

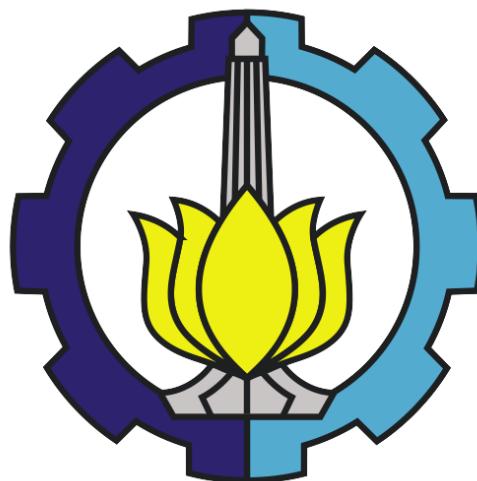
**SMART-I : SEGMENT ANYTHING MODEL FOR RESILIENT AND
SUSTAINABLE FOREST CITY IN IKN**

KOMPETISI KARYA TULIS ILMIAH GEOPPOINT IMG-ITB 2025

Geospatial Innovation For Sustainable Development:

Shaping The Future Through Technology

Sektor Infrastruktur



Disusun Oleh :

Michael Aragorn Purba (5016221004)

M Ulin Nuha Abduh (5017221007)

Mohammad Rifqi Alfarizi (5016221031)

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2024

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA
K2TI GEOPOINT IMG-ITB 2025

Yang bertanda tangan di bawah ini:

1. Ketua Tim

Nama lengkap : Michael Aragorn Purba
NIM : 5016221004
Program studi/fakultas : Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumian
Perguruan tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
E-mail : michaelaragorn004@gmail.com
Nomor *handphone* : 0881082375509

2. Dosen Pembimbing

Nama lengkap : Candida Aulia De Silva Nusantara, S.T., M.T.
NIP : 1995202311072
E-mail : candida.nusantara@its.ac.id
Nomor *handphone* : 085707329443

Menyatakan bahwa karya tulis ilmiah dengan judul “SMART-I” Segment Anything Model For Resilient And Sustainable *Forest City* in IKN” bersifat original dan belum pernah diikutsertakan/menjuarai dalam kompetisi sejenis. Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan panitia.

Surabaya, 10 oktober 2024

Dosen Pembimbing



Candida Aulia D., S.T., M.T.

NIP 1995202311072

Ketua Tim



Michael Aragorn Purba

NIM. 5016221004

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini yang berjudul "SMART-I: Segment Anything Model for Resilient and Sustainable *Forest City* in IKN" dengan baik. Karya tulis ini disusun dalam rangka mengikuti Kompetisi Karya Tulis Ilmiah (K2TI) Geopoint IMG-ITB 2025.

Dalam penyusunan karya tulis ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan. Oleh karena itu, dengan penuh rasa terima kasih, penulis menyampaikan penghargaan kepada:

1. Candida Aulia De Silva Nusantara, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penyusunan karya tulis ini.
2. Keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan moral dan semangat.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya tulis ini di masa mendatang. Semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam mendukung terciptanya kota hutan yang tangguh dan berkelanjutan di Ibu Kota Negara (IKN).

Surabaya, 10 Oktober 2024



Michael Aragorn Purba

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vii
ABSTRAK	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Konsep <i>Forest City</i> dan IKN (Ibu Kota Nusantara).....	4
2.2 Teknologi Pemantauan Lingkungan	6
2.3 Teknologi Penginderaan Jauh dan Citra Satelit	7
2.4 <i>Artificial Intelligence</i> dan <i>Machine Learning</i> (Bidang Geospasial)	7
2.5 <i>Unsupervised Classification</i>	8
2.6 <i>Segment-Anything Model (SAM)</i>	9
2.7 Evaluasi Model.....	10
BAB III METODOLOGI	12
3.1 Data	12
3.2 Metode	15
3.2.1 Diagram alir metode penggeraan.....	15
3.2.2 Proses Segmentasi <i>LangSAM</i>	16
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	27
4.1 Hasil	27
4.1.1 Hasil Segmentasi menggunakan <i>LangSAM</i>	27
4.1.2 Hasil Perhitungan IoU untuk setiap Sampel	29
4.1.3 Hasil perbandingan antara segmentasi dan klasifikasi unsupervised	31
4.1.4 Hasil Integrasi data segmentasi, klasifikasi <i>unsupervised</i> , perhitungan IoU, dan statistik analisis data.	32

4.2	Analisis.....	37
BAB V	PENUTUP.....	41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN.....		46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Penutupan Lahan Wilayah IKN (Sumber: Diolah dari peta penutupan Lahan BIG)	5
Gambar 2. 2 Gambar ilustrasi IoU	10
Gambar 3. 1 Instalasi dependencies	12
Gambar 3. 2 Memasukkan bbox leafmap	12
Gambar 3. 3 Penyimpanan GeoTIFF berdasarkan bbox	13
Gambar 3. 4 Diagram alir penelitian SMART-I	15
Gambar 3. 5 Instalasi dependencies segmentasi	16
Gambar 3. 6 pendefinsian path pemanggilan data GeoTIFF	16
Gambar 3. 7 Prompt objek yang akan disegmentasi	16
Gambar 3. 8 Uji threshold.....	17
Gambar 3. 9 Formuka perhitungan IoU	19
Gambar 3. 10 Persiapan dependencies untuk pembuatan <i>WebGIS</i>	21
Gambar 3. 11 Set path untuk gambar.....	21
Gambar 3. 12 Menambahkan judul <i>WebGIS</i> dan penjelasannya	21
Gambar 3. 13 Parameter awalah peta dan tingkat zoom	22
Gambar 3. 14 Penentuan folder shapefile dan session state.....	22
Gambar 3. 15 Pembuatan tombol navigasi (1).....	22
Gambar 3. 16 Pembuatan tombol navagasi (2)	23
Gambar 3. 17 Pembuatan kolom <i>WebGIS</i>	23
Gambar 3. 18 Penambahan data statistik dan indeksasi	23
Gambar 3. 19 Penambahan metadata dan centroid	23
Gambar 3. 20 Pendefinisian muka peta dan basemap.....	24
Gambar 3. 21 Penambahan warna berdasarkan gridcode	24
Gambar 3. 22 Penambahan hasil segmentasi LangSAM	24
Gambar 3. 23 Penambahan bagian pembuat dan kontributor (1)	25
Gambar 3. 24 Penambahan bagian pembuat dan kontributor (2)	25
Gambar 3. 25 Hasil <i>WebGIS</i>	26
Gambar 4. 1 Tampilan Awal <i>WebGIS</i>	33
Gambar 4. 2 Judul dan penjelasan singkat mengenai <i>WebGIS</i>	33
Gambar 4. 3 Tampilan utama Sampel 1 (tanpa SAM).....	33
Gambar 4. 4 Tampilan utama Sampel 1 (dengan SAM).....	34
Gambar 4. 5 Tampilan utama Sampel 2 (tanpa SAM).....	34
Gambar 4. 6 Tampilan utama Sampel 2 (dengan SAM).....	35
Gambar 4. 7 Tampilan utama Sampel 3 (tanpa SAM).....	35
Gambar 4. 8 Tampilan utama Sampel 3 (dengan SAM).....	35
Gambar 4. 9 Tampilan utama Sampel 4 (tanpa SAM).....	36
Gambar 4. 10 Tampilan utama Sampel 4 (dengan SAM).....	36
Gambar 4. 11 Tampilan utama Sampel 5 (tanpa SAM).....	36

Gambar 4. 12 Tampilan utama Sampel 5 (dengan <i>SAM</i>).....	37
Gambar 4. 13 Authors <i>WebGIS</i>	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel Sampel penelitian.....	13
Tabel 3. 2 Tabel hasil digitasi <i>ground truth</i>	18
Tabel 3. 3 Tabel hasil klasifikasi unsupervised	20
Tabel 4. 1 Hasil segmentasi <i>LangSAM</i>	28
Tabel 4. 2 Tabel perbandingan IoU.....	30
Tabel 4. 3 Tabel perbandingan klasifikasi dengan segmentasi	31

Michael Aragorn Purba¹, M Ulin Nuha Abduh², Mohammad Rifqi Alfarizi³

Candida Aulia De Silva Nusantara, S.T., M.T.⁴

^{1,3}Mahasiswa S1 Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember

²Mahasiswa S1 Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember

⁴Dosen pembimbing, Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

ABSTRAK

Pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN) sebagai pusat pemerintahan baru Indonesia menitikberatkan pada konsep *Forest City* yang berkelanjutan. Pengertian dari *Forest City* atau kota berbasis lanskap adalah ekosistem hutan sebagai pembentuk struktur ruang perkotaan dengan berorientasi pada kehidupan perkotaan dan memfasilitasi interaksi antar kegiatan perkotaan (Pamungkas, 2022). Untuk menjaga kelestarian lingkungan dan memastikan bahwa area hutan di sepenuhnya IKN tetap terjaga, diperlukan sistem pemantauan yang efisien dan akurat. Penelitian ini mengusung SMART-I WebGIS dengan menggunakan citra satelit resolusi tinggi secara periodik, dengan bantuan model *Segment Anything Model (SAM)* berbasis *Artificial Intelligence (AI)* untuk segmentasi bangunan di IKN. *SAM* didesain untuk menyegmentasikan objek yang menarik dalam sebuah gambar berdasarkan petunjuk tertentu yang diberikan oleh pengguna (Mazurowski et al., 2023). Proses pemantauan dimulai dengan akuisisi data citra satelit secara periodik. Citra tersebut kemudian diolah menggunakan Lang-SAM untuk mendeteksi perubahan tutupan lahan, khususnya perluasan area pembangunan. Lang-SAM sendiri merupakan ekstensi *SAM* yang memiliki kelebihan segmentasi menggunakan *text prompt* berbasis BERT (*base-uncased*). Penentuan nilai parameter *threshold* menggunakan proses iteratif yang menghasilkan nilai parameter *box threshold* dan *text threshold* terbaik sebesar 0,1027. Dengan demikian, visualisasi segmentasi dapat ditampilkan secara akurat dengan tingkat akurasi segmentasi lebih dari 70-85%, bergantung pada resolusi spasial dan cakupan wilayah dari citra satelit (Kotaridis dan Lazaridou, 2021), serta terintegrasi dengan dashboard *WebGIS* interaktif. Hasil penelitian ini memastikan bahwa sistem ini mampu memantau perubahan tutupan lahan terbangun di IKN, serta memperbarui data secara otomatis pada dashboard berdasarkan ketersediaan citra satelit resolusi tinggi. Implementasi sistem ini memungkinkan pengambilan keputusan yang tepat dan berbasis AI sebagai bentuk realisasi konsep *Forest City* di IKN.

Kata kunci: AI (*Artificial Intelligence*), Ibu Kota Nusantara, *Forest City*, Lang-SAM, SMART-I

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan tata ruang perkotaan di Indonesia semakin menjadi sorotan seiring dengan perencanaan dan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara sebagai pusat pemerintahan baru. IKN dirancang dengan konsep *Forest City*, yang menitikberatkan pada keseimbangan antara pengembangan kawasan urban dan pelestarian ekosistem hutan. Konsep ini diharapkan dapat menciptakan sebuah kota yang berkelanjutan, ramah lingkungan, serta mampu menjaga keseimbangan ekologi di tengah pesatnya pembangunan infrastruktur (Farida dan Bagus, 2023; Situngkir dan Panjaitan, 2023; Kurniawan dkk., 2024; Nurfatiha dkk., 2024). Pemilihan konsep *Forest City* didasari oleh keinginan untuk menjadikan IKN sebagai role model pembangunan kota hijau di masa depan, tidak hanya di Indonesia, tetapi juga secara global (Ibrahim dkk., 2023; Saputra & Widiansyah, 2022).

Namun, pembangunan skala besar seperti ini sering kali berpotensi menimbulkan berbagai dampak terhadap lingkungan, terutama perubahan tutupan lahan yang signifikan. Proses pembangunan yang masif dapat menyebabkan degradasi hutan, pergeseran ekosistem, serta penurunan kualitas lingkungan hidup jika tidak dikelola secara berkelanjutan (Suntoro dkk., 2023; Adinugroho dkk., 2022). Hal ini juga berdampak pada populasi fauna yang ada di sepenulir kawasan IKN, seperti primata yang terancam habitatnya akibat konversi lahan menjadi area terbangun (Laila, 2024). Selain itu, perubahan tutupan lahan dapat berdampak pada ketahanan lingkungan serta kualitas air dan tanah di area pembangunan (Gao, 2024). Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pemantauan yang mampu mendeteksi perubahan tutupan lahan secara akurat dan real-time untuk memastikan bahwa pembangunan IKN tetap sejalan dengan prinsip kelestarian lingkungan (Osco et al., 2023).

Salah satu tantangan utama dalam pemantauan tersebut adalah keterbatasan metode konvensional yang sering kali bersifat manual dan tidak responsif terhadap

perubahan yang cepat terjadi. Seiring dengan perkembangan teknologi digital dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), pengembangan sistem pemantauan berbasis teknologi mutakhir menjadi solusi yang efektif. Oleh karena itu, pemanfaatan citra satelit resolusi tinggi yang terintegrasi dengan model segmentasi berbasis AI seperti *Segment Anything Model (SAM)* merupakan inovasi yang potensial untuk diaplikasikan dalam pemantauan pembangunan di IKN. *SAM* memungkinkan segmentasi objek dalam citra satelit dengan lebih efisien dan akurat, sehingga mampu mengidentifikasi perubahan tutupan lahan yang diakibatkan oleh pembangunan secara cepat (Tripathi dkk., 2024).

Integrasi antara *SAM* dan *WebGIS* interaktif dalam penelitian ini menawarkan sebuah sistem yang tidak hanya mampu melakukan segmentasi otomatis pada citra satelit, tetapi juga menyajikan informasi tersebut dalam visualisasi yang mudah dipahami melalui dashboard interaktif. Dengan pendekatan ini, setiap perubahan tutupan lahan di IKN dapat dipantau dan dianalisis secara real-time, memudahkan pengambil kebijakan untuk mengimplementasikan strategi pembangunan yang lebih adaptif dan responsif terhadap kondisi lingkungan (Osco dkk., 2023).

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam menjaga kelestarian lingkungan di seputar IKN dengan memanfaatkan teknologi AI untuk pemantauan pembangunan yang lebih efektif dan efisien. Hal ini sejalan dengan komitmen Indonesia dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan, serta sebagai bentuk penerapan konsep *Forest City* yang diharapkan dapat menginspirasi pembangunan perkotaan di seluruh dunia (Ibrahim dkk., 2023; Nurfatiha dkk., 2024).

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dari penelitian ini:

- 1.2.1 Bagaimana model segmentasi berbasis AI, seperti *Segment Anything Model (SAM)*, dapat diintegrasikan dalam sistem pemantauan untuk mendeteksi perubahan tutupan lahan secara efisien?

1.2.2 Bagaimana sistem pemantauan berbasis *SAM* dan *WebGIS* interaktif dapat mendukung pengambilan keputusan yang adaptif dan responsif terhadap kondisi lingkungan di kawasan IKN?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang dikemukakan di atas, ditentukan tujuan yang ingin dicapai dalam melakukan penelitian ini meliputi:

- 1.3.1 Mengembangkan model segmentasi berbasis *AI*, seperti *Segment Anything Model (SAM)*, yang terintegrasi dalam sistem pemantauan untuk mendeteksi perubahan tutupan lahan secara efisien di kawasan Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara.
- 1.3.2 Mewujudkan sistem pemantauan berbasis *SAM* dan *WebGIS* interaktif yang mampu mendukung pengambilan keputusan yang adaptif dan responsif terhadap kondisi lingkungan, sehingga kebijakan pembangunan di IKN dapat lebih terarah dalam menjaga kelestarian lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep *Forest City* dan IKN (Ibu Kota Nusantara)

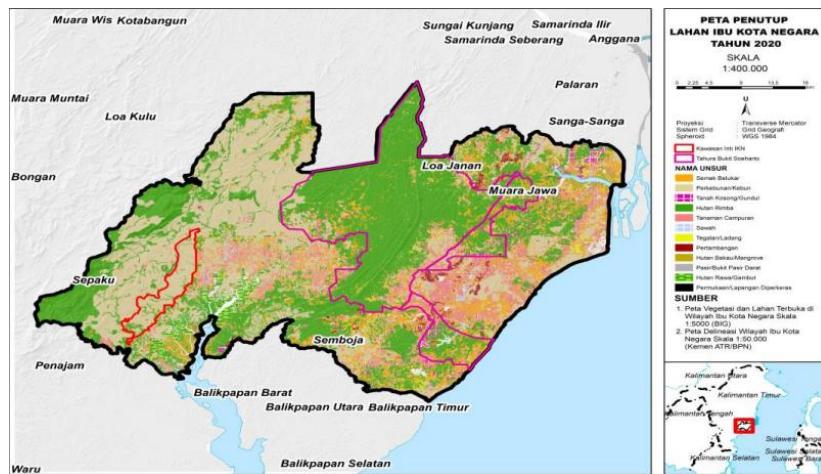
Konsep *Forest City* dan Ibu Kota Nusantara (IKN) merupakan dua elemen penting dalam perencanaan dan pengembangan kota yang berkelanjutan di Indonesia. Terminologi *Forest City* cukup jarang ditemukan di berbagai penelitian ilmiah sehingga banyak yang berpikir bahwa *Forest City* samaa dengan *Urban Forest*. Konsep *Forest City* ini juga banyak diadopsi dari berbagai konsep pembangunan kota yang pernah ada seperti *Sustainable City*, *Eco City*, *Green City* dan *Smart City*. Oleh karena itu, dapat juga dikatakan bahwa konsep ini merupakan pengembangan dari berbagai konsep perencanaan kota tersebut yang sangat memperhatikan keberlanjutan kota. *Urban Forest* mulai dikenal ketika penelitian terkait urban forestry pertama kali digagas di Amerika Serikat pada tahun 1960-an sebagai pendekatan integratif dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya pohon perkotaan (Bentsen dkk., 2020). Sejak itu, hutan memainkan peran yang cukup penting dalam pemeliharaan dan peningkatan ekologi lingkungan perkotaan. Beberapa jurnal menyebutkan bahwa, *Forest City* merupakan sebuah gagasan dalam perencanaan kota yang memiliki karakteristik adanya dominasi vegetasi atau penghijauan di perkotaan yang dapat juga berupa *vertical forest* (Guan dkk., 2018).

Forest City yakni menyediakan cara baru untuk mitigasi dan menangani masalah polusi dalam konteks regional hingga dapat menciptakan lingkungan perkotaan yang layak huni, seperti yang dijelaskan Shao & Xie (2019) bahwa *Forest City* adalah cara efektif untuk mengurangi pemanasan lingkungan atmosfer dan mengatasi emisi gas rumah kaca.

Forest City berupaya untuk mencapai *Sustainable Development Goals* (SDGs) dengan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, meningkatkan kualitas hidup masyarakat, dan menciptakan ruang terbuka hijau yang memadai. Penelitian menunjukkan bahwa implementasi konsep *Forest City* dapat membantu mengatasi masalah perkotaan seperti kemacetan, polusi, dan kurangnya ruang terbuka hijau (Amin dkk., 2022; Nurfadhil, 2024). Misalnya, Surabaya telah mengembangkan program *Forest City* dengan membangun ruang terbuka hijau dan

menerapkan kebijakan yang mendukung keberlanjutan lingkungan (Amin dkk., 2022; Nuralam, 2018). Selain itu, pentingnya ruang terbuka hijau dalam konteks urban juga ditekankan oleh penelitian yang menunjukkan bahwa ruang hijau berfungsi sebagai koridor habitat, pengendalian polusi, dan mitigasi banjir (Pokhrel, 2019).

IKN, sebagai ibu kota baru Indonesia, dirancang dengan visi untuk menjadi kota yang cerdas dan berkelanjutan. Konsep ini mencakup penggunaan energi terbarukan, pengurangan emisi gas rumah kaca, dan penerapan teknologi ramah lingkungan (Syailendra, 2024; Permatasari, 2023). IKN diharapkan dapat menjadi contoh bagi kota-kota lain di Indonesia dalam hal pengelolaan sumber daya dan keberlanjutan.



Gambar 2. 1 Peta Penutupan Lahan Wilayah IKN (Sumber: Diolah dari peta penutupan Lahan BIG)

Wilayah IKN memiliki Kawasan Hutan seluas 108.364,48 ha dengan tipe ekosistem yang beragam seperti ekosistem padang lamun, mangrove, rawa, hutan pantai, kerangas, dan hutan tropis dataran rendah. Berdasarkan status lahannya, kawasan Hutan di IKN terdiri dari kawasan Hutan Konservasi pada Tahura Bukit Soeharto, kawasan Hutan Produksi dan kawasan Hutan Lindung. Selain itu, di IKN juga terdapat kawasan yang diidentifikasi sebagai daerah bernilai konservasi tinggi yang merupakan kawasan dengan ekosistem langka sebagai habitat satwa dan perlindungan sempadan sungai, yang disebut juga dengan Daerah NKT1 dan NKT3. Penelitian menunjukkan bahwa IKN akan mengintegrasikan berbagai elemen seperti transportasi yang efisien, infrastruktur hijau, dan ruang publik yang

ramah lingkungan, yang semuanya bertujuan untuk menciptakan lingkungan yang lebih baik bagi penghuninya (Praditya dkk., 2023).

Lebih lanjut, pengembangan IKN juga menghadapi tantangan ekologis yang signifikan, termasuk pengelolaan sumber daya alam dan perlindungan lingkungan (Evelyn dkk., 2022). Oleh karena itu, strategi yang komprehensif dan inklusif diperlukan untuk memastikan bahwa pembangunan IKN tidak hanya memenuhi kebutuhan saat ini tetapi juga mempertimbangkan keberlanjutan jangka panjang. Hal ini sejalan dengan upaya pemerintah untuk menciptakan IKN sebagai model kota yang tidak hanya modern tetapi juga berorientasi pada keberlanjutan dan kesejahteraan masyarakat (Syailendra, 2024; Permatasari, 2023). Secara keseluruhan, baik konsep *Forest City* maupun IKN menekankan pentingnya keberlanjutan dalam perencanaan kota. Keduanya berupaya untuk menciptakan lingkungan yang lebih baik bagi masyarakat dengan memanfaatkan teknologi dan praktik ramah lingkungan. Dengan demikian, pengembangan IKN sebagai ibu kota baru diharapkan dapat menjadi pendorong bagi transformasi kota-kota lain di Indonesia menuju model yang lebih berkelanjutan dan inklusif.

2.2 Teknologi Pemantauan Lingkungan

Teknologi pemantauan lingkungan telah berkembang pesat, terutama dengan kemajuan dalam penginderaan jauh dan citra satelit. Penginderaan jauh adalah metode yang memungkinkan pengumpulan data tentang objek dan fenomena di permukaan bumi dari jarak jauh, biasanya menggunakan satelit atau pesawat terbang. Teknologi ini sangat penting dalam berbagai aplikasi, termasuk pemantauan lingkungan, pengelolaan sumber daya alam, dan perencanaan tata ruang (Matiur & Jaelani, 2019; Nursaputra dkk., 2021).

Teknologi pemantauan lingkungan mencakup berbagai metode dan alat yang digunakan untuk mengumpulkan data tentang kondisi lingkungan. Ini termasuk pengukuran kualitas udara, kualitas air, dan pemantauan perubahan penggunaan lahan. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) sering digunakan untuk membantu dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan lingkungan. SPK dapat mengintegrasikan data dari berbagai sumber dan memberikan analisis yang mendukung keputusan yang lebih baik (Heru, 2023).

2.3 Teknologi Penginderaan Jauh dan Citra Satelit

Penginderaan jauh adalah teknik untuk memperoleh informasi tentang objek atau area dari jarak jauh, biasanya menggunakan satelit atau pesawat terbang. Citra satelit memberikan data yang sangat berharga untuk pemantauan lingkungan, termasuk analisis tutupan lahan, pemantauan perubahan iklim, dan pengelolaan sumber daya alam. Metode seperti analisis multikriteria dapat digunakan untuk memilih sistem pemrosesan sampah yang optimal dengan mempertimbangkan berbagai faktor lingkungan dan sosial (Chaerul dkk., 2020). Selain itu, penggunaan citra multispectral dari berbagai satelit, seperti Landsat dan Sentinel, memungkinkan pemetaan yang lebih akurat dari jenis litologi dan tutupan lahan (Raharja, 2023).

Salah satu aplikasi utama dari penginderaan jauh adalah dalam pemantauan tutupan lahan dan perubahan lingkungan. Misalnya, penggunaan citra satelit Landsat 8 telah terbukti efektif dalam menganalisis perubahan tutupan lahan di berbagai daerah, termasuk di Kecamatan Tawangmangu, yang mengalami perubahan signifikan akibat pembangunan infrastruktur (Anissa, 2024). Selain itu, teknologi ini juga digunakan untuk memantau ekosistem mangrove, yang sangat rentan terhadap perubahan lingkungan dan aktivitas manusia (Hendrawan dkk., 2018; Hardiana, 2024). Dengan menggunakan citra satelit, peneliti dapat mengidentifikasi dan memetakan distribusi serta kerapatan vegetasi mangrove, yang penting untuk konservasi dan pengelolaan ekosistem pesisir (Patty dkk., 2022; Firmansyah dkk., 2021).

2.4 Artificial Intelligence dan Machine Learning (Bidang Geospasial)

Artificial Intelligence diperkenalkan untuk membuat dan mengembangkan "mesin berfikir" yang mampu untuk meniru, mempelajari, dan menggantikan kecerdasan dari manusia. Pada masa ini, *Artificial Intelligence* telah mencapai kesetaraan bahkan melebihi dari kemampuan manusia dalam mengerjakan suatu pekerjaan seperti, kategorisasi, rekomendasi, segmentasi atau bahkan keputusan medis (Chou dkk., 2022).

Kemampuan untuk mengakses suatu informasi dengan mengekstraksi suatu kombinasi dari data mentah dikenal sebagai *Machine Learning*. Teknologi ini menggunakan komputer untuk menyelesaikan masalah di dunia nyata, dan membuat keputusan subjektif berdasarkan jumlah dan keakuratan data yang diberikan. *Machine Learning* ini dibagi menjadi beberapa kategori yaitu *Supervised*, *Unsupervised*, dan *Semi-supervised*. Secara umum kategori *Supervised* ini akan membuat model statistik untuk memprediksi atau memperkirakan *output* berdasarkan satu atau lebih *input*. Sedangkan untuk kategori *Unsupervised* ini akan dapat mempelajari hubungan dan struktur dari data tersebut tanpa adanya parameter pengawas dari hasil *input* yang ada (Mirtaheri & Shahbazian, 2022).

Untuk bidang geospasial, hal mendasar mencakup bagaimana *Artificial Intelligence* dan *Machine Learning* dapat diterapkan secara khusus atau harus dibuat secara khusus untuk data spasial (Janowicz dkk., 2020). Memberikan gambaran umum tentang *Artificial Intelligence* secara spasial, yang “memanfaatkan kemajuan dalam teknik dan budaya data untuk mendukung penciptaan informasi geografis yang lebih cerdas serta metode, sistem, dan layanan untuk berbagai tugas hilir”. Disiplin ilmu yang muncul ini, yang disebut kecerdasan buatan geospasial (GeoAI), yang “menggabungkan inovasi dalam ilmu spasial, metode kecerdasan buatan dalam pembelajaran mesin (misalnya pembelajaran mendalam), penggalian data, dan komputasi berkinerja tinggi untuk mengekstraksi pengetahuan dari data besar spasial”, secara khusus akan meningkatkan teknologi yang sudah ada dan menciptakan teknologi baru untuk sistem informasi geospasial (SIG) (Vopham dkk., 2018).

2.5 *Unsupervised Classification*

Metode klasifikasi dibagi menjadi lunak dan keras atau relatif dan absolut, tetapi paling sering perbedaan dibuat antara klasifikasi yang diawasi dan tidak diawasi (Warner dan Campagna, 2009). Dengan metode yang diawasi, nilai sel pelatihan yang diketahui tersedia untuk klasifikasi, sedangkan itu tidak terjadi pada yang tidak diawasi (Theodoridis dan Koutroumbas, 2006); keduanya,

bagaimanapun, setidaknya sebagian dibentuk oleh penilaian dan pengetahuan subjektif individu (Warner dan Campagna, 2009).

Prosedur klasifikasi tanpa pengawasan dapat dibagi menjadi lima langkah dasar (Ferligoj 1989; Theodoridis dan Koutroumbas 2006):

- Langkah 1: memilih unit;
- Langkah 2: memilih variabel;
- Langkah 3: menghitung persamaan (dan perbedaan) antar unit;
- Langkah 4: memilih dan melaksanakan metode klasifikasi; dan
- Langkah 5: menilai klasifikasi akhir, yang hanya dapat dilakukan oleh ahli di bidang yang relevan.

Keunggulan *unsupervised classification* adalah kesalahan operator diminimalisir dan unique classes dianggap sebagai distinct units. Kekurangannya adalah korespondensi yang tidak jelas terhadap informational classes, kontrol yang terbatas terhadap classes, dan spectral classes tidak konstan.

2.6 Segment-Anything Model (SAM)

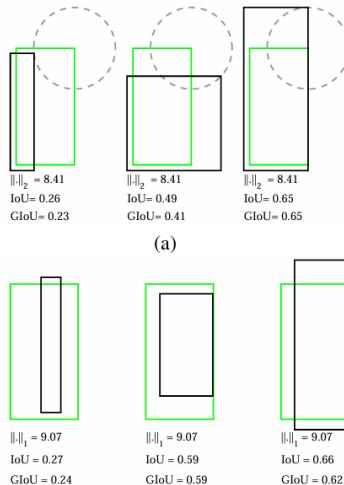
Dalam proses analisis data *remote sensing*, salah satu komponen penting adalah kemampuan untuk secara akurat mengidentifikasi objek dan kenampakan spasial menjadi golongan atau kelas tertentu proses ini disebut proses segmentasi (Kotaridis & Lazaridou, 2021). Proses segmentasi ini biasanya membutuhkan waktu yang lama dan membutuhkan pengawasan dan intervensi manusia yang tinggi untuk menghasilkan analisis yang akurat. Namun seiring berkembangnya *artificial intelligence* dan *deep learning*, proses segmentasi ini bisa dilakukan secara otomatis dengan intervensi manusia yang minimal (Bai dkk., 2022).

Segment-Anything Model (SAM), adalah *artificial intelligence* yang dikembangkan oleh Meta A.I untuk menganalisis data spasial atau data foto. Sesuai dengan namanya, *SAM* ini dikhususkan untuk melakukan segmentasi foto dengan kemampuan analisis yang luas dan akurat untuk setiap jenis *image dataset*, tanpa perlu melakukan *data train* untuk objek yang kurang familier. Meski begitu, penulis dapat membatasi kelas segmentasi dengan kondisi spesifik menggunakan *PerSAM (Personalisation Segment Anything Model)* atau menggunakan *LangSAM (Languange Segment Anything Model)*. Disini penulis fokus menggunakan

LangSAM karena penulis akan melakukan segmentasi menggunakan pendekatan *text-based prompt* untuk mengidentifikasi satu jenis kelas khusus sesuai perintah yang diberikan. *Text-based prompt* berkerja dengan mengidentifikasi kenampakan objek yang ada di citra *remote sensing* berdasarkan model yang diturunkan dari definisi "bahasa" perintah yang digunakan (Osco, et al., 2023).

2.7 Evaluasi Model

Intersection over Union (IoU) adalah metrik evaluasi umum untuk masalah deteksi objek dan segmentasi. Ini mengukur tumpang tindih antara segmentasi yang diprediksi dan kebenaran dasar (Rahman dan Wang, 2016). IoU adalah area tumpang tindih dibagi dengan area penyatuan segmentasi kebenaran yang diprediksi dan dasar.



Gambar 2. 2 Gambar ilustrasi IoU

Untuk mengukur kesamaan antara dua objek, seperti dua bounding box. IoU menghitung rasio antara area perpotongan dua bounding box dengan area gabungannya, yang dinyatakan dalam formula berikut:

$$IoU = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

Di mana A dan B adalah dua bounding box yang dibandingkan. Nilai IoU berkisar antara 0 hingga 1. Jika IoU bernilai 1, berarti kedua objek sepenuhnya tumpang tindih (overlap sempurna), sedangkan nilai 0 berarti tidak ada overlap sama sekali.

IoU yang lebih tinggi berarti segmentasi yang lebih akurat. Persamaan untuk mencapainya disajikan sebagai:

$$IoU = \frac{TP}{TP + FP + FN}$$

Di sini, TP mewakili Positif Benar (posisi yang diidentifikasi dengan benar), FP mewakili Positif Palsu (posisi yang salah diidentifikasi), dan FN mewakili Negatif Palsu (positif yang terlewatkan).

BAB III

METODOLOGI

3.1 Data

Data yang akan penulis gunakan dalam melakukan penelitian “**SMART-I SEGMENT ANYTHING MODEL FOR RESILIENT AND SUSTAINABLE FOREST CITY IN IKN**” ini adalah data citra satelit resolusi tinggi (menggunakan *basemap Sampel wilayah IKN*). Disini penulis akan menggunakan data basemap Satelit *google earth* wilayah IKN terbaru yang penulis bisa dapatkan menggunakan leafmap. Berikut merupakan langkah mendapatkan data basemap IKN menggunakan *leafmap*:

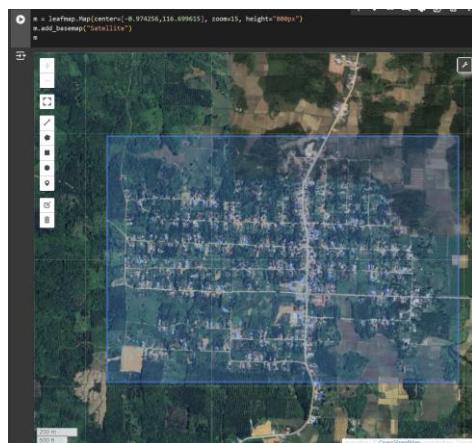
1. Melakukan instalasi dan persiapan *dependencies* yang diperlukan. Disini penulis akan membutuhkan *dependencies* yaitu “segment-geospatial” yang merupakan *SAM* itu sendiri, “groundingdino-py”, “leafmap”, dan “localtile server”.

```
pip install segment-geospatial groundingdino-py leafmap localtileserver

import leafmap
from samgeo import tms_to_geotiff
from samgeo.text_sam import LangSAM
```

Gambar 3. 1 Instalasi *dependencies*

2. Membuat peta interaktif menggunakan leafmap, dan menentukan sampel wilayah IKN menggunakan bbox yang penulis definisikan.



Gambar 3. 2 Memasukkan *bbox* *leafmap*

- Melakukan penyimpanan data GeoTIFF Sampel wilayah IKN di google drive.

```

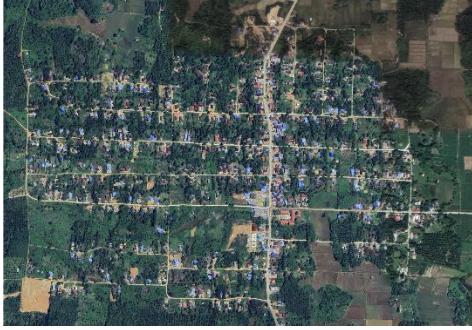
● ● ●
bbox = m.user_roi_bounds()
image = "/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/satellite_image.tif"
tms_to_geotiff(output=image, bbox=bbox, zoom=20, source="Satellite", overwrite=True)

```

Gambar 3. 3 Penyimpanan *GeoTIFF* berdasarkan *bbox*

- Melakukan langkah 1-3 untuk mendapatkan 5 data sampel wilayah IKN, berikut merupakan 5 data Sampel citra satelit wilayah IKN.

Tabel 3. 1 Sampel penelitian

Sampel 1 (116°44'22"E 0°57'2"S) (Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	
Sampel 2 (116°42'52"E 0°57'2"S) (Pemukiman Menteri Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	
Sampel 3 (116°43'12"E 0°57'58"S) (Area Lapangan IKN, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	

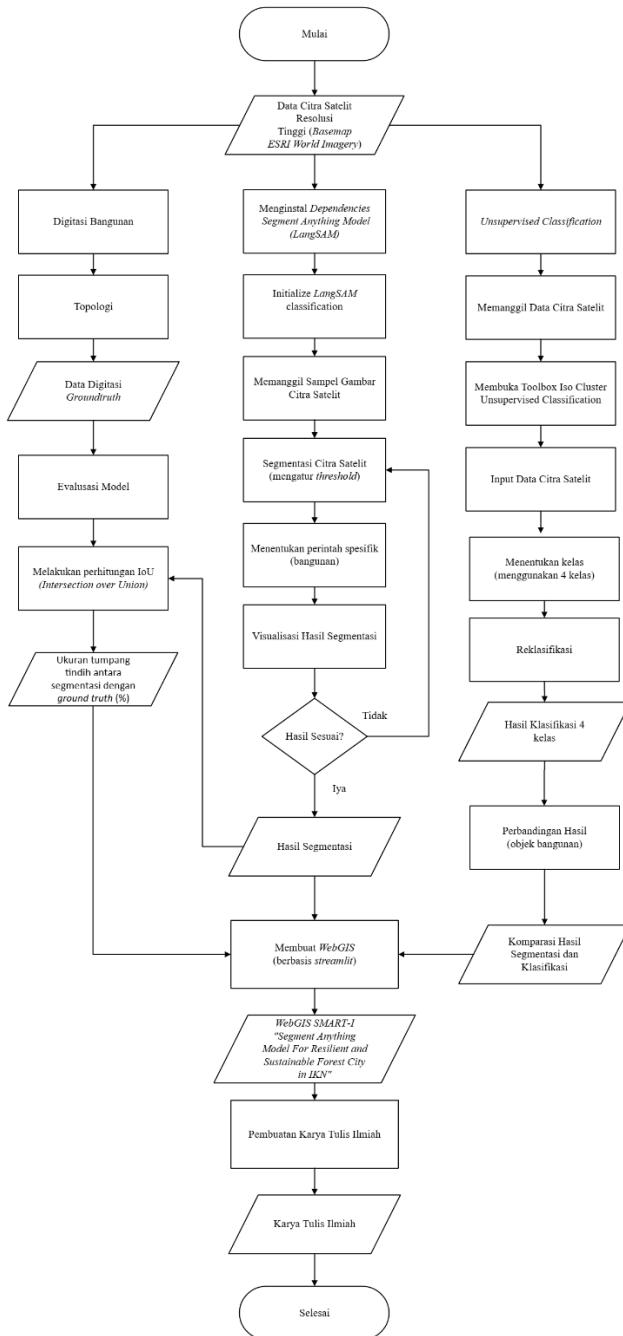
<p>Sampel 4 $(116^{\circ}41'32"E 0^{\circ}57'22"S)$ (Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)</p>	
<p>Sampel 5 $(116^{\circ}42'1"E 0^{\circ}58'36"S)$ (Area Lapangan IKN, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)</p>	

3.2 Metode

Berikut merupakan metode dan diagram alir dalam penelitian “**SMART-I** SEGMENT ANYTHING MODEL FOR RESILIENT AND SUSTAINABLE FOREST CITY IN IKN”:

3.2.1 Diagram alir metode pengerjaan

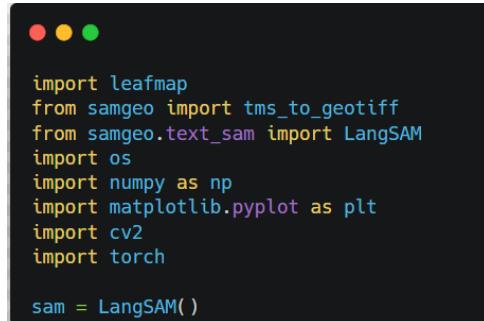
Berikut merupakan diagram alir pengerjaan.



Gambar 3. 4 Diagram alir penelitian SMART-I

3.2.2 Proses Segmentasi *LangSAM*

1. Melakukan instalasi dan persiapan *dependencies* yang diperlukan. Disini penulis akan membutuhkan *dependencies* yaitu “segment-geospatial” yang merupakan *SAM* itu sendiri, “groundingdino-py”, “leafmap”, dan “localtile server”.

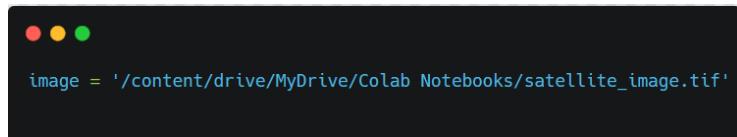


```
import leafmap
from samgeo import tms_to_geotiff
from samgeo.text_sam import LangSAM
import os
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import cv2
import torch

sam = LangSAM()
```

Gambar 3. 5 Instalasi *dependencies* segmentasi

2. Melakukan pemanggilan data sampel geoTIFF yang telah penulis dapatkan sebelumnya, disini penulis akan menggunakan sampel pertama yang telah penulis dapatkan.



```
image = '/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/satellite_image.tif'
```

Gambar 3. 6 pendefinsian *path* pemanggilan data *GeoTIFF*

3. Memasukkan *text prompt* jenis objek spasial yang akan segmentasi, disini penulis akan memasukkan *text prompt* “*building*”. Untuk mensegmentasi bangunan yang ada di sampel *geoTIFF*.



```
text_prompt = "building"
```

Gambar 3. 7 *Prompt* objek yang akan disegmentasi

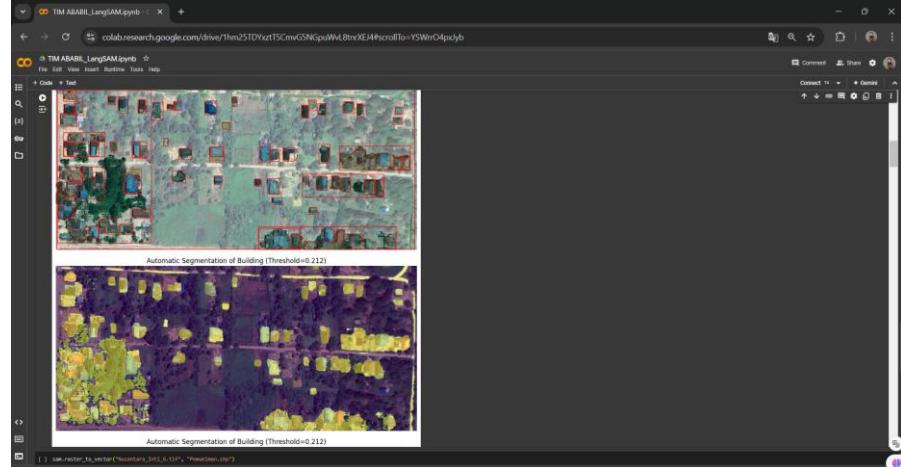
4. Melakukan uji *threshold* untuk menentukan parameter “kepercayaan” dalam penentuan segmentasi oleh *SAM*, disini

penulis akan melakukan uji *threshold* menggunakan proses iteratif.

```
for i in list_box:  
    torch.cuda.empty_cache()  
  
    sam.predict(image, text_prompt, box_threshold=i, text_threshold=list_text)  
    sam.show_anns(  
        cmap="Greens",  
        box_color="red",  
        title=f"Segmentasi Bangunan di IKN (box_threshold : {i})",  
        blend=True,  
    )  
  
    sam.show_anns(  
        cmap="viridis",  
        add_boxes=False,  
        alpha=0.5,  
        title="Segmentasi Bangunan di IKN",  
    )
```

Gambar 3. 8 Uji *threshold*

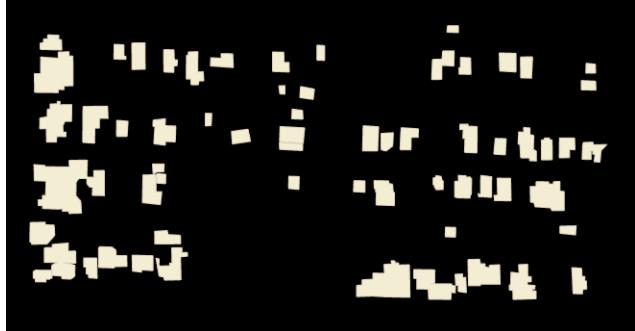
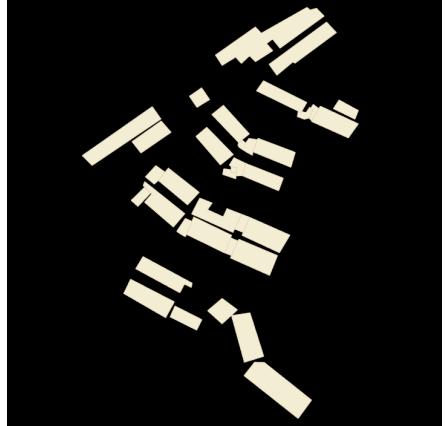
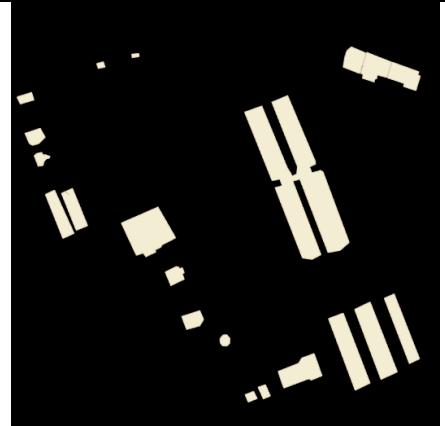
5. Setelah didapatkan parameter *threshold* terbaik, penulis akan melanjutkan dengan melakukan segmentasi menggunakan *LangSAM* untuk setiap data.
6. Berikut merupakan contoh hasil segmentasi menggunakan *LangSAM* yang selanjutnya akan ditampilkan keseluruhan data pada Tabel 4.1

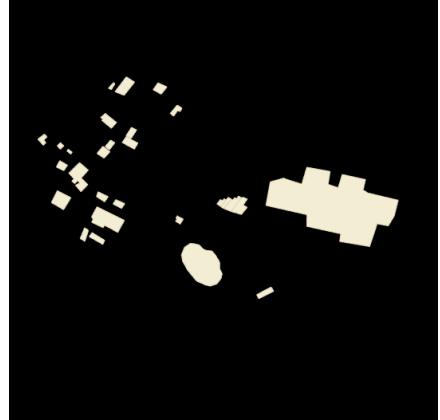
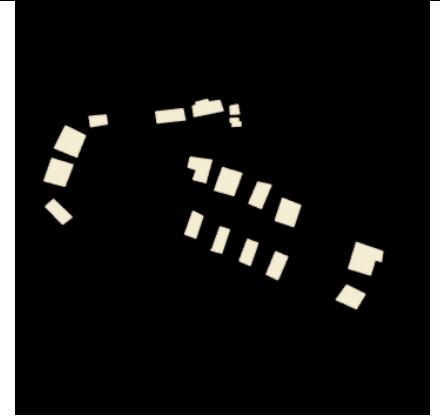


3.2.3 Proses uji akurasi

1. Menyiapkan data *ground truth* berupa hasil digitasi 5 area sampel yang telah didapatkan.

Tabel 3. 2 Tabel hasil digitasi *ground truth*

Sampel 1 (116°44'22"E 0°57'2"S) (Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	
Sampel 2 (116°44'22"E 0°57'2"S) (Pemukiman Menteri Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	
Sampel 3 (116°43'12"E 0°57'58"S) (Area Lapangan IKN, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	

<p>Sampel 4 (116°41'32"E 0°57'22"S) (Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)</p>	
<p>Sampel 5 (116°42'1"E 0°58'36"S) (Area Lapangan IKN, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)</p>	

2. Melakukan perhitungan irisan dan gabungan sesuai dengan rumus *IoU*, dengan A mewakili luas *ground truth* yaitu hasil digitasi, dan B adalah luas hasil segmentasi menggunakan *LangSAM*.

$$IoU = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

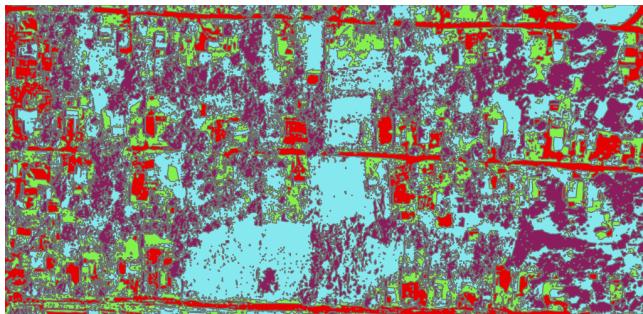
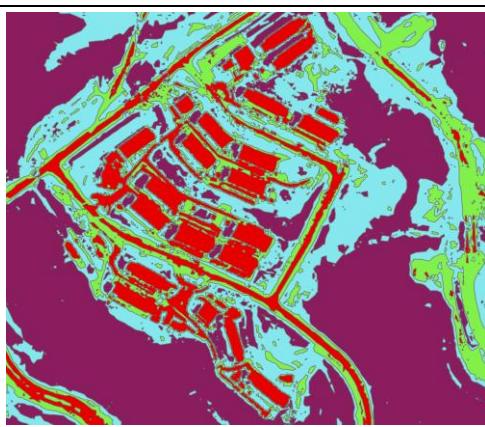
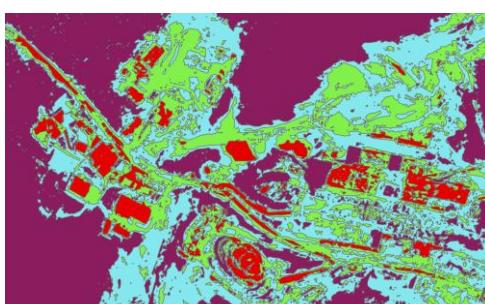
Gambar 3. 9 Formuka perhitungan *IoU*

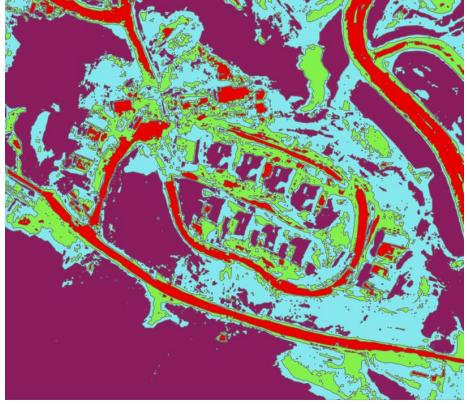
3. Melakukan uji akurasi IoU untuk setiap Sampel.

3.3.4 Proses pembuatan peta klasifikasi *unsupervised*

1. Menyiapkan data raster tiap sampel yang akan penulis lakukan klasifikasi *unsupervised*
2. Membuka ArcGIS Pro, dan menambahkan setiap data sampel pada ArcGIS Pro.
3. Membuat klasifikasi *unsupervised* menggunakan perintah *iso cluster unsupervised classification* untuk setiap sampel.

Tabel 3. 3 Tabel hasil klasifikasi *unsupervised*

Sampel 1 (116°44'22"E 0°57'2"S) (Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	
Sampel 2 (116°44'22"E 0°57'2"S) (Pemukiman Menteri Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	
Sampel 3 (116°43'12"E 0°57'58"S) (Area Lapangan IKN, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	
Sampel 4 (116°41'32"E 0°57'22"S) (Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	

<p>Sampel 5 (116°42'1"E 0°58'36"S) (Area Lapangan IKN, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)</p>		
---	--	--

3.3.5 Proses pembuatan *WebGIS* peta interaktif

1. Menyiapkan dan melakukan instalasi *dependencies*, disini penulis akan menggunakan empat *dependencies* yaitu streamlit, leafmap, geopandas dan os.

```
import streamlit as st
import leafmap.foliumap as leafmap
import geopandas as gpd
import os
```

Gambar 3. 10 Persiapan *dependencies* untuk pembuatan *WebGIS*

2. Melakukan set *path* untuk media gambar yang ingin ditampilkan seperti data statistik, logo institut dan logo tim.

```
smart_i_logo_path = "C:/Users/mulin/Lomba/Geopoint/Images/logo_gabungan.png"
other_logo_path = "C:/Users/mulin/Lomba/Geopoint/Images/logo gg gemink.png"
statistik_folder = "C:/Users/mulin/Lomba/Geopoint/Images/statistik"
```

Gambar 3. 11 Set *path* untuk gambar

3. Menambahkan judul *WebGIS*, dan penjelasan tentang *WebGIS* dan penelitian yang dibuat

```
st.markdown('
    

# Smart-I



SEGMENT ANYTHING MODEL FOR RESILIENT AND SUSTAINABLE FOREST CITY IN IKN



SMART-I adalah model segmentasi berbasis kecerdasan buatan (AI) yang dirancang untuk memantau pembangunan IKN Nusantara secara akurat dan real-time dalam mendukung konsep Forest City. Dengan menggunakan Segment Anything Model (SAM), SMART-I mampu mendeteksi perubahan tutupan lahan dari citra satelit secara efisien, sehingga menjaga kesimbangan antara pembangunan dan kelestarian ekosistem hutan. Sistem ini terintegrasi dengan WebGIS interaktif, memungkinkan visualisasi data yang mudah dipahami dalam dashboard untuk mendukung pengambilan keputusan adaptif. Pendekatan ini diharapkan dapat mewujudkan pembangunan kota berkelanjutan di Indonesia dan menjadi inspirasi global.


    ''',
    unsafe_allow_html=True
)
```

Gambar 3. 12 Menambahkan judul *WebGIS* dan penjelasannya

4. Menentukan parameter awalan peta seperti lokasi titik tengah (Indonesia) dan tingkat *zoom*.

```
initial_location = [-2.548926, 118.0148634]
zoom_level = 5
```

Gambar 3. 13 Parameter awalan peta dan tingkat *zoom*

5. Menentukan folder untuk pemanggilan *shapefile* hasil segmentasi *LangSAM* dan klasifikasi *unsupervised*, serta melakukan inisiasi *session state* untuk indeksasi *shapefile*.

```
shapefile_folder = 'C:/Users/mulin/Lomba/Geopoint/Supervised/'
new_shapefiles_folder = 'C:/Users/mulin/Lomba/Geopoint/SAM SEMUA/'

# Mendapatkan daftar file shapefile
shapefiles = [f for f in os.listdir(shapefile_folder) if f.endswith('.shp')]
new_shapefiles = [f for f in os.listdir(new_shapefiles_folder) if f.endswith('.shp')]

# Inisialisasi session state untuk indeks shapefile
if 'shapefile_index' not in st.session_state:
    st.session_state['shapefile_index'] = 1
```

Gambar 3. 14 Penentuan folder *shapefile* dan *session state*

6. Membuat tombol navigasi untuk melakukan penampilan data *shapefile* pada tiap wilayah Sampel berbeda menggunakan peta.

```
st.markdown(
"""
<style>
.stButton > button {
    background-color: #800080;
    color: white;
    padding: 10px 10px;
    border: none;
    border-radius: 4px;
    margin: 0 auto;
    display: block;
    font-size: 10px;
}
.center-content {
    display: flex;
    flex-direction: column;
    justify-content: center;
    height: 100%;
    margin: 0 auto;
}
</style>
""",
unsafe_allow_html=True,
)

col1, col2, col3 = st.columns([3, 1, 3])

with col1:
    st.write("")

with col2:
    col5, col6 = st.columns([1,1])
    with col5:
        previous = st.button("Previous", use_container_width=True)
    with col6:
        next = st.button("Next", use_container_width=True)
```

Gambar 3. 15 Pembuatan tombol navigasi (1)

```

with col3:
    st.write("")

if previous:
    st.session_state['shapefile_index'] -= 1
    if st.session_state['shapefile_index'] < 1:
        st.session_state['shapefile_index'] = len(shapefiles)
elif next:
    st.session_state['shapefile_index'] += 1
    if st.session_state['shapefile_index'] > len(shapefiles):
        st.session_state['shapefile_index'] = 1

```

Gambar 3. 16 Pembuatan tombol navigasi (2)

7. Membuat layout berisi dua kolom yang digunakan untuk informasi *shapefile* dan muka peta.

```

# Membuat layout dengan dua kolom untuk informasi shapefile dan peta
col_info, col_map = st.columns([2, 3])

```

Gambar 3. 17 Pembuatan kolom *WebGIS*

8. Menambahkan dalam kolom sebelah kiri berisi data informasi *shapefile* dan gambar data statistik berdasarkan index, pastikan index gambar data statistik dan index tampilan *shapefile* pada muka peta selaras dengan input tombol navigasi pada langkah 6.

```

with col_info:
    st.markdown('<div class="center-content">', unsafe_allow_html=True)
    # Menggunakan HTML dan CSS untuk menampilkan border di sekitar informasi
    st.markdown(
    """
    <div style="border: 2px solid #800080; border-radius: 8px; padding: 20px; margin-bottom: 20px;">
        <h3 style="text-align: center;">Informasi Segmentasi</h3>
    """,
    unsafe_allow_html=True
)

    # Menampilkan gambar statistik berdasarkan indeks
    statistik_image_path = os.path.join(statistik_folder, f"(shapefile_index).png")
    if os.path.exists(statistik_image_path):
        st.image(statistik_image_path, caption="Statistik Shapefile", use_column_width=True)
    else:
        st.write("Gambar statistik tidak tersedia.")

    selected_file_name = shapefiles[shapefile_index - 1]
    shapefile_path = os.path.join(shapefile_folder, selected_file_name)
    gdf = gpd.read_file(shapefile_path)

```

Gambar 3. 18 Penambahan data statistik dan indeksasi

9. Menambahkan dalam kolom sebelah kiri yaitu metadata dari *shapefile* dan centroids dari *shapefile*.

```

# Mendapatkan pusat dari bounding box shapefile
center = gdf.geometry.unary_union.centroid.coords[0]

# Menampilkan informasi pusat koordinat shapefile
st.write(f"**Koordinat Pusat:** {center}")

# Menampilkan informasi metadata
st.write("### Referensi Spasial:")
st.write(f"- **Proyeksi : Universal Transverse Mercator**")
st.write(f"- **Datum : WGS 1984**")
st.write(f"- **Zona : 50S**")

```

Gambar 3. 19 Penambahan metadata dan *centroid*

10. Menambahkan muka peta dasar pada kolom sebelah kanan menggunakan leafmap.

```
with col_map:
    m = leafmap.Map(center=initial_location, zoom=zoom_level)
    m.add_basemap("Esri.WorldImagery")
```

Gambar 3. 20 Pendefinisian muka peta dan *basemap*

11. Menambahkan warna pada hasil *shapefile* klasifikasi *unsupervised* sesuai dengan gridcode, dan menambahkannya pada peta leafmap.

```
# Fungsi untuk menentukan warna berdasarkan nilai gridcode
def get_color(gridcode):
    color_map = {
        1: "#FF0000", # Merah
        2: "#00FF00", # Hijau
        3: "#0000FF", # Biru
        4: "#FFFF00", # Kuning
        5: "#FFA500", # Oranye
    }
    return color_map.get(gridcode, "#FF0000")

# Menambahkan data shapefile yang dipilih ke peta dengan warna berdasarkan gridcode
def style_function(feature):
    gridcode = feature['properties'].get('gridcode', 0)
    color = get_color(gridcode)
    return {
        'fillColor': color,
        'color': color,
        'weight': 2,
        'fillOpacity': 0.5
    }

m.add_gdf(gdf, layer_name=selected_file_name, style_function=style_function)
```

Gambar 3. 21 Penambahan warna berdasarkan *gridcode*

12. Menampilkan hasil segmentasi *LangSAM* pada muka peta sesuai dengan *index* input yang dimasukkan.

```
# Menambahkan shapefile hasil segmentasi jika checkbox dipilih
show_segmented = st.checkbox("Tampilkan Segmentasi")
# Menambahkan data shapefile hasil segmentasi ke peta dengan border berwarna ungu
def segment_style_function(feature):
    gridcode = feature['properties'].get('gridcode', 0)
    color = get_color(gridcode)
    return {
        'fillColor': color,
        'color': "#800080",
        'weight': 2,
        'fillOpacity': 1
    }
if show_segmented and shapefile_index <= len(new_shapefiles):
    # Cek apakah ada segmentasi dengan nama yang sama
    selected_file_name = shapefiles[shapefile_index - 1]
    segmented_file_name = selected_file_name # Sesuaikan nama segmentasi dengan nama file asli

    # Pastikan ada segmentasi dengan nama yang sama di folder segmentasi
    segmented_shapefile_path = os.path.join(new_shapefiles_folder, segmented_file_name)
    if os.path.exists(segmented_shapefile_path):
        segmented_gdf = gpd.read_file(segmented_shapefile_path)
        # Menambahkan data shapefile hasil segmentasi ke peta dengan border berwarna ungu
        m.add_gdf(segmented_gdf, layer_name=segmented_file_name, style_function=segment_style_function)
    else:
        st.write("Tidak ada segmentasi yang cocok.")

# Menampilkan peta di Streamlit
m.to_streamlit(width=800, height=600)
```

Gambar 3. 22 Penambahan hasil segmentasi *LangSAM*

13. Menambahkan bagian pembuat dan kontributor dalam *WebGIS*.

```
# Menambahkan bagian About Author sebelum footer
st.write("<hr>", unsafe_allow_html=True)
st.markdown("<h2 style='text-align: center; color: #75F442'>About the Authors</h2>", unsafe_allow_html=True)

# Menentukan jalur folder untuk gambar penulis
authors_folder = "Images/authors"

# Membuat layout dengan tiga kolom untuk informasi setiap penulis
col1, col2, col3 = st.columns(3)

with col1:
    author1_image_path = os.path.join(authors_folder, "1.png") # Pastikan file berada di jalur relatif ini
    st.image(author1_image_path, use_column_width=True)
    st.markdown(
        """
        <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-bottom: 10px;">
            <div style="text-align: center; width: 100px;">
                <p style="color: #75F442; font-size: 1.5em">Mohammad Rifqil Alfariziki</p>
                <div style="display: inline-block; gap: 10px; width: 100px;">
                    <a href="https://www.linkedin.com/in/mohammad-rifqi-alfarizi-183517315?utm_source=share&utm_campaign=share_via&utm_content=profile&utm_medium=android_app" target="_blank">
                        
                    </a>
                    <a href="https://www.instagram.com/rifqialfarizi/" target="_blank">
                        
                    </a>
                </div>
            </div>
            <p>Mahasiswa SI Teknik Geomatika ITS angkatan 2022 dan anggota Tim ABABIL. Bertanggung jawab atas pembuatan sistem SMART-I yang menggunakan Segment Anything Model (SAM) berbasis Artificial Intelligence, serta melakukan analisis data spasial untuk menguji tingkat keandalan data statistik.</p>
        </div>
        """
    )
    unsafe_allow_html=True
)
```

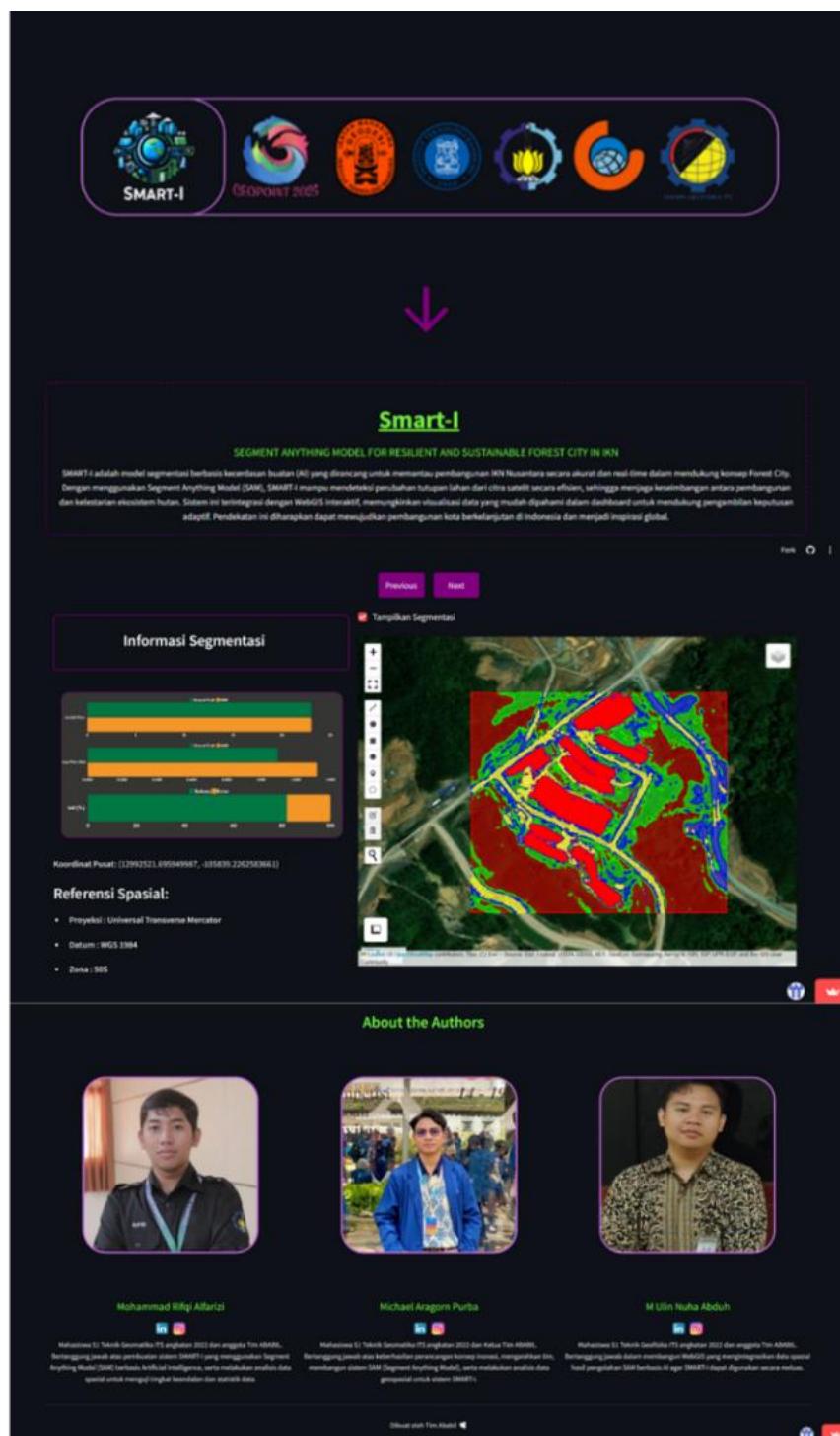
Gambar 3. 23 Penambahan bagian pembuat dan kontributor (1)

```
with col2:
    author2_image_path = os.path.join(authors_folder, "2.png") # Ganti dengan nama file gambar penulis 2
    st.image(author2_image_path, use_column_width=True)
    st.markdown(
        """
        <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-bottom: 10px;">
            <div style="text-align: center; width: 100px;">
                <p style="color: #75F442; font-size: 1.5em">Michael Aragon Purba</p>
                <div style="display: inline-block; gap: 10px; width: 100px;">
                    <a href="https://www.linkedin.com/in/michael-aragon-purba-a047b8208" target="_blank">
                        
                    </a>
                    <a href="https://www.instagram.com/mich_aragon71gh/" target="_blank">
                        
                    </a>
                </div>
            </div>
            <p>Mahasiswa SI Teknik Geomatika ITS angkatan 2022 dan Ketua Tim ABABIL. Bertanggung jawab atas keberhasilan perancangan konsep inovasi, menganalisa tim, membangun sistem SAM (Segment Anything Model), serta melakukan analisis data geospasial untuk sistem SMART-I.</p>
        </div>
        """
    )
    unsafe_allow_html=True
)

with col3:
    author3_image_path = os.path.join(authors_folder, "3.png") # Ganti dengan nama file gambar penulis 3
    st.image(author3_image_path, use_column_width=True)
    st.markdown(
        """
        <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-bottom: 10px;">
            <div style="text-align: center; width: 100px;">
                <p style="color: #75F442; font-size: 1.5em">Ulpin Muha Abdurrahman</p>
                <div style="display: inline-block; gap: 10px; width: 100px;">
                    <a href="https://www.linkedin.com/in/ulimuhahabdullah/" target="_blank">
                        
                    </a>
                    <a href="https://www.instagram.com/ulimuhahabdullah_1ighz7Dk3m1MqQmRft/" target="_blank">
                        
                    </a>
                </div>
            </div>
            <p>Mahasiswa SI Teknik Geofisika ITS angkatan 2022 dan anggota Tim ABABIL. Bertanggung jawab dalam membangun WebGIS yang mengintegrasikan data spasial hasil pengolahan SAM berbasis AI agar SMART-I dapat digunakan secara mulus.</p>
        </div>
        """
    )
    unsafe_allow_html=True
)
```

Gambar 3. 24 Penambahan bagian pembuat dan kontributor (2)

14. Berikut merupakan hasil kode yang telah dijalankan.



Gambar 3. 25 Hasil WebGIS

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

4.1 Hasil

Dari pelaksanaan penelitian “**SMART-I” SEGMENT ANYTHING MODEL FOR RESILIENT AND SUSTAINABLE FOREST CITY IN IKN**” sesuai dengan data dan metode yang disampaikan, didapatkan hasil sebagai berikut :

4.1.1 Hasil Segmentasi menggunakan *LangSAM*

Sebelum melakukan proses segmentasi menggunakan *LangSAM*, penulis perlu melakukan uji parameter *threshold* untuk menentukan parameter kepercayaan dari masing masing *threshold*. Pada *LangSAM* sendiri terdapat dua *threshold* yang harus diatur untuk mendapatkan hasil segmentasi yang terbaik, berikut merupakan masing masing *threshold* yang harus dikalibrasi :

1. Box Threshold

Box threshold ini adalah parameter dengan rentang bilangan 0 hingga 1 yang berfungsi untuk melakukan seleksi dan deteksi objek di *LangSAM*. Nilai *box threshold* yang makin besar membuat model yang dibuat lebih selektif dan memilih objek yang paling dipercaya, sedangkan angka yang makin kecil membuat model lebih toleran, yang meningkatkan daya deteksi namun dengan tingkat *confidence level* yang tidak begitu tinggi. Pada uji coba *box threshold* pada wilayah IKN didapatkan nilai 0.1027 hingga 0.24 merupakan nilai *threshold* terbaik.

2. Text Threshold

Text Threshold digunakan untuk mengasosiasikan objek yang terdeteksi dengan prompt teks yang disediakan. Nilai yang lebih tinggi memerlukan asosiasi yang lebih kuat antara objek dan petunjuk teks, sehingga menghasilkan asosiasi yang lebih tepat, tetapi berpotensi lebih sedikit. Nilai yang lebih rendah

memungkinkan asosiasi yang lebih longgar, yang dapat meningkatkan jumlah asosiasi, tetapi juga menghasilkan kecocokan yang kurang tepat. Pada uji coba *text threshold* pada wilayah IKN didapatkan nilai 0.1027 hingga 0.24 merupakan nilai *text threshold* terbaik

Berikut merupakan hasil segmentasi objek bangunan dari setiap Sampel menggunakan *LangSAM* :

Tabel 4. 1 Hasil segmentasi *LangSAM*

Sampel 1 (116°44'22"E 0°57'2"S) (Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	
Sampel 2 (116°44'22"E 0°57'2"S) (Pemukiman Menteri Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	
Sampel 3 (116°43'12"E 0°57'58"S) (Area Lapangan IKN, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)	

<p>Sampel 4 (116°44'22"E 0°57'2"S) (Nusantara, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)</p>	
<p>Sampel 5 (116°42'1"E 0°58'36"S) (Area Lapangan IKN, Bumi Harapan Kec. Sepaku, kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur)</p>	

4.1.2 Hasil Perhitungan IoU untuk setiap Sampel

Berikut merupakan contoh perhitungan IoU pada Sampel ke-3 :

1. Melakukan perhitungan luas untuk hasil gabungan segmentasi bangunan pada Sampel ke 3 (SAM) (A), dengan *ground truth* digitasi (B).

$$A \cup B = 1.329 \text{ ha}$$

2. Melakukan perhitungan luas untuk irisan dari segmentasi bangunan pada Sampel ke 3 (SAM) (A), dengan *ground truth* digitasi (B).

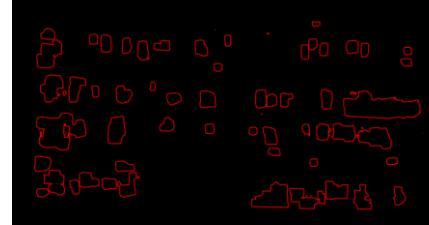
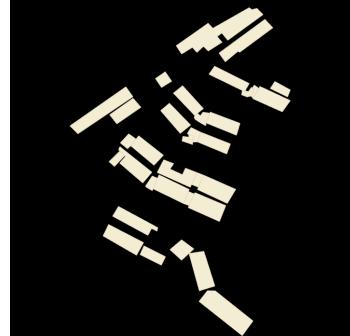
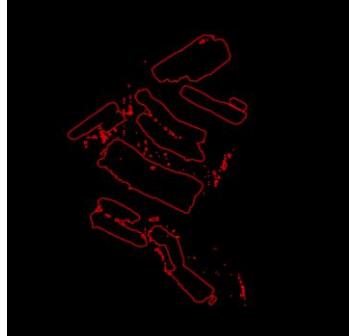
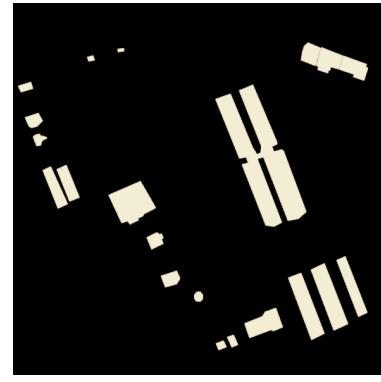
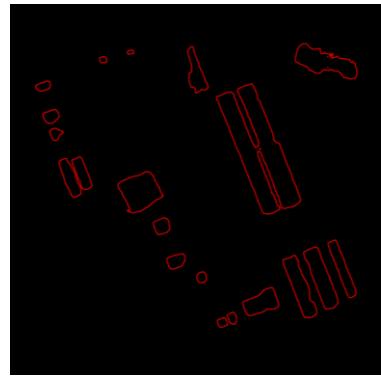
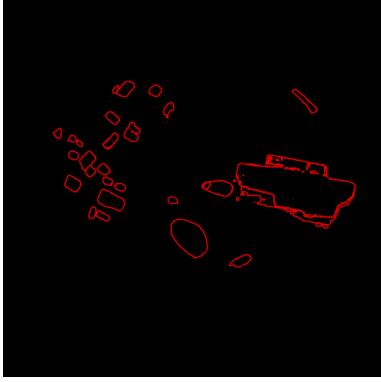
$$A \cap B = 1.094 \text{ ha}$$

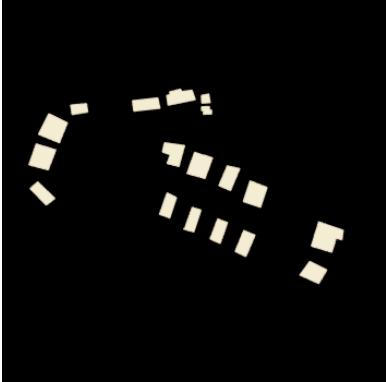
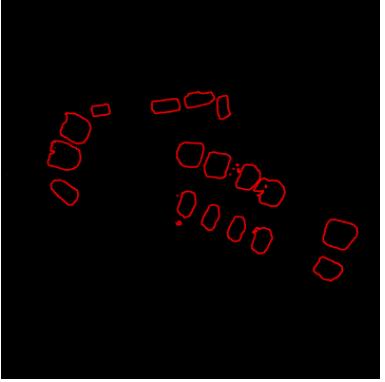
3. Melakukan operasi perhitungan *IoU*

$$\left| \frac{A \cap B}{A \cup B} \right| = \frac{1.094 \text{ Ha}}{1.329 \text{ Ha}} \times 100\% = 82.3\%$$

Sehingga didapatkan hasil untuk setiap Sampel sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Tabel perbandingan *IoU*

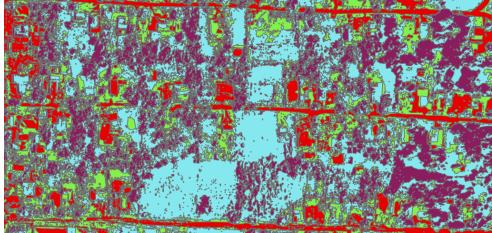
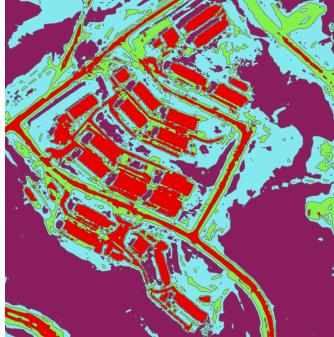
<i>Ground truth</i>	Segmentasi wilayah (SAM)	<i>IoU (%)</i>
		88.5%
		64.6%
		82.3%
		73.8%

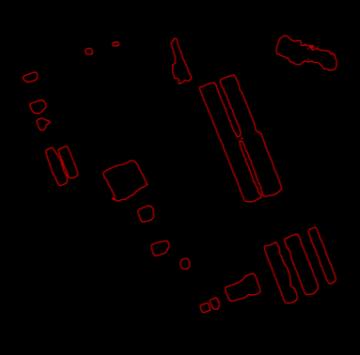
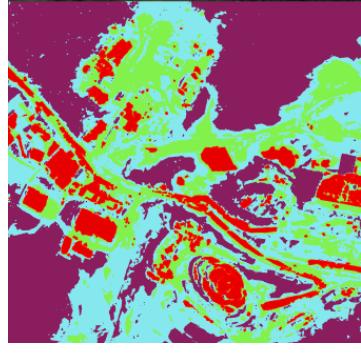
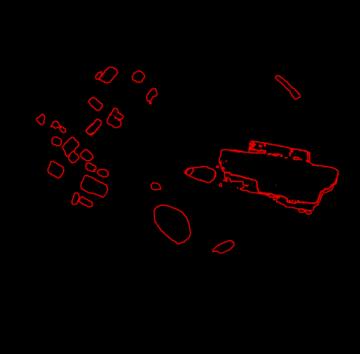
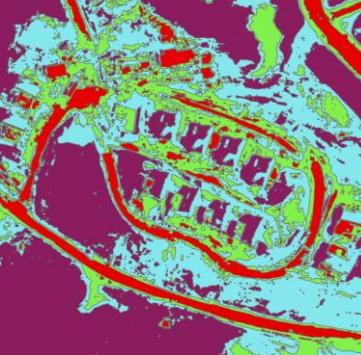
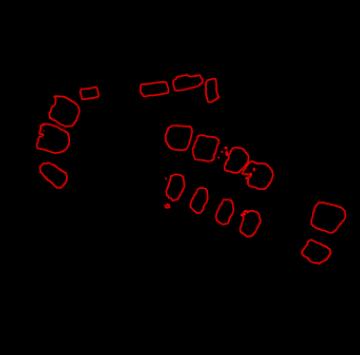
		70.3%
Rata-rata tingkat akurasi <i>IoU</i>		75.9%

4.1.3 Hasil perbandingan antara segmentasi dan klasifikasi *unsupervised*

Berikut merupakan hasil perbandingan antara segmentasi *SAM* dengan klasifikasi *unsupervised*:

Tabel 4. 3 Tabel perbandingan klasifikasi dengan segmentasi

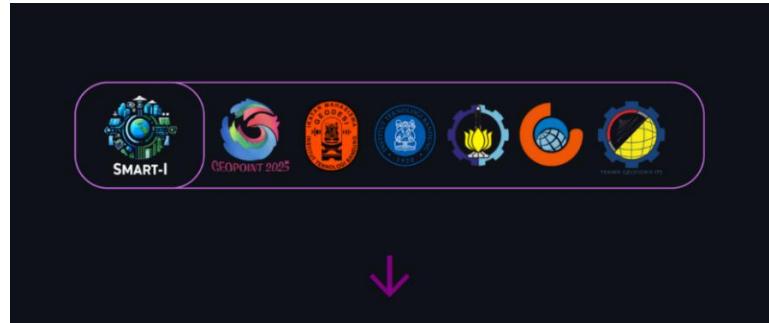
Klasifikasi <i>Unsupervised</i>	Segmentasi Wilayah (<i>SAM</i>)
	
	

4.1.4 Hasil Integrasi data segmentasi, klasifikasi *unsupervised*, perhitungan IoU, dan statistik analisis data.

Berikut merupakan hasil integrasi data segmentasi, klasifikasi *unsupervised*, perhitungan IoU, dan statistik analisis data dalam bentuk *WebGIS “SMART-I: SEGMENT ANYTHING MODEL FOR RESILIENT AND SUSTAINABLE FOREST CITY IN IKN”*:

1. Bagian *header* dari *WebGIS* berisi logo institusi dan himpunan kontributor



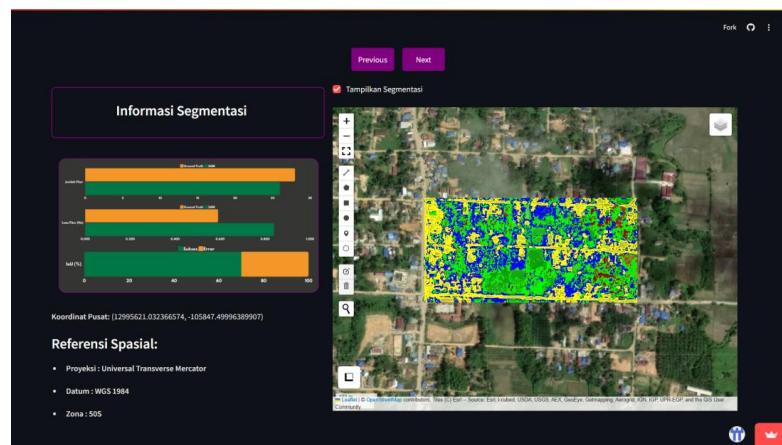
Gambar 4. 1 Tampilan Awal *WebGIS*

2. Judul dan Penjelasan singkat mengenai penelitian SMART-I



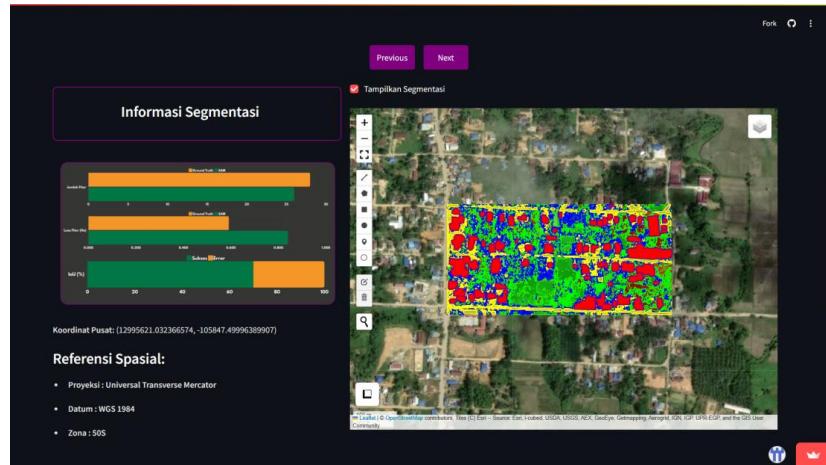
Gambar 4. 2 Judul dan penjelasan singkat mengenai *WebGIS*

3. Hasil penampilan klasifikasi *unsupervised* Sampel 1 pada *WebGIS* (Tanpa penampilan Segmentasi) beserta data statistiknya.



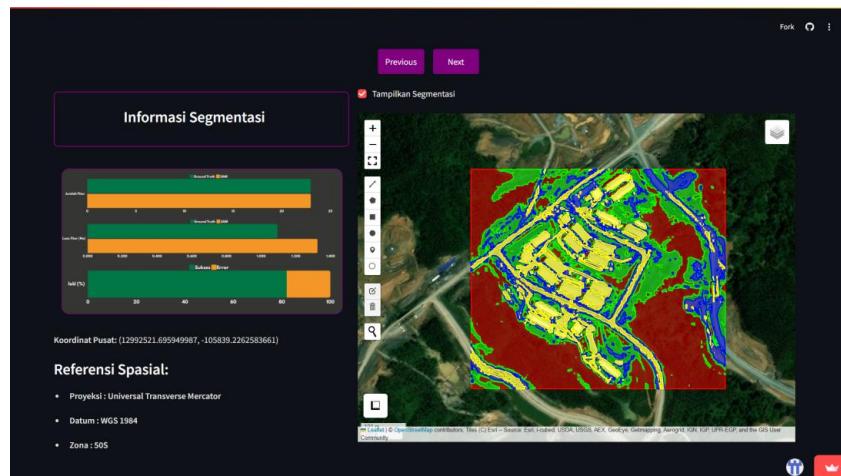
Gambar 4. 3 Tampilan utama Sampel 1 (tanpa SAM)

- Hasil penampilan klasifikasi *unsupervised* Sampel 1 pada *WebGIS* (dengan penampilan Segmentasi) beserta data statistiknya.



Gambar 4. 4 Tampilan utama Sampel 1 (dengan SAM)

- Hasil penampilan klasifikasi *unsupervised* Sampel 2 pada *WebGIS* (tanpa penampilan Segmentasi) beserta data statistiknya.



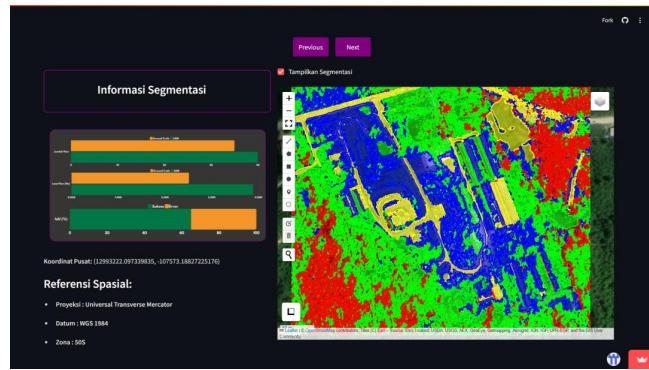
Gambar 4. 5 Tampilan utama Sampel 2 (tanpa SAM)

- Hasil penampilan klasifikasi *unsupervised* Sampel 2 pada *WebGIS* (dengan penampilan Segmentasi) beserta data statistiknya.



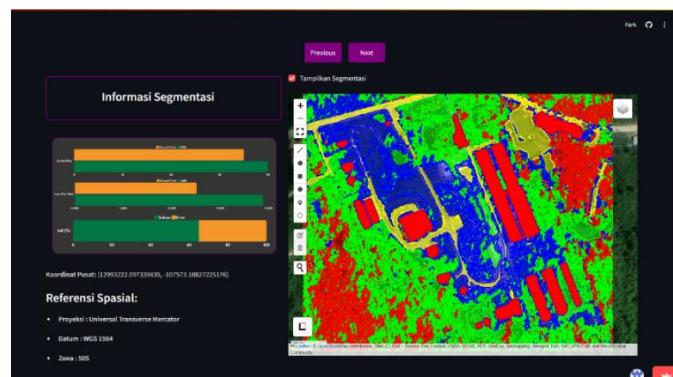
Gambar 4. 6 Tampilan utama Sampel 2 (dengan SAM)

- Hasil penampilan klasifikasi *unsupervised* Sampel 3 pada *WebGIS* (tanpa penampilan segmentasi) beserta data statistiknya.



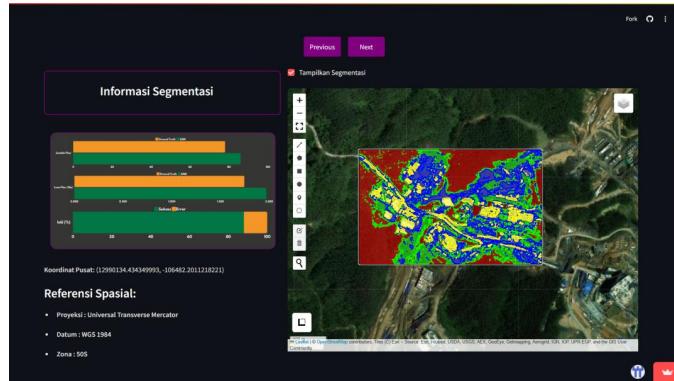
Gambar 4. 7 Tampilan utama Sampel 3 (tanpa SAM)

- Hasil penampilan klasifikasi *unsupervised* Sampel 3 pada *WebGIS* (dengna penampilan segmentasi) beserta data statistiknya



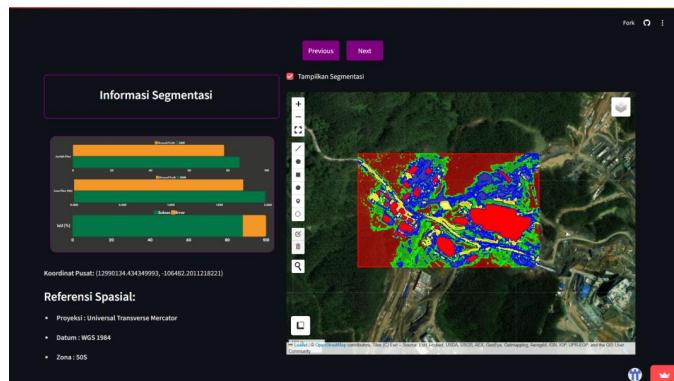
Gambar 4. 8 Tampilan utama Sampel 3 (dengan SAM)

9. Hasil penampilan klasifikasi *unsupervised* Sampel 4 pada *WebGIS* (tanpa penampilan segmentasi) beserta data statistiknya.



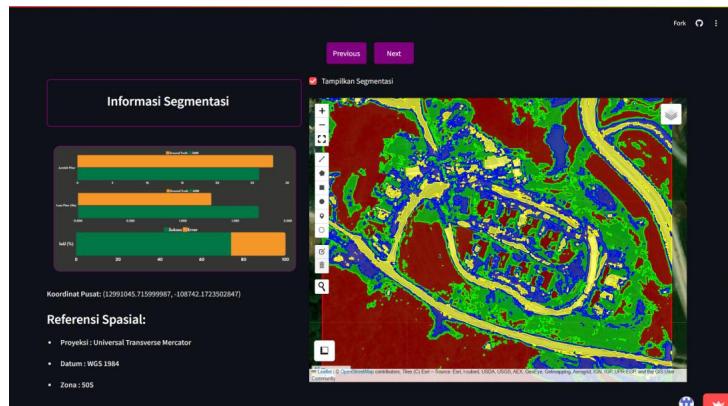
Gambar 4. 9 Tampilan utama Sampel 4 (tanpa *SAM*)

10. Hasil penampilan klasifikasi *unsupervised* Sampel 4 pada *WebGIS* (dengan penampilan segmentasi) beserta data statistiknya.



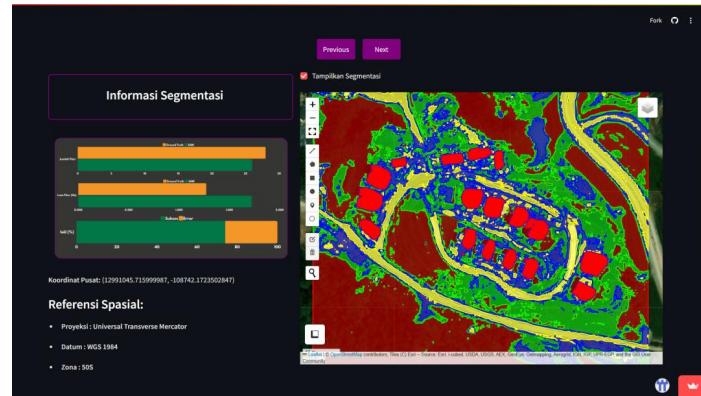
Gambar 4. 10 Tampilan utama Sampel 4 (dengan *SAM*)

11. Hasil penampilan klasifikasi *unsupervised* Sampel 5 pada *WebGIS* (tanpa penampilan segmentasi) beserta data statistiknya.



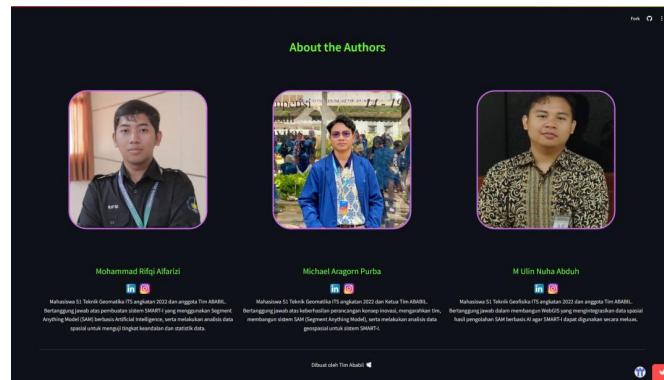
Gambar 4. 11 Tampilan utama Sampel 5 (tanpa *SAM*)

12. Hasil penampilan klasifikasi *unsupervised* Sampel 5 pada *WebGIS* (dengan penampilan segmentasi) beserta data statistiknya



Gambar 4. 12 Tampilan utama Sampel 5 (dengan SAM)

13. Hasil pembuatan biodata singkat anggota tim dan kontributor beserta foto, *jobdesk*, dan sosial media pembuat.



Gambar 4. 13 Authors WebGIS

4.2 Analisis

Dalam penelitian ini, penulis akan memanfaatkan *Segment Anything Model (SAM)* khususnya *LangSAM (Language Segment Anything Model)* untuk mensegmentasi objek bangunan yang dapat digunakan pemerintah untuk memantau pembangunan IKN dengan konsep *forest city*. Selain itu, penulis menggunakan *Intersection over Union (IoU)* sebagai indikator kualitas segmentasi.

Penelitian dimulai dengan menentukan 5 area Sampel lahan terbangun IKN yang akan penulis segmentasi berdasarkan objek ‘bangunan’ (*text prompt* : “*Building*”). Setelah itu, penulis akan melakukan uji iteratif

penentuan *threshold* terbaik, dan didapatkan nilai *box threshold* dan *text threshold* dengan rentang 0.1027 hingga 0.24. Pemilihan rentang nilai *threshold* ini bergantung dengan kesulitan pembuatan model segmentasi dan resolusi spasial tiap data raster. Pada proses segmentasi wilayah IKN penulis menentukan nilai rentang *threshold* yang tergolong kecil dibawah 0.5 yang dikarenakan model bangunan IKN yang cukup ambigu (dalam bentuk dan warna yang kurang jelas dan menyatu dengan objek sepenulis). Penentuan dengan nilai *threshold* sepenulis 0.1027 membuat seleksi objek lebih banyak namun menaikkan nilai ambiguitas, sedangkan untuk nilai sepenulis 0.24 membuat seleksi objek bangunan lebih terbatas dengan ambiguitas lebih rendah.

Setelah itu, penulis akan melakukan uji IoU sebagai indikator kualitas segmentasi, uji IoU ini dimulai dengan membuat *ground truth* yang merupakan data aktual lapangan. Disini penulis menggunakan hasil digitasi sebagai *ground truth* dari setiap Sampel raster. Setelah itu, penulis akan menghitung nilai luas $A_n \cap B_n$ dan $A_n \cup B_n$, dengan A_n merupakan luas *ground truth* tiap Sampel, dan B_n merupakan luas hasil segmentasi dari tiap Sampel ($n = 1,2,3,4,5$). Setelah itu penulis akan membagi nilai luas irisan ($|A_n \cap B_n|$) dan luas gabungan ($|A_n \cup B_n|$). Sehingga, didapatkan nilai IoU pada setiap Sampel memiliki rentang 0.64 hingga 0.88. dengan rata-rata sepenulis 0.76 untuk setiap data Sampel. Hal ini memenuhi tingkat kepercayaan dan kualitas hasil segmentasi lebih dari 75% menggunakan *LangSAM*. Ini juga menunjukkan performa yang cukup konsisten untuk segmentasi secara otomatis objek bangunan menggunakan *LangSAM*.

Setelah itu, penulis akan membandingkan hasil klasifikasi *unsupervised* dengan segmentasi menggunakan *LangSAM*. Bisa penulis lihat pada Tabel 4.1.3. pada klasifikasi *unsupervised* algoritma akan mendefinisikan secara otomatis menjadi 5 kelas berbeda. Yang dimana, pada setiap hasil klasifikasi *unsupervised* terdapat kegagalan klasifikasi khususnya pada bangunan. Gagal klasifikasi yang dimaksud adalah banyak area bangunan yang tidak terkласifikasi dengan baik menjadi satu kelas bangunan, melainkan menjadi beberapa kelas berbeda bukan bangunan. Sebaliknya pada hasil segmentasi

LangSAM, penulis bisa lihat bahwa *LangSAM* dapat mengklasifikasikan bangunan menjadi satu kelas spesifik yang menunjukkan keakuratan dan kepresision hasil segmentasi menggunakan *prompt* khusus.

Untuk memvisualisasikan hasil analisis geospasial berupa data Segmentasi, *Unsupervised Classification*, dan data statistik IoU menggunakan *WebGIS SMART-I Segment Anything Model For Resilient and Sustainable Forest City* in IKN berbasis *Streamlit*. *SMART-I* merupakan *WebGIS open-source* yang dikembangkan sendiri oleh penulis. *WebGIS* dapat diakses secara umum melalui link berikut ini <https://smart-i.streamlit.app/>. Tampilan utama antarmuka *SMART-I* merupakan *framework interaktif* yang cocok untuk data visualisasi berbasis *Python*. Pada halaman yang memuat peta interaktif, layer yang ditunjukkan berupa *Basemap World-Imagery*, *Unsupervised Classification*, dan bangunan hasil segmentasi. Klasifikasi *Unsupervised* ditunjukkan dengan 5 warna berbeda yang menunjukkan kelas-kelas berbeda (misalnya: merah untuk pepohonan tinggi, hijau untuk vegetasi, biru untuk lahan kosong, dan kuning untuk bangunan atau jalan). Setiap geometri layer tersebut dapat diketahui keterangan objek yang diamati dan luasannya.

Untuk data hasil segmentasi ditunjukkan dengan warna merah. Data segmentasi berisikan keterangan bangunan, jumlah bangunan, dan luas keseluruhan dari bangunan yang tersegmentasi. Pada peta interaktif Sampel pertama menunjukkan data segmentasi menunjukkan jumlah bangunan sebanyak 86 dan luas keseluruhan 2.3 hektar jika di klik pada bagian geometrinya. Untuk selanjutnya pada peta Sampel kedua menujukkan jumlah bangunan sebanyak 40 dengan luas mencapa 3.89 hektar. Sampel ketiga menujukkan jumlah bangunan sebanyak 23 dengan luas mencapai 1.324 hektar. Pada Sampel keempat didapatkan jumlah bangunan sebanyak 26 dengan luas 1.723 hektar. Dan yang terakhir pada Sampel 5 didapatkan jumlah bangunan sebanyak 26 dengan luas mencapai 0.84 hektar. Untuk memperlihatkan informasi hasil analisis berupa data statistik ditunjukkan pada panel informasi segmentasi. Panel tersebut memuat diagram batang perbandingan data *Ground truth* dan segmentasi. Data statistik ditampilkan

dalam bentuk diagram batang urut dari perbandingan jumlah fitur, Luas fitur dalam hektar, dan akurasi IoU. Informasi ini sangat penting untuk menunjukkan gambaran performa model *SAM* dalam mengklasifikasikan fitur bangunan secara akurat. Indikator IoU memiliki rentang yang tinggi dengan rata-rata 76% sehingga model *SAM* dapat bersaing dengan *Ground truth* yang dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu yang lama. Selain informasi segementasi dapat dilihat bahwa terdapat informasi dari koodinat pusat wilayah pengamatan Sampel model *SAM* dan referensi spasial yang digunakan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- Kesimpulan berisikan jawaban dari tujuan yang dituliskan perpoin dan dijelaskan menurut analisis yang telah dituliskan.
- 5.1.1 Model *SAM* terbukti efektif dalam melakukan segmentasi objek bangunan di wilayah IKN, dengan rata-rata akurasi *Intersection over Union* (IoU) sebesar 76%, menunjukkan kesesuaian hasil segmentasi dengan data manual (*Ground truth*).
 - 5.1.2 Segmentasi menggunakan *SAM* lebih akurat dan presisi dalam mengelompokkan objek bangunan menjadi satu kelas spesifik dibandingkan metode klasifikasi unsupervised, yang sering gagal mengidentifikasi kelas bangunan dengan konsisten.
 - 5.1.3 Integrasi *SAM* dengan *WebGIS SMART-I* memungkinkan pemantauan perubahan tutupan lahan di IKN secara real-time. Hal ini dapat membantu pemerintah dalam memantau pembangunan *Forest City*.
 - 5.1.4 *SMART-I*, yang berbasis pada platform *Streamlit*, menjadi alat visualisasi *interaktif* yang open-source dan gratis sehingga memudahkan aksesibilitas pengguna melalui peta interaktif.
 - 5.1.5 Diharapkan bahwa penelitian di masa depan dapat menggunakan citra satelit dengan resolusi spasial yang lebih tinggi untuk meningkatkan akurasi model.
 - 5.1.6 Pengembangan sistem *SMART-I* dengan *SAM* dan *WebGIS* ini dapat diterapkan di wilayah lain di Indonesia dengan studi kasus tertentu berbasis teknologi *AI* dan *WebGIS*.

5.2 Saran

Berikut merupakan saran yang dapat dipertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

- 5.2.1 Diharapkan untuk penelitian selanjutnya, data citra satelit yang digunakan memiliki resolusi spasial yang tinggi (kurang dari 50 cm) untuk mendapatkan hasil uji IoU lebih dari 90%.
- 5.2.2 Diharapkan untuk penelitian selanjutnya, pemerintah ikut ambil bagian dalam medukung ketersediaan data citra satelit resolusi tinggi terbaru dan dapat diakses dengan mudah, serta gratis. Atau dapat dilakukan survey fotogrametri secara berkala untuk memungkinkan pemantauan secara *real time*.
- 5.2.3 Penggunaan SAM untuk segmentasi spasial memakan waktu cukup lama (5-10 menit), dan dibutuhkan perangkat yang mumpuni, sehingga diharapkan pada penelitian selanjutnya penggunaan SAM dapat dilakukan secara cepat, efektif, dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W. C., Prasetyo, L. B., Kusmana, C., & Krisnawati, H. (2022). Tracking environmental quality of Indonesia's new capital city and its surrounding area. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 950, No. 1, p. 012077). IOP Publishing.
- Amin, M., Hilmi, A., & Megawati, S. (2022). Mewujudkan kota ramah lingkungan melalui program *Forest City*: studi kasus di kota surabaya. *Jurnal Sains Sosio Humaniora*, 6(1), 971-975.
<https://doi.org/10.22437/jssh.v6i1.21222>
- Anissa, A. C., Rini, E. F., & Soedwiwahjono, S. (2024). Analisis perbandingan perubahan tutupan lahan menggunakan citra satelit landsat 8 di kecamatan tawangmangu. Region : Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif, 19(1), 184. <https://doi.org/10.20961/region.v19i1.66929>
- Bai, Y. et al., 2022. Deep learning in different remote sensing image categories and applications: status and prospects.. 43 penyunt. s.l.:International Journal of Remote Sensing.
- Chou, Y.-L. et al., 2022. *Counterfactuals and causability in explainable artificial intelligence: Theory, algorithms, and applications.*, ULisboa: Instituto Superior Técnico.
- Farida, A., & Bagus, M. (2023). Implementasi Paradigma Green Constitution dalam Pembangunan Ibu Kota Negara Menuju Smart *Forest City*. *Prosiding Konferensi Nasional Sosiologi (PKNS)*, 1(1), 104-109.
- Gao, Y. (2024). Leveraging Segment Anything Model in Identifying Buildings within Refugee Camps (*SAM4Refugee*) from Satellite Imagery for Humanitarian Operations. *arXiv preprint arXiv:2407.11381*.
- Heru, H. S., Raisul Azhar, I Putu Hariyadi, Husain, & Yayan Suganda (2023). Sistem sistem pendukung keputusan kelompok penentuan dosen pengampu mata kuliah dengan metode promethee dan borda. *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 4(1), 16-22.
<https://doi.org/10.46764/teknimedia.v4i1.88>

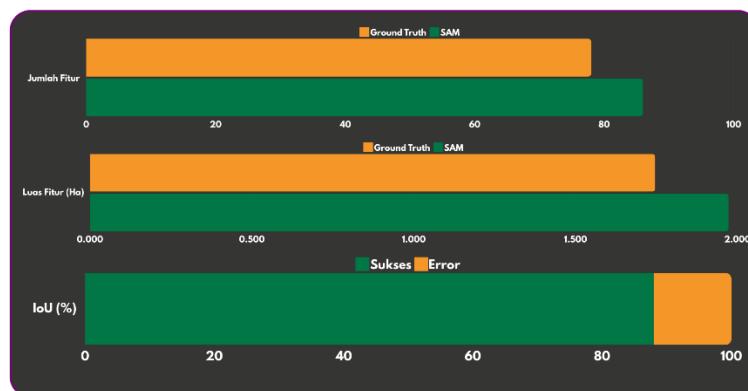
- Ibrahim, A. H. H., Baharuddin, T., & Wance, M. (2023). Developing a *Forest City* in a new capital city: A thematic analysis of the Indonesian government's plans. *Jurnal Bina Praja*, 15(1), 1-13.
- Janowicz, K. et al., 2020. *GeoAI: Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond*. 34(4) penyunt. s.l.:International Journal of Geographical Information Science.
- Kotaridis, I. & Lazaridou, M., 2021. *Remote sensing image segmentation advances: A meta-analysis*. 173 penyunt. s.l.:ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.
- Kurniawan, S., Susilo, P. N., Putra, R. A. S., Indahsari, N. N., & Zueniar, F. (2024). Keseimbangan Alam Dan Kota Dalam Rencana Tata Ruang Di Kawasan IKN Untuk Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan. *Indonesian Journal of Law*, 1(1), 45-50.
- Laila, L. R. (2024). Pengaruh Pembangunan IKN (Ibu Kota Negara) Terhadap Populasi Primata Di Kalimantan Timur. *JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 3(1), 29-34.
- Matiur, A. and Jaelani, L. M. (2019). Pembuatan dashboard data penginderaan jauh menggunakan platform geonode (studi kasus : provinsi jawa timur). *Jurnal Teknik ITS*, 8(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i1.38210>
- Mirtaheri, S. L. & Shahbazian, R., 2022. *Machine Learning, Theory to Application*. Boca Raton: University of Calabria.
- Osco, L. P., Wu, Q., de Lemos, E. L., Gonçalves, W. N., Ramos, A. P. M., Li, J., & Junior, J. M. (2023). The segment anything model (*SAM*) for remote sensing applications: From zero to one shot. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 124, 103540.
- Permatasari, T. (2023). Analysis of the policy of moving the national capital (ikn) with an energy increase strategy: readiness of economic and public administration aspects. IJSDFS, 1(1), 30-36. <https://doi.org/10.62157/ijdfs.v1i1.5>

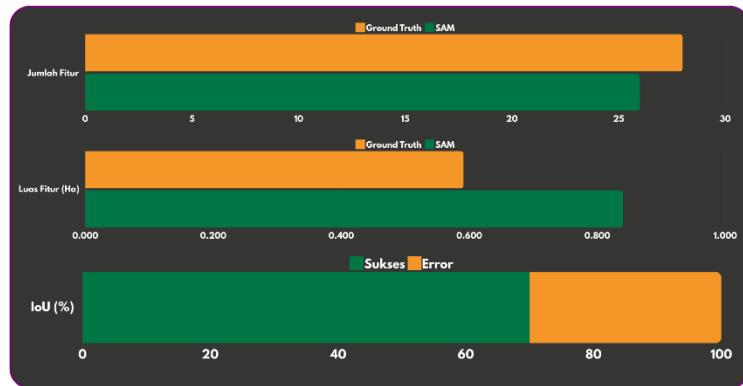
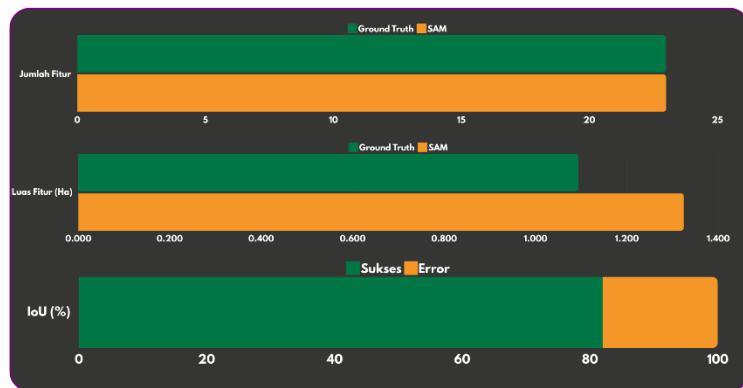
- Pokhrel, S. (2019). Green space suitability evaluation for urban resilience: an analysis of kathmandu metropolitan city, nepal. Environmental Research Communications, 1(10), 105003. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab4565>
- Praditya, E., Suprapto, F., Ali, Y., Surjaatmadja, S., & Duarte, R. (2023). Nusantara capital city (ikn): threats and defense strategies for indonesia's new capital. *The Journal of Indonesia Sustainable Development Planning*, 4(1), 21-34. <https://doi.org/10.46456/jisdep.v4i1.420>
- SAPUTRA, R., & WIDIANSYAH, A. (2022). Environmental Protection and Management of The National Capital Development in The Perspective of Sustainable Development Goals. *Protection: Journal of Land and Environmental Law*, 1(1), 26-36.
- Situngkir, A. V., & Panjaitan, T. W. S. (2023). Perencanaan Forest Resort dengan Pendekatan Ekologis di Kawasan Ibu Kota Nusantara (IKN) Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. *ETNIK: Jurnal Ekonomi dan Teknik*, 2(8), 717-725.
- Suntoro, A., Marbun, A. A. Y., & Nugroho, P. A. (2023, June). The Flood and Clean Water: The Threat of Building a New Nation's Capital with the Concept of a *Forest City*. In *International Conference On Multidisciplinary Studies (ICOMSI 2022)* (pp. 326-334). Atlantis Press.
- Syailendra, M. (2024). Analysis of the impact study of the inclusive and sustainable development of the smart city of the indonesian archipelago capital (ikn): mix methods study. *Arkus*, 10(2), 542-547. <https://doi.org/10.37275/arkus.v10i2.541>
- Tripathy, P., Baylis, K., Wu, K., Watson, J., & Jiang, R. (2024). Investigating the Segment Anything Foundation Model for Mapping Smallholder Agriculture Field Boundaries Without Training Labels. *arXiv preprint arXiv:2407.01846*.
- Vopham, T., Hart, J., Laden, F. & Chiang, Y., 2018. *Emerging trends in geospatial artificial intelligence (geoAI): potential applications for environmental epidemiology*. s.l.:Environ Health.

LAMPIRAN

Tabel dan Diagram Data Statistik

Sampel	Jumlah Objek		Luas (Ha)		IoU	IoU (%)
	Ground Truth	SAM	Ground Truth	SAM		
1	78	86	1.746	1.973	0.885	88.474
2	35	40	2.513	3.888	0.646	64.624
3	23	23	1.324	1.329	0.823	82.318
4	28	26	1.271	1.723	0.738	73.764
5	28	26	0.840	0.591	0.703	70.276
Rata-rata			1.539	1.901	0.759	75.891





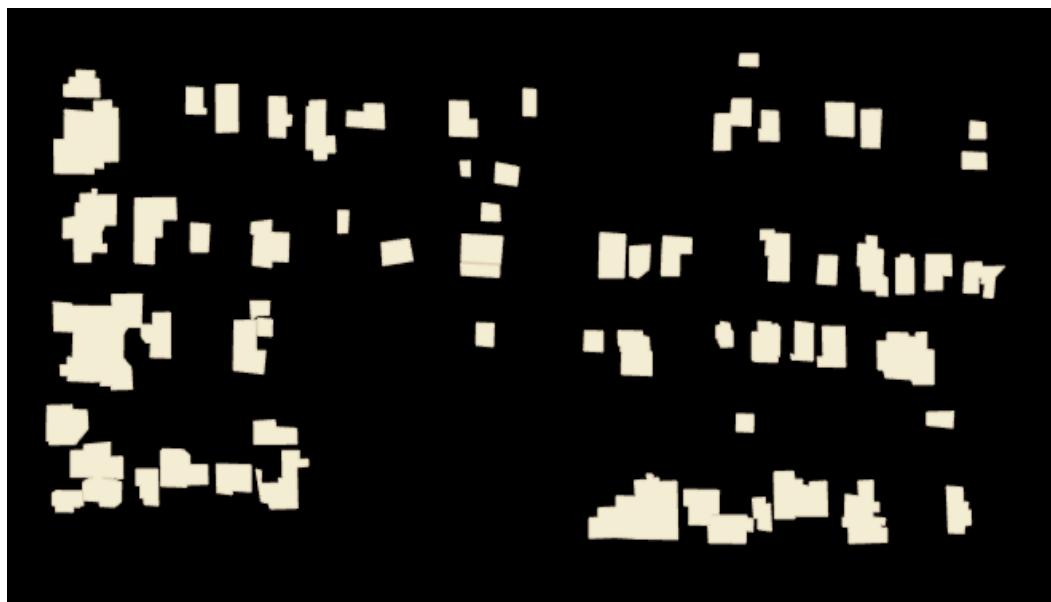
Sampel hasil segmentasi SAM

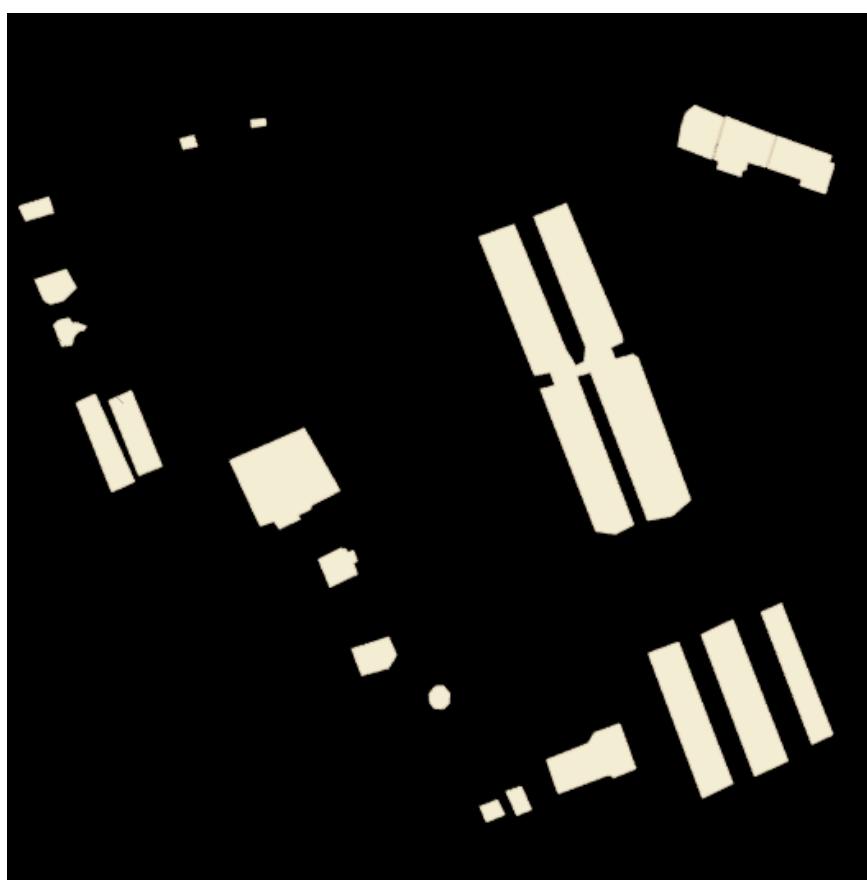
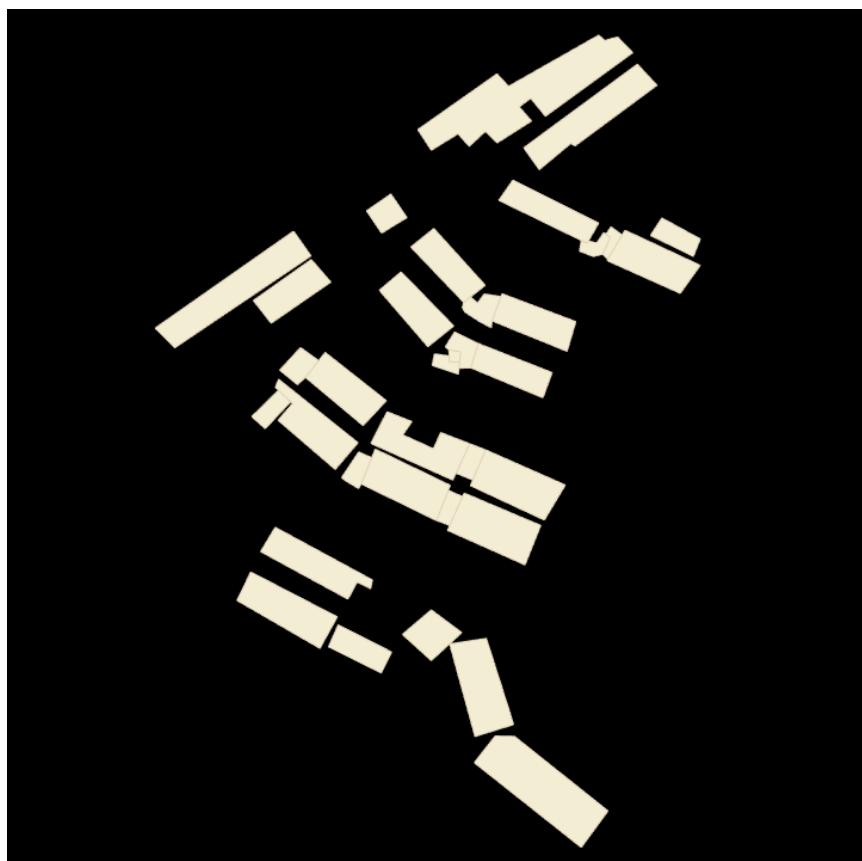


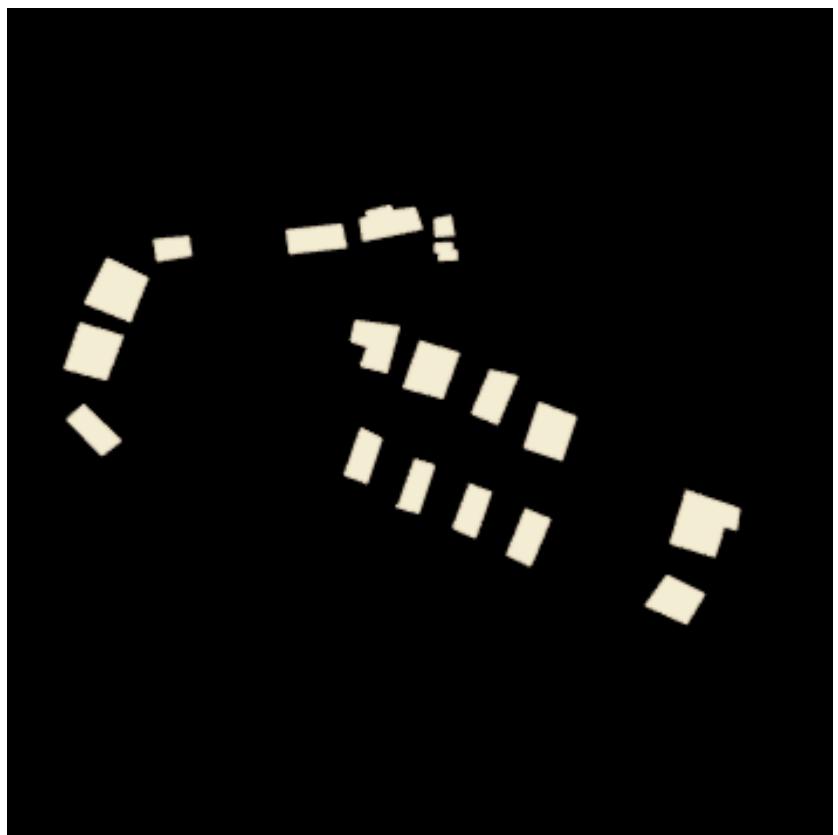




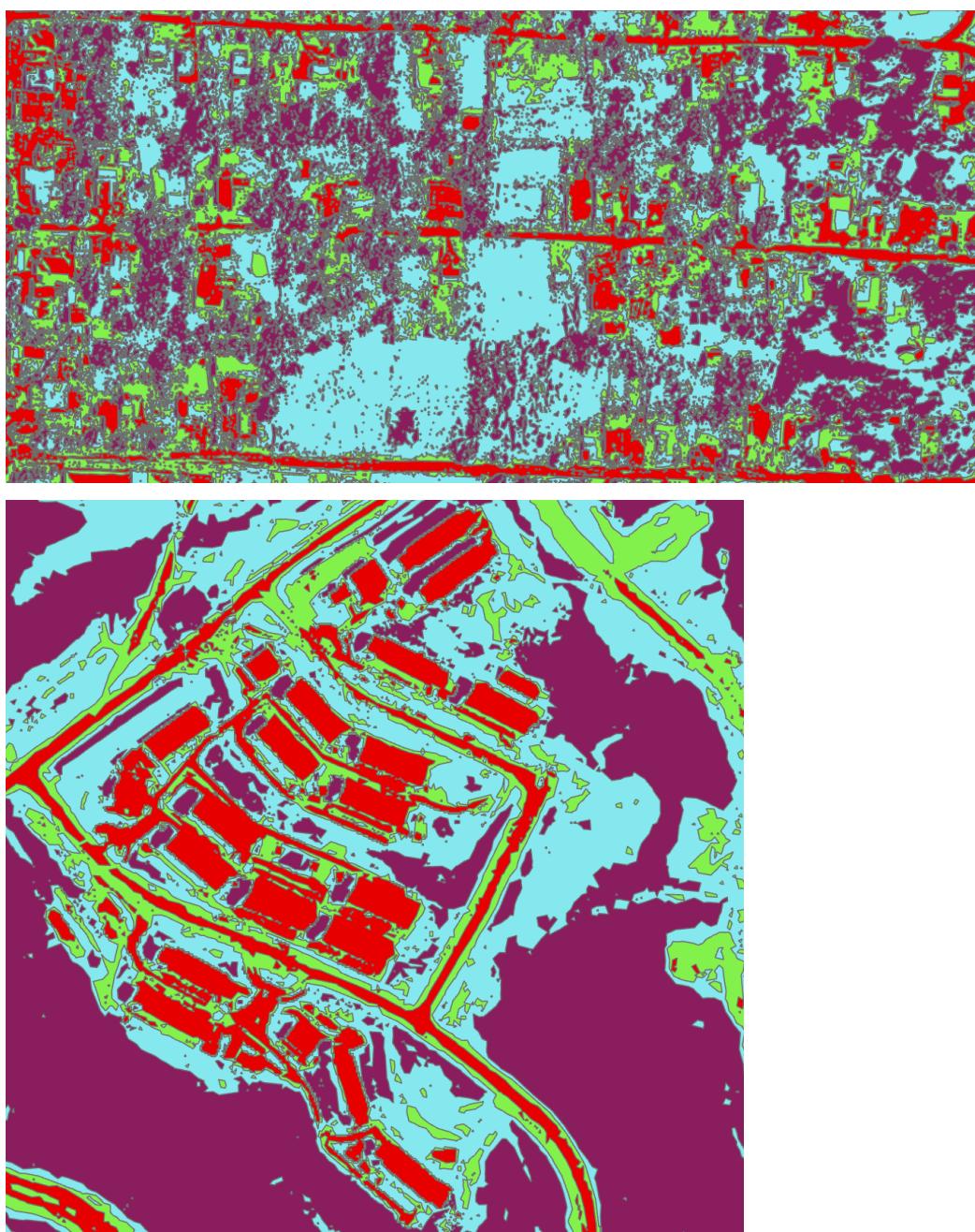
Hasil *ground truth* sampel

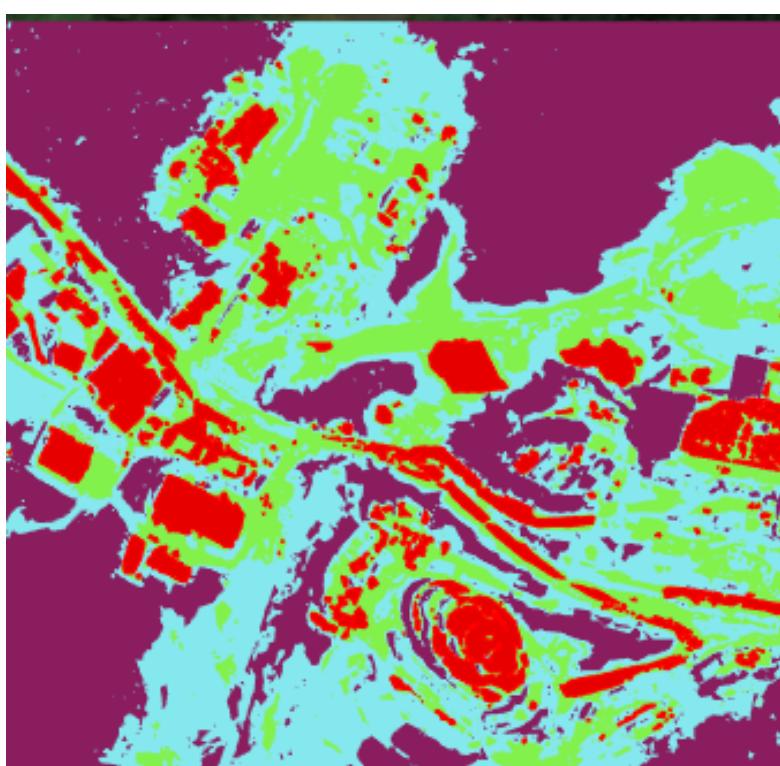


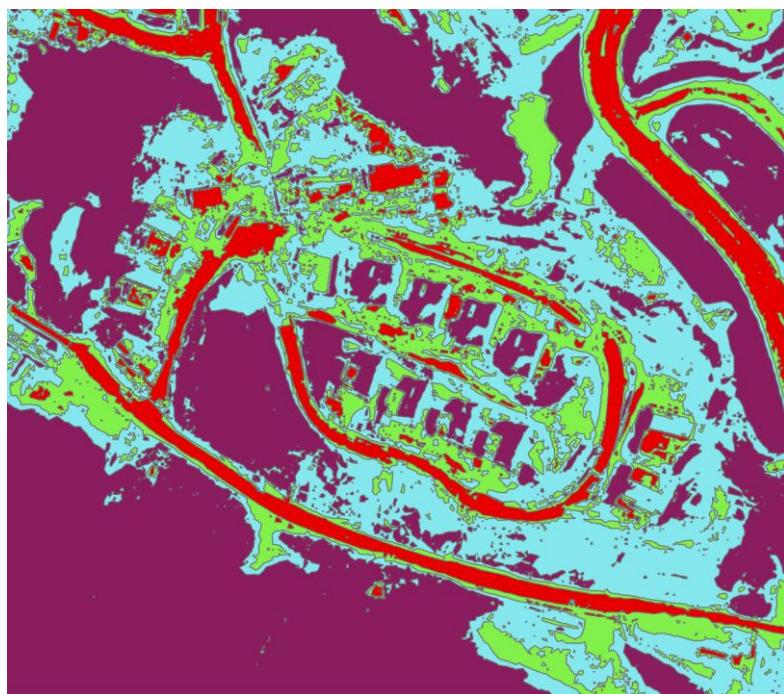




Hasil klasifikasi *unsupervised*





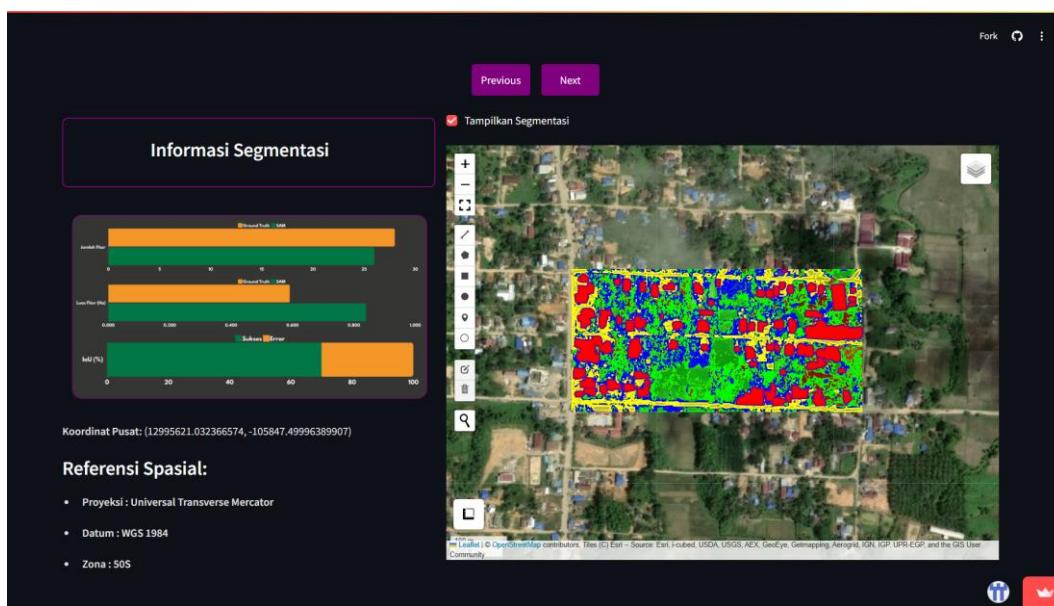
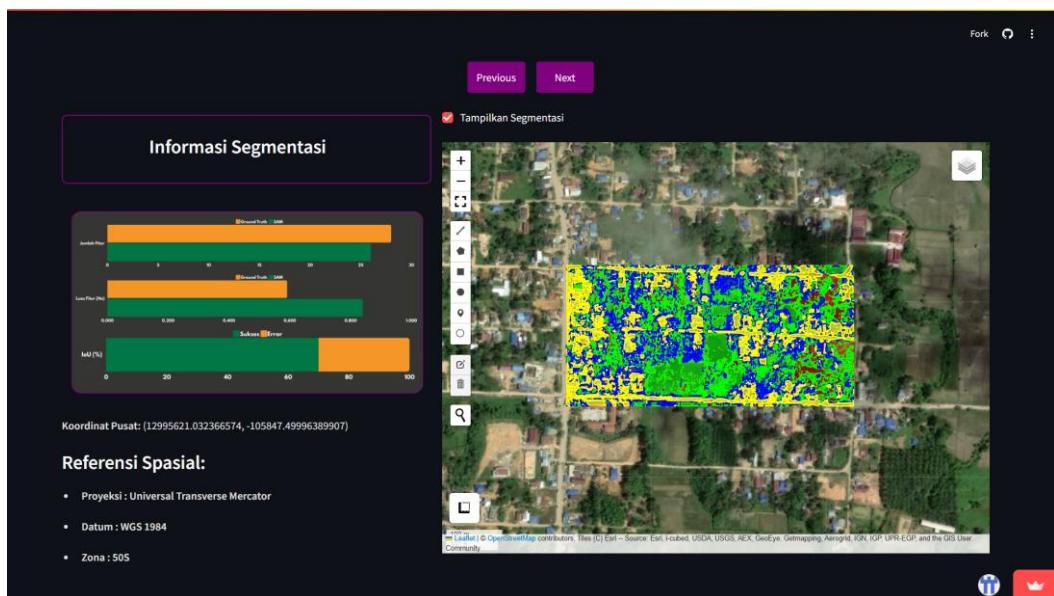


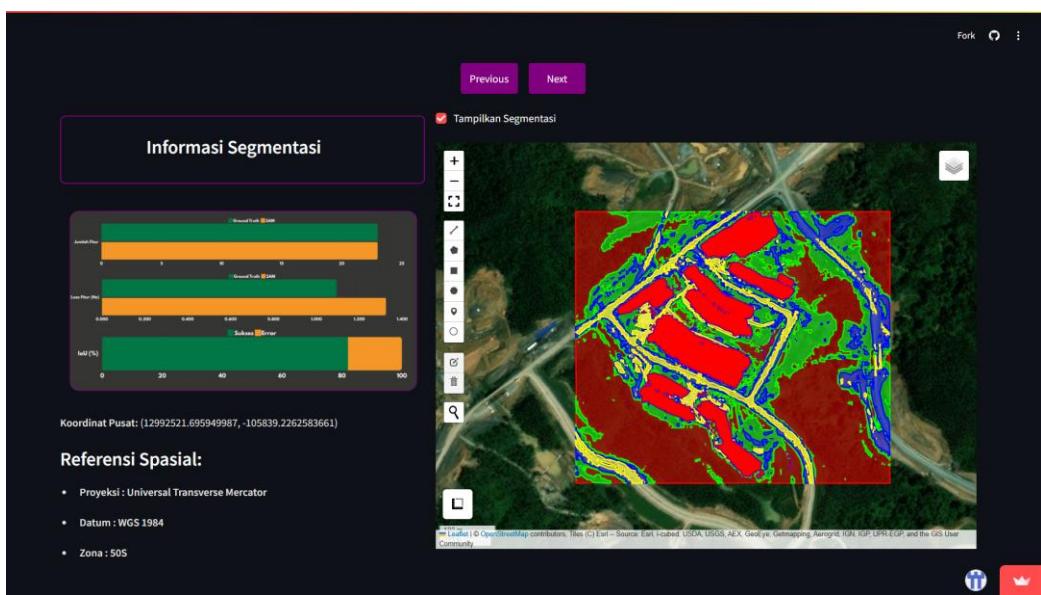
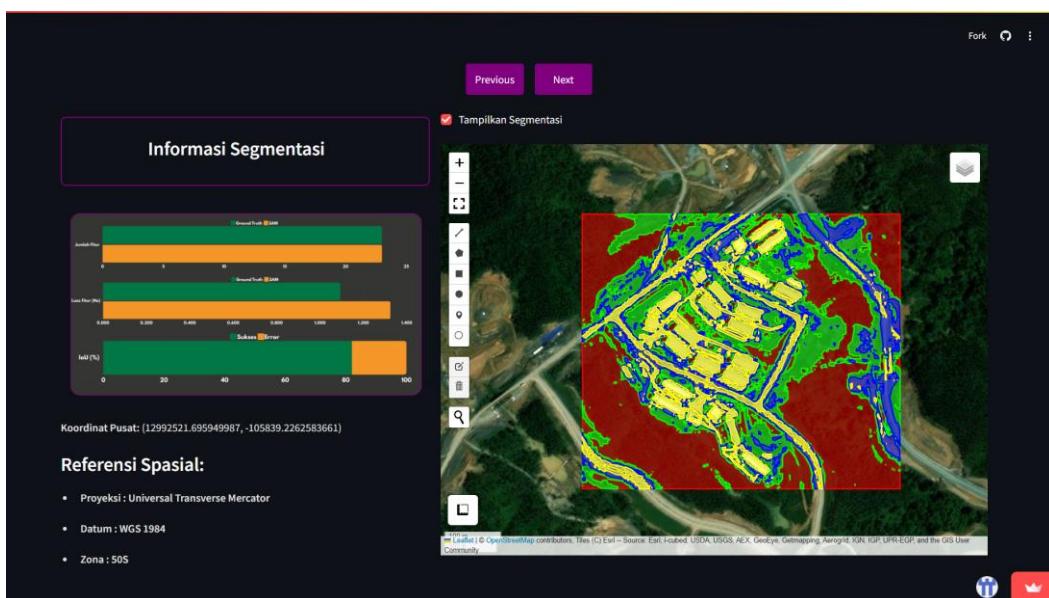
Hasil WebGIS

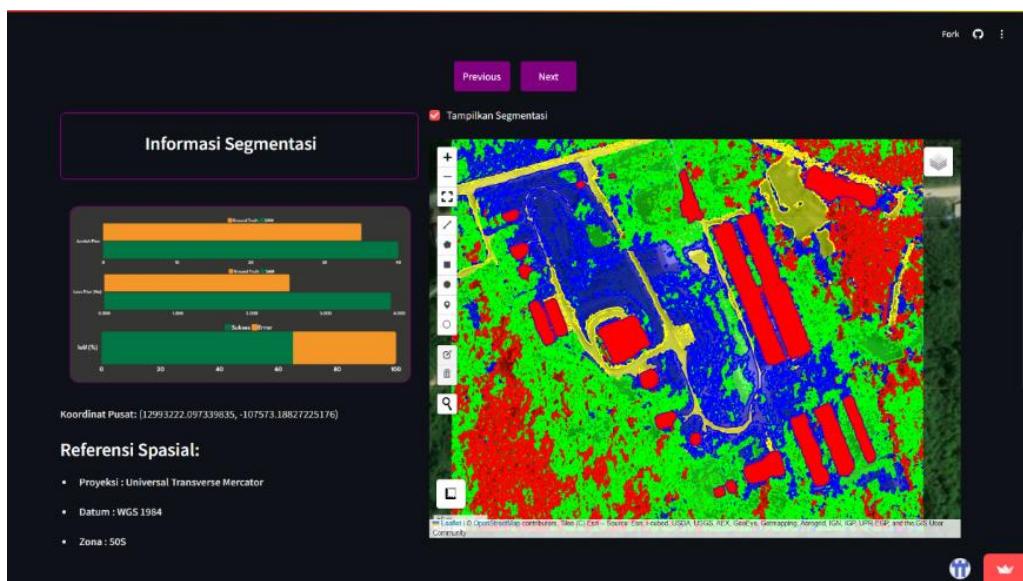
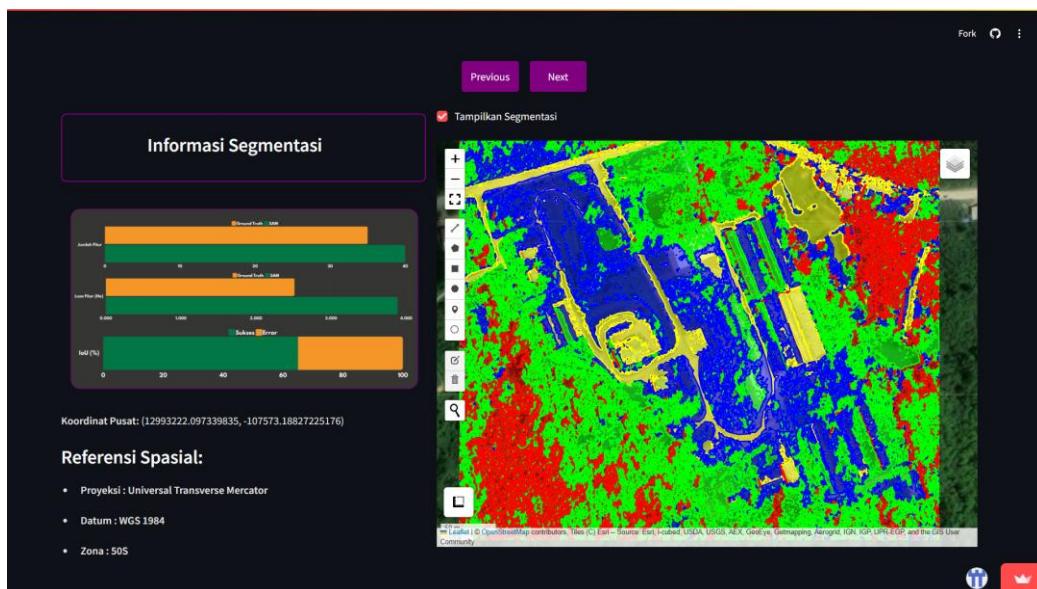
Smart-I

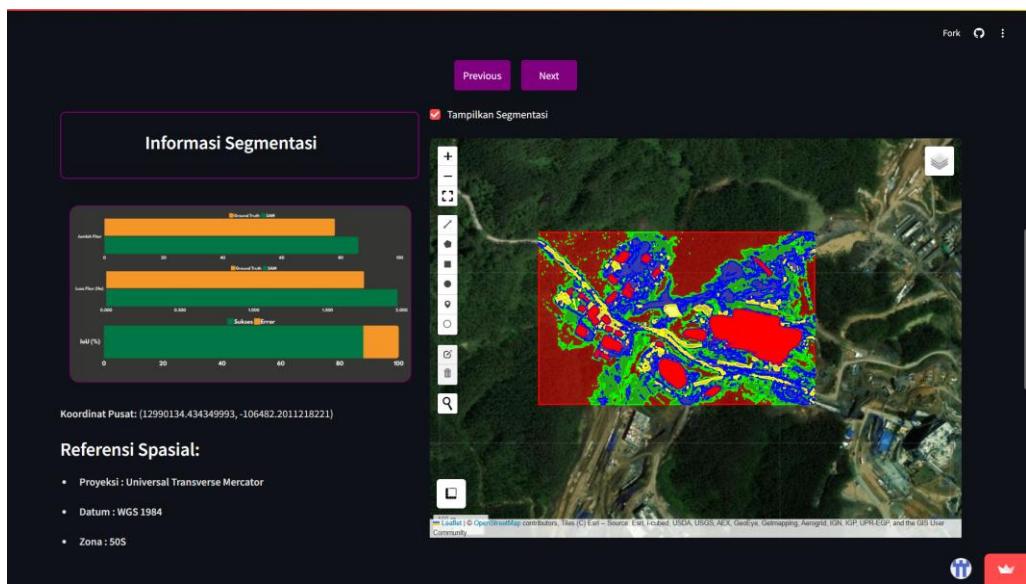
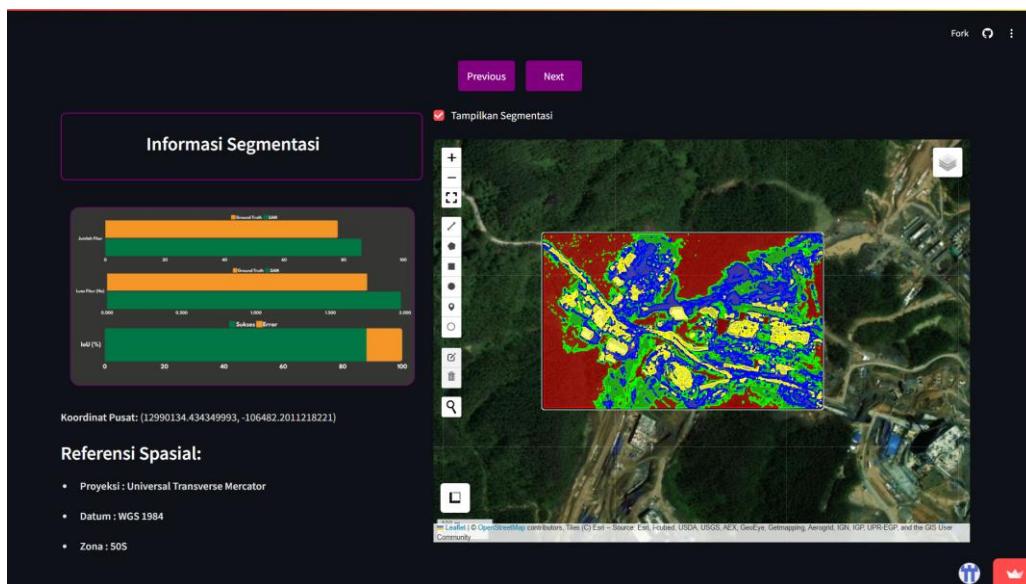
SEGMENT ANYTHING MODEL FOR RESILIENT AND SUSTAINABLE FOREST CITY IN IKN

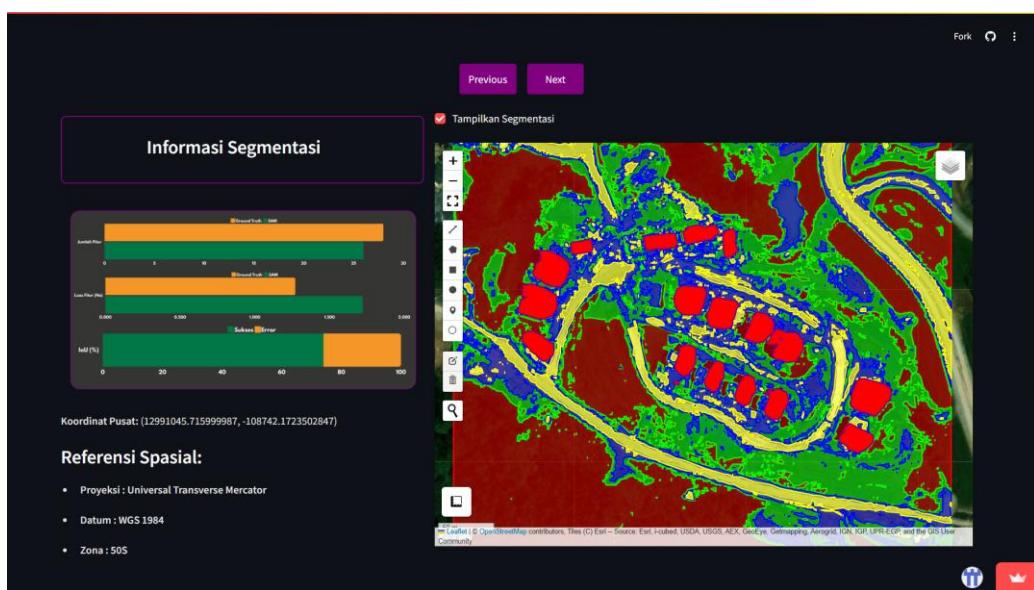
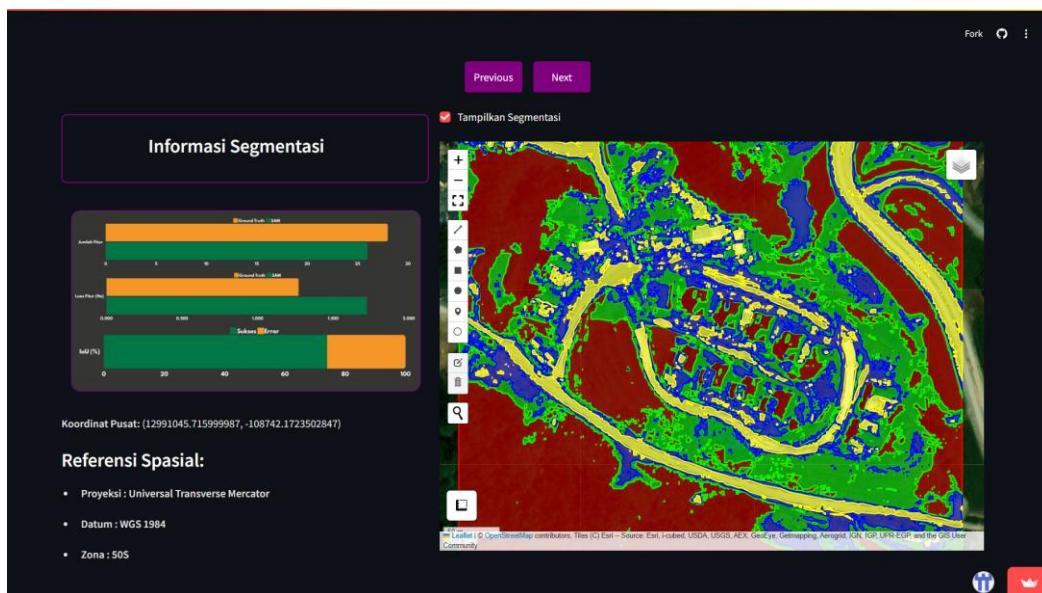
SMART-I adalah model segmentasi berbasis kecerdasan buatan (AI) yang dirancang untuk memantau pembangunan IKN Nusantara secara akurat dan real-time dalam mendukung konsep Forest City. Dengan menggunakan Segment Anything Model (SAM), SMART-I mampu mendeteksi perubahan tutupan lahan dari citra satelit secara efisien, sehingga menjaga keseimbangan antara pembangunan dan kelestarian ekosistem hutan. Sistem ini terintegrasi dengan WebGIS interaktif, memungkinkan visualisasi data yang mudah dipahami dalam dashboard untuk mendukung pengambilan keputusan adaptif. Pendekatan ini diharapkan dapat mewujudkan pembangunan kota berkelanjutan di Indonesia dan menjadi inspirasi global.











Fork   

About the Authors



Mohammad Rifqi Alfarizi
 

Mahasiswa S1 Teknik Geomatika ITS angkatan 2022 dan anggota Tim ABABIL. Bertanggung jawab atas pembuatan sistem SMART-I yang menggunakan Segment Anything Model (SAM) berbasis Artificial Intelligence, serta melakukan analisis data spasial untuk menguji tingkat keandalan dan statistik data.



Michael Aragorn Purba
 

Mahasiswa S1 Teknik Geofisika ITS angkatan 2022 dan ketua Tim ABABIL. Bertanggung jawab atas keberhasilan perancangan konsep inovasi, mengarahkan tim, membangun sistem SAM (Segment Anything Model), serta melakukan analisis data spasial untuk sistem SMART-I.



M Ulin Nuha Abdur
 

Mahasiswa S1 Teknik Geofisika ITS angkatan 2022 dan anggota Tim ABABIL. Bertanggung jawab dalam membangun WebGIS yang mengintegrasikan data spasial hasil pengolahan SAM berbasis AI agar SMART-I dapat digunakan secara meluas.

Dibuat oleh Tim ABABIL 



BIODATA PENYUSUN KARYA TULIS ILMIAH

A. Ketua

1. Identitas

Nama : Michael Aragorn Purba
NIM : 5016221004
Tempat, tanggal lahir : Semarang, 18 Februari 2004
Asal perguruan tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan
Kebumian
E-mail : michaelaragorn004@gmail.com
No. Handphone : 0881082375509
Alamat : JL. Cempedak Raya No. 13/15

2. Karya Tulis yang Pernah Dipublikasikan

Judul Karya	Nama Lomba/Kegiatan	Tahun
-	-	-

3. Prestasi

Nama Penghargaan	Lembaga Pemberi Penghargaan	Tahun

Juara 2 Kontes Robot Terbang Indonesia divisi Fixed Wing 2023	Puspresnas dan BPTI	2023
Juara 1 U-DARE 1.0 USK Global Award on Disaster Resilience 2023	Kemdikbudtek Universitas Syiah Kuala, Tsunami Disaster Mitigation Research Center Aceh	2023
Juara Harapan Kontes Robot Terbang Indonesia divisi Fixed Wing 2024	Puspresnas dan BPTI	2024

Juara 2 Poster PIMNAS-37 bidang RSH	Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi	2024
---	---	------

B. Anggota 1

1. Identitas

Nama : M Ulin Nuha Abduh
NIM : 5017221007
Tempat, tanggal lahir : Banyuwangi, 10 Januari 2004
Asal perguruan tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumian
E-mail : mulinuhaa@gmail.com
No. Handphone : 081383991971
Alamat : Jalan Keputih Gang 2B No 26, Keputih,
Sukolilo, Surabaya

2. Karya Tulis yang Pernah Dipublikasikan

Judul Karya	Nama Lomba/Kegiatan	Tahun
-	-	-

3. Prestasi

Nama Penghargaan	Lembaga Pemberi Penghargaan	Tahun
Champion - Hackathon : Machine Learning in Geoscience	HAGI dan Microsoft Indonesia	2024

C. Anggota 2

1. Identitas

Nama : Mohammad Rifqi Alfarizi
NIM : 5016221031
Tempat, tanggal lahir : Malang, 30 Juni 2004
Asal perguruan tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumian
E-mail : m.rifqialfarizi@gmail.com
No. Handphone : 089606356008
Alamat : Asrama ITS Blok G, Keputih, Sukolilo,
Surabaya

2. Karya Tulis yang Pernah Dipublikasikan

Judul Karya	Nama Lomba/Kegiatan	Tahun
-	-	-

3. Prestasi

Nama Penghargaan	Lembaga Pemberi Penghargaan	Tahun
------------------	-----------------------------	-------

-	-	-
---	---	---