ini menyajikan informasi ketinggian permukaan yang mencakup elemen-elemen permukaan seperti bangunan, vegetasi, dan permukaan tanah.



Gambar 3. Peta Digital Surface Model (DSM)

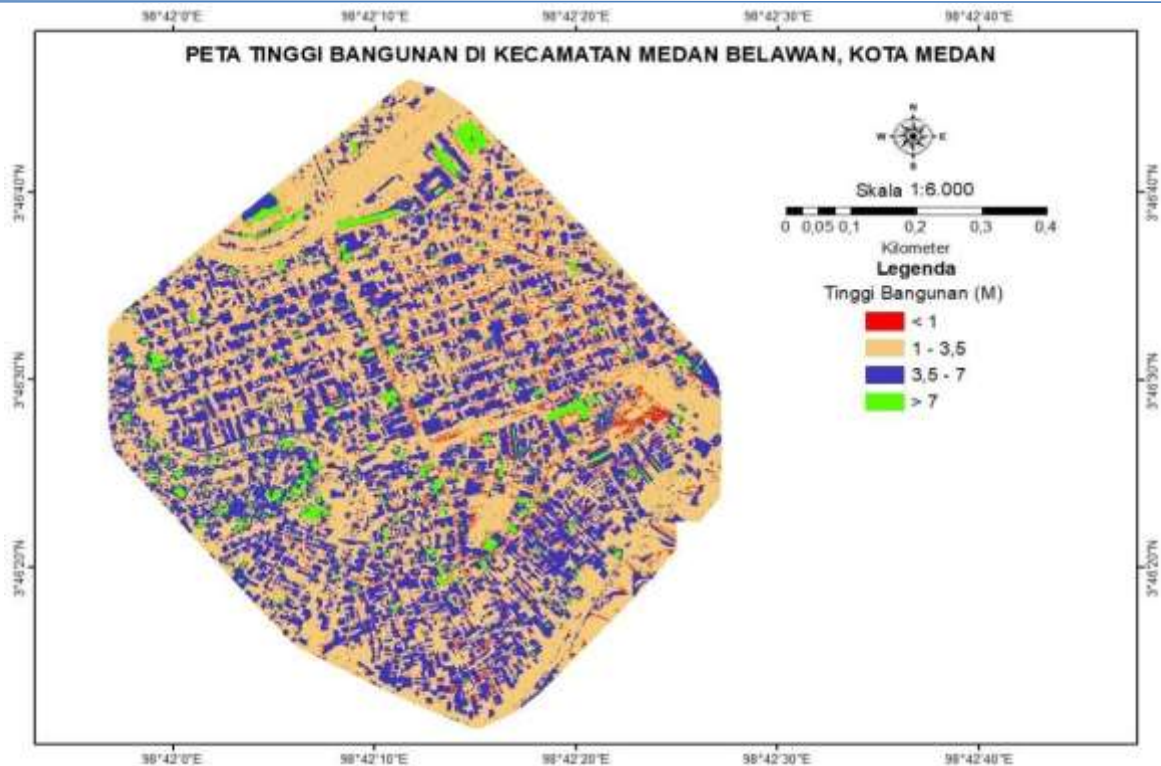
Gambar 3 menampilkan variasi ketinggian dengan gradasi warna: merah (terendah, sekitar 4,17 m) hingga hijau (tertinggi, sekitar 37,17 m). Dominasi kuning-jingga di tengah peta menunjukkan sebagian besar area memiliki ketinggian sedang hingga rendah, terutama di kawasan padat bangunan tinggi. Area hijau di sisi peta menunjukkan objek permukaan yang lebih tinggi (vegetasi atau bangunan bertingkat).

Peta yang ditampilkan pada **Gambar 4** merupakan peta *Digital Terrain Model* (DTM) untuk wilayah Bagan Deli, Kecamatan Medan Belawan, Kota Medan, dengan skala 1:6.000. Peta ini menggambarkan permukaan bumi yang telah dieliminasi dari objek-objek di atas tanah seperti bangunan dan vegetasi, sehingga mencerminkan ketinggian permukaan tanah murni.



Gambar 4. Peta Digital Terrain Model (DTM)

Gambar 4 menunjukkan variasi ketinggian dengan gradasi warna: merah (rendah) hingga hijau (tinggi). Elevasi berkisar 9,09 m hingga 13,01 m, menandakan wilayahnya relatif datar namun bervariasi. Area merah-oranye di pusat peta mengindikasikan ketinggian rendah hingga sedang, kemungkinan padat aktivitas dan infrastruktur. Sementara itu, area hijau di tepi wilayah studi menunjukkan elevasi yang lebih tinggi secara topografis. Peta DTM ini melengkapi peta DSM, memungkinkan penghitungan tinggi objek (bangunan/vegetasi) dengan mengurangi nilai DTM dari DSM.



Gambar 5. Peta Tinggi Bangunan

Dari total area 63,62 Ha yang dianalisis, bangunan dominan (57,45% atau 36,53 Ha) memiliki tinggi 1-3,5 meter, kemungkinan besar adalah rumah tinggal, toko kecil, atau bangunan serbaguna di permukiman padat. Bangunan dengan tinggi 3,5-7 meter menempati 35,2% (22,39 Ha), mencakup rumah panggung, ruko, atau fasilitas komersial, menunjukkan pergeseran ke bangunan vertikal. Bangunan rendah (< 1 meter) mencakup 3,53% (2,24 Ha), kemungkinan berupa gubuk, gudang terbuka, atau struktur semi permanen khas daerah pesisir dan kawasan informal. Bangunan tinggi (> 7 meter) seluas 3,85% (2,45 Ha), berpotensi adalah fasilitas penting seperti gudang pelabuhan, menara, sekolah, atau kantor pemerintahan, mengingat Belawan adalah pelabuhan utama Kota Medan.

Analisis data UAV menunjukkan bangunan tinggi (>7 meter) terkonsentrasi di titik strategis dengan fungsi ekonomi atau administratif, sementara bangunan rendah (<7 meter) menyebar sporadis, dominan di pinggiran atau permukiman kumuh. Bangunan sangat rendah (<1 meter, 3,53% luas area) yang diinterpretasikan sebagai gubuk atau struktur semi-permanen, sangat berkorelasi dengan definisi permukiman kumuh. Meskipun minoritas (3,85% luas area), bangunan tinggi (>7 meter) menegaskan fungsi pelabuhan dan pusat kegiatan di Belawan, menunjukkan adanya area formal di tengah atau dekat area kumuh. Pemanfaatan teknologi UAV efektif mengidentifikasi variasi struktur fisik permukiman, menunjukkan bahwa dominasi bangunan sangat rendah (<1m) dan rendah (1-3,5m) mengindikasikan potensi kawasan kumuh, terutama jika padat dan terkonsentrasi.

Observasi lapangan memperkaya analisis ini dengan menunjukkan rumah panggung di Pesisir Medan Belawan, dibangun sebagai adaptasi terhadap banjir rob dan diperparah oleh drainase buruk di permukiman tidak teratur/kumuh. Temuan ini secara signifikan memperkuat argumen bahwa Pesisir Medan Belawan memiliki karakteristik permukiman kumuh, mencerminkan tantangan fisik, lingkungan, dan sosial-ekonomi. Perumahan bukan lagi sekadar 'wadah', melainkan 'fondasi' aktif yang menentukan kemampuan sebuah keluarga untuk bertahan dan berkembang di lingkungan perkotaan yang dinamis [9].



Gambar 6. Tampilan Perbandingan Ground Check dan Tinggi Bangunan

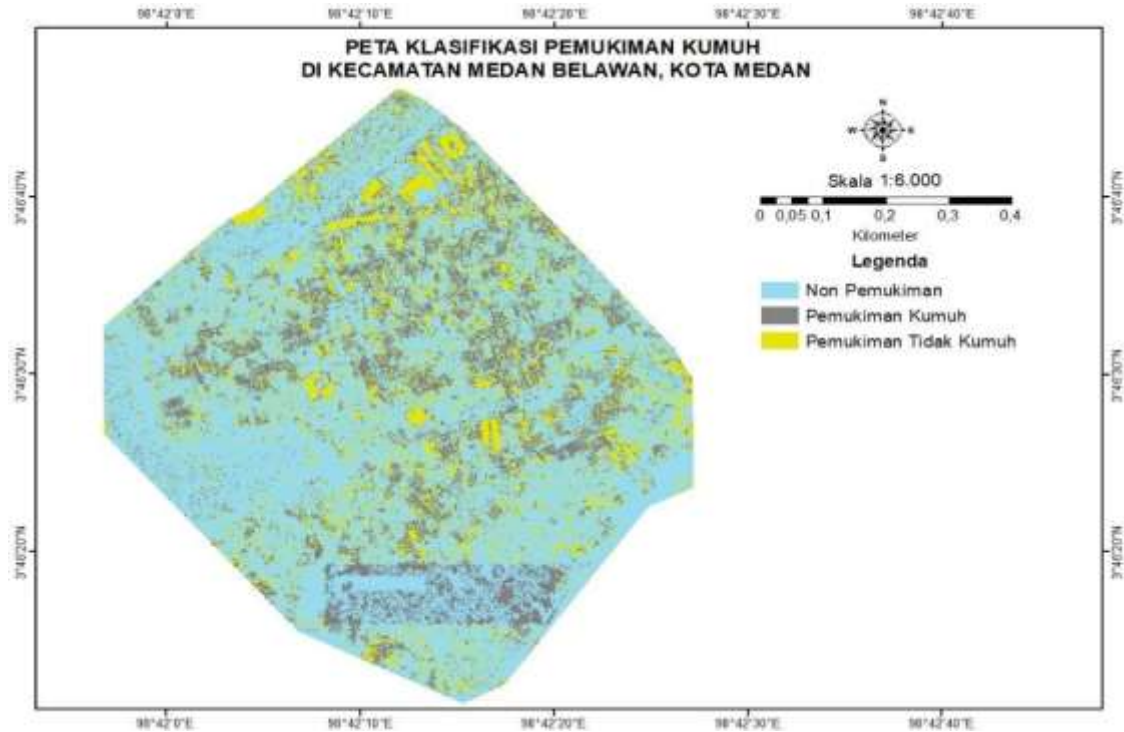
Proses klasifikasi berikutnya mengidentifikasi permukiman kumuh, permukiman non-kumuh dan non-permukiman dengan parameter tinggi objek, bentuk objek, lokasi dan asosiasi pada lingkungan pesisir. Klasifikasi ini menggunakan pendekatan *Object-Based Image Analysis* (OBIA) pada citra resolusi tinggi, dengan parameter tinggi objek, bentuk, lokasi, dan asosiasi lingkungan pesisir, serta didukung verifikasi lapangan.

Area yang diklasifikasikan sebagai "Permukiman Kumuh" menunjukkan karakteristik fisik seperti:

- Ketidakteraturan bangunan, kepadatan tinggi, kualitas bangunan rendah, dan minimnya sarana prasarana

- Kondisi rumah buruk, potensi genangan (karena lokasi pesisir dan drainase), dan kurangnya layanan dasar
- Karakteristik hunian dan lingkungan pesisir yang khas

Hasil klasifikasi ini dapat menjadi dasar untuk penentuan tingkat kekumuhan lebih lanjut [10], melalui asesmen infrastruktur dan standar pelayanan minimal. Sebaran luas masing-masing kelas disajikan pada **Tabel 2**.



Gambar 7. Peta Klasifikasi permukiman Kumuh

Analisis *Object-Based Image Analysis* (OBIA) mengkonfirmasi bahwa area yang terklasifikasi sebagai "Permukiman Kumuh" sangat berkorelasi dengan temuan sebelumnya mengenai distribusi bangunan rendah (<1m atau 1-3,5m) dan rumah panggung, yang rentan terhadap banjir rob dan drainase buruk di pesisir Medan Belawan. Parameter "asosiasi pada lingkungan pesisir" dalam OBIA secara eksplisit menghubungkan dengan konteks banjir rob dan rumah panggung, memetakan dugaan awal dari analisis ketinggian dan observasi lapangan secara lebih definitif.

Tabel 2. Luas dan Persentase Klasifikasi Permukiman di Bagan Deli Belawan

Kategori	Luas (Ha)	Luas (%)
Non Permukiman	32.63	63,9
Permukiman Kumuh	9.50	18,6
Permukiman Tidak Kumuh	8.91	17,5
Total	51.05	100

Berdasarkan **Tabel 2**, Non Permukiman mendominasi wilayah studi dengan 32,63 Ha (63,9%), mencakup ruang terbuka, badan air, dan vegetasi. Permukiman Kumuh menempati 9,51 Ha (18,6%), terkonsentrasi di tengah dan Selatan, dicirikan oleh kepadatan bangunan tinggi, infrastruktur rendah, dan akses terbatas. Sebaliknya, permukiman tidak kumuh seluas 8,91 Ha (17,5%) menunjukkan struktur bangunan lebih permanen dan tata ruang terorganisir. Pembagian ini menunjukkan bahwa area terbangun (permukiman) terkonsentrasi pada sebagian kecil dari total wilayah analisis, mengimplikasikan karakteristik dan tantangan spesifik pada masing-masing kategori. Interpretasi dari foto udara menemukan bahwa sebagian besar kawasan pesisir yang dipetakan berada pada penggunaan lahan tergenang dengan indikasi permukiman kumuh yang sangat padat.

Hasil klasifikasi OBIA yang menunjukkan permukiman kumuh cenderung membentuk cluster padat (**Gambar 6**) tervalidasi dengan baik melalui survei lapangan yang mengkonfirmasi karakteristik fisik seperti kepadatan bangunan tinggi (secara horizontal), kualitas infrastruktur rendah (terutama drainase), dan aksesibilitas terbatas pada area yang terpetakan sebagai kumuh. Dengan demikian, integrasi UAV-OBIA mampu memetakan sebaran spasial permukiman kumuh. Studi menunjukkan bagaimana metode

analisis modern, khususnya Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System (GIS)*, dapat digunakan secara efektif untuk mengidentifikasi dan memetakan pola permukiman dengan lebih presisi. Walaupun pada wilayah pesisir, yang memiliki karakteristik geografis unik dan seringkali menjadi lokasi dengan dinamika permukiman yang kompleks [11]. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan integratif UAV dan OBIA merupakan alat yang efisien dalam pemetaan detail kondisi fisik permukiman kumuh di lingkungan pesisir yang kompleks untuk menyediakan data spasial yang akurat.

4. Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan bahwa dari total area yang diklasifikasi, kawasan yang terindikasi sebagai permukiman kumuh mencakup 9,50 Ha (18,6%). Kawasan ini terkonsentrasi di bagian tengah dan selatan wilayah studi, dengan karakteristik kepadatan bangunan tinggi, kualitas bangunan rendah, infrastruktur minim, dan akses terbatas. Sebagai perbandingan, area permukiman tidak kumuh seluas 8,91 Ha (17,5%) dan kawasan non-permukiman (seperti badan air, vegetasi, dan tanah terbuka) mendominasi dengan luas 32,63 Ha (63,9%). Analisis ketinggian bangunan lebih lanjut menguatkan temuan ini, di mana dominasi bangunan dengan tinggi 1-3,5 meter (57,45%) dan bangunan sangat rendah di bawah 1 meter (3,53%) berkorelasi kuat dengan ciri permukiman kumuh, terutama di kawasan yang rentan terhadap banjir rob. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa kombinasi UAV dan OBIA mampu menyediakan data spasial yang detail dan akurat, yang sangat krusial sebagai dasar yang kuat bagi pemerintah daerah dalam merencanakan program penataan kawasan dan intervensi yang lebih tepat sasaran di wilayah pesisir.

5. Ucapan Terima Kasih

Penelitian terlaksana atas dukungan akademis yang telah diberikan Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Ucapan terima kasih juga sampaikan kepada seluruh jajaran perangkat Kelurahan Bagan Deli, yang telah memberikan izin dan kemudahan akses selama proses penelitian di lapangan. Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak/Ibu Lurah Bagan Deli yang telah berkenan meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu secara langsung pada terselesainya artikel ini.

6. Singkatan

Cm	Centimeter
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
GEOBIA	<i>Geographic Object-Based Image Analysis</i>
Permen PUPR	Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
km ²	kilometer Persegi
Ha	Hektar
m	Meter
OBIA	<i>Object Based Image Analysis</i>

7. Daftar pustaka

- [1] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2021, "Tentang Penyelenggaraan Perumahan dan Kawasan Permukiman."
- [2] M. Kuffer, K. Pfeffer, dan R. Sliuzas, "Slums from Space—15 Years of Slum Mapping Using Remote Sensing," *Remote Sensing*, vol. 8, no. 6, pp. 455, 2016.
- [3] A. S. Thoha, O. O. A. L. Hulu, D. L. N. Sari, T. Y. Sari, dan Z. Mardiyadi, "Utilization of UAV technology for mapping of mangrove ecosystem at Belawan, Medan City, North Sumatera, Indonesia," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.*, vol. 977, no. 1, pp. 012102, 2022.
- [4] T. Blaschke, G. J. Hay, M. Kelly, S. Lang, P. Hofmann, E. Addink, R. Feitosa, F. van der Meer, H. van der Werff, F. Tiede, dan U. Heiden, "Geographic Object-Based Image Analysis: A new name for a new discipline," dalam *GEOBIA 2022-From pixels to ecosystems and global challenges*, 2022.
- [5] Q. P. Ashilah, Rokhmatuloh, dan R. Hernina, "Urban Slum Identification in Bogor Tengah Sub District, Bogor City Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Images and Object Based Image Analysis," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 879, no. 1, pp. 012073, 2021.
- [6] J. G. Gomes dan J. C. Pedrassoli, "Survey of Slum Housing Characteristics Using Drones: An Experiment in the Alto Das Pombas Community, Salvador de Bahia/Brazil," 2021.

-
- [7] D. P. Sari, P. Pangi, dan S. R. P. Sitorus, "The Physical and Social Characteristics of Slum Settlements in the Coastal Area of North Jakarta," *J. Environ. Sci. Sustainable Develop.*, vol. 4, no. 2, pp. 79-92, 2021.
- [8] M. A. Alfani dan H. Winarso, "The Influence of Home-Based Enterprises on the Transformation of Residential Areas in Jakarta Metropolitan Area," *J. Reg. City Planning*, vol. 33, no. 1, pp. 1-16, 2022.
- [9] D. Tunas dan M. S. Adhitama, *The Routledge Handbook of Urban Resilience*. Routledge, 2021.
- 10] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 14 Tahun 2018, "Tentang Pencegahan dan Peningkatan Kualitas terhadap Perumahan dan Permukiman Kumuh."
- [11] H. M. Taki dan M. Y. Lubis, "Analysis of Settlement Patterns in Coastal Areas Using Geographic Information Systems (GIS)," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 757, no. 1, pp. 012001, 2021.