

TUGAS AKHIR - CP234856

**DINAMIKA SPASIO-TEMPORAL WILAYAH URBAN DI
KAWASAN METROPOLITAN GERBANGKERTOSUSILA
PADA TAHUN 2017-2023 DENGAN *ENHANCED
NIGHTTIME LIGHTS URBAN INDEX***

MUHAMMAD RIZALDIKA NOERMAHMUDA

NRP 5015201042

Dosen Pembimbing

Cahyono Susetyo, ST., M.Sc., Ph.D

NIP 197801082003121002

Program Studi S-1 Perencanaan Wilayah dan Kota

Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota

Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2024



TUGAS AKHIR - CP234856

**DINAMIKA SPASIO-TEMPORAL WILAYAH URBAN DI
KAWASAN METROPOLITAN GERBANGKERTOSUSILA
PADA TAHUN 2017-2023 DENGAN *ENHANCED
NIGHTTIME LIGHTS URBAN INDEX***

MUHAMMAD RIZALDIKA NOERMAHMUDA

NRP 5015201042

Dosen Pembimbing

Cahyono Susetyo, ST., M.Sc., Ph.D

NIP 197801082003121002

Program Studi S-1 Perencanaan Wilayah dan Kota

Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota

Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2024



FINAL PROJECT - CP234856

**SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF URBAN AREAS IN
GERBANGKERTOSUSILA METROPOLITAN AREA IN
2017-2023 WITH ENHANCED NIGHTTIME LIGHTS
URBAN INDEX**

MUHAMMAD RIZALDIKA NOERMAHMUDA

NRP 5015201042

Advisor

Cahyono Susetyo, ST., M.Sc., Ph.D

NIP 197801082003121002

Study Program Urban and Regional Planning

Department of Urban and Regional Planning

Faculty of Civil, Planning and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2024

LEMBAR PENGESAHAN

DINAMIKA SPASIO-TEMPORAL WILAYAH URBAN DI KAWASAN METROPOLITAN GERBANGKERTOSUSILA PADA TAHUN 2017-2023 DENGAN ENHANCED NIGHTTIME LIGHTS URBAN INDEX

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar S.PWK pada
Program Studi S-1 Perencanaan Wilayah dan Kota
Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

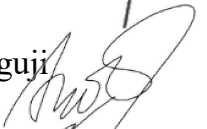
Oleh : **Muhammad Rizaldika Noermahmuda**


NRP. 5015201042

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Cahyono Susetyo, ST., M.Sc., Ph.D
2. Dr. Anoraga Jatayu, S.T., M.Si.
3. Ilman Harun, S.T., M.Sc.

Pembimbing 

Penguji 

Penguji 

SURABAYA

Juli, 2024

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

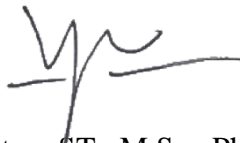
Nama mahasiswa / NRP : Muhammad Rizaldika Noermahmuda / 5015201042
Program studi : Perencanaan Wilayah dan Kota
Dosen Pembimbing / NIP : Cahyono Susetyo, ST., M.Sc., Ph.D
/ 197801082003121002

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul **“Dinamika Spasio-Temporal Wilayah Urban Di Kawasan Metropolitan Gerbangkertosusila Pada Tahun 2017-2023 Dengan *Enhanced Nighttime Lights Urban Index*”** adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 8 Juli 2024

Mengetahui
Dosen Pembimbing



Cahyono Susetyo, ST., M.Sc., Ph.D
197801082003121002

Mahasiswa



Muhammad Rizaldika Noermahmuda
5015201042

ABSTRAK

DINAMIKA SPASIO-TEMPORAL WILAYAH URBAN DI KAWASAN METROPOLITAN GERBANGKERTOSUSILA PADA TAHUN 2017-2023 DENGAN ENHANCED NIGHTTIME LIGHTS URBAN INDEX

Nama Mahasiswa / NRP : **Muhammad Rizaldika Noermahmuda / 5015201042**
Departemen : **Perencanaan Wilayah dan Kota FTSPK - ITS**
Dosen Pembimbing : **Cahyono Susetyo, ST., M.Sc., Ph.D**

Abstrak

Perluasan wilayah urban dapat mencerminkan tingkat pertumbuhan ekonomi, pergerakan penduduk, dan konsumsi energi di suatu daerah. Namun perluasan wilayah urban juga dapat menimbulkan dampak negatif seperti penurunan kualitas lingkungan, hilangnya lahan pertanian, dan peningkatan emisi gas rumah kaca. Sebagai pusat kegiatan perekonomian dan pusat pemerintahan provinsi Jawa Timur, perkembangan urbanisasi di wilayah metropolitan GKS cenderung terjadi di sekitar pusat-pusat populasi yang ada, baik di sekitar kota Surabaya maupun pusat kota sekitarnya. Metode LULC merupakan metode yang umum digunakan untuk menentukan tutupan lahan. Namun cara-cara tersebut dapat menimbulkan kesalahan dalam identifikasi tipe penggunaan lahan tertentu, sehingga klasifikasi yang salah seperti lahan pertanian dianggap sebagai lahan perkotaan. Dalam penelitian ini digunakan analisis ENUI yang merupakan gabungan citra NTL, NDVI, NDWI dan NDBI untuk mengidentifikasi kawasan perkotaan. Dari uji akurasi diketahui nilai akurasi Kappa dengan ambang batas sebesar $\frac{2}{3}$ nilai standar deviasi adalah sekitar 0,7 yang berarti analisis ENUI cukup akurat untuk mengidentifikasi wilayah perkotaan. Berdasarkan nilai dari analisis *Annual Increase* dan *Urban Ratio*, seluruh Kabupaten dan Kota di Kawasan Metropolitan Gerbangkertosusila mengalami pertumbuhan wilayah urban. Selain itu terjadi pergeseran titik ekspansi wilayah urban dimana pada jangka waktu 2017-2020 pertumbuhan wilayah urban berpusat di Kota dan Kabupaten Mojokerto dengan nilai *Expansion Rate* masing masing sebesar 32,18% dan 9,97% serta nilai *Annual Growth Rate* masing masing sebesar 25,26% dan 9,11%. sedangkan pada tahun 2020-2023 bergeser ke Kabupaten Bangkalan di Pulau Madura dan Kabupaten Lamongan dengan nilai *Expansion Rate* masing masing sebesar 25,72% dan 15,74% serta nilai *Annual Growth Rate* masing masing sebesar 21% dan 13,76%.

Kata kunci: *Dinamika Wilayah Urban, Sistem Informasi Geografis, Pengindraan Jauh, Nighttime Light Imagery, Indeks Tutupan Lahan, Enhanced Nighttime Light Urban Index*

ABSTRACT

SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF URBAN AREAS IN GERBANGKERTOSUSILA METROPOLITAN AREA IN 2017-2023 WITH ENHANCED NIGHTTIME LIGHTS URBAN INDEX

Student Name / NRP : **Muhammad Rizaldika Noermahmuda / 5015201042**
Department : **Urban and Regional Planning CIVPLAN - ITS**
Advisor : **Cahyono Susetyo, ST., M.Sc., Ph.D**

Abstract

Urban expansion can reflect the level of economic growth, population movement, and energy consumption in a region. However, urban expansion can also have negative impacts such as environmental degradation, loss of agricultural land, and increased greenhouse gas emissions. As the center of economic activity and the seat of government of the East Java province, the development of urbanization in the GKS metropolitan area tends to occur around existing population centers, both around the city of Surabaya and surrounding urban centers. The LULC method is a commonly used method for determining land cover. However, these methods can lead to errors in the identification of certain types of land use, so the wrong classification can cause agricultural land to be considered as urban land. In this study, ENUI analysis is used, which is a combination of NTL, NDVI, NDWI and NDBI images to identify urban areas. From the accuracy test, it is known that the Kappa accuracy value with a threshold of 2/3 standard deviation value is around 0.7, which means that the ENUI analysis is accurate enough to identify urban areas. Based on the value of the Annual Increase and Urban Ratio analysis, all regencies and cities in the Gerbangkertosusila Metropolitan Area experienced urban growth. In addition, there is a shift in the expansion point of urban areas where in the 2017-2020 period the growth of urban areas is centered in Mojokerto City and Regency with Expansion Rate values of 32.18% and 9.97% respectively and Annual Growth Rate values of 25.26% and 9.11% respectively. while in 2020-2023 it shifts to Bangkalan Regency on Madura Island and Lamongan Regency with Expansion Rate values of 25.72% and 15.74% respectively and Annual Growth Rate values of 21% and 13.76% respectively.

Keywords: *Urban Area Dynamics, Geographic Information System, Remote Sensing, Nighttime Light Imagery, Land Cover Index, Enhanced Nighttime Light Urban Index.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas nikmat, rahmat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Perencanaan Wilayah dan Kota di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Melalui kesempatan ini, penulis ingin memaparkan mengenai karya tugas akhir penulis yang berjudul **“Dinamika Spasio-Temporal Wilayah Urban Di Kawasan Metropolitan Gerbangkertosusila Pada Tahun 2017-2023 Dengan *Enhanced Nighttime Lights Urban Index*”**. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses pengerjaan tugas akhir kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Drs. Kasiono M.Pd dan Ibu Rohmatul Wasiah, saudara dan juga keluarga besar di Banyuwangi yang senantiasa memberikan dukungan, doa, dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Cahyono Susetyo, S.T., M.Sc., PhD selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, arahan, masukan dan semangat yang selalu diberikan selama pengerjaan Proposal dan Tugas Akhir.
3. Bapak Mochamad Yusuf, S.T., M.Sc. selaku dosen wali sekaligus koordinator mata kuliah Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan dan semangat selama berkuliah di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota ITS.
4. Teman-teman di internet terutama Burning Hall, FMB, Bimbel Primalmagna, serta komunitas Jejepangan di Surabaya yakni Idolm@ster Surabaya, Uma Musume Surabaya, Wibu SNI Nakayoshi beserta Anisura dalam mengisi kegiatan di waktu luang.
5. Teman-Teman SD dan SMP YPMM serta SMAN 1 Kota Jambi yang berkuliah di Pulau Jawa atas supportnya sebagai sesama mahasiswa perantau.
6. Teman-teman PWK ITS Angkatan 2020 (Dakarsata) yang saling support satu sama lain selama perkuliahan dari Semester 1 hingga Semester 8.
7. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang tidak dapat disebutkan satu-satu.
8. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-satu

Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penulisan penelitian Tugas Akhir ini. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat teoritis dan praktis bagi semua pihak yang terlibat. Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat, petunjuk, dan keberkahan dalam setiap langkah perjalanan hidup kita

Surabaya, Juli 2024

Muhammad Rizaldika Noermahmuda

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	I
PERNYATAAN ORISINALITAS	II
ABSTRAK.....	III
ABSTRACT	IV
KATA PENGANTAR	V
DAFTAR ISI	VI
DAFTAR GAMBAR	VIII
DAFTAR TABEL	IX
DAFTAR PETA.....	X
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	3
1.3 TUJUAN DAN SASARAN.....	3
1.4 RUANG LINGKUP PENELITIAN	4
1.4.1 <i>Ruang Lingkup Wilayah</i>	4
1.4.2 <i>Ruang Lingkup Pembahasan</i>	4
1.4.3 <i>Ruang Lingkup Substansi</i>	5
1.5 MANFAAT PENELITIAN	5
1.5.1 <i>Manfaat Teoritis</i>	5
1.5.2 <i>Manfaat Praktis</i>	5
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	5
1.7 KERANGKA PEMIKIRAN PENELITIAN	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 URBAN, WILAYAH URBAN DAN URBANISASI	8
2.1.1 <i>Urban</i>	8
2.1.2 <i>Wilayah Urban dan Dinamika Wilayah Urban</i>	8
2.1.3 <i>Urbanisasi</i>	8
2.2 SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG).....	9
2.3 PENGINDERAAN JAUH.....	10
2.3.1 <i>Definisi Penginderaan Jauh</i>	10
2.3.2 <i>Citra Cahaya Malam Hari (Nighttime Lights)</i>	10
2.3.3 <i>Satelit Landsat 8</i>	15
2.3.4 <i>Indeks Tutupan Lahan Yang Berkaitan Dengan Wilayah Urban</i>	15
2.3.5 <i>Indeks Spektral Wilayah Terbangun dan Citra Cahaya Malam Hari</i>	16
2.4 HASIL PENELITIAN TERDAHULU	17
2.5 SINTESA PUSTAKA	18
BAB 3 METODOLOGI	21
3.1 PENDEKATAN PENELITIAN.....	21

3.2	JENIS PENELITIAN	21
3.3	VARIABEL PENELITIAN	22
3.4	POPULASI.....	23
3.5	METODE PENGUMPULAN DATA	23
3.6	METODE ANALISIS DATA	23
3.6.1	<i>Analisis Citra Satelit NPP-VIIRS dan Landsat 8</i>	24
3.6.2	<i>Analisis Identifikasi Wilayah Urban Gerbangkertosusila Berdasarkan Perolehan Citra Satelit</i>	26
3.6.3	<i>Analisis Dinamika Wilayah Urban</i>	29
3.7	TAHAPAN PENELITIAN	32
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1	GAMBARAN UMUM WILAYAH STUDI	35
4.1.1	<i>Batas Wilayah Penelitian dan Letak Geografis</i>	35
4.1.2	<i>Kondisi Eksisting</i>	35
4.2	ANALISIS TANGKAPAN CITRA SATELIT NPP-VIIRS DAN LANDSAT 8 GERBANGKERTOSUSILA.....	39
4.2.1	<i>Analisis Citra NTL DNB NPP-VIIRS</i>	39
4.2.2	<i>Analisis Karakteristik Indeks Tutupan Lahan</i>	43
4.3	ANALISIS IDENTIFIKASI WILAYAH URBAN GERBANGKERTOSUSILA BERDASARKAN PEROLEHAN CITRA SATELIT	47
4.3.1	<i>Enhanced Nighttime Light Urban Index (ENUI)</i>	47
4.3.2	<i>Penentuan Ambang Batas</i>	48
4.3.3	<i>Uji Akurasi</i>	49
4.4	ANALISIS DINAMIKA WILAYAH URBAN	52
4.4.1	<i>Urbanisation Ratio</i>	53
4.4.2	<i>Annual Increase</i>	53
4.4.3	<i>Expansion Rate</i>	54
4.4.4	<i>Annual Growth Rate</i>	55
4.5	PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN	56
4.5.1	<i>Hasil Analisis ENUI dan Dinamika Wilayah Urban</i>	56
4.5.2	<i>Tinjauan Terhadap RTRW Jawa Timur Tahun 2023-2043</i>	59
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1	KESIMPULAN	62
5.2	SARAN	62
	DAFTAR PUSTAKA	64
	LAMPIRAN	71
	LAMPIRAN 1. PETA	71
	LAMPIRAN 2. STATISTIK UJI ERROR RESAMPLING.....	87
	LAMPIRAN 3. UJI AKURASI CONFUSION MATRIX	89
	LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR	92
	BIODATA PENULIS	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Penginderaan Jauh	10
Gambar 2.2 Komponen dalam Satelit Suomi NPP	12
Gambar 2.3 Satelit Landsat 8	15
Gambar 3.1 Diagram Alur Analisis Penelitian	31
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	33
Gambar 4.1 Perubahan Luasan Tutupan Lahan Gerbangkertosusila 2017-2023	39
Gambar 4.2 Persentase Perubahan Tutupan Lahan Gerbangkertosusila 2017-2023.....	39
Gambar 4.3 Grafik Annual Increase tiap Kabupaten/Kota.....	54
Gambar 4.4 Grafik Expansion Rate tiap Kabupaten/Kota	55
Gambar 4.5 Grafik Annual Growth Rate tiap Kabupaten/Kota	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Dataset NTL dan Fitur-Fitur Utamanya	14
<i>Tabel 2.2 Karakteristik Pita Landsat 8</i>	15
Tabel 2.3 Penjelasan Penelitian Terdahulu.....	19
Tabel 2.4 Sintesa Pustaka Penelitian	19
Tabel 3.1 Variabel Penelitian dan Definisi Operasionalnya	23
Tabel 3.2 Metode Pengumpulan Data	23
Tabel 3.3 Confusion Matrix.....	28
Tabel 3.4 Klasifikasi Tingkat Akurasi Berdasarkan Nilai Kappa Coefficient	29
Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Kabupaten/Kota Gerbangkertosusila 2017-2023.....	36
Tabel 4.2 Kepadatan Penduduk Kabupaten/Kota Gerbangkertosusila Pada Tahun 2017-2023	36
Tabel 4.3 Klasifikasi Tutupan Lahan dan Keterangannya	37
Tabel 4.4 Luasan Tutupan Lahan Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023	38
Tabel 4.5 Statistik NTL Gerbangkertosusila 2017-2023.....	41
Tabel 4.6 Mean Square Error dan Root Mean Square Error Resampling Citra NTL	43
Tabel 4.7 Statistik NDVI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023	44
Tabel 4.8 Statistik NDWI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023	45
Tabel 4.9 Statistik NDBI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023	47
Tabel 4.10 Statistik Nilai ENUI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023.....	48
Tabel 4.11 Ambang Batas Untuk Uji Akurasi.....	49
<i>Tabel 4.12 Kappa Accuracy Confusion Matrix</i>	51
Tabel 4.13 Luasan Wilayah Urban Per Kabupaten/Kota	53
Tabel 4.14 Urbanization Ratio tiap Kabupaten/Kota Tahun 2017, 2020, dan 2023	53
Tabel 4.15 Annual Increase Wilayah Urban tiap Kabupaten/Kota	54
Tabel 4.16 Expansion Rate tiap Kabupaten/Kota.....	54
Tabel 4.17 Annual Growth Rate tiap Kabupaten/Kota.....	55
Tabel 4.18 Hasil Analisis ENUI Tahun 2023.....	58

DAFTAR PETA

Peta 1.2. 1 Peta Ruang Lingkup Penelitian	4
Peta 4. 1 Peta Batas Wilayah Penelitian	35
Peta 4. 2 Tutupan Lahan Gerbangkertosusila Tahun 2017, 2020, dan 2023	38
Peta 4. 3 Citra NTL Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023	40
Peta 4. 4 Citra NTL yang Telah di-Resample Resolusinya	42
Peta 4. 5 NDVI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023	44
Peta 4. 6 NDWI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023	45
Peta 4. 7 NDBI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023	46
Peta 4. 8 ENUI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023	47
Peta 4. 9 Binerisasi Peta LULC Sentinel-2 dan RBI	50
Peta 4. 1 0 Kawasan Urban Gerbangkertosusila Tahun 2017, 2020, dan 2023	52
Peta 4. 1 1 Dinamika Wilayah Urban Gerbangkertosusila 2017-2023	52
Peta 4. 1 2 Peta Rencana Pola Ruang Jawa Timur 2023-2043	60

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Urbanisasi menyebabkan perubahan signifikan pada penggunaan lahan yang mungkin berdampak buruk pada ekosistem. Urbanisasi yang tidak terencana memicu berbagai masalah seperti kebersihan yang buruk, transportasi yang padat, peningkatan biaya infrastruktur, biaya hidup yang tinggi, ketidakseimbangan kesejahteraan, dan peningkatan jumlah kriminalitas (Balha, et al., 2020). Secara spasial, proses urbanisasi bermanifestasi dalam perubahan morfologi pada permukiman manusia, dengan lanskap yang muncul yang secara spasial unik, kompleks, dan heterogen (Asabere, et al., 2020). Perluasan lahan perkotaan atau *Urban area expansion* merupakan proses penciptaan lingkungan terbangun untuk menampung populasi perkotaan dan aktivitasnya yang dimana merupakan salah satu aspek mendasar dari urbanisasi. Perluasan lahan perkotaan mengubah habitat, biogeokimia, hidrologi, tutupan lahan, dan keseimbangan energi permukaan (Bren d'Amour, et al., 2017). Ekspansi wilayah urban dapat mencerminkan tingkat pertumbuhan ekonomi, mobilitas penduduk, dan konsumsi energi di suatu wilayah. Namun, ekspansi wilayah urban juga dapat menimbulkan dampak negatif, seperti penurunan kualitas lingkungan, hilangnya lahan pertanian, dan peningkatan emisi gas rumah kaca (Harahap, 2013).

Berdasarkan penelitian Adam (2010), fenomena urbanisasi di Indonesia mengidentifikasi poin-poin penting antara lain: Di tempat atau wilayah dengan perekonomian maju mengalami tingkat urbanisasi secara besar, urbanisasi biasanya terjadi pada wilayah yang menjadi pusat ekonomi, sosial, dan perekonomian, dan pulau Jawa mendominasi tingkat urbanisasi di Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk perkotaan di Indonesia meningkat dari 42,1% pada tahun 2010 menjadi 56,7% pada tahun 2020. Hal ini menunjukkan adanya proses urbanisasi yang cepat dan masif di berbagai daerah di Indonesia, termasuk di provinsi Jawa Timur. Berdasarkan proyeksi Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) pada tahun 2018, persentase populasi perkotaan di Indonesia diperkirakan akan mencapai 67,1% pada tahun 2045.

Kawasan Gerbangkertosusila (Gresik, Bangkalan, Mojokerto, Surabaya, Sidoarjo, Lamongan) mengalami pertumbuhan ekonomi yang pesat dan menjadi kawasan strategis nasional. Mesin pertumbuhan ekonomi wilayah ini memberikan pengaruh terhadap perkembangan wilayah urban di kawasan Gerbangkertosusila, khususnya di kawasan perkotaan. Perkembangan urbanisasi di wilayah metropolitan GKS cenderung terjadi di sekitar pusat-pusat pemukiman yang ada, baik di sekitar pusat kota (Surabaya) maupun pusat kota sekitarnya. Ada pula fenomena "pita pembangunan" di sepanjang sumbu lalu lintas arteri yang menghubungkan kawasan perkotaan yang didukung dengan hadirnya industri di sepanjang sumbu lalu lintas arteri tersebut. (Santoso, 2010)

Secara umum pembangunan di Jawa Timur, dimana kawasan Metropolitan GKS berada, menunjukkan adanya ketimpangan pembangunan antar wilayah, yang dapat berdampak pada kinerja pembangunan, kemiskinan, dan lingkungan. Menurut Fauzi, et al (2019), kinerja pembangunan wilayah di Jawa Timur pada tahun 2017 memiliki nilai rata-rata sebesar 0,62, dengan nilai minimum sebesar 0,36 dan maksimum sebesar 0,83. Hal ini menunjukkan adanya disparitas yang cukup tinggi antar wilayah, yang dapat dilihat dari koefisien variasi sebesar 0,19. Selain itu Berlianantiya (2017) mengemukakan bahwa pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur tidak diikuti oleh penurunan ketimpangan pembangunan ekonomi antar wilayah. Hal ini dapat

dilihat dari nilai indeks Williamson yang meningkat dari 0,28 pada tahun 2013 menjadi 0,31 pada tahun 2017.

Salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi wilayah urban adalah metode *Land Use Land Cover* (LULC). LULC merupakan metode penangkapan fenomena lanskap yang paling umum mengenai permukaan Bumi dan berperan penting dalam mengidentifikasi perubahan lingkungan regional dan global. Daerah perkotaan atau urban telah mengalami perubahan dan transformasi paling radikal antara vegetasi, lahan terbangun, badan air, dan jenis lahan lainnya, meskipun daerah perkotaan mencakup kurang dari 3% permukaan bumi (Wu et al., 2021). Metode LULC sendiri dianggap sebagai alat terbaik untuk memahami dan mengungkap dinamika perluasan kota di masa depan. Pada umumnya klasifikasi LULC menggunakan algoritma seperti *supervised classification* atau *unsupervised clustering*. Meskipun teknik ini efisien, metode tersebut dapat menghasilkan kesalahan dalam mengidentifikasi jenis penggunaan lahan tertentu. Misalnya, klasifikasi yang salah dapat menyebabkan lahan pertanian dianggap sebagai lahan perkotaan (Gaur dan Singh, 2023).

Untuk mengkaji fenomena ekspansi wilayah urban di Kawasan Metropolitan Gerbangkertosusila, diperlukan metode yang dapat mengukur dan memetakan perubahan wilayah urban secara akurat. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan data penginderaan jauh, khususnya data cahaya malam (*nighttime light*). Citra cahaya malam hari (NTL) mengacu pada representasi visual dari cahaya buatan Bumi yang ditangkap oleh satelit pada malam hari. Jenis citra ini memberikan perspektif unik tentang perilaku dan aktivitas manusia (NASA, n.d.). Citra cahaya malam hari dari pengamatan satelit memberikan informasi mengenai polusi cahaya, yang tidak hanya merepresentasikan intensitas cahaya buatan, tetapi juga faktor-faktor lain yang mempengaruhi, seperti intensitas aktivitas manusia dan tingkat aktivitas sosial dan ekonomi (Jiang, et al., 2017).

Beberapa indeks tutupan lahan spektral seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi vegetasi dan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) yang juga telah digunakan secara luas untuk mengidentifikasi dan memetakan area terbangun dari citra satelit beresolusi spasial rendah dan menengah (Zha, et al., 2003 dalam Stathakis, et al., 2012). Dengan menggunakan gabungan data indeks tutupan lahan serta data cahaya malam, dapat dibuat indeks yang dapat mengukur tingkat urbanisasi suatu wilayah, yaitu *Enhanced Nighttime Light Urban Index* (ENUI). ENUI merupakan indeks yang menggabungkan data citra cahaya malam (NTL) dengan data hasil pengolahan citra resolusi spektral yang ditangkap di siang hari, yakni NDVI, NDWI, dan NDBI berdasarkan penelitian oleh Zheng, et al. pada tahun 2022.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika spasio-temporal ekspansi wilayah urban di kawasan metropolitan Gerbangkertosusila pada tahun 2017-2023 dengan menggunakan metode ENUI. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi pihak-pihak yang terkait dengan perencanaan dan pengelolaan pembangunan wilayah, khususnya di Jawa Timur terutama kawasan Gerbangkertosusila. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang penginderaan jauh, pembangunan wilayah, dan urbanisasi.

1.2 Rumusan Masalah

Ekspansi wilayah urban dapat mencerminkan tingkat pertumbuhan ekonomi, mobilitas penduduk, dan konsumsi energi di suatu wilayah. Namun, ekspansi wilayah urban juga dapat menimbulkan dampak negatif, seperti penurunan kualitas lingkungan, hilangnya lahan pertanian, dan peningkatan emisi gas rumah kaca. Ekspansi wilayah urban akibat pembangunan wilayah di Jawa Timur terutama di kawasan Gerbangkertosusila menunjukkan adanya ketimpangan pembangunan antar wilayah, yang dapat berdampak pada kinerja pembangunan, kemiskinan, dan lingkungan. Sebagai pusat kegiatan ekonomi sekaligus pusat pemerintahan Provinsi Jawa Timur, perkembangan urbanisasi di wilayah metropolitan GKS cenderung terjadi di sekitar pusat-pusat pemukiman yang ada, baik di sekitar pusat kota (Surabaya) maupun pusat kota sekitarnya. Ada pula fenomena “pita pembangunan” di sepanjang sumbu lalu lintas arteri yang menghubungkan kawasan perkotaan yang didukung dengan hadirnya industri di sepanjang sumbu lalu lintas arteri tersebut.

Metode LULC dianggap sebagai alat terbaik untuk memahami dan mengungkap dinamika perluasan kota di masa depan. Meskipun teknik ini efisien, metode tersebut dapat menghasilkan kesalahan dalam mengidentifikasi jenis penggunaan lahan tertentu, seperti klasifikasi yang salah dapat menyebabkan lahan pertanian dianggap sebagai lahan perkotaan. Dengan menggunakan data cahaya malam, dapat dibuat indeks yang dapat mengukur tingkat urbanisasi suatu wilayah, yaitu *Enhanced Nighttime Light Urban Index* (ENUI). ENUI merupakan indeks yang menggabungkan data cahaya malam dengan data indeks tutupan lahan hasil pengolahan citra yang ditangkap di siang hari, yakni NDVI, NDWI, dan NDBI untuk menghasilkan nilai yang lebih akurat dan representatif terkait. Adapun hipotesis yang dapat diutarakan dalam penelitian ini terkait metode ENUI ialah: “Apakah gabungan data indeks tutupan lahan terbangun dengan citra cahaya malam hari (NTL) dapat memberikan gambaran mengenai wilayah urban suatu kawasan ?”

Berdasarkan uraian tersebut, maka rumusan masalah yang dapat diajukan adalah sebagai berikut: “*Bagaimana dinamika wilayah urban di kawasan metropolitan Gerbangkertosusila dalam rentang waktu 7 tahun ke belakang dengan metode ENUI?*”

1.3 Tujuan dan Sasaran

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar dinamika spasio-temporal wilayah urban di Provinsi Jawa Timur dalam rentang waktu 2017-2023. Sedangkan Sasaran untuk mencapai Tujuan Penelitian ini adalah

1. Mengidentifikasi dan menganalisis tangkapan citra satelit di kawasan metropolitan Gerbangkertosusila berdasarkan citra satelit NPP VIIRS dan Landsat 8.
2. Mengidentifikasi wilayah urban di metropolitan Gerbangkertosusila dengan ENUI (*Enhanced Nighttime Light Urban Indeks*) menggunakan citra NTL, NDVI, NDWI, dan NDBI dalam rentang waktu 2017–2023.
3. Menganalisis dinamika pertumbuhan wilayah urban kawasan metropolitan Gerbangkertosusila dalam rentang waktu 2017–2023.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

1.4.1 Ruang Lingkup Wilayah

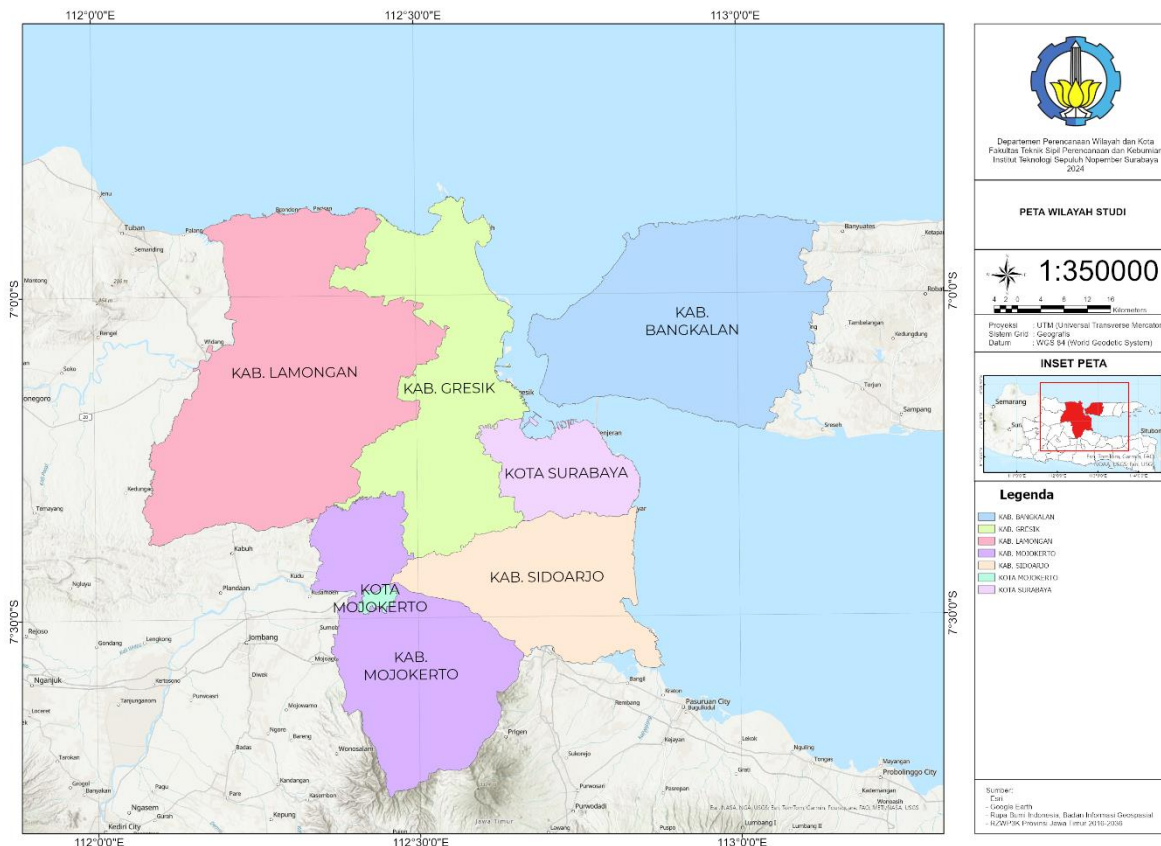
Batasan ruang lingkup wilayah dalam penelitian ini adalah kawasan metropolitan Gerbangkertosusila kecuali pulau Bawean yang terletak di antara 112°4' - 113°8' Bujur Timur dan 6°8' - 7°4' Lintang Selatan. Adapun batas-batas geografis GKS sebagai berikut:

Batas Utara: Laut Jawa

Batas Timur: Kabupaten Sampang, Selat Madura

Batas Selatan: Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Malang, Kota Batu

Batas Barat: Kabupaten Tuban, Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Jombang



Peta 1.2. 1 Peta Ruang Lingkup Penelitian

Sumber: Analisis Penulis, 2024

1.4.2 Ruang Lingkup Pembahasan

Ruang lingkup pembahasan pada penelitian ini berfokus pada dinamika keruangan, perubahan guna lahan atau tutupan lahan, perhitungan matematis antara citra cahaya malam hari, citra Landsat 8 berikut data olahannya yakni NDVI (*Normalized Difference Vegetation Indeks*), NDWI (*Normalized Difference Water Indeks*), dan NDBI (*Normalized Difference Built-up Indeks*), serta nilai ekspansi kawasan urban di kawasan metropolitan Gerbangkertosusila melalui ENUI (*Enhanced Nighttime light Urban Index*), *Annual Increase*, *Expansion Rate*, *Annual Growth Rate*, dan *Urbanization Ratio*.

1.4.3 Ruang Lingkup Substansi

Ruang lingkup substansi pada penelitian ini adalah mengenai urban dan kawasan urban, sistem informasi geografis, pengindraan jauh, citra cahaya malam hari, citra spektral, serta dinamika wilayah urban secara ruang-waktu.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian dalam dunia akademik baik ilmu planologi, geodesi, kartografi maupun geografi mengenai dinamika wilayah urban di Indonesia serta pemanfaatan pengindraan jauh seperti citra *Nighttime Lights* (NTL) maupun kombinasinya dengan indeks tutupan lahan terbangun dalam identifikasi wilayah urban bagi penelitian-penelitian dengan tema terkait di masa mendatang.

1.5.2 Manfaat Praktis

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan Pemerintah Daerah baik Provinsi Jawa Timur maupun kabupaten/kota di bawahnya ataupun daerah lain di seluruh Indonesia dalam merumuskan kebijakan terkait perencanaan kawasan kota terutama dalam hal identifikasi kawasan urban di dalam suatu wilayah serta terkait pembangunan di kawasan metropolitan Gerbangkertosusila untuk masa mendatang.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN: Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan dan sasaran penelitian, batasan masalah penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan, dan kerangka pemikiran

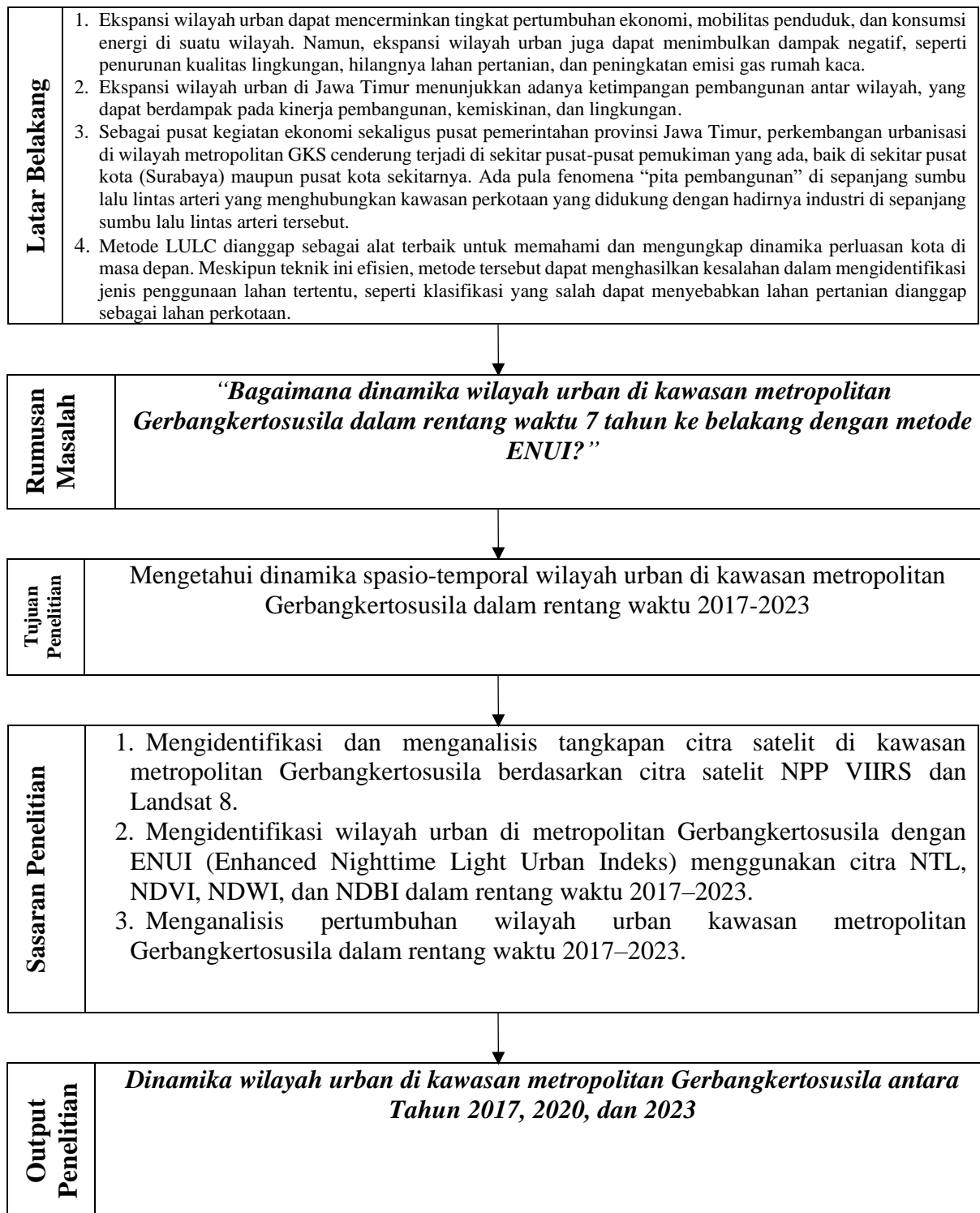
BAB II TINJAUAN PUSTAKA: Bab ini berisi tinjauan pustaka tentang konsep serta teori terkait urbanisasi, konsep dan teori terkait sistem informasi geografis dan penginderaan jauh, citra waktu malam atau *Nighttime Lights* (NTL), serta tinjauan penelitian terdahulu dan sintesa pustaka.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN: Bab ini berisi metode penelitian, pendekatan penelitian, jenis penelitian, variabel penelitian, populasi dan sampel, metode pengumpulan data, metode analisis data, tahapan penelitian, dan bagan alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN: Bab ini berisi mengenai kondisi wilayah penelitian atau gambaran umum wilayah studi. Selain itu pada bab ini juga akan memaparkan hasil serta pembahasan mengenai analisis yang telah dilakukan untuk menjawab sasaran penelitian.

BAB V KESIMPULAN: Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang menjawab tujuan dan sasaran-sasaran penelitian, serta saran terhadap penelitian selanjutnya.

1.7 Kerangka Pemikiran Penelitian



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Urban, Wilayah Urban dan Urbanisasi

2.1.1 Urban

Urban adalah istilah yang merujuk pada lingkungan atau wilayah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, banyak bangunan bertingkat, dan berbagai fasilitas umum seperti pusat perbelanjaan, kantor, dan tempat hiburan. Secara umum, urban mengacu pada daerah perkotaan yang memiliki karakteristik sosial, ekonomi, dan budaya yang berbeda dengan daerah pedesaan (Utama, 2022).

2.1.2 Wilayah Urban dan Dinamika Wilayah Urban

Wilayah perkotaan atau *urban area* memiliki ciri utama: sebagai pusat dari populasi, energi dan material, kegiatan industri dan komersial, serta bangunan dan infrastruktur. Meskipun tidak ada definisi yang seragam dan konsisten secara global mengenai "*urban*" alias "kota" (Zhang et al, 2011). Banyak negara mendasarkan definisi perkotaan mereka pada ukuran pemukiman (populasi), dengan menerapkan ambang batas tertentu untuk membedakan antara wilayah perkotaan dan pedesaan. Namun, masih terdapat ambiguitas mengenai penempatan batas permukiman atau ambang batas yang harus diterapkan, dan pilihan ambang batas tersebut dapat memengaruhi tingkat urbanisasi yang diukur di suatu negara (Potts, 2018). Di banyak negara, permukiman dengan jumlah penduduk beberapa ribu orang cenderung memiliki pertokoan, jasa, dan manufaktur, sementara di tempat lain, permukiman yang lebih besar cenderung berpusat pada pertanian (Satterthwaite, 2006).

Kota selalu mengalami perubahan seiring berjalannya waktu. Perubahan ini dapat memberikan dampak positif dan negatif terhadap wilayah perkotaan. Perubahan wilayah perkotaan (*Urban Dynamic*) dapat dilihat dari berbagai sudut pandang. Untuk menggambarkan perubahan-perubahan tersebut secara sistematis dan memudahkan penyusunan rencana ke depan, dinamika perkotaan akan dibagi menjadi tiga bidang utama, yaitu perubahan di bidang fisik, sosial, dan ekonomi. Untuk melakukan analisis dinamika perkotaan diperlukan suatu alat yang mampu menggambarkan perubahan perkotaan saat ini dan memprediksinya di masa depan (Forrester, 1969 dalam Bartelet, 2020).

2.1.3 Urbanisasi

Menurut Ensiklopedi Nasional Indonesia (1990), Urbanisasi dapat dipahami sebagai proses pengkotaan/menjadi kota di suatu wilayah. Proses urbanisasi ini dapat dipahami dalam dua pengertian. Makna yang pertama adalah adanya perubahan mendasar pada faktor fisik, sosial, ekonomi, dan budaya suatu wilayah akibat percepatan kemajuan perekonomian melalui kegiatan industri. Makna kedua adalah banyaknya orang yang berpindah dari desa ke kota karena adanya daya tarik perkotaan, misalnya kesempatan kerja.

Menurut Prof. Dr. Herlianto (1986), urbanisasi berarti suatu proses berkembangnya wilayah pertanian/pedesaan menjadi perkotaan, berkembangnya wilayah pedesaan menuju kota atau desa yang berciri perkotaan yang dialami masyarakat dari seorang petani di pedesaan berupa kehidupan agraris ke kehidupan industri perkotaan, dan perpindahan penduduk dari desa ke kota atau dari pekerjaan pertanian di desa ke pekerjaan industri di kota. Urbanisasi merupakan motor penggerak proses transformasi ekonomi, termasuk partisipasi sumber daya manusia, sumber daya alam dan teknologi (sumber daya buatan), dan pendapatan, ekonomi, sosial dan material serta permasalahan-permasalahan yang perlu diatasi dan diselesaikan sesuai

dengan kebijakan kota (Soetomo, 2009). Berdasarkan Penelitian Adam (2010), ditemui beberapa hal terkait urbanisasi di Indonesia:

1. Urbanisasi dapat menimbulkan dampak negatif dan positif
2. Urbanisasi terjadi karena adanya keinginan setiap individu/kelompok masyarakat untuk lebih banyak melakukan perubahan dalam kehidupan.
3. Daerah/wilayah yang maju secara ekonomi seringkali mempunyai tingkat urbanisasi yang tinggi.
4. Urbanisasi terutama terjadi pada daerah/wilayah yang merupakan pusat ekonomi, sosial, budaya, dan pemerintahan.
5. Pulau Jawa masih mendominasi tingkat urbanisasi di Indonesia.

2.2 Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG atau Sistem Informasi Geografis merupakan suatu sistem yang dapat mendukung pengambilan keputusan spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi suatu tempat dengan karakteristik fenomena yang terdapat pada lokasi tersebut (Gistut, 1994 dalam Aini, 2007). Menurut *United States Geological Survey (USGS) (2002)*, Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem komputer yang menganalisis dan menampilkan informasi yang direferensikan secara geografis. Sistem ini menggunakan data yang terikat pada suatu lokasi yang unik secara spesifik berdasarkan letak astronomisnya. Sistem ini mengumpulkan, memverifikasi, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan data kondisi permukaan bumi yang direferensikan secara spasial. Teknologi SIG mengintegrasikan operasi basis data umum, seperti *query* dan analisis statistik, dengan kemampuan visualisasi dan analisis peta yang unik. Kemampuan ini membedakan SIG dari sistem informasi lainnya, sehingga berguna bagi berbagai kelompok dalam menafsirkan peristiwa, merencanakan strategi, dan memprediksi apa yang akan terjadi (Aini, 2007). SIG mencakup beberapa sub sistem, yaitu: data masukan (*input*), data keluaran (*output*), pengelolaan data, manipulasi dan analisis data (Prahasta, 2005). Beberapa komponen sistem informasi geografis terdiri dari:

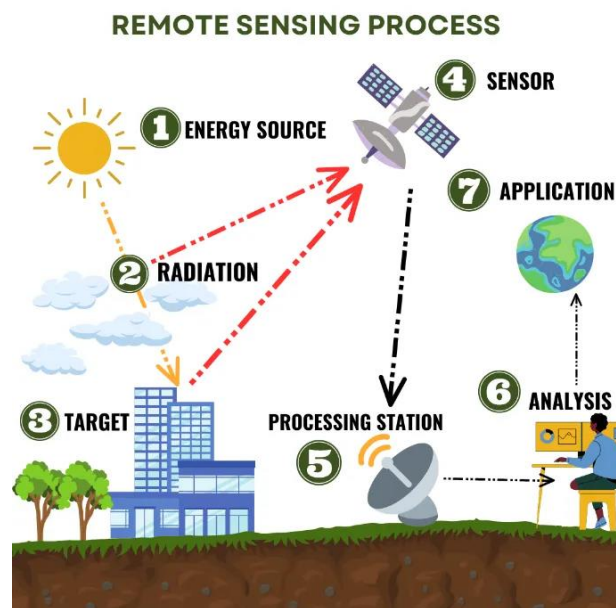
- Perangkat keras: Komputer, monitor, printer, scanner, digitizer, plotter, dan alat lainnya yang membantu sistem informasi geografis beroperasi.
- Perangkat lunak: Program untuk pengolahan data geografis. Contoh: Q-GIS, ArcGIS, dan program lainnya
- Data geografis: data yang mencakup lokasi (lokasi) dan atribut (karakteristik) suatu objek atau fenomena di permukaan Bumi.
- Manusia: Pengguna sistem informasi geografis yang bertanggung jawab atas pengumpulan, prosedur, analisis, dan penyajian data geografis.

Sistem informasi geografis memasukkan data geografis ke dalam basis data, kemudian memproses data tersebut dengan berbagai metode analisis dan menghasilkan output seperti peta, grafik, tabel, atau laporan. Output ini dapat digunakan untuk membantu pengambilan keputusan tentang masalah geografis (Idhom, 2021).

2.3 Penginderaan Jauh

2.3.1 Definisi Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*) berasal dari dua kata dalam bahasa Latin: *remotus*, yang berarti jauh dalam hal waktu atau tempat, dan *sensus* yang berarti mendeteksi rangsangan melalui salah satu dari panca indera. Dengan menggabungkan kedua kata ini, penginderaan jauh merujuk pada pendeteksian suatu objek/fitur/fenomena dengan alat pengamat yang tidak bersentuhan langsung dengan objek/fitur/fenomena tersebut (Dwivedi, 2017). Menurut USGS, Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah proses mendeteksi dan memantau karakteristik fisik suatu area dengan mengukur radiasi yang dipantulkan dan dipancarkan dari jarak jauh (biasanya dari satelit atau pesawat). Kamera khusus mengumpulkan gambar-gambar yang diindera dari jarak jauh, yang membantu para peneliti untuk 'merasakan (*sensing*)' berbagai hal tentang Bumi. Badan Penginderaan Jauh Nasional India, yang sekarang berganti nama menjadi Pusat Penginderaan Jauh Nasional (*National Remote Sensing Centre*) atau NRSC (1995) memberikan definisi tentang penginderaan jauh sebagai teknik untuk memperoleh informasi tentang objek di permukaan bumi tanpa bersentuhan langsung dengan objek tersebut. Ralph W. Kiefer dan Thomas M. Lillesand (2015) mendefinisikan penginderaan jauh sebagai ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat yang tidak bersentuhan dengan objek, daerah, atau fenomena yang sedang diselidiki.



Gambar 2.1 Ilustrasi Penginderaan Jauh

Sumber: <https://sigmaearth.com/basics-of-remote-sensing-and-gis/>

2.3.2 Citra Cahaya Malam Hari (*Nighttime Lights*)

2.3.2.1 Definisi *Nighttime Lights* (NTL)

Menurut Earthdata, citra cahaya malam hari (*Nighttime Lights*) mengacu pada pengamatan permukaan Bumi pada malam hari, seperti yang terlihat dari luar angkasa. Citra ini biasanya ditangkap oleh satelit penginderaan jauh dan memberikan perspektif unik tentang aktivitas manusia dan urbanisasi. Menurut *Asian Development Bank* (ADB), Citra cahaya malam hari menyediakan data yang dapat membantu menentukan indikator sosio-ekonomi ketika tidak ada

informasi lain yang dapat diandalkan, misalnya di beberapa bagian Asia yang sedang berkembang di mana sistem penghitungan ekonominya masih lemah, atau ketika citra satelit lebih sering tersedia dibandingkan dengan data tersebut. Citra cahaya malam hari dapat berguna dalam perencanaan kota karena beberapa alasan:

1. Memahami Dinamika Urbanisasi: Lampu malam hari dapat memberikan perspektif yang unik tentang dinamika daerah perkotaan. Lampu malam hari dapat mengungkapkan pola aktivitas manusia dan urbanisasi yang tidak terlihat pada siang hari.
2. Efisiensi Energi: Tampilan lampu malam hari juga dapat membantu dalam menilai efisiensi energi sebuah kota. Misalnya, pencahayaan responsif yang meredup saat tidak diperlukan dapat menghasilkan penghematan energi yang signifikan.
3. Indikator Sosial Ekonomi: Data lampu malam hari dapat membantu menentukan indikator sosio-ekonomi ketika tidak ada informasi lain yang dapat diandalkan, terutama di beberapa daerah berkembang di mana sistem akuntansi ekonomi masih lemah.

Earthdata NASA (2020) mengungkapkan, *Nighttime Lights Area* (NTLA) mengacu pada area geografis yang memancarkan cahaya pada malam hari, seperti yang ditangkap oleh satelit penginderaan jauh. Hal ini sering digunakan sebagai ukuran aktivitas manusia dan urbanisasi. Cahaya tersebut biasanya merupakan hasil dari aktivitas manusia, seperti penerangan jalan, penerangan bangunan, dan lampu kendaraan.

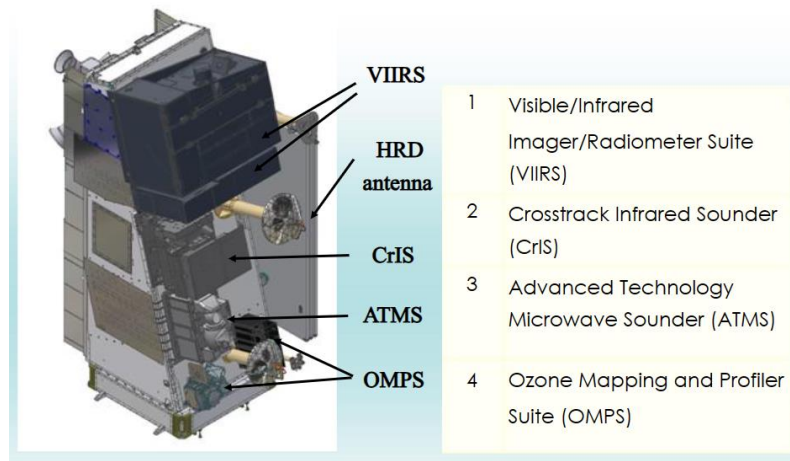
Data cahaya malam hari dapat digunakan untuk mempelajari berbagai aspek aktivitas manusia dan pembangunan perkotaan. Sebagai contoh, data ini dapat membantu dalam memahami dinamika spasial urbanisasi global. Hubungan antara area cahaya malam hari dan aktivitas manusia cukup langsung. Area dengan lebih banyak aktivitas manusia, seperti kota besar dan kecil, cenderung memiliki lebih banyak cahaya malam hari karena penggunaan pencahayaan buatan. Hal ini menjadikan cahaya malam hari sebagai proksi yang berguna untuk aktivitas manusia dan pembangunan perkotaan (Wang, et al., 2022).

Dalam hal daerah perkotaan, data cahaya malam hari dapat digunakan untuk memetakan tingkat urbanisasi, memantau perubahan pola pertumbuhan kota, dan menilai efektivitas kebijakan perencanaan kota. Data ini juga dapat digunakan untuk mempelajari fenomena perkotaan lainnya, seperti distribusi aktivitas ekonomi dan dampak urbanisasi terhadap lingkungan (Zhao, et al., 2021).

2.3.2.2 Suomi National Polar-orbiting Partnership (Suomi NPP)- Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) & Day/Night Band (DNB)

Berdasarkan Earthdata NASA, *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) adalah instrumen terbesar yang berada di satelit *Suomi National Polar-Orbiting Partnership* (Suomi NPP), sebuah proyek kerjasama antara NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) dan NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). VIIRS mengumpulkan citra radiometrik dalam panjang gelombang tampak dan inframerah dari daratan, atmosfer, es, dan lautan. VIIRS memperluas catatan pengamatan yang dikumpulkan oleh instrumen serupa yang ada di satelit yang telah diluncurkan sebelumnya, seperti *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) milik NASA dan *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) milik NOAA. Algoritme tutupan salju dan es laut VIIRS secara khusus dirancang untuk kompatibilitas dengan set data tutupan salju dan es laut MODIS, yang memastikan kesinambungan antara produk data MODIS dan VIIRS serta mendukung perbandingan data salju dan es laut selama masa pakai MODIS, VIIRS, dan seterusnya untuk

memfasilitasi pencatatan data iklim jangka panjang. Instrumen ini menyediakan pengukuran harian global cahaya tampak malam hari dan cahaya inframerah dekat (NIR) yang cocok untuk studi ilmu pengetahuan terutama terkait kebumihana. Citra cahaya malam hari (NTL) ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk memperkirakan populasi, menilai elektrifikasi daerah terpencil, memantau bencana dan konflik, dan memahami dampak biologis dari peningkatan polusi cahaya.



Gambar 2.2 Komponen dalam Satelit Suomi NPP

Sumber: LAPAN, 2015

Sensor VIIRS pada satelit Suomi NPP merekam intensitas cahaya dan mengumpulkan data dalam 22 pita spektral yang berbeda, salah satunya adalah pita *Day/Night Band* (DNB). Sensitivitas ultra-sensitif VIIRS DNB dalam kondisi cahaya redup memungkinkan dihasilkannya serangkaian produk malam hari berkualitas ilmiah yang mewujudkan peningkatan substansial dalam resolusi dan kalibrasi sensor (Ivan, et al., 2020). Data lampu kota di Bumi merupakan gabungan dari data *Day/Night* yang diakuisisi oleh satelit Suomi NPP. Orbit Suomi NPP memungkinkan VIIRS untuk mengumpulkan data cahaya malam yang baru untuk hampir seluruh Bumi setiap malam. (earthobservatory.nasa.gov, 2017)

2.3.2.3 Perbandingan antara Citra Day/Night Band (DNB) Suomi NPP-VIIRS dengan Citra NTL Lainnya

Sebagai data cahaya malam hari generasi baru, data NPP-VIIRS memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi dan jangkauan deteksi radiometrik yang lebih luas daripada data DMSP-OLS (*Defense Meteorological Satellite Program-Operational Line-Scan System*). (Shi, et al., 2014) DMSP-OLS memiliki keunikan dengan adanya tabung pengganda foto (PMT), yang mengintensifkan sinyal pita yang terlihat pada malam hari, sehingga memungkinkan pendeteksian cahaya dari kota, kebakaran, kapal nelayan, dan suar gas, di samping awan yang disinari bulan. OLS adalah radiometer pemindaian berosilasi dengan lebar petak ~3000 km dan terdiri dari dua pita spektral yang luas, pita inframerah dekat yang terlihat (VNIR) (0,4-1,1 m) yang mengumpulkan gambar NTL, dan pita inframerah termal (TIR) (10,5-12,6 m). Satelit ini dapat mendeteksi pancaran NTL dari, dan waktu penyinaran lokal biasanya bervariasi antara sekitar pukul 19.30 dan 21.30. Saat ini, tiga set data utama yang berasal dari DMSP-OLS mulai dari gambar harian hingga komposit tahunan biasanya digunakan dalam studi NTL. Data-data ini meliputi dataset deret waktu, dataset yang dikalibrasi dengan sinar, dan dataset harian dan bulanan. Data-data ini dikembangkan dengan menggunakan serangkaian algoritma otomatis

yang telah ditingkatkan oleh Pusat Data Geofisika Nasional NOAA (*National Geophysical Data Center/NGDC*).

Dibandingkan dengan komposit bebas awan stabil dari DMSP-OLS, citra NPP-VIIRS memiliki resolusi spasial yang lebih baik, rentang dinamis yang lebih luas, dan resolusi radiometrik yang lebih tinggi, yang memberikan gambaran yang lebih jelas dan lebih rinci tentang emisi cahaya antropogenik di malam hari. Kalibrasi onboard juga digunakan untuk meningkatkan kualitas data NPP-VIIRS. Dengan peningkatan resolusi spasial, konsistensi, rentang dinamis, dan kuantisasi radiometrik, masalah efek saturasi pada inti kota dan masalah blooming tidak signifikan karena data DMSP-OLS dan NPP-VIIRS dapat digunakan secara langsung untuk analisis temporal. Selain itu, perbedaan waktu overpass dari kedua sensor ini juga menyebabkan ketidakkonsistenan pencahayaan yang terdeteksi pada kedua dataset tersebut, karena dinamika pemandangan malam berbeda dari waktu ke waktu dari awal malam hingga tengah malam. Ketidakkonsistenan ini terlihat jelas di kota-kota besar dan di daerah-daerah di mana lampu jalan sengaja diredupkan atau dimatikan pada larut malam.

Perbedaan antara DMSP-OLS dan NPP-VIIRS telah mendorong dilakukannya penelitian terkait untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai kedua dataset ini dan perbedaannya. Dalam sejumlah penelitian, kemampuan NPP-VIIRS dan DMSP-OLS telah dibandingkan dalam menganalisis urbanisasi, kegiatan sosial ekonomi, emisi gas rumah kaca, dan polusi cahaya serta dampaknya. Upaya-upaya ini, yang telah menekankan keunggulan data VIIRS dalam mendeteksi aktivitas manusia pada skala kecil, telah mempromosikan metode baru dan lebih baik untuk mengatasi kekurangan yang melekat pada data DMSP (Zhao, et al., 2019).

Citra Day/Night Band (DNB) adalah salah satu sensor di satelit Suomi NPP-VIIRS yang dapat mengukur radiasi cahaya tampak dan dekat-inframerah (Vis/NIR) pada siang dan malam hari. Sensor ini merupakan bagian dari Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) yang terpasang di satelit Suomi National Polar-orbiting Partnership (SNPP) dan NOAA-20 (N20). Sensor ini dapat menghasilkan citra awan dan fitur bumi lainnya dengan tingkat pencahayaan yang bervariasi dari seperempat bulan hingga sinar matahari penuh. Sensor ini juga dapat digunakan untuk ilmu bumi dan aplikasi lainnya (Sun, et al., 2023)

Selain DMSP-OLS dan NPP-VIIRS yang telah diajabarkan, berikut merupakan tabel perbandingan secara rinci antara kedua sumber citra NTL diatas dan sumber-sumber citra NTL lainnya (Zhao, et al., 2019).

Satelit/Sensor	Tipe Set Data	Aksesibilitas	Rentang Waktu Ketersediaan Data	Resolusi Spasial	Pita Spektral	Resolusi Radiometrik
DMSP-OLS (<i>Defense Meteorological Satellite Program-Operational Line-Scan System</i>)	Set data time series	Gratis https://www.ngdc.noaa.gov/eog/download.html	1992–2013 Tahunan	30 arc-second (~1000 m di khatulistiwa)	Panchromatic 400–1100 nm	6 bit
	Set data yang terkalibrasi cahaya		1996, 1999, 2000, 2003, 2004, 2006, 2010, 2011 Beberapa Tahun			
	Set data harian dan bulanan	Tidak Gratis	Perlu Pemesanan Khusus			
Suomi NPP - VIIRS (<i>Suomi National Polar-Orbiting Partnership - Visible Infrared Imaging Radiometer Suite</i>)	Komposit VIIRS/DNB Bulanan	Gratis https://www.ngdc.noaa.gov/eog/download.html	April 2012–Sekarang Bulanan	15 arc-second (~500 m di khatulistiwa)	Panchromatic 505–890 nm	14 bit
	Komposit VIIRS/DNB Tahunan		2015, 2016 Beberapa tahun			
	Produk <i>Standard Black Marble</i>	Gratis (VNP46A1) https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/	19 Januari 2012–Sekarang Harian	500 m		
	Produk <i>Black Marble High Definition</i>	Dalam Eksperimen	-	Diperkirakan <30m		
ISS (<i>International Space Station</i>)	Foto oleh Astronot di dalam ISS	Gratis (Gambar tidak terkalibrasi) http://eol.jsc.nasa.gov http://www.citiesatnight.org	2003-sekarang Foto diambil secara tidak beraturan	5–200 m	RGB	8–14 bit
EROS-B	Citra NTL beresolusi spasial tinggi	Komersial	Sejak Pertengahan 2013	0.7 m	Panchromatic	16 bit
JL1-3B	Citra NTL multi-spektral (RGB)	Komersial (Tiongkok)	Diluncurkan 2017	0.92 m	430–512 nm (blue), 489–585 nm (green), dan 580–720 nm (red)	8 bit
JL1-07/08	Citra dengan pita pankromatik dan pita multispektral yang ditingkatkan	Komersial (Tiongkok)	Diluncurkan 2018	/	Panchromatic dan multi-spektral (blue, green, red, red edge, dan near-infrared bands)	/
LJ1-01	Citra NTL beresolusi spasial tinggi	Gratis (Dalam Bahasa Mandarin) http://59.175.109.173:8888/app/login.html	Diluncurkan 2018 Diambil setiap 15 hari	130 m	Panchromatic 480–800 nm	Digital number (DN) values

Tabel 2.1 Daftar Dataset NTL dan Fitur-Fitur Utamanya

Sumber: Zhao, et al., 2019

2.3.3 Satelit Landsat 8

Landsat Data Continuity Mission's (LDCM) atau disebut sebagai Landsat 8 adalah satelit observasi permukaan bumi milik Amerika Serikat yang diluncurkan pada Desember 2012 dan mulai beroperasi pada 11 Februari 2013 (Val, 2013). Landsat 8 terdiri dari dua instrumen: yakni *Operational Land Imager* (OLI), yang menyediakan radiasi inframerah-dekat dan inframerah-tengah dengan resolusi spasial 30 m dan pita pankromatik 15 m, dan *Thermal InfraRed Sensor* (TIRS) yang memiliki dua saluran termal pada 100 m (Loveland & Dwyer, 2012).



Gambar 2.3 Satelit Landsat 8

Sumber: www.nasa.gov

Satelit Landsat-8 memiliki 11 pita dimana dari pita tersebut, 9 saluran (*band 1-9*) berada di OLI dan 2 pita lainnya (*band 10 dan 11*) berada di TIRS. Berikut merupakan tabel yang menjelaskan karakteristik tiap pita yang terdapat pada citra Landsat 8.

Pita	Sensor	Panjang Gelombang	Resolusi
1	Coastal/Aerosol	0.435 – 0.451 μm	30 m
2	Blue	0.452 – 0.512 μm	30 m
3	Green	0.533 – 0.590 μm	30 m
4	Red	0.636 – 0.673 μm	30 m
5	Near-Infrared	0.851 – 0.879 μm	30 m
6	SWIR-1	1.566 – 1.651 μm	30 m
7	SWIR-2	2.107 – 2.294 μm	30 m
8	Pankromatik	0.503 – 0.676 μm	15 m
9	Cirrus	1.363 – 1.384 μm	30 m
10	TIRS-1	10,60 -11,19 μm	100 m
11	TIRS-2	11,50 -12,51 μm	100 m

Tabel 2.2 Karakteristik Pita Landsat 8

Sumber: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>

2.3.4 Indeks Tutupan Lahan Yang Berkaitan Dengan Wilayah Urban

Kemunculan citra dengan resolusi spasial yang tinggi telah memberikan peluang penelitian baru untuk mendeteksi perubahan. Selain itu, tidak hanya perubahan global dan jangka panjang yang menarik. Ada juga permintaan yang meningkat untuk memantau perubahan jangka pendek untuk objek dan fenomena terbaik (Bouziani, et al. 2007). Objek seperti bangunan dan jalan, yang sulit diidentifikasi pada citra dengan resolusi spasial rendah dan menengah, dapat

diidentifikasi dengan jelas pada citra dengan resolusi spasial tinggi. Karena data dengan resolusi spasial tinggi mahal, banyak peneliti yang berfokus untuk meningkatkan hasil klasifikasi wilayah perkotaan dengan menggunakan data penginderaan jauh resolusi spasial menengah (Lasbet & Lahechab, 2015).

Citra satelit penginderaan jauh telah memberikan kontribusi dalam memperbarui dan mengaktualisasikan peta yang sangat diinginkan oleh para pembuat kebijakan. Selain itu, indeks LU/LC menjadi alat yang baik untuk menginterpretasi, mengelola, mengikuti, dan mengontrol fitur lahan (Bouhennache, et al. 2018). Indeks spektral didefinisikan sebagai persamaan yang menggabungkan nilai piksel dari dua atau lebih pita spektral menjadi gambar multispektral, menggunakan berbagai algoritma, terutama berfokus pada rasio bandwidth atau rasio karakteristik. untuk membantu memodelkan, memprediksi atau menyimpulkan proses permukaan. Sedangkan indeks tutupan lahan spektral yang selanjutnya disebut indeks tutupan lahan adalah persamaan yang menggabungkan nilai piksel dari dua atau lebih pita spektral dengan menggunakan algoritma berbeda yang mewakili kondisi tutupan lahan (Wibowo, 2023). Beberapa indeks spektral seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi vegetasi dan *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) yang juga telah digunakan secara luas untuk mengidentifikasi dan memetakan area terbangun dari citra satelit beresolusi spasial rendah dan menengah (Zha, et al., 2003 dalam Stathakis, et al., 2012).

Terdapat tiga kategori metode ekstraksi terbangun, yaitu indeks spektral dan spasial, kombinasi data spektral dan informasi tekstur, yaitu klasifikasi, dan kombinasi sensor atau multi-sensor (Zhang, et al., 2014). Namun, indeks yang dikembangkan mengungguli metode lainnya karena kesederhanaan dan kecepatan perhitungannya, pengurangan waktu pemrosesan, dan penerapan yang tinggi. Sejak ditemukannya NDVI, para peneliti telah melakukan upaya besar untuk menghasilkan indeks lahan terbangun yang sama akuratnya. Hasilnya menunjukkan bahwa lahan terbangun terpisah dengan baik dari vegetasi tetapi tidak terisolasi dengan baik dari tanah gundul dan air) karena indeks yang dihitung salah mengklasifikasikan sejumlah wilayah tandus dan air sebagai area terbangun karena heterogenitas wilayah perkotaan yang kompleks. (Piyooosh dan Ghosh, 2018)

2.3.5 Indeks Spektral Wilayah Terbangun dan Citra Cahaya Malam Hari

Indeks Spektral dan Citra Malam Hari memiliki hubungan yang erat dalam analisis geospasial, khususnya dalam memahami dan memantau perkembangan wilayah terbangun dan aktivitas manusia. Indeks spektral seperti *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) digunakan untuk mengidentifikasi lahan terbangun perkotaan serta *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk mengidentifikasi vegetasi (Hidayati, et al., 2018). Di sisi lain, Nighttime Light (NTL) memberikan informasi yang menunjukkan area mana yang terdapat intervensi manusia. Data NTL dapat memberikan analisis perbandingan antara wilayah yang tingkat aktivitas ekonominya tinggi dan rendah pada waktu tertentu. Daerah dengan pencahayaan malam yang lebih terang sering kali mewakili pusat aktivitas ekonomi tinggi, sedangkan wilayah dengan pencahayaan malam yang lebih redup biasanya memiliki aktivitas ekonomi yang rendah (Afrianto, 2022). Dari penjelasan mengenai 2 jenis citra terhadap kawasan urban dapat disimpulkan kedua jenis citra tersebut dapat saling melengkapi untuk penentuan kawasan urban berdasarkan irisan indeks spektral dan citra cahaya malam hari.

2.4 Hasil Penelitian Terdahulu

2.4.1 *Mapping Urban Extent Using LuoJia 1-01 Nighttime Light Imagery* oleh Xi Li, Lixian Zhao, Deren Li, dan Huimin Xu (2018)

Penelitian ini membandingkan beberapa metode untuk mengekstrak area perkotaan menggunakan citra cahaya malam dari LuoJia 1-01 dan VIIRS, termasuk *Human Settlement Index* (HSI), *Simple Thresholding Segmentation* (STS), dan klasifikasi terawasi SVM. Penelitian ini mengemukakan metode *Human Settlement Index* (HSI) menggunakan data LJ1-01 dimana indeks tersebut menunjukkan kinerja terbaik dalam ekstraksi area perkotaan, dengan nilai *Kappa Coefficient* tertinggi di antara semua hasil.

2.4.2 *Evaluation of NPP-VIIRS night-time light composite data for extracting built-up urban areas* oleh Kaifang Shi, Chang Huang, Bailang Yua, Bing Yin, Yixiu Huang & Jianping Wu (2014)

Artikel ini mengevaluasi efektivitas data komposit cahaya malam NPP-VIIRS dalam mengekstraksi area perkotaan dibandingkan dengan data DMSP-OLS. Studi dilakukan pada 12 kota di Tiongkok, dimana menggunakan data resolusi tinggi Landsat 8 OLI-TIRS sebagai acuan dimana citra NTL dari DMSP-OLS dan NPP-VIIRS disamakan resolusinya dengan citra Landsat-8 OLI-TIRS melalui metode *resample*. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa data NPP-VIIRS, dengan resolusi spasial lebih tinggi dan rentang deteksi radiometrik lebih luas, memberikan hasil ekstraksi area perkotaan yang lebih akurat dibandingkan data DMSP-OLS. Data NPP-VIIRS dapat menjadi alat yang kuat untuk ekstraksi area perkotaan pada skala nasional atau regional, meskipun ada beberapa ketidakpastian dan kebutuhan untuk peningkatan kualitas data.

2.4.3 *An improved approach for monitoring urban built-up areas by combining NPP-VIIRS nighttime light, NDVI, NDWI, and NDBI* oleh Yuanmao Zheng, Lina Tang, & Haowei Wang (2021)

Penelitian ini mengusulkan pendekatan yang dioptimalkan untuk mengekstrak informasi lahan perkotaan menggunakan data cahaya malam DMSP-OLS, indeks vegetasi (NDVI), dan indeks air (NDWI). Pendekatan ini bertujuan untuk mengatasi masalah saturasi dan efek blooming dari data NTL DMSP-OLS, yang dapat menghambat akurasi ekstraksi informasi perkotaan. Dalam penelitian ini diperkenalkan indeks baru yang disebut VWANUI (*Vegetation–Water-Adjusted NTL Urban Index*) yang menggabungkan transformasi logaritmik dengan NDVI dan NDWI untuk meningkatkan presisi dalam mengekstrak area perkotaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan yang diusulkan dapat mengurangi saturasi dan menghilangkan efek blooming, serta meningkatkan akurasi ekstraksi lahan perkotaan, yang berguna untuk mendukung pengembangan perkotaan yang berkelanjutan.

2.4.4 *Quantitative Evaluation of Urban Expansion using NPP-VIIRS Nighttime Light and Landsat Spectral Data* oleh Yuanmao Zheng , Yuanrong He, Qiang Zhou, & Haowei Wang (2022)

Penelitian ini memperkenalkan *Enhanced Nighttime Light Urban Index* (ENUI), yang menggabungkan data cahaya malam NPP-VIIRS dengan data spektral Landsat untuk mengevaluasi ekspansi perkotaan. ENUI digunakan untuk menilai ekspansi perkotaan di Kawasan Teluk Guangdong-Hong Kong-Makau, menunjukkan pola ekspansi yang melingkar dan radial. Metode ENUI mencapai akurasi ekstraksi yang tinggi dengan nilai Kappa 0.75-0.78, menunjukkan keandalan dalam mengidentifikasi area perkotaan. Penelitian ini memberikan dataset dan referensi yang berharga untuk mendukung pengambilan keputusan dalam

pengembangan pola perkotaan yang berkelanjutan dan desain pembangunan perkotaan yang berkelanjutan.

2.4.5 Morfologi Kota Malang: Sebuah Tinjauan dari Nighttime Light Satellite Imagery oleh Firman Afrianto dan Dimas Tri Rendra Graha (2023)

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi morfologi Kota Malang menggunakan data Remote Sensing Light Pollution Map dari Nighttime Light Imagery. Dalam penelitian ini, metodologi yang digunakan adalah Analisis *Clockboard Zones*, yang membagi Kota Malang menjadi empat Ring berdasarkan teori morfologi kota. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa Kota Malang memiliki bentuk radial konsentrik dengan perkembangan terbesar di timur laut dan utara kota, Morfologi Kota Malang cenderung konsentrik dan mengalami pertumbuhan yang tidak merata, menunjukkan kecenderungan jenuh di pusat kota dan pertumbuhan di pinggiran. Penelitian ini juga memberikan wawasan baru dalam identifikasi morfologi kota menggunakan teknologi citra satelit cahaya malam dan dapat membantu dalam perencanaan perkotaan.

2.5 Sintesa Pustaka

Sintesa Pustaka dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan metode dan variabel berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan diatas. Adapun metode dan variabel yang diperoleh adalah sebagai berikut:

No	Judul Penelitian	Metode	Variabel
1	<i>Mapping Urban Extent Using Luojia 1-01 Nighttime Light Imagery</i>	<i>Human Settlement Index (HSI), Simple Thresholding Segmentation (STS)</i>	NTL NPP VIIRS
			NTL Luojia 1-01
			NDVI
			NDWI
2	<i>Evaluation of NPP-VIIRS nighttime light composite data for extracting built-up urban areas</i>	Komparasi hasil gabungan citra DMSP-OLS + Landsat 8 dengan citra NPP VIIRS + Landsat 8	NTL DMSP-OLS
			NTL NPP VIIRS
			Citra Landsat 8 OLI-TIRS
3	<i>An improved approach for monitoring urban built-up areas by combining NPP-VIIRS nighttime light, NDVI, NDWI, and NDBI</i>	Komparasi Metode <i>Local Optimized Threshold (LOT)</i> dan <i>VWANUI (Vegetation–Water-Adjusted NTL Urban Index)</i>	NTL NPP-VIIRS
			NDVI
			NDWI
			NDBI
			LULC
4	<i>Quantitative Evaluation of Urban Expansion using NPP-VIIRS Nighttime Light and Landsat Spectral Data</i>	<i>Enhanced Nighttime Light Urban Index (ENUI), Urban Growth Rate, dan Autokorelasi Spasial</i>	NTL NPP-VIIRS
			NDVI
			NDWI
			NDBI
			LULC

5	Morfologi Kota Malang: Sebuah Tinjauan dari <i>Nighttime Light Satellite Imagery</i>	Analisis <i>Clockboard Zones</i>	NTL NPP-VIIRS
---	--	----------------------------------	---------------

Tabel 2.3 Penjelasan Penelitian Terdahulu

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Adapun dari hasil metode dan variabel penelitian terdahulu di atas dapat disintesa indikator dan variabel untuk penelitian ini dalam tabel di bawah ini.

No	Sasaran	Indikator	Variabel	Alasan
1	Mengidentifikasi dan menganalisis tangkapan citra satelit di kawasan metropolitan Gerbangkertosusila berdasarkan citra satelit NPP VIIRS dan Landsat 8.	Dinamika Citra NTL Gerbangkertosusila	Citra NTL pita DNB Satelit Suomi NPP-VIIRS	Citra NTL menggambarkan kawasan kegiatan sosial, ekonomi, dan bisnis masyarakat suatu wilayah.
		Indeks tutupan lahan yang terkait dengan wilayah urban Gerbangkertosusila	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	Gabungan dari inverse NDVI, inverse NDWI, dan NDBI akan memberikan kenampakan kawasan terbangun dengan resolusi tinggi.
			<i>Normalized Difference Water Index</i> (NDWI)	
2	Mengidentifikasi wilayah urban di metropolitan Gerbangkertosusila dengan ENUI (<i>Enhanced Nighttime Light Urban Indeks</i>) menggunakan citra NTL, NDVI, NDWI, dan NDBI dalam rentang waktu 2017–2023.	<i>Enhanced Nighttime Light Urban Index</i> (ENUI) Gerbangkertosusila	Citra NTL pita DNB Suomi NPP-VIIRS, NDVI, NDWI, serta NDBI.	Irisan kawasan terbangun dan kawasan sosial dan ekonomi akan memberikan gambaran wilayah urban yang definitif.
			LULC dari citra Satelit Sentinel-2 untuk uji akurasi.	LULC Sentinel-2 memiliki resolusi yang tinggi sehingga dapat dijadikan referensi untuk uji akurasi ENUI
3	Menganalisis tingkat ekspansi wilayah urban kawasan metropolitan Gerbangkertosusila dalam rentang waktu 2017–2023.	Dinamika Wilayah Urban Gerbangkertosusila	Hasil dari sasaran 2	Menjelaskan dinamika wilayah urban di metropolitan Gerbangkertosusila secara Spasio-Temporal

Tabel 2.4 Sintesa Pustaka Penelitian

Sumber: Analisis Penulis, 2024

BAB 3 METODOLOGI

Penelitian ini dalam prosesnya akan melakukan beberapa langkah, dan di dalam bab metodologi penelitian ini akan menjelaskan mengenai runtutan metode yang akan digunakan dalam penelitian ini.

3.1 Pendekatan Penelitian

Paradigma pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan positivistik. Positivisme adalah dasar dari paradigma kuantitatif, yang menolak teologi dan metafisika. Paradigma ini mengklaim bahwa ilmu pengetahuan adalah satu-satunya jenis pengetahuan yang dapat diterima secara hukum. Pengetahuan yang dimaksud adalah pengetahuan yang diperoleh dari pengalaman sebelumnya. Dimana pengalaman itu dirasakan oleh indra kita dan kemudian diproses oleh pikiran kita. (Karim, 2021)

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan inklusi data spasial. Menurut Sukmadinata (2017) Penelitian deskriptif adalah jenis penelitian yang bertujuan untuk mendeskripsikan atau menjelaskan fenomena-fenomena yang ada, baik alam maupun buatan, yang meliputi kegiatan, ciri-ciri, perubahan, hubungan, persamaan dan perbedaan diantaranya, yang mungkin juga terkait dengan fenomena-fenomena lain.

Penelitian kuantitatif digunakan untuk mempelajari populasi atau sampel tertentu. Pengambilan sampel biasanya dilakukan secara kebetulan, dan instrumen penelitian digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis data. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Metode ini menekankan analisis data numerik, atau data angka, yang diproses menggunakan teknik statistik. Pada dasarnya, metode kuantitatif digunakan untuk penelitian inferensial, atau pengujian hipotesis. Hasilnya menunjukkan bahwa kemungkinan kesalahan penolakan hipotesis adalah nol atau nihil. Selain itu, pendekatan kuantitatif adalah pendekatan penelitian yang semuanya diukur dengan angka, mulai dari proses pengumpulan data hingga proses analisis dan interpretasi temuan dan kesimpulan (Sugiyono, 2019). Selain itu, paradigma kuantitatif berpendapat bahwa pemikiran empiris rasional adalah sumber ilmu. Pemikiran ini didasarkan pada kesesuaian dengan teori sebelumnya yang dikenal sebagai koherensi. Teori ini dimulai dengan asumsi atau, dalam istilah awam, perumusan hipotesis. Untuk kemudian divalidasi untuk memperoleh teori baru. Paradigma kuantitatif mengatakan bahwa variabel dalam sebuah peristiwa dapat berubah tergantung pada kondisi dan situasi. Oleh karena itu, penelitian kuantitatif hanya menggunakan variabel tertentu. Biasanya, variabel yang digunakan hanya terkait dengan tujuan penelitian (Karim, 2021).

Dalam ilmu geografi, penelitian spasial, juga dikenal sebagai penelitian keruangan, digunakan untuk mempelajari pola, hubungan, dan distribusi dalam ruang dengan menggunakan data geografis. Penelitian ini dapat digunakan dalam banyak bidang ilmu, termasuk geografi, ekologi, epidemiologi, perencanaan kota, dan pemodelan lingkungan. (Kaasyifa, 2022). Pendekatan ini menekankan pada eksistensi ruang sebagai wadah untuk mengakomodasi kegiatan manusia dalam menjelaskan fenomena dalam geosfer (Yunus, 2008).

Dalam penelitian ini akan menganalisis dinamika wilayah urban dengan metode *Enhanced Nighttime Light Urban Indeks* (ENUI), penentuan ambang batasnya, uji akurasi, serta beberapa

analisis untuk menghitung dinamika wilayah urban yang telah ditentukan sebelumnya sesuai ambang batas seperti *Annual Increase*, *Expansion Rate*, *Annual Growth Rate*, Serta *Urbanization Ratio*. Variabel-variabel yang digunakan adalah variabel-variabel yang telah disebutkan dalam sintesa pustaka di bab sebelumnya yang kemudian definisi operasionalnya akan dijelaskan lebih lanjut di sub bab selanjutnya.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian dapat didefinisikan sebagai fokus penelitian dan mempunyai pengukuran, baik kuantitatif maupun kualitatif. Variabel penelitian yang dihasilkan ditentukan oleh rumusan masalah yang terangkum dalam rumusan masalah, tinjauan pustaka, dan kesesuaian variabel dalam menggambarkan masalah. Dalam hal ini perubahan diperoleh dari hasil kajian pustaka. Variabel yang disusun dalam analisis ini disesuaikan sehingga setiap tujuan dapat tercapai. Susunan sasaran, indikator, variabel dan defines operasionalnya yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

No	Sasaran	Indikator	Variabel	Definisi Operasional
1	Mengidentifikasi dan menganalisis tangkapan citra satelit di kawasan metropolitan Gerbangkertosusila berdasarkan citra satelit NPP VIIRS dan Landsat 8.	Dinamika Citra NTL Gerbangkertosusila	Citra NTL pita DNB Satelit Suomi NPP-VIIRS	Citra Satelit DNB Suomi NPP VIIRS Kawasan Gerbangkertosusila pada malam hari yang terkompisit pada tahun 2017, 2020, dan 2023
		Indeks tutupan lahan yang terkait dengan wilayah urban Gerbangkertosusila	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	indeks tutupan lahan yang menggambarkan tingkat kehijauan vegetasi Gerbangkertosusila pada tahun 2017, 2020, dan 2023
			<i>Normalized Difference Water Index</i> (NDWI)	indeks tutupan lahan yang menggambarkan kawasan badan perairan Gerbangkertosusila pada tahun 2017, 2020, dan 2023
			<i>Normalized Difference Built-up Index</i> (NDBI)	indeks tutupan lahan yang menggambarkan kawasan terbangun Gerbangkertosusila pada tahun 2017, 2020, dan 2023
2	Mengidentifikasi wilayah urban di metropolitan Gerbangkertosusila dengan ENUI (<i>Enhanced Nighttime Light Urban Indeks</i>) menggunakan citra NTL, NDVI, NDWI, dan NDBI dalam rentang waktu 2017–2023.	<i>Enhanced Nighttime Light Urban Index</i> (ENUI) Gerbangkertosusila	Citra NTL pita DNB Suomi NPP-VIIRS, NDVI, NDWI, serta NDBI.	<i>Enhanced Nighttime Light Urban Index</i> merupakan Indeks spektral yang menggabungkan data NTL dengan beberapa indeks tutupan lahan tahunan maksimum untuk mengurangi kebingungan deteksi antara area perkotaan dan tanah tandus. Indeks ini dirancang untuk meningkatkan akurasi dalam mengidentifikasi area perkotaan dan membedakannya dari area non-perkotaan
			LULC dari citra Satelit Sentinel-2 untuk uji akurasi.	Merupakan gambaran tutupan lahan yang telah diklasifikasikan yang bersumber dari citra RGB Satelit Sentinel-2 guna menguji keakuratan dari hasil analisis <i>Enhanced Nighttime Light Urban Index</i>

3	Menganalisis tingkat ekspansi wilayah urban kawasan metropolitan Gerbangkertosusila dalam rentang waktu 2017–2023.	Dinamika Wilayah Urban Gerbangkertosusila	Hasil dari sasaran 2	Merupakan analisis untuk mengetahui tingkat dinamika spasio-temporal kawasan urban metropolitan Gerbangkertosusila antara tahun 2017, 2020, dan 2023
---	--	---	----------------------	--

Tabel 3.1 Variabel Penelitian dan Definisi Operasionalnya

Sumber: Analisis Penulis, 2024

3.4 Populasi

Pada penelitian ini, populasi yang digunakan adalah wilayah metropolitan Gerbangkertosusila di Provinsi Jawa Timur yang terdiri dari 5 Kabupaten dan 2 Kota, yaitu:

1. Kabupaten Mojokerto
2. Kabupaten Lamongan
3. Kabupaten Sidoarjo
4. Kabupaten Gresik (kecuali Pulau Bawean)
5. Kabupaten Bangkalan
6. Kota Mojokerto
7. Kota Surabaya

3.5 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan untuk pengumpulan data pada penelitian ini seluruhnya diambil dari sumber sekunder dengan penjelasan lebih lanjut disajikan dalam tabel di bawah ini.

No	Variabel	Metode Pengumpulan	Sumber
1	Citra NTL DNB Suomi NPP-VIIRS	Sekunder	Citra NTL DNB Satelit Suomi NPP-VIIRS di https://www.lightpollutionmap.info/
2	<i>Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)</i>	Sekunder	Database citra Satelit Landsat 8 OLI-TIRS di Google Earth Engine
3	<i>Normalized Difference Water Index (NDWI)</i>	Sekunder	Database citra Satelit Landsat 8 OLI-TIRS di Google Earth Engine
4	<i>Normalized Difference Built-up Index (NDBI)</i>	Sekunder	Database citra Satelit Landsat 8 OLI-TIRS di Google Earth Engine
5	<i>Land Use land Cover Satelit Sentinel-2</i>	Sekunder	Land Cover Satelit Sentinel-2 dalam Living Atlas di ArcGIS Online

Tabel 3.2 Metode Pengumpulan Data

Sumber: Analisis Penulis, 2024

3.6 Metode Analisis Data

Penelitian ini mempunyai empat tujuan penelitian yang masing-masing memiliki teknik input data dan analisis data tersendiri. Secara umum, metode analisis yang digunakan bersifat kuantitatif. Metode analisis kuantitatif melibatkan penghitungan frekuensi variabel dan perbedaan antar variabel. Metode analisis ini biasanya dikaitkan dengan bukti yang mendukung atau menolak hipotesis tertentu (Dudovskiy, 2018).

Di bawah ini adalah analisis yang digunakan untuk mencapai sasaran-sasaran penelitian.

3.6.1 Analisis Citra Satelit NPP-VIIRS dan Landsat 8

3.6.1.1 Analisis Tren Citra NTL DNB NPP-VIIRS

Analisis tren adalah teknik analisis data yang digunakan untuk menentukan arah pergerakan data di masa depan dengan memperhatikan data historis. Cara ini sangat berguna dalam membantu kita memprediksi dan meramalkan arah pergerakan data, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang (Herawati, 2023). Analisis tren dalam GIS dapat membantu mengidentifikasi pola dan perubahan data atau mendeteksi perubahan seiring waktu, sel demi sel (GISGeography, 2023). Dalam penelitian ini analisis tren akan digunakan untuk citra NTL yang diperoleh dari web lightpollutionmap.info yang kemudian di-clip menggunakan tool “*Extract by Mask*” di Aplikasi ArcGIS Pro. Tidak hanya citra NTL tetapi juga citra NDVI, NDWI, dan NDBI yang telah dianalisis sebelumnya juga akan dianalisis tren nilainya.

3.6.1.2 Resample

Resample merupakan salah satu toolbox dalam aplikasi ArcGIS Pro yang berfungsi untuk mengubah ukuran piksel raster, jenis *resampling*, atau keduanya. Sebelum menggabungkan dan menganalisis raster dengan resolusi dan proyeksi peta yang berbeda, sering kali diinginkan untuk melakukan *resampling* data ke resolusi dan proyeksi yang sama. Memproyeksikan ulang gambar ke sistem koordinat yang berbeda akan menciptakan kisi-kisi piksel gambar pada perataan yang berbeda dengan gambar aslinya. Nilai untuk setiap piksel pada citra yang baru harus dihitung dengan mengambil sampel atau melakukan interpolasi pada lingkungan piksel dari posisi yang sesuai pada citra asli (ESRI, n.d).

Terdapat empat opsi untuk parameter Resampling Technique (Teknik Resampling):

- Nearest-Melakukan penetapan tetangga terdekat (*Nearest neighborhood*) dan merupakan metode interpolasi yang paling cepat. Metode ini digunakan terutama untuk data diskrit, seperti klasifikasi penggunaan lahan, karena metode ini tidak akan mengubah nilai sel. Kesalahan spasial maksimum adalah setengah dari ukuran sel.
- Majority-Melakukan algoritma mayoritas dan menentukan nilai baru sel berdasarkan nilai yang paling populer di jendela filter. Metode ini terutama digunakan pada data diskrit seperti halnya metode tetangga terdekat; opsi Majority cenderung memberikan hasil yang lebih halus daripada Nearest. Metode *resampling* mayoritas akan menemukan sel 4 x 4 yang sesuai di ruang input yang paling dekat dengan pusat sel output dan menggunakan mayoritas tetangga 4 x 4.
- Bilinear-Melakukan interpolasi bilinear dan menentukan nilai baru sel berdasarkan rata-rata jarak berbobot dari empat pusat sel input terdekat. Hal ini berguna untuk data kontinu dan akan menyebabkan beberapa penghalusan data.
- Cubic-Melakukan konvolusi kubik dan menentukan nilai baru sel berdasarkan penyesuaian kurva halus melalui 16 pusat sel input terdekat. Ini sesuai untuk data kontinu, meskipun mungkin menghasilkan raster keluaran yang berisi nilai di luar kisaran raster masukan. Jika hal ini tidak dapat diterima, gunakan Bilinear sebagai gantinya. Output dari konvolusi kubik secara geometris tidak terlalu terdistorsi dibandingkan dengan raster yang dihasilkan dengan menjalankan algoritme *resampling* tetangga terdekat. Kerugian dari opsi Cubic adalah memerlukan waktu pemrosesan yang lebih lama.

3.6.1.3 Uji Error Data Resampling

RMSE (*Root Mean Square Error*) adalah salah satu metode standar untuk mengukur kesalahan model prediksi pada data kuantitatif. RMSE dapat diperoleh dengan mengambil akar kuadrat dari MSE (*Mean Square Error*) (Imran., et al., 2020). *Root Mean Squared Error* (RMSE) adalah metrik yang memberi tahu kita akar kuadrat dari perbedaan kuadrat rata-rata antara nilai yang diprediksi dan nilai aktual dalam set data. Semakin rendah RMSE, semakin baik sebuah hasil prediksi dengan dataset awal (Bobbit, 2021). MSE adalah rata-rata dari selisih kuadrat antara nilai prediksi dan nilai aktual. Ini memberikan gambaran tentang seberapa besar kesalahan prediksi dari nilai aktual. Rumus MSE adalah:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Di mana:

- n : jumlah sampel dalam data
- y_i : nilai aktual
- \hat{y}_i : nilai prediksi

RMSE adalah akar kuadrat dari MSE, yang memberikan kesalahan prediksi dengan skala yang sama dengan data yang diukur. RMSE lebih sensitif terhadap kesalahan yang lebih besar karena mengkuadratkan selisih sebelum mengambil rata-rata. Rumus RMSE adalah:

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

atau

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

3.6.1.4 Analisis Karakteristik Indeks Tutupan Lahan citra satelit Landsat 8

3.6.1.4.1 NDVI

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan indeks yang menyatakan derajat kehijauan atau kerimbunan tanaman hijau di suatu wilayah. Indeks ini merupakan kombinasi matematis dari pita merah dan NIR (*Near InfraRed*) dan telah digunakan selama bertahun-tahun sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi. Perhitungan NDVI berdasarkan pada prinsip bahwa tanaman hijau tumbuh paling efektif dengan menyerap radiasi dalam spektrum cahaya tampak (PAR atau radiasi aktif fotosintesis), sedangkan tanaman hijau memantulkan radiasi secara kuat di wilayah inframerah-dekat.

Rumus untuk menghitung NDVI dalam citra Landsat 8 adalah sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{(\text{Band 5} - \text{Band 4})}{(\text{Band 5} + \text{Band 4})}$$

Keterangan :

NIR : Reflektan pita inframerah dekat dalam sebuah piksel.

RED : Reflektan pita cahaya merah untuk dalam sebuah piksel.

Rentang nilai NDVI adalah -1 hingga 1 dimana jika kurang dari 0 maka piksel tersebut adalah kawasan non hijau dan jika nilai piksel lebih dari 0 maka kawasan tersebut adalah kawasan yang ditutupi tumbuhan hijau.

3.6.1.4.2 NDWI

NDWI (*Normalized Difference Water Index*) merupakan indeks yang digunakan untuk membedakan antara badan air dan lahan kering, serta cocok untuk memetakan badan air. NDWI menggunakan citra penginderaan jauh pada pita hijau dan inframerah dekat (NIR).

Rumus untuk menghitung NDWI dalam citra Landsat 8 adalah sebagai berikut:

$$NDWI = \frac{(\text{Band 3} - \text{Band 5})}{(\text{Band 3} + \text{Band 5})}$$

Keterangan:

Green: Reflektan pita cahaya hijau dari piksel.

NIR: Reflektan pita inframerah dekat dari piksel

Sama seperti NDVI, nilai NDWI berkisar antara -1 sampai dengan 1 dimana nilai kurang dari 0 menandakan wilayah kering/ bukan badan air dan nilai lebih dari 0 menandakan wilayah badan air. Pengetahuan tentang nilai NDWI dapat membantu dalam pembangunan pertanian, identifikasi kekeringan, kebakaran lahan dan juga banjir

3.6.1.4.3 NDBI

NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) merupakan indeks untuk mengekstraksi ciri-ciri kawasan perkotaan dan digunakan untuk memetakan wilayah perkotaan. NDBI telah digunakan dalam berbagai penelitian untuk menganalisis perubahan lahan perkotaan.

Rumus untuk menghitung NDBI dalam citra Landsat 8 adalah sebagai berikut:

$$NDBI = \frac{(\text{Band 6} - \text{Band 5})}{(\text{Band 6} + \text{Band 5})}$$

Dimana:

SWIR: Reflektan pita inframerah tengah (*ShortWave InfraRed*) dari piksel.

NIR: Reflektan pita inframerah dekat dari piksel

Sama seperti NDVI dan NDWI, nilai NDBI berkisar antara -1 sampai dengan 1 dimana nilai kurang dari 0 menandakan wilayah non terbangun dan nilai lebih dari 0 menandakan wilayah terbangun.

3.6.2 Analisis Identifikasi Wilayah Urban Gerbangkertosusila Berdasarkan Perolehan Citra Satelit

3.6.2.1 Enhanced Nighttime Light Urban Index (ENUI)

Enhanced Nighttime Light Urban Index atau ENUI adalah indeks spektral yang digunakan dalam penginderaan jauh dan studi perkotaan. Indeks ini menggabungkan data cahaya malam hari dengan jenis data lainnya untuk meningkatkan deteksi dan analisis area perkotaan. ENUI

dihitung untuk mengekstrak area terbangun. Rumus dari ENUI adalah sebagai berikut (Zheng et al., 2022):

$$ENUI = NTL \times (1 - NDVI) \times (1 - NDWI) \times NDBI$$

Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa NDVI dan NDWI diinverskan dengan pengurangan 1 untuk mendapatkan kawasan non hijau dan non air untuk mendukung NDBI. Secara khusus, set data LULC digunakan sebagai referensi untuk menentukan ambang batas optimal ENUI. Karena resolusi spasial dataset LULC (10 m) jauh lebih tinggi dibandingkan dengan data NPP-VIIRS NTL (500 m), maka penggunaan dataset LULC dapat diterima untuk menghasilkan data referensi untuk evaluasi (Cao et al., 2009 dan He et al., 2006 dalam Zheng, et al., 2022).

3.6.2.2 Penentuan Ambang Batas

3.6.2.2.1 Standar Deviasi

Standar deviasi atau simpangan baku (σ) adalah ukuran seberapa tersebar data dalam kaitannya dengan rata-rata. Deviasi standar yang rendah, atau kecil, mengindikasikan data mengelompok di sekitar rata-rata, dan deviasi standar yang tinggi, atau besar, mengindikasikan data yang lebih tersebar. Standar deviasi yang mendekati nol mengindikasikan bahwa titik-titik data sangat dekat dengan rata-rata, sedangkan standar deviasi yang lebih besar mengindikasikan titik-titik data tersebar lebih jauh dari rata-rata. Berikut merupakan rumus untuk standar deviasi (*National Library of Medicine, 2012*):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}}$$

Dimana:

- σ adalah standar deviasi
- x_i adalah setiap titik data dalam kumpulan,
- μ adalah rata-rata,
- N adalah jumlah total titik data.

Berikut adalah rumus standar deviasi untuk data kelompok:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i (x_i - \mu)^2}{N}}$$

Dimana:

- σ adalah standar deviasi
- f_i adalah frekuensi data ke-i
- x_i adalah nilai data ke-i
- μ adalah rata-rata data

3.6.2.2 Standar Deviasi Sebagai Ambang Batas Citra

Standar deviasi dapat digunakan sebagai ambang batas dalam binerisasi citra karena dapat membantu menangani variasi intensitas dalam citra. Standar deviasi adalah ukuran seberapa jauh sekelompok angka menyebar dari rata-rata mereka. Dalam konteks binerisasi citra, standar deviasi dapat memberikan gambaran tentang seberapa besar variasi intensitas piksel dalam citra. Dengan menggunakan standar deviasi sebagai ambang batas, maka dapat lebih efektif memisahkan objek dari latar belakang dalam citra. Misalnya, jika intensitas piksel dalam citra memiliki variasi yang besar (yaitu, standar deviasi yang tinggi), maka menggunakan standar deviasi sebagai ambang batas dapat membantu memisahkan objek dengan intensitas tinggi dari latar belakang dengan intensitas rendah (Nafia, 2017).

Dalam konteks GIS atau Sistem Informasi Geografis, standar deviasi dapat digunakan sebagai ambang batas dalam analisis spasial. Misalnya, dalam penelitian oleh Pratiwi & Jaelani (2020), menggunakan standar deviasi untuk menentukan ambang batas dalam analisis hot spot atau cold spot. Dalam analisis ini, area dengan nilai yang jauh di atas rata-rata (lebih dari satu atau dua standar deviasi di atas rata-rata) dapat diidentifikasi sebagai hot spot, sedangkan area dengan nilai yang jauh di bawah rata-rata (lebih dari satu atau dua standar deviasi di bawah rata-rata) dapat diidentifikasi sebagai cold spot.

3.6.2.3 Uji Akurasi Confusion Matrix

Confusion Matrix adalah tabel yang sering digunakan untuk mendeskripsikan performa model klasifikasi pada sekumpulan data uji yang nilai sebenarnya diketahui. Nilai yang sering dihitung dengan menggunakan *confussion matrix* antara lain akurasi, tingkat kesalahan (*error rate*), sensitivitas (*True Positive Rate*), *False Positive Rate*, Kekhususan (*True Negative Rate*), Presisi, dan prevalensi (Singh, et al., 2021). Penghitungan akurasi dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui kesesuaian hasil ENUI dengan LULC dari Citra Satelit Sentinel-2. Bentuk tabel *confussion matrix* untuk menghitung nilai akurasi disajikan seperti tabel berikut.

Kelas Referensi	Dikelaskan ke Kelas				Jumlah Piksel	Akurasi Pembuat
	A	B	C	D		
A	nAA	nAB	nAC	nAD	nA+	nAA/nA+
B	nBA	nBB	nBC	nBD	nB+	nBB/nB+
C	nCA	nCB	nCC	nCD	nC+	nCC/nC+
D	nDA	nDB	nDC	nDD	nD+	nDD/nD+
Total Piksel	n+A	n+B	n+C	n+D	n	
Akurasi Pengguna	nAA/n+A	nBB/n+B	nCC/n+C	nDD/n+D		

Tabel 3.3 Confusion Matrix

Sumber: (Foody, 2001)

Persamaan akurasi yang digunakan adalah :

$$\text{Akurasi Pengguna (User's Accuracy (UA))} = (n_{kk}/n_{+k}) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi Pembuat (Producers' Accuracy (PA))} = (n_{kk}/n_{k+}) \times 100\%$$

Akurasi Keseluruhan (Overall Accuracy(OA))= $(\sum nkk)/n \times 100\%$

$$Kappa Accuracy = \left[\frac{(n \sum_{k=1}^q n_{kk} - \sum_{k=1}^q n_{k+n_k})}{(n^2 - \sum_{k=1}^q n_{k+n_k})} \right] \times 100\%$$

dimana:

n = Banyaknya piksel dalam contoh

n_{k+} = Jumlah piksel dalam baris ke-k

n_{+k} = Jumlah piksel dalam kolom baris ke-k

n_{kk} = Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-k dan kolom ke-k

Akurasi Kappa adalah indeks kesepakatan yang memberikan penilaian akurasi klasifikasi secara keseluruhan. Nilai Kappa berkisar antara 0 sampai 1, dimana 0 berarti tidak ada kesesuaian antara hasil klasifikasi dengan data acuan, dan 1 berarti hasil klasifikasi sangat sesuai dengan data acuan (50 North, 2019). Dalam GIS, akurasi Kappa sering digunakan untuk mengevaluasi klasifikasi hasil citra satelit atau peta. Misalnya, kita mungkin ingin mengetahui seberapa baik kinerja model kita dalam mengklasifikasikan berbagai jenis tutupan lahan, seperti hutan, lahan pertanian, atau wilayah perkotaan. Secara umum, jika akurasi Kappa lebih besar dari 0,8, maka peringkatnya hasilnya dianggap akurat dan baik (Kawamuna, et al., 2017). Adapun kategori nilai Koefisien Kappa dapat dilihat pada tabel di bawah ini

<i>Kappa Coefficient</i>	Level akurasi
<0	Buruk
0.01 – 0.20	Sedikit
0.21 – 0.40	Cukup
0.41–0.60	Menengah
0.61–0.80	Tinggi
≥ 0.80	Sangat Tinggi

Tabel 3.4 Klasifikasi Tingkat Akurasi Berdasarkan Nilai Kappa Coefficient

Sumber: Aziz & Alwan, 2021

3.6.3 Analisis Dinamika Wilayah Urban

Kota selalu mengalami perubahan seiring berjalannya waktu. Perubahan ini dapat memberikan dampak positif dan negatif terhadap wilayah perkotaan. Perubahan wilayah perkotaan (*Urban Dynamic*) dapat dilihat dari berbagai sudut pandang. Untuk menggambarkan perubahan-perubahan tersebut secara sistematis dan memudahkan penyusunan rencana ke depan, dinamika perkotaan akan dibagi menjadi tiga bidang utama, yaitu perubahan di bidang fisik, sosial, dan ekonomi. Untuk melakukan analisis dinamika perkotaan diperlukan suatu alat yang mampu menggambarkan perubahan perkotaan saat ini dan memprediksinya di masa depan (Forrester, 1969 dalam Bartelet, 2020). Dalam penelitian ini, dinamika perkotaan hanya dilihat dari kacamata fisik yakni keruangan/wilayah saja. Adapun analisis-analisis yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui dinamika urban secara spasial adalah sebagai berikut.

3.6.3.1 *Urbanisation Ratio*

Rasio Urbanisasi (UR) adalah indeks persentase dari Wilayah Urban yang dihitung untuk mengukur pola perluasan wilayah urban di wilayah studi (Ma et al., 2014). Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$UR = \frac{UA}{TA} \times 100\%$$

di mana UR adalah rasio urbanisasi (%), UA adalah area urban terbangun (km²), dan TA adalah total luas wilayah kota (km²).

3.6.3.2 *Annual Increase, Expansion Rate, dan Annual Growth Rate*

Untuk mengukur tingkat perluasan wilayah perkotaan, tiga indikator umum diadopsi dalam penelitian ini: Peningkatan Tahunan (*Annual Increase* (AI), km²/tahun), Tingkat Perluasan (*Expansion Rate* (ER), %), dan Tingkat Pertumbuhan Tahunan (*Annual Growth Rate* (AGR), %). AI dan ER mengukur ekspansi perkotaan selama periode waktu tertentu dengan mengukur secara langsung tingkat pertumbuhan tahunan dan tingkat ekspansi wilayah perkotaan. Sementara itu, AGR mengukur perluasan wilayah urban di berbagai kota selama beberapa tahun dengan menghilangkan dampak ukuran kota. Berikut merupakan rumus dari AI, ER, dan AGR (Zheng, et al., 2022).

$$AI = \frac{UA_j - UA_i}{m}$$

$$ER = \frac{UA_j - UA_i}{m \times UA_i} \times 100\%$$

$$AGR = \left[\left(\frac{UA_j}{UA_i} \right)^{1/m} - 1 \right] \times 100\%$$

Dimana:

AI : Peningkatan tahunan wilayah urban (km²/tahun),

ER : Indeks ekspansi wilayah urban (%),

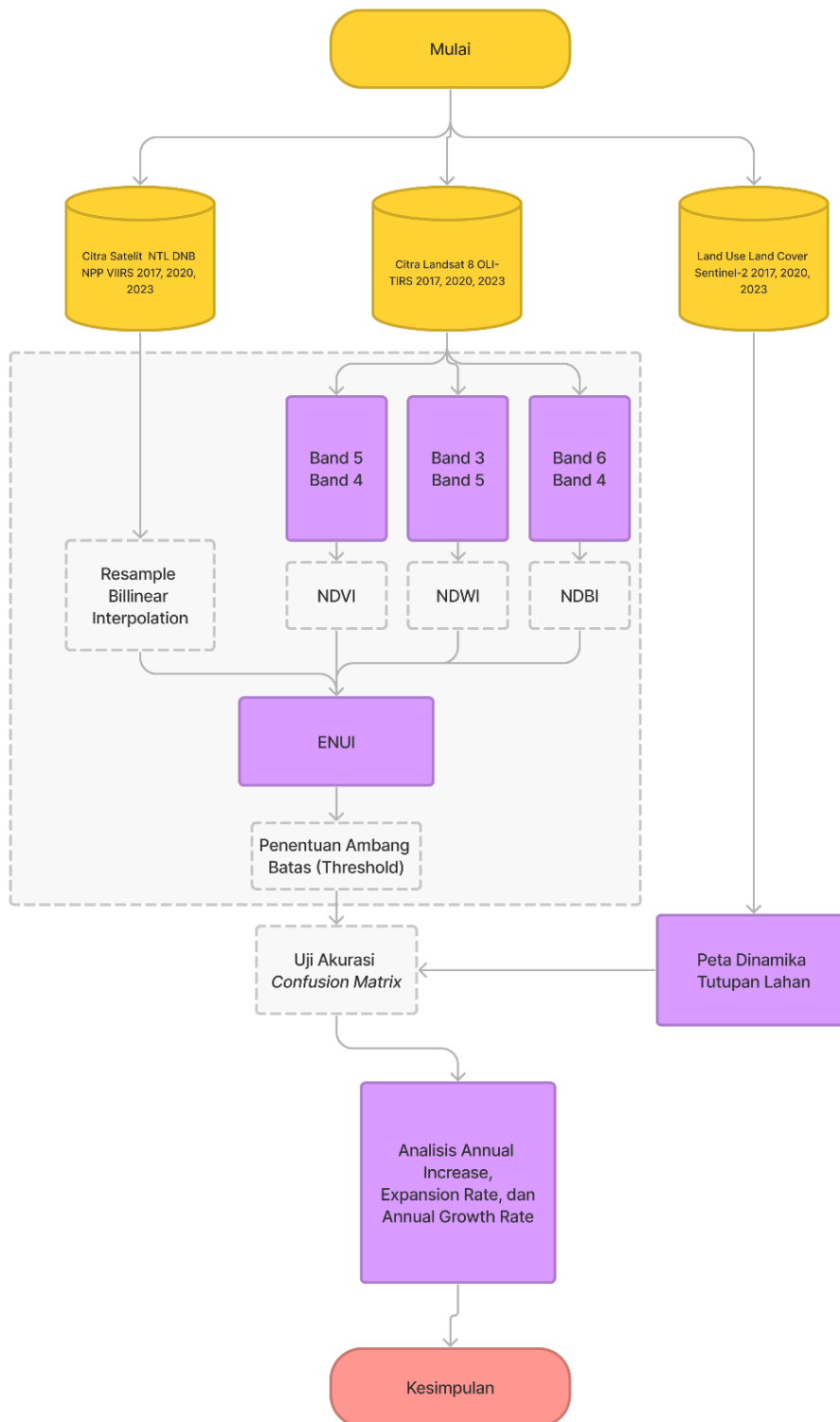
AGR: Tingkat pertumbuhan tahunan wilayah urban (%),

UA_i : Luas wilayah urban terbangun pada tahun ke-i (km²),

UA_j : Luas wilayah urban terbangun pada tahun ke-j (km²),

m : interval waktu periode studi.

Dari penjelasan diatas, adapun alur analisis penelitian ini adalah sebagai berikut



Gambar 3.1 Diagram Alur Analisis Penelitian

Sumber: Analisis Penulis, 2023

3.7 Tahapan Penelitian

1. Perumusan masalah

Pembangunan wilayah di Jawa Timur mengalami ketimpangan antar wilayah, yang dapat berdampak pada kinerja pembangunan, kemiskinan, dan lingkungan. Salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengukur ketimpangan wilayah adalah ekspansi wilayah urban, yaitu perluasan wilayah yang didominasi oleh aktivitas perkotaan. Ekspansi wilayah urban di Jawa Timur dapat diukur dan dipetakan dengan menggunakan data cahaya malam yang dihasilkan oleh satelit, yang merepresentasikan aktivitas manusia, konsumsi energi, dan intensitas perkotaan di suatu wilayah. Dengan menggunakan data cahaya malam, dapat dibuat indeks yang dapat mengukur tingkat urbanisasi suatu wilayah, yaitu *Enhanced Nighttime Light Urban Index* (ENUI). ENUI merupakan indeks yang menggabungkan data cahaya malam dengan data hasil pengolahan citra yang ditangkap di siang hari, yakni NDVI, NDWI, dan NDBI untuk menghasilkan nilai yang lebih akurat dan representatif. Berdasarkan uraian tersebut, maka rumusan masalah yang dapat diajukan adalah sebagai berikut: *“Bagaimana dinamika wilayah urban di kawasan metropolitan Gerbangkertosusila dalam rentang waktu 7 tahun ke belakang dengan metode ENUI?”*

2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan hasil dari hasil penelitian kepustakaan yaitu kumpulan teori dan informasi penting berupa artikel, dokumen, jurnal, model, strategi, konsep, serta hasil penelitian terdahulu dengan topik permasalahan yang sejenis. Sejauh kajian ini, kajian literatur yang dilakukan adalah terkait urbanisasi, sistem informasi geografis, penginderaan jauh dan citra *Nighttime Lights day/night band* (dnb) wahana VIIRS-NPP, *Nighttime Lights Area*, serta hubungan antara *Nighttime Lights Area* dan urbanisasi. Indikator dan variabel yang relevan muncul dari hasil penelusuran literatur. Variabel penelitian ini menggambarkan suatu indikator yang lebih terukur yang digunakan untuk menjawab suatu tujuan tertentu sehingga tujuan penelitian dapat tercapai.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap yang menentukan masukan-masukan yang digunakan dalam proses analisis penelitian. Beberapa alat data digunakan selama fase ini untuk memfasilitasi pengumpulan data yang diperlukan. Pengumpulan data dalam penelitian ini hanya berupa pengumpulan data sekunder dimana data tersebut mengacu pada proses perolehan data dari dokumen sekunder yang terdapat pada sumber internet. Hasil pengumpulan data ini tersedia dalam bentuk gambaran umum wilayah penelitian dan data empiris berdasarkan variabel penelitian.

4. Analisis

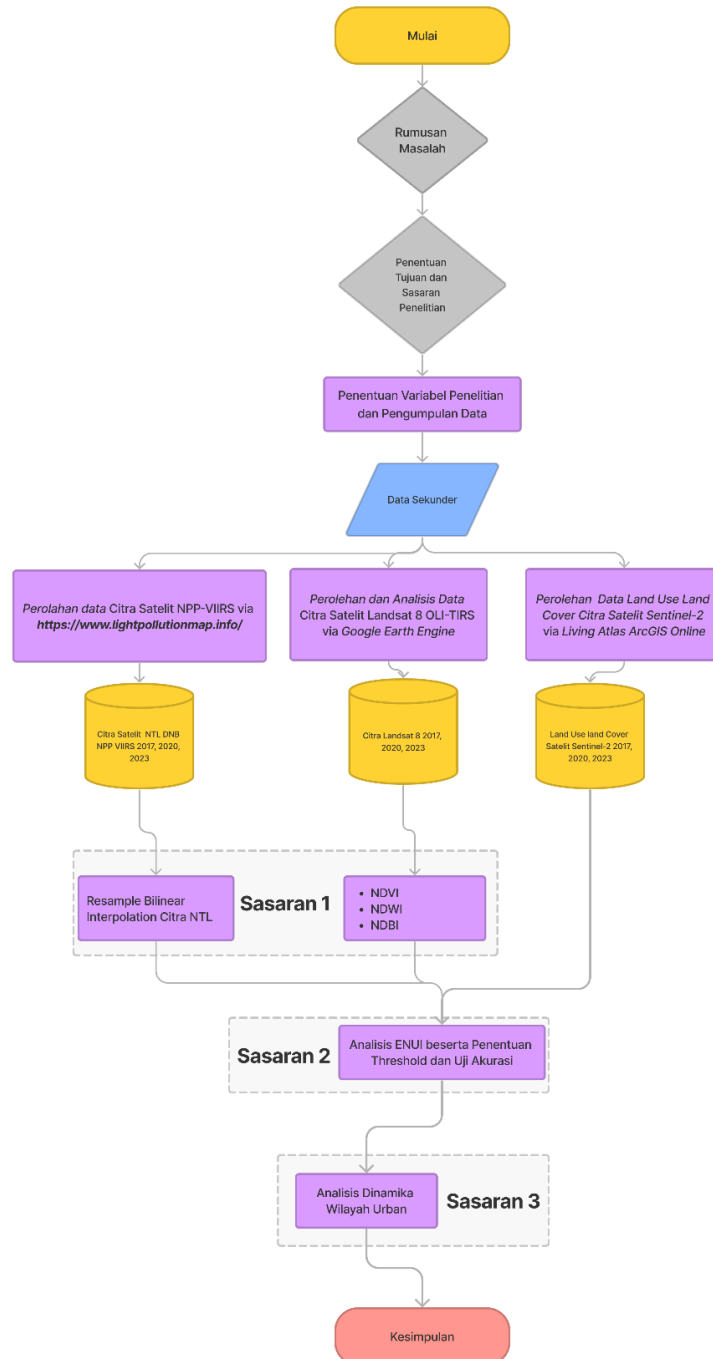
Data yang diperoleh pada tahap pengumpulan data akan diolah dan dilakukan proses analisis sesuai tujuan dan teknik analisis yang telah ditentukan untuk mencapai tujuan penelitian. Hasil analisis yang dilakukan diinterpretasikan dalam pembahasan penelitian.

5. Penarikan kesimpulan dan rekomendasi

Tahap akhir dari kegiatan penelitian adalah menarik kesimpulan dan rekomendasi. Hasil analisis mengarah pada kesimpulan yang menjawab tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya

dan memungkinkan perumusan pertanyaan penelitian dan rekomendasi untuk memudahkan penelitian selanjutnya.

Di bawah ini merupakan diagram alir tahapan dalam penelitian ini.



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Sumber: Analisis Penulis, 2023

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Wilayah Studi

4.1.1 Batas Wilayah Penelitian dan Letak Geografis

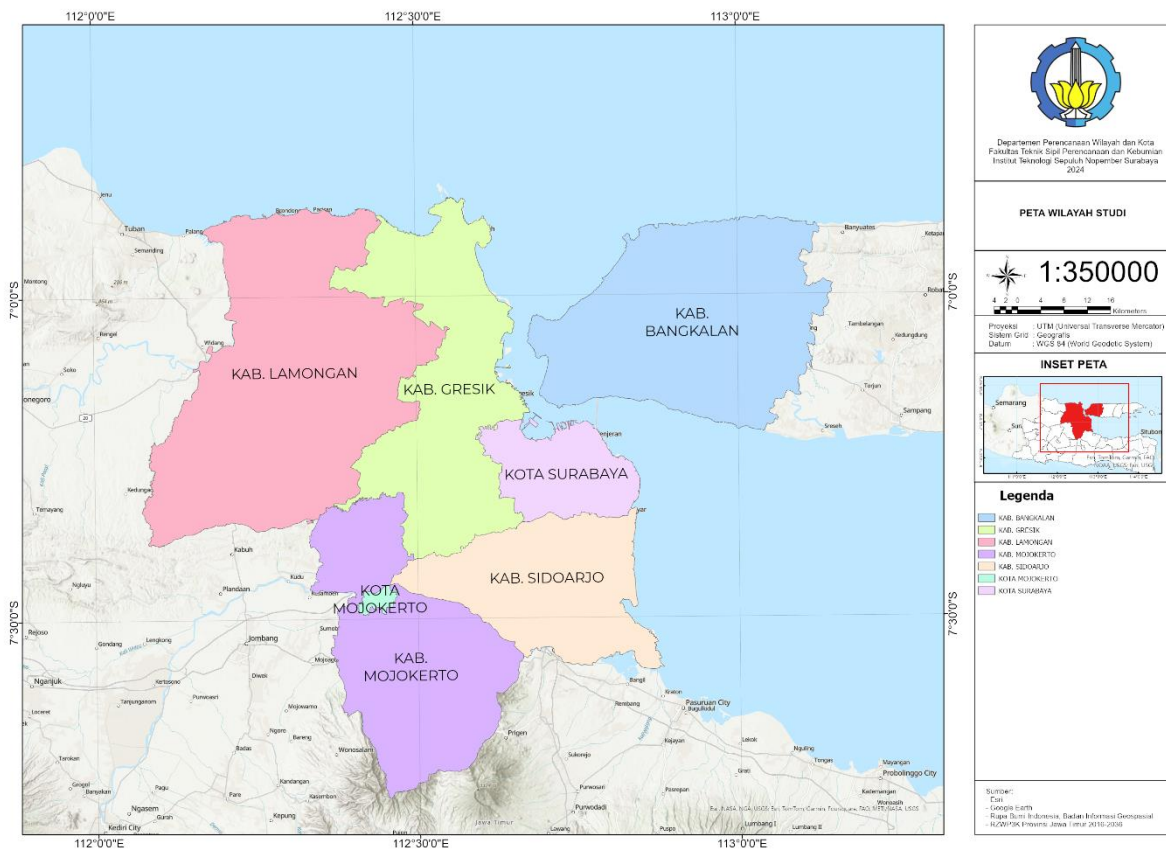
Batasan ruang lingkup wilayah dalam penelitian ini adalah kawasan metropolitan Gerbangkertosusila kecuali pulau Bawean yang terletak di antara 112°4' - 113°8' Bujur Timur dan 6°8' - 7°4' Lintang Selatan. Adapun batas-batas geografis GKS sebagai berikut:

Batas Utara: Laut Jawa

Batas Timur: Kabupaten Sampang, Selat Madura

Batas Selatan: Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Malang, Kota Batu

Batas Barat: Kabupaten Tuban, Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Jombang



Peta 4. 1 Peta Batas Wilayah Penelitian

Sumber: Analisis Penulis, 2023

4.1.2 Kondisi Eksisting

4.1.2.1 Jumlah Penduduk

Data jumlah penduduk tiap Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur tahun 2013-2022 diperoleh dari BPS Provinsi Jawa Timur. Adapun tabel jumlah penduduk dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk Kabupaten/Kota Gerbangkertosusila (Jiwa)						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Kabupaten Bangkalan	970.894	978.892	986.672	1.060.377	1.071.712	1.086.620	1.101.556
Kabupaten Gresik (Termasuk Pulau Bawean)	1.285.018	1.299.024	1.312.881	1.311.215	1.320.570	1.332.664	1.344.648
Kabupaten Lamongan	1.188.478	1.188.913	1.189.106	1.344.165	1.356.027	1.371.509	1.386.941
Kabupaten Mojokerto	1.099.504	1.108.718	1.117.688	1.119.209	1.125.522	1.133.584	1.141.516
Kabupaten Sidoarjo	2.183.682	2.216.804	2.249.476	2.082.801	2.091.930	2.103.401	2.114.588
Kota Mojokerto	127.279	128.282	129.014	132.434	133.272	134.350	135.414
Kota Surabaya	2.874.699	2.885.555	2.896.195	2.874.314	2.880.284	2.887.223	2.893.698
Gerbangkertosusila	9.729.554	9.806.188	9.881.032	9.924.515	9.979.317	10.049.351	10.118.361

Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Kabupaten/Kota Gerbangkertosusila 2017-2023

Sumber: BPS Provinsi Jawa Timur

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa jumlah penduduk Jawa Timur antara tahun 2013-2022 selalu meningkat tiap tahunnya. Untuk Kabupaten/Kota dengan jumlah penduduk tertinggi per tahun 2022 ialah Kota Surabaya dengan jumlah penduduk tahun 2022 sebanyak 2.887.223 jiwa.

Selanjutnya dari jumlah penduduk dapat dilihat pula kepadatan penduduk tiap Kabupaten/Kota dalam tabel di bawah ini.

Kabupaten/Kota	Luas (km ²)	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)						
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Kabupaten Bangkalan	1.001,44	969,498	977,484	985,253	1.058,852	1.070,171	1.085,058	1.099,972
Kabupaten Gresik (Termasuk Pulau Bawean)	1.191,25	1.078,714	1.090,471	1.102,104	1.100,705	1.108,558	1.118,711	1.128,771
Kabupaten Lamongan	1.782,05	666,916	667,160	667,269	754,280	760,937	769,624	778,284
Kabupaten Mojokerto	717,83	1.531,705	1.544,541	1.557,037	1.559,156	1.567,951	1.579,182	1.590,232
Kabupaten Sidoarjo	634,38	3.442,230	3.494,442	3.545,944	3.283,207	3.297,598	3.315,680	3.333,314
Kota Mojokerto	16,47	7.727,930	7.788,828	7.833,273	8.040,923	8.091,803	8.157,256	8.221,858
Kota Surabaya	350,54	8.200,773	8.231,742	8.262,096	8.199,675	8.216,706	8.236,501	8.254,972
Total	5.693,96	1.708,750	1.722,209	1.735,353	1.742,990	1.752,615	1.764,914	1.777,034

Tabel 4.2 Kepadatan Penduduk Kabupaten/Kota Gerbangkertosusila Pada Tahun 2017-2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa Kota Surabaya menjadi Kota dengan kepadatan penduduk tertinggi dengan kepadatan mencapai 8.254,972 jiwa/km² per tahun 2023. Lalu untuk kabupaten dengan kepadatan penduduk tertinggi ialah Kabupaten Sidoarjo yang berbatasan langsung dengan Kota Surabaya di mana Kabupaten Sidoarjo memiliki kepadatan penduduk sebesar 3.333,314 jiwa/km² per tahun 2023. Secara umum untuk kawasan Gerbangkertosusila, dalam hal ini termasuk Pulau Bawean, sejak tahun 2017 hingga tahun 2023 kepadatan penduduknya selalu meningkat tiap tahunnya dengan angka 1.777,034 jiwa/km² per tahun 2023.

4.1.2.2 Tutupan Lahan

Merujuk pada SNI 7645:2010 mengenai klasifikasi tutupan lahan, tutupan lahan didefinisikan sebagai tutupan fisiologis pada permukaan bumi yang dapat diamati dan merupakan hasil dari pengaturan, kegiatan, dan perlakuan yang dilakukan manusia pada jenis tutupan lahan tertentu untuk melakukan kegiatan produktif, mengubah atau mempertahankan tutupan lahan. Tutupan lahan diklasifikasikan berdasarkan beberapa kategori yang mengacu pada SNI 7645:2010, klasifikasi tersebut merupakan pengelompokan objek-objek tangkapan pengindraan jauh ke dalam kelas-kelas menurut kriteria tertentu. (BSN, 2010).

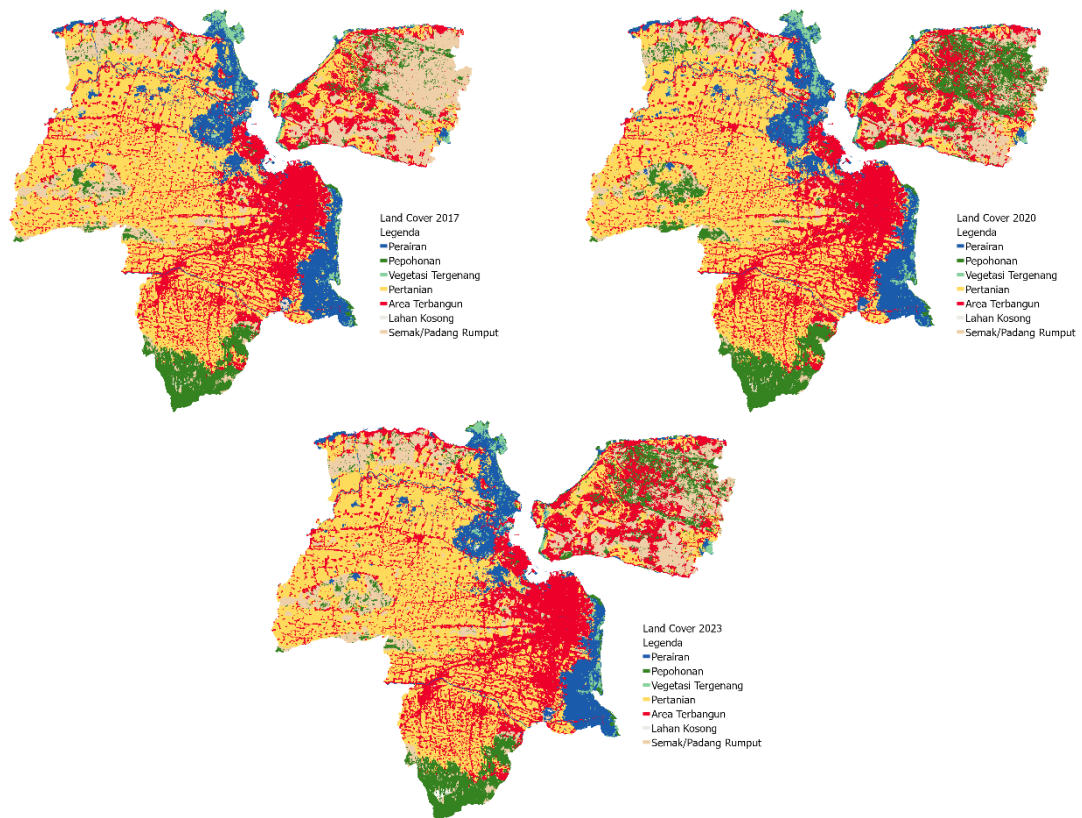
Tutupan lahan dalam penelitian ini diperoleh dari Living Atlas di dalam ArcGIS Online oleh ESRI dengan resolusi 10m. Menurut Brown et al, (2022), klasifikasi tutupan lahan di dalam data tersebut terbagi atas 9 kelas. Berdasarkan data tutupan lahan yang diambil, terdapat 7 kelas tutupan lahan di Gerbangkertosusila, yakni Tanah Kosong, Area Terbangun, Pertanian, Vegetasi Tergenang, Semak/Padang Rumput, Pepohonan, dan Perairan. Adapun detail dari kelas tutupan lahan tersebut dijelaskan pada tabel berikut.

Kelas	Keterangan
Tanah Kosong	<ul style="list-style-type: none">• Daerah berbatu dengan vegetasi yang sangat jarang atau tidak ada sama sekali;• Daerah berpasir dan gurun yang luas dengan sedikit vegetasi;• Jaringan jalan tanah baik renggang atau padat.
Area Terbangun	<ul style="list-style-type: none">• Kelompok/sebuah bangunan buatan manusia yang besar;• Berisi bangunan industri, komersial dan swasta serta tempat parkir terkait;• Campuran bangunan tempat tinggal, jalan, halaman rumput, pepohonan, struktur tempat tinggal terpisah atau bangunan yang dikelilingi oleh penutup tanah;• Jalan utama dan rel kereta api di luar kawasan pemukiman utama;• Permukaan kedap air yang besar dan seragam, termasuk bangunan parkir, bangunan besar, dan pembangunan pemukiman yang terdapat kelompok jalan buntu
Pertanian	Kawasan yang dijadikan lahan pertanian seperti sawah, kebun, tegalan, dsb.
Vegetasi Tergenang	<ul style="list-style-type: none">• Daerah dengan jenis vegetasi apa pun memiliki percampuran air yang jelas;• Tidak diasumsikan suatu daerah terendam banjir jika banjir terlihat pada gambar lain;• Daerah yang terkena banjir musiman yang tercampur rumput/semak/pohon/lahan kosong
Semak/Padang Rumput	<ul style="list-style-type: none">• Campuran kelompok tumbuhan kecil atau tumbuhan individu yang tersebar di seluruh lanskap, memperlihatkan tanah dan batuan yang terbuka;• Sebuah tempat terbuka di hutan lebat yang jelas terlihat tidak lebih tinggi dari pepohonan. Warna abu-abu/cokelat tampak lebih banyak karena tutupan daun yang kurang rapat.
Pepohonan	<ul style="list-style-type: none">• Kelompok tanaman yang sangat padat, biasanya dengan kanopi tertutup atau lebat;• Lebih tinggi dan lebih gelap dari vegetasi di sekitarnya (jika dikelilingi oleh vegetasi lain).
Perairan	<ul style="list-style-type: none">• Air yang terlihat jelas dalam citra;• Jarang atau tidak ada vegetasi, tidak ada bebatuan terbuka, dan tidak ada bangunan seperti dermaga;• Tidak termasuk tanah yang mungkin atau sudah tertutup air.

Tabel 4.3 Klasifikasi Tutupan Lahan dan Keteranganannya

Sumber: Brown, et al., 2022

Berikut merupakan peta dari penutupan lahan Gerbangkertosusila tahun 2017, 2022, dan 2023, serta perubahannya antara tahun 2017 dan 2023.



Peta 4. 2 Tutupan Lahan Gerbangkertosusila Tahun 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Living Atlas, 2024

Adapun keterangan luasnya serta perubahannya disajikan dalam tabel di bawah ini

Kelas	Tahun dan luasan (Km ²)		
	2017	2020	2023
Tanah Kosong	6,442	2,641	6,073
Area Terbangun	1504,228	1645,203	1825,680
Pertanian	2604,004	2577,427	2539,838
Tanaman Tergenang	75,225	95,344	68,920
Semak/Padang Rumput	998,937	592,469	803,955
Pepohonan	451,498	706,947	537,952
Perairan	536,805	557,113	535,129

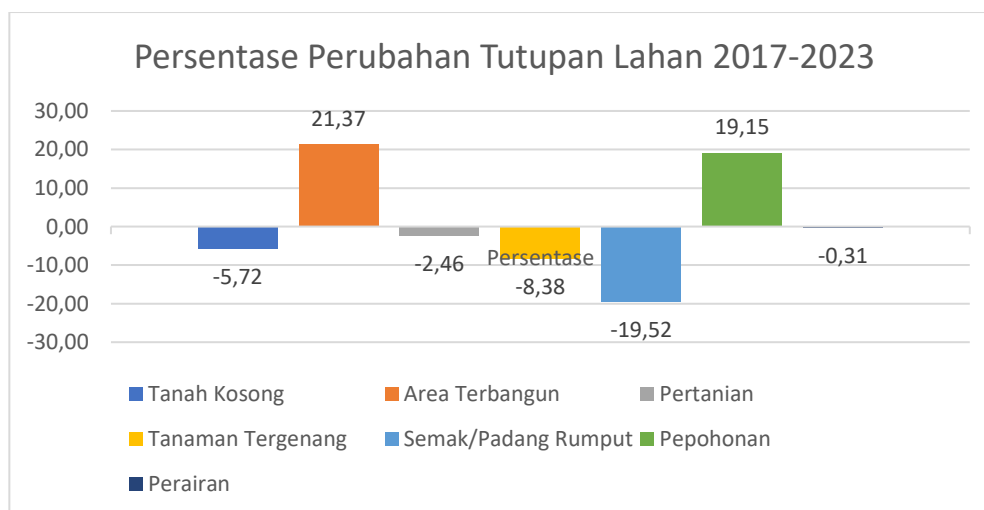
Tabel 4.4 Luasan Tutupan Lahan Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024



Gambar 4.1 Perubahan Luasan Tutupan Lahan Gerbangkertosusila 2017-2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024



Gambar 4.2 Persentase Perubahan Tutupan Lahan Gerbangkertosusila 2017-2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Dari kedua diagram diatas dapat diketahui bahwa terjadi perubahan tutupan lahan di Gerbangkertosusila. Terdapat 2 tutupan lahan yang mengalami penambahan luasan yakni Area Terbangun dan Pepohonan dimana Area Terbangun pertumbuhan luasan tertinggi dengan persentase pertumbuhan 21,37%, sedangkan sisanya mengalami pengurangan dimana Semak/Padang Rumput mendapati persentase pengurangan luasan lahan tertinggi sebesar -19,52%.

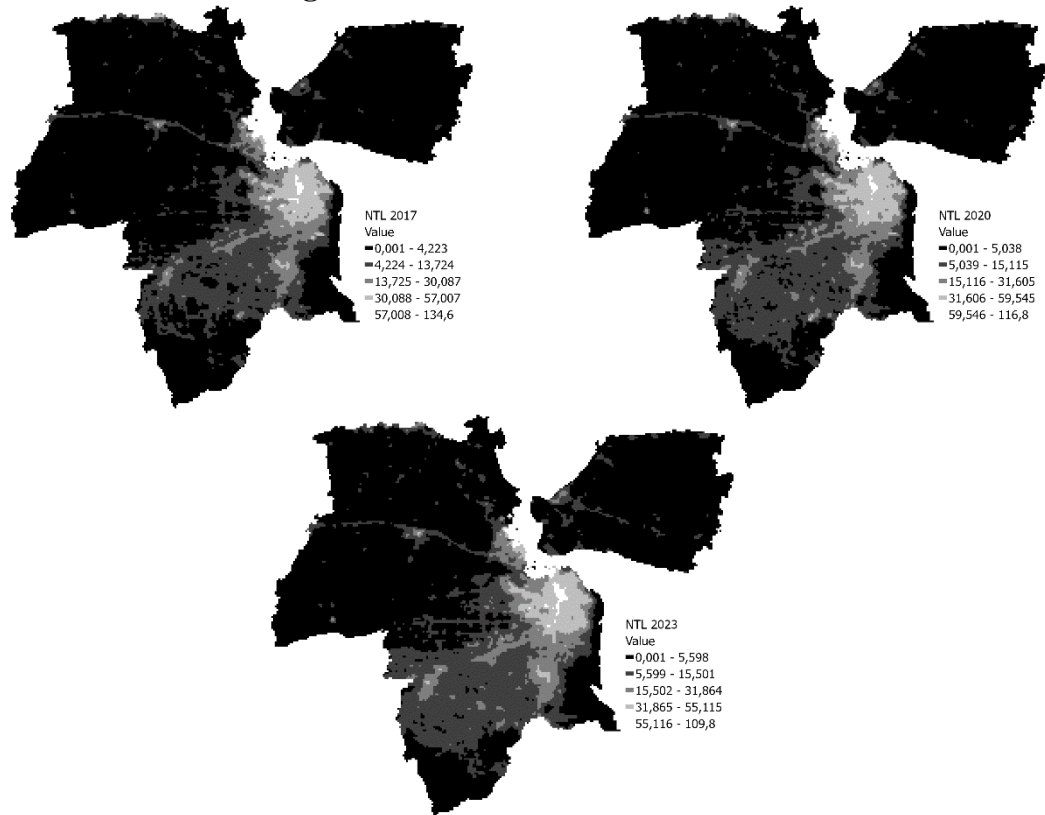
4.2 Analisis Tangkapan Citra Satelit NPP-VIIRS dan Landsat 8 Gerbangkertosusila

4.2.1 Analisis Citra NTL DNB NPP-VIIRS

Citra NTL dalam penelitian ini diperoleh dari website <https://www.lightpollutionmap.info/> dimana situs web tersebut mempunyai data *annual* citra NTL pita DNB dari Satelit NPP-VIIRS yang sudah terkoreksi. Adapun perolehan citra menggunakan metode clip polygon yang

kemudian raster citra NTL diunduh secara langsung dari website tersebut. Selanjutnya raster ntl tadi dipotong menyesuaikan shapefile Gerbangkertosusila menggunakan toolbox *Extract by mask* di aplikasi ArcGIS Pro.

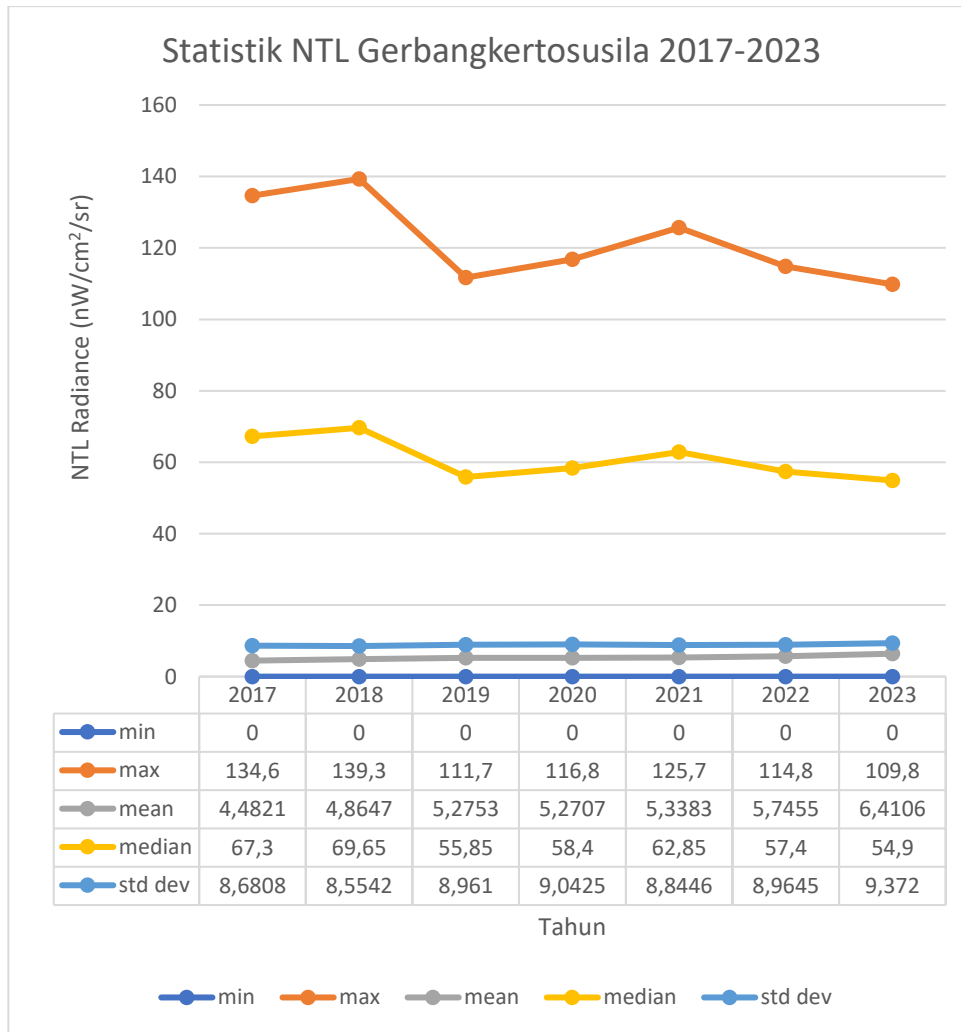
4.2.1.1 Analisis Dinamika Tingkat *Radianse* Citra NTL



Peta 4. 3 Citra NTL Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Dari Peta diatas dapat dilihat bahwa terdapat perluasan sumber cahaya malam hari di selatan terutama Kabupaten Mojokerto, Kota Mojokerto, dan Kabupaten Sidoarjo. Untuk detail mengenai nilai *radianse* Gerbangkertosusila secara temporal antara tahun 2017-2023 dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

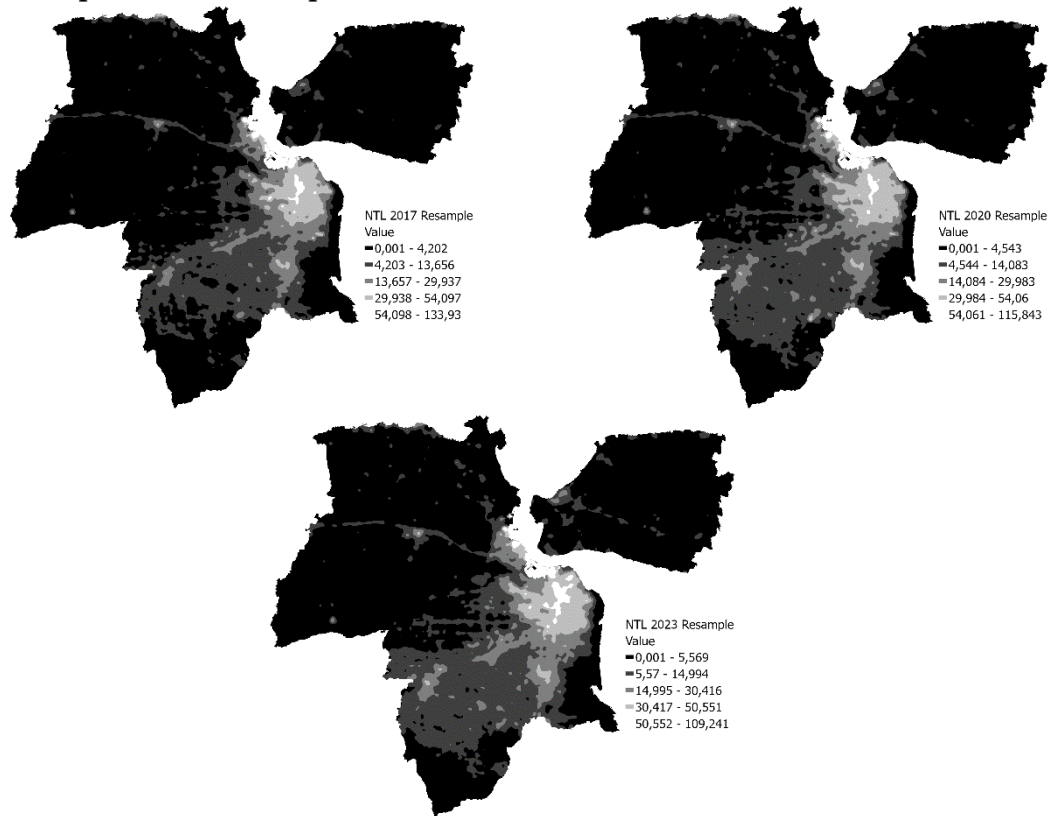


Tabel 4.5 Statistik NTL Gerbangkertosusila 2017-2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Dari Tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai *radiance* NTL Gerbangkertosusila mengalami penurunan dan kenaikan setiap tahunnya, namun secara umum cenderung menurun. Walaupun nilai *radiance* berkurang, tetapi nilai rata-rata dan standar deviasi cenderung mengalami kenaikan setiap tahunnya yang berarti piksel yang memancarkan cahaya semakin bertambah setiap tahunnya. Dikarenakan data raster NTL ini memiliki resolusi sekitar 500m, maka langkah selanjutnya adalah menyamakan resolusi tersebut dengan peta indeks tutupan lahan dari Landsat 8 OLI-TIRS yang akan dijelaskan dalam sub bab selanjutnya.

4.2.1.2 Resample Bilinear Interpolation Citra NTL



Peta 4. 4 Citra NTL yang Telah di-Resample Resolusinya

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Resample merupakan salah satu toolbox dalam aplikasi ArcGIS Pro yang berfungsi untuk mengubah resolusi piksel dari data raster. Dalam penelitian ini, teknik *resample* yang digunakan ialah *Bilinear Interpolation* dikarenakan keunggulannya dalam menghaluskan resolusi piksel data raster dengan metode interpolasi nilai antar piksel namun hasil akhir dari teknik ini tidak mengubah nilai raster secara drastis seperti teknik *cubic*. Dapat dilihat pada peta di atas setelah dilakukan *resampling*, nilai radiance raster NTL hanya mengalami perbedaan sedikit saja dengan nilai raster awal pada sub bab sebelumnya. Selain itu, resolusi sudah disesuaikan dengan data raster citra Landsat 8 OLI-TIRS sehingga bisa digunakan untuk analisis pada sasaran berikutnya.

4.2.1.3 Uji Error Data Resampling

Uji error data resampling digunakan untuk mengetahui keakuratan nilai prediksi hasil interpolasi terhadap nilai awal citra NTL. Sampel piksel yang digunakan dalam pengujian ini berjumlah sebanyak 500 titik di masing-masing tahun yang dipilih secara acak (*random*). Uji ini dilakukan di aplikasi QGIS dengan menyebar 500 titik sampel yang kemudian diperoleh nilai dari raster NTL hasil resampling sebagai nilai prediksi dan nilai dari raster NTL awal sebagai nilai asli. Untuk mendapatkan nilai MSE digunakan “*field calculator*” dalam *Attribute Table* dengan ekspresi [(“nilai awal”-“nilai prediksi resampling”)^2], setelah itu dari field MSE tadi dianalisis dengan toolbox “Basic statistic for field” yang hasilnya dapat dilihat di Lampiran 2. Adapun hasil dari uji error menggunakan *Mean Square Error* dan *Root Mean Square Error* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tahun	Mean Square Error	Root Mean Square Error
2017	0,004436127	0,06660426
2020	0,003696225	0,060796584
2023	0,003018972	0,054945173

Tabel 4.6 Mean Square Error dan Root Mean Square Error Resampling Citra NTL

Sumber: Analisis Penulis, 2024

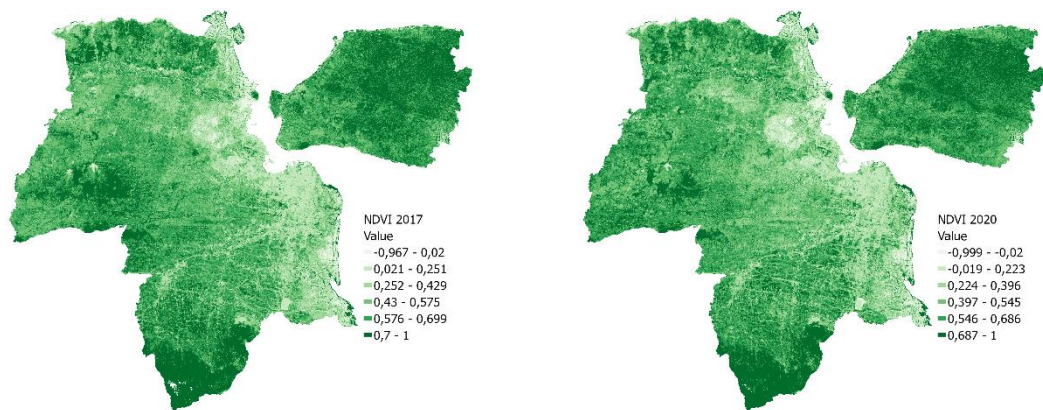
Berdasarkan perhitungan RMSE dapat dilihat bahwa ketiga citra NTL yang telah di-resampling memiliki nilai dibawah 0,1 yang berarti citra NTL hasil resampling menghasilkan interpolasi piksel dengan nilai yang mendekati sangat akurat terhadap citra NTL sebelum resampling sehingga dapat digunakan untuk analisis ENUI.

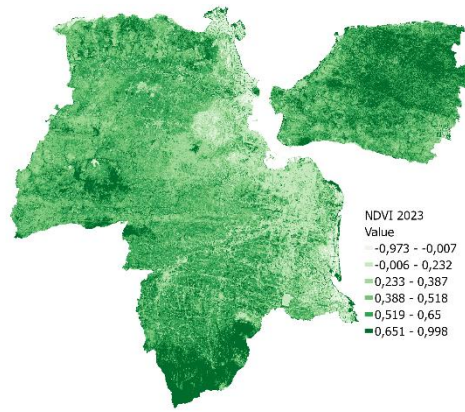
4.2.2 Analisis Karakteristik Indeks Tutupan Lahan

Indeks tutupan lahan dalam bab ini menggunakan citra satelit Landsat 8 OLI-TIRS yang diperoleh dari aplikasi Google Earth Engine. Syafitri dalam penelitiannya pada tahun 2020 menjelaskan bahwa data citra tersebut sudah sesuai secara geometri dengan posisi permukaan bumi sehingga tidak perlu melakukan proses translasi geometri pada lokasi citra. Data yang diperoleh dari citra satelit Landsat berupa garis grid dan rekaman jalur perpecahan di seluruh dunia. Oleh karena itu, data gambar perlu dikliping hingga batas wilayah penelitian dengan menggunakan toolbox “Extract by Mask” di aplikasi ArcGIS Pro (Wibowo, 2023).

4.2.2.1 NDVI

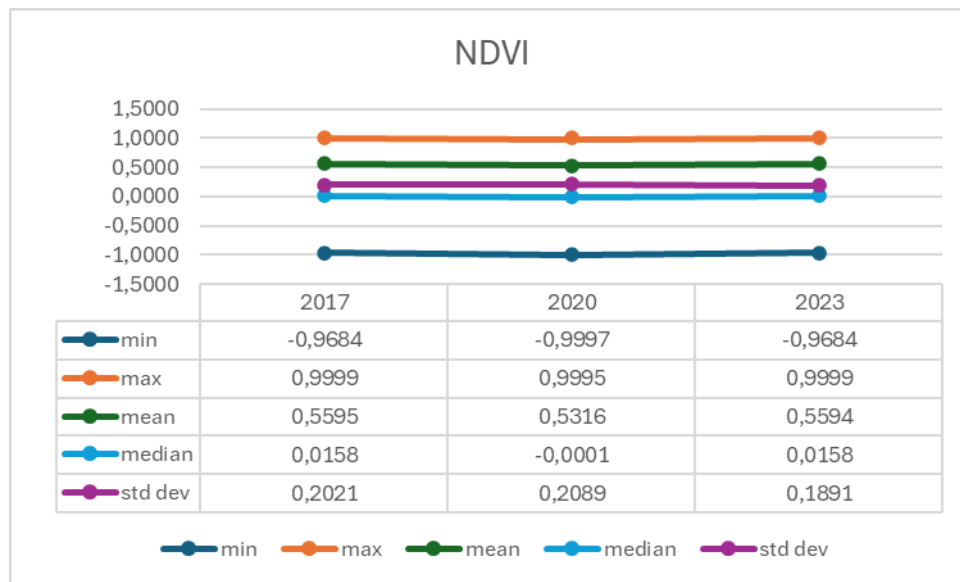
Berikut merupakan hasil analisis NDVI Gerbangkertosusila melalui Google Earth Engine pada tahun 2017, 2020, dan 2023.





Peta 4. 5 NDVI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024



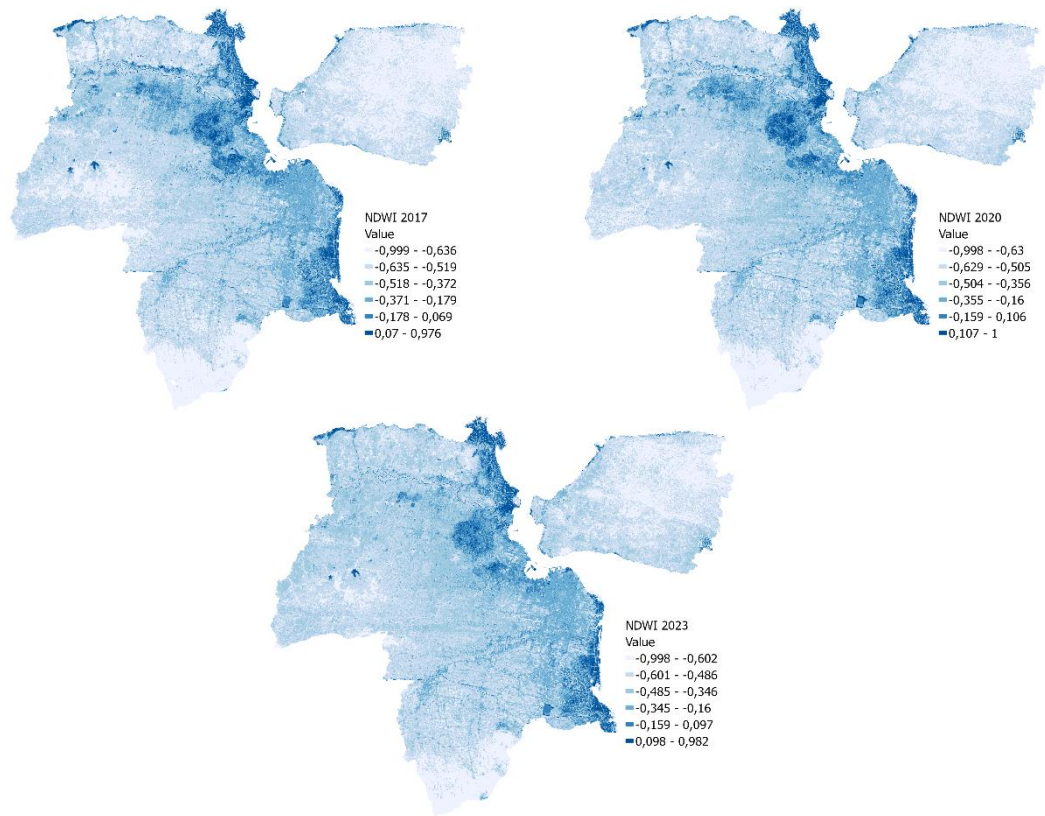
Tabel 4.7 Statistik NDVI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Berdasarkan hasil analisis pada peta dan grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai minimum, maksimum, dan mean tidak mengalami perubahan yang signifikan, dimana nilai minimum semuanya mendekati -1 dan nilai maksimum hanya kurang sedikit menuju 1. Nilai median sempat mengalami penurunan nilai di tahun 2020 namun kembali ke nilai 0,0158 pada tahun 2023. Jika dilihat dari peta, dapat terlihat bahwa tingkat kehijauan di sekitar Gunung Arjuno, Bangkalan, dan Perbukitan di Lamongan mengalami pengurangan luasan yang dapat diinterpretasikan bahwa telah terjadi kemungkinan alih fungsi lahan yang terjadi di sekitar tempat tersebut. Bila dilihat dari standar deviasi, NDVI mengalami kenaikan pada tahun 2020 namun berkurang pada 2023 yang berarti tutupan vegetasi di Gerbangkertosusila semakin berkurang.

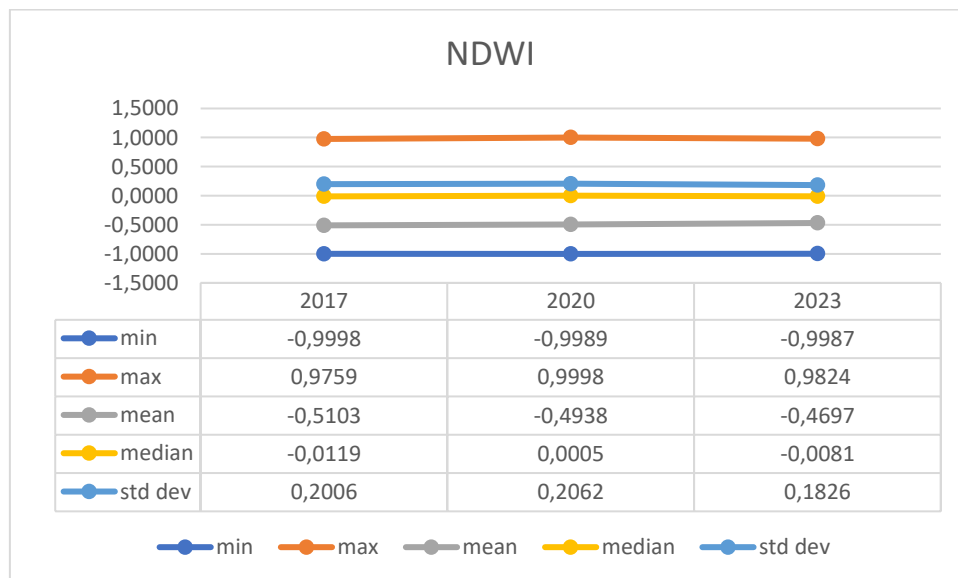
4.2.2.2 NDWI

Berikut merupakan hasil analisis NDWI Gerbangkertosusila melalui Google Earth Engine pada tahun 2017, 2020, dan 2023.



Peta 4. 6 NDWI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024



Tabel 4.8 Statistik NDWI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023

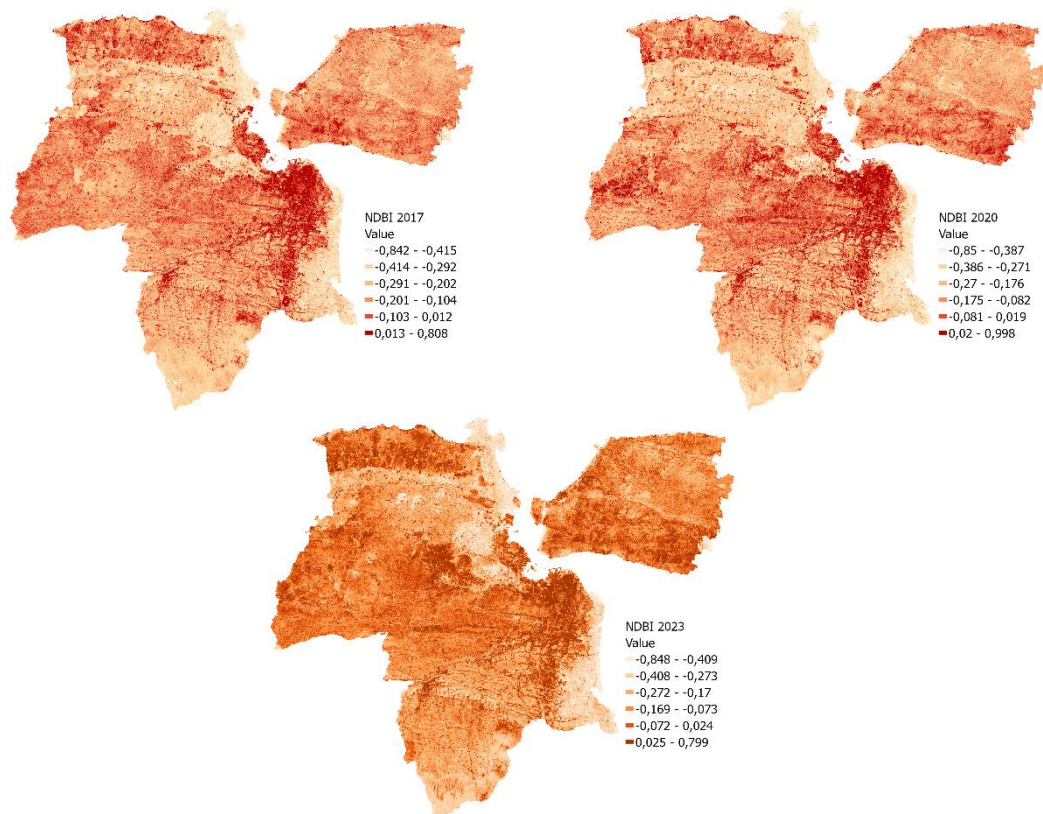
Sumber: Analisis Penulis, 2024

Berdasarkan peta diatas dapat dilihat bahwa terjadi penyusutan luasan dengan nilai lebih dari 0 di sekitar Gresik dan Lamongan. Secara nilai tidak ada perubahan yang signifikan antara

tahun 2017, 2020, dan 2023 dimana nilai minimum semuanya mendekati -1 dan nilai maksimum semuanya mendekati 1. Dari standar deviasinya, NDWI mengalami perubahan nilai yang mirip dengan NDVI sebelumnya dimana naik pada tahun 2020 namun turun pada tahun 2023 yang berarti terjadi alih fungsi lahan di kawasan perairan seperti tambak ikan atau danau.

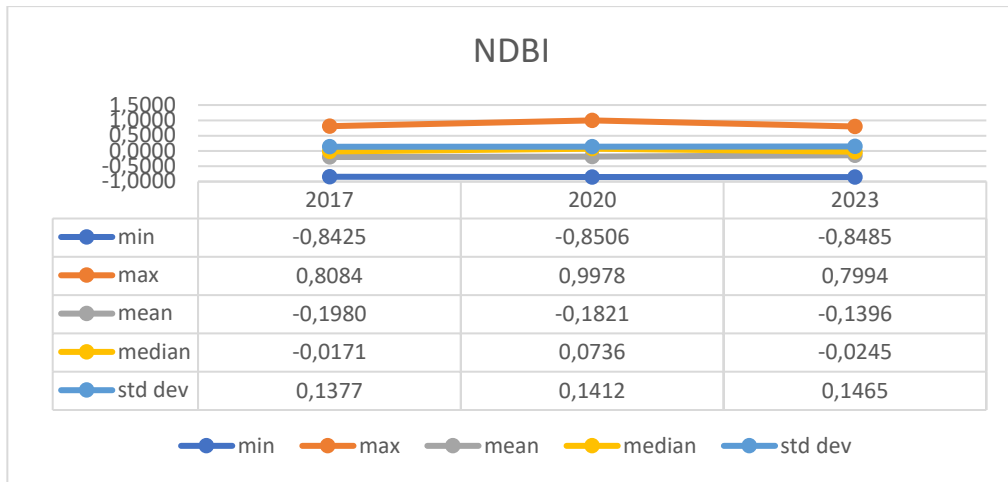
4.2.2.3 NDBI

Berdasarkan analisis NDBI dapat diperhatikan secara visual pada peta dibawah bahwa semakin bertambahnya piksel dengan nilai diatas 0 di selatan Kota Surabaya terutama di Mojokerto dan Sidoarjo. Secara statistik nilai minimum cenderung stabil di -0,8, namun untuk nilai maksimum ada lonjakan nilai yang terjadi di tahun 2020 dengan nilai mendekati 1 namun kembali turun di tahun 2023 dengan nilai sekitar 0,8. Selain itu, terjadi peningkatan nilai mean yang semakin mendekati 0 dan standar deviasi yang juga selalu meningkat, berbeda dengan NDVI dan NDWI, dapat diasumsikan terjadi pertumbuhan kawasan terbangun di Gerbangkertosusila selama rentang waktu 2017-2023. Hasil analisis NDBI Gerbangkertosusila melalui Google Earth Engine pada tahun 2017, 2020, dan 2023 dapat dilihat di bawah ini.



Peta 4. 7 NDBI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024



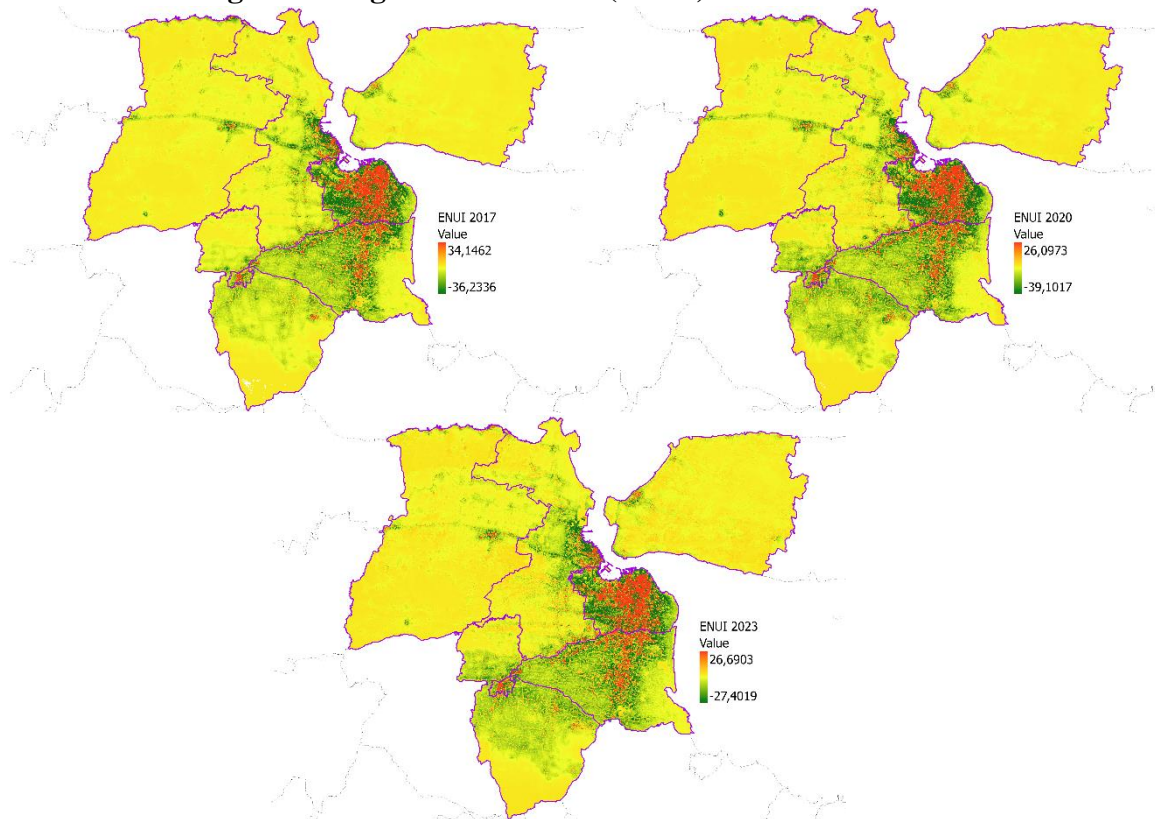
Tabel 4.9 Statistik NDBI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

4.3 Analisis Identifikasi Wilayah Urban Gerbangkertosusila Berdasarkan Perolehan Citra Satelit

Dalam analisis ini akan menggabungkan 4 citra yang telah dianalisis sebelumnya yang kemudian akan diidentifikasi mana saja wilayah yang termasuk dalam kategori wilayah urban.

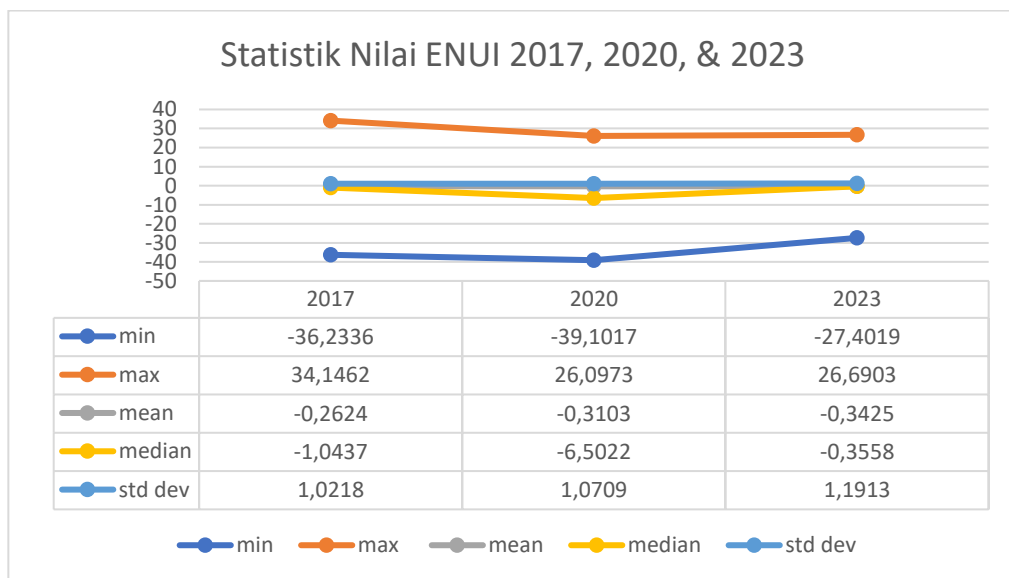
4.3.1 Enhanced Nighttime Light Urban Index (ENUI)



Peta 4. 8 ENUI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Analisis ENUI merupakan analisis yang menggabungkan citra NTL dan 3 indeks tutupan lahan, yakni NDVI, NDWI, dan NDBI. Secara matematis rumus ENUI telah dijelaskan di bab metodologi yakni NTL dikali inverse NDVI dikali inverse NDWI dikali NDBI. NDVI dan NDWI diinverskan dikarenakan nilai dibawah 0 dari kedua indeks tersebut menyatakan wilayah kebalikannya, yakni non-vegetasi untuk NDVI dan non-badan air untuk NDWI. Maka dari itu, gabungan inverse NDVI, Inverse NDWI, dan NDBI akan menghasilkan kawasan terbangun yang lebih akurat. Setelah itu digabungkan dengan citra NTL sebagai indikator pusat kegiatan manusia maka kawasan terbangun dengan pancaran sinar malam hari bisa diasumsikan sebagai suatu kawasan urban atau perkotaan. Dalam aplikasi ArcGIS Pro, digunakan tool “Raster Calculator” untuk melakukan pengoperasian data raster secara matematis. Visualisasi hasil analisis ENUI dalam penelitian ini dapat dilihat pada peta di atas dimana piksel berwarna merah dengan nilai diatas 0 bertambah di selatan. Hal ini berbanding lurus dengan citra NTL di awal dimana piksel yang memancarkan cahaya juga bertambah di selatan. Adapun detil stastistik nilai dari hasil analisi ENUI dapat dilihat pada grafik dan tabel di bawah ini.



Tabel 4.10 Statistik Nilai ENUI Gerbangkertosusila 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai minimum dan maksimum dinamis dengan nilai yang cenderung semakin mengarah ke 0 pada tahun 2023. Sedangkan untuk rata-rata dan standar deviasi saling bertolak belakang dimana untuk rata-rata nilai baik antara 2017-2020 dan 2020-2023 menurun dimana di sisi lain nilai standar deviasi semakin meningkat. Dalam ilmu statistika hal ini berarti ada peningkatan variasi di dalam data dalam konteks ini data raster ENUI yang berarti ada perubahan nilai yang terjadi secara temporal yang menyebabkan nilai piksel raster semakin bervariasi walaupun nilai maksimum dan minimum semakin mendekati 0.

4.3.2 Penentuan Ambang Batas

Standar Deviasi dipilih sebagai ambang batas dikarenakan nilai rata-rata ENUI yang semakin turun namun standar deviasi cenderung naik sehingga berhubungan dengan adanya penambahan piksel yang nilainya bertambah. Walaupun begitu, nilai standar deviasi belum tentu akan memberikan ambang batas yang optimal. Dalam penelitian ini, digunakan 5 ambang

batas asumsi berdasarkan nilai standar deviasi untuk kemudian diuji keakuratannya di langkah selanjutnya dimana akan dipilih salah satu dengan nilai akurasi tertinggi sebagai ambang batas pada analisis sasaran berikutnya. Adapun nilai ambang batas tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

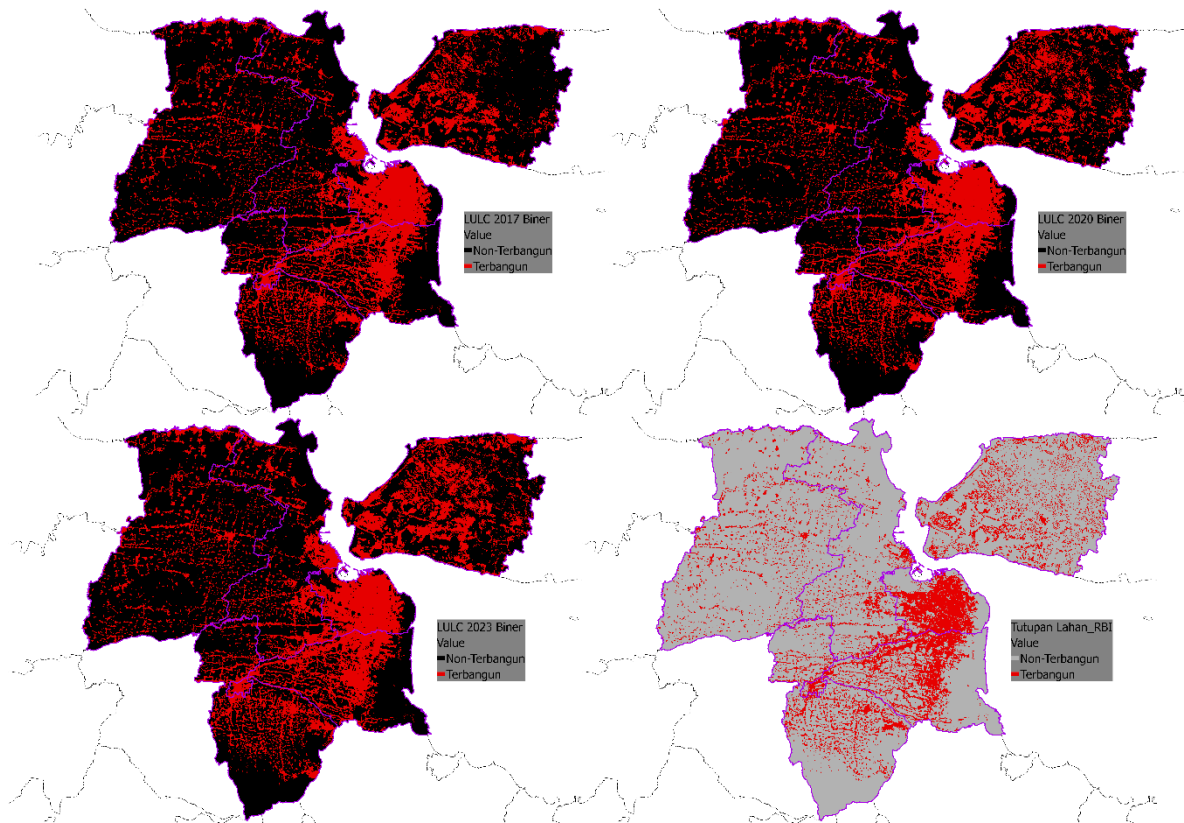
Ambang Batas	2017	2020	2023
1 Standar Deviasi	1,0218	1,0709	1,1913
3/4 Standar Deviasi	0,76635	0,803175	0,893475
2/3 Standar Deviasi	0,6812	0,713933	0,7942
1/2 Standar Deviasi	0,5109	0,53545	0,59565
1/3 Standar Deviasi	0,3406	0,356967	0,3971

Tabel 4.11 Ambang Batas Untuk Uji Akurasi

Sumber: Analisis Penulis, 2024

4.3.3 Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan menggunakan *Confusion Matrix* dimana matriks ini menghubungkan 2 jenis data citra, 1 untuk diuji dan 1 untuk referensi, untuk mengetahui apakah hasil analisis ENUI yang dilakukan sebelumnya sudah akurat atau belum. Uji akurasi dapat dilakukan di aplikasi ArcGIS Pro menggunakan tools “*Create Accuracy Assessment Point*” menggunakan data ENUI yang telah di-binerisasi berdasarkan nilai ambang batas, “*Update Accuracy Assessment Point*” untuk menambah data LULC Sentinel 2 yang sudah di-binerisasi antara Area Terbangun dan Non-Area Terbangun dalam field *Ground Truth* sebagai referensi, serta “*Create Confusion Matrix*” untuk menghasilkan *Confusion Matrix* dari kedua data tadi. Untuk penelitian ini digunakan titik sampel sebanyak masing-masing 2000 titik antara kawasan urban dan kawasan non-urban dikarenakan resolusi data raster yang cukup tinggi yakni 30m untuk ENUI dan 10m untuk LULC sebagai referensi agar hasil yang diharapkan semakin akurat. Sebelum melakukan penyebaran titik sampel, peta LULC sentinel-2 di binerisasikan antara kawasan terbangun dan kawasan non terbangun. Binerisasi merupakan proses membagi citra menjadi 2 nilai, dalam penelitian ini yakni Area Terbangun dan Area Non-Terbangun. Dikarenakan data tutupan lahan yang mudah diakses dengan resolusi tinggi adalah LULC citra satelit Sentinel-2 yang mencakup seluruh dunia maka perlu uji akurasi juga dengan data yang lebih terverifikasi secara lokal oleh pemerintah, yakni dengan data peta rupa bumi Indonesia (RBI). Peta RBI sendiri tidak menyediakan data secara temporal dan mutakhir sehingga tidak bisa dijadikan referensi untuk uji akurasi ENUI yang bersifat temporal, maka peta RBI hanya digunakan untuk menguji akurasi salah satu waktu peta LULC, yakni pada tahun 2017. Adapun hasil binerisasi peta LULC sebagai referensi dapat dilihat secara visual pada peta di bawah ini.

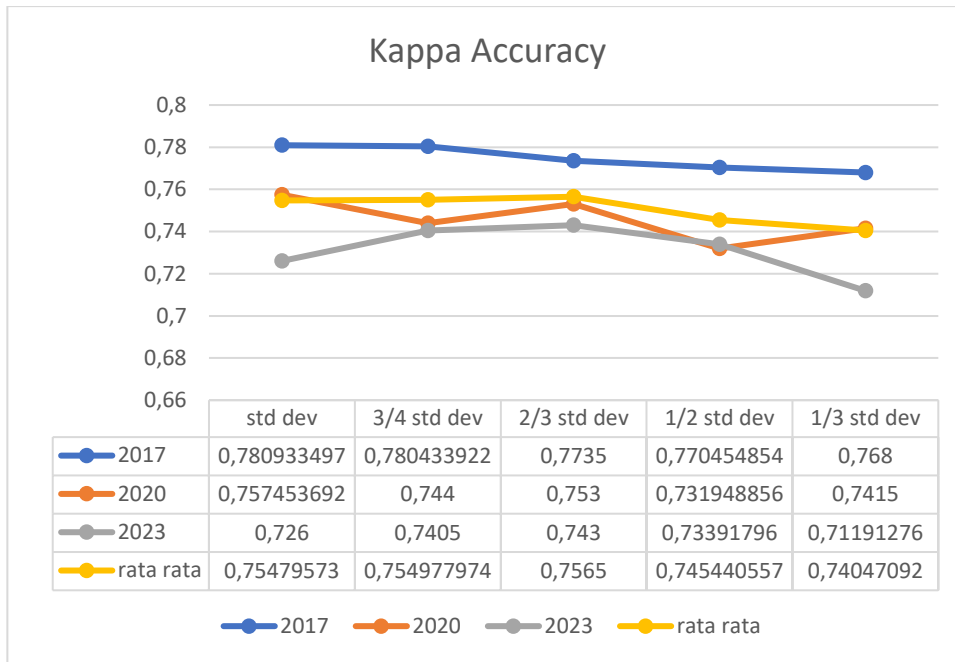


Peta 4. 9 Binerisasi Peta LULC Sentinel-2 dan RBI

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Berdasarkan hasil uji akurasi dengan data tutupan lahan RBI, nilai *Kappa Accuracy* LULC tahun 2017 terhadap peta RBI sebesar 0,552 yang berada dalam kategori akurasi menengah. Peta RBI sendiri tidak memiliki penjelasan terkait kapan dan rentang waktu tutupan lahan diambil sehingga hanya sebagai referensi terkait keadaan tutupan lahan nyata mutakhir berdasarkan data dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Nilai *Kappa Accuracy* LULC 2017 yang tergolong menengah masih bisa dikatakan cukup mengenai keakuratan LULC Sentinel-2 dimana di sisi lain nilai *Overall Accuracy* sebesar 0,776 dimana tergolong cukup tinggi sehingga dapat digunakan untuk uji akurasi hasil analisis ENUI yang telah di-binerisasi.

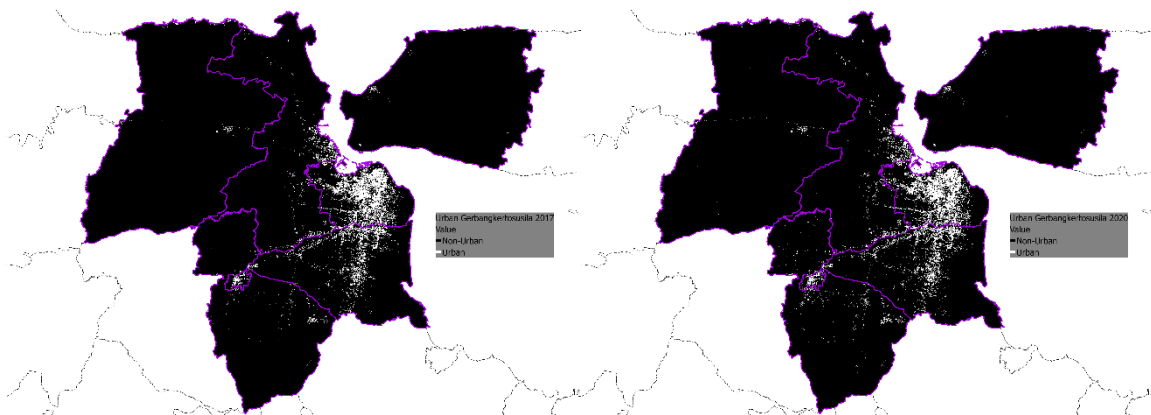
Kemudian dilakukan uji akurasi yang selanjutnya akan dipilih ambang batas dengan nilai rata-rata *Kappa Accuracy* tertinggi untuk selanjutnya digunakan dalam analisis sasaran 3. Hasil dari uji akurasi tiap ambang batas dapat dilihat pada Lampiran 3 dan untuk perbandingan nilai *Kappa Accuracy* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

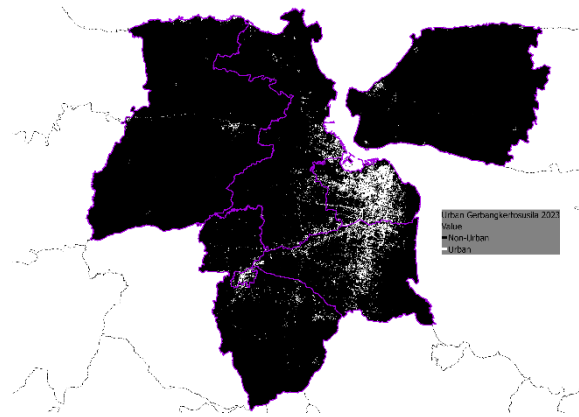


Tabel 4.12 Kappa Accuracy Confusion Matrix

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Berdasarkan perbandingan *Kappa Accuracy* diatas, seluruh ambang batas memiliki nilai di kisaran 0,7 yang berarti data hasil analisis ENUI dengan semua ambang batas memiliki tingkat akurasi yang bagus dan mendekati akurat. Sementara itu, ambang batas 2/3 standar deviasi memiliki rata-rata tertinggi diantara ambang batas yang lain. Maka dari itu, ambang batas 2/3 standar deviasi akan digunakan sebagai ambang batas kawasan urban Gerbangkertosusila yang akan digunakan untuk analisis berikutnya. Adapun peta hasil binerisasi dengan ambang batas 2/3 standar deviasi dapat dilihat pada peta di bawah ini.



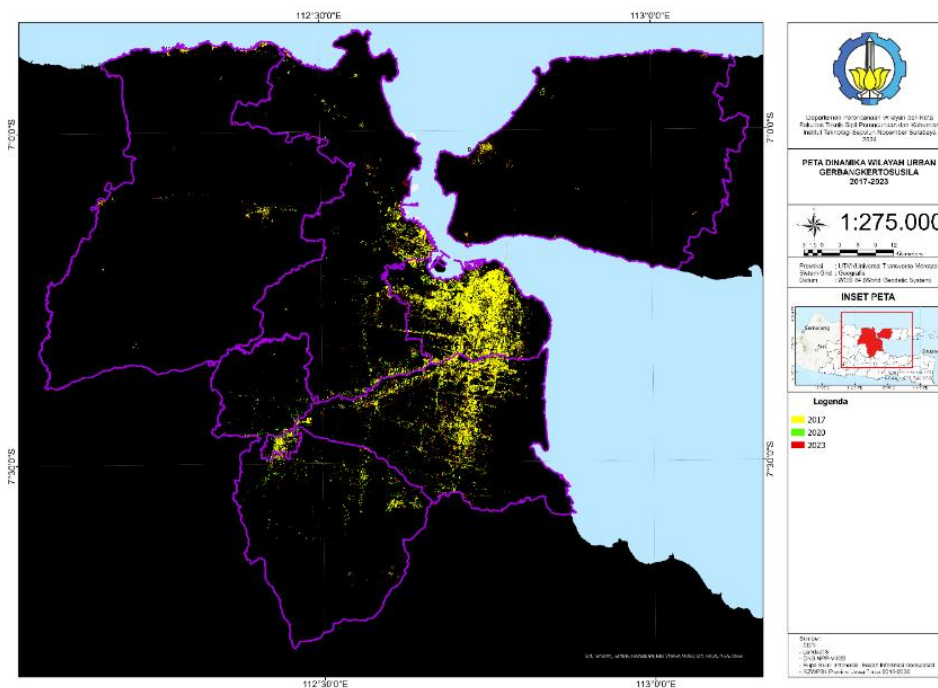


Peta 4. 1 0 Kawasan Urban Gerbangkertosusila Tahun 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

4.4 Analisis Dinamika Wilayah Urban

Analisis dinamika kawasan perkotaan merupakan proses penting yang membantu memahami perubahan kawasan perkotaan, merencanakan pembangunan wilayah secara sistematis, mengidentifikasi karakteristik wilayah, dan mengelola pemanfaatan lahan. Hal ini juga membantu untuk memahami dinamika pertumbuhan wilayah dan faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan ini. Secara keseluruhan, analisis ini penting dalam menciptakan kebijakan dan strategi yang efektif untuk pembangunan daerah berkelanjutan. Dalam tahapan ini akan dianalisis hasil dari sasaran sebelumnya yang memiliki rerata nilai *kappa accuracy* tertinggi. Adapun peta perbandingan kawasan urban tahun 2017, 2020, dan 2023 dapat dilihat pada peta di bawah ini.



Peta 4. 1 1 Dinamika Wilayah Urban Gerbangkertosusila 2017-2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Berdasarkan peta tersebut, berikut merupakan luasan kawasan urban secara temporal tiap kabupaten/kota.

No	Kabupaten/Kota	2017	2020	2023
1	Bangkalan	2,415 km ²	2,960 km ²	5,244 km ²
2	Gresik	20,410 km ²	23,738 km ²	27,819 km ²
3	Lamongan	3,925 km ²	4,770 km ²	7,022 km ²
4	Mojokerto	5,867 km ²	11,530 km ²	12,042 km ²
5	Sidoarjo	51,518 km ²	57,985 km ²	70,251 km ²
6	Kota Mojokerto	3,566 km ²	4,632 km ²	5,045 km ²
7	Kota Surabaya	104,343 km ²	105,844 km ²	112,963 km ²
	Total	192,044 km²	211,460 km²	240,387 km²

Tabel 4.13 Luasan Wilayah Urban Per Kabupaten/Kota

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Dari Tabel diatas dapat dilihat seluruh Kabupaten/Kota di Gerbangkertosusila mengalami penambahan luasan setiap tahunnya. Adapun analisis lebih mengenai dinamika keruangan urban Gerbangkertosusila sebagai berikut.

4.4.1 Urbanisation Ratio

No	Kabupaten/Kota	Luas (km ²)	2017	2020	2023
1	Bangkalan	1304,122	0,19%	0,23%	0,40%
2	Gresik	1053,695	1,94%	2,25%	2,64%
3	Lamongan	1750,997	0,22%	0,27%	0,40%
4	Mojokerto	984,409	0,60%	1,17%	1,22%
5	Sidoarjo	727,453	7,08%	7,97%	9,66%
6	Kota Mojokerto	20,217	17,64%	22,91%	24,95%
7	Kota Surabaya	336,308	31,03%	31,47%	33,59%
	Total	6177,200	3,11%	3,42%	3,89%

Tabel 4.14 Urbanization Ratio tiap Kabupaten/Kota Tahun 2017, 2020, dan 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Urbanisation ratio menggambarkan persentase luasan wilayah urban dalam suatu daerah. Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa seluruh kabupaten/kota mengalami peningkatan persentase wilayah urban. Kota Surabaya sebagai pusat kegiatan ekonomi memiliki persentase tertinggi dengan nilai 33,59% pada tahun 2023. Kota Mojokerto walaupun wilayah tergolong sangat kecil hanya sekitar 20 km², persentasenya masih tergolong rendah yang berarti luasan wilayah urbannya masih tergolong sempit. Adapun Kabupaten dengan persentase tertinggi ialah Kabupaten Sidoarjo dengan nilai rasio 9,66% per tahun 2023 dimana Kabupaten Sidoarjo sendiri berbatasan langsung dengan Kota Surabaya.

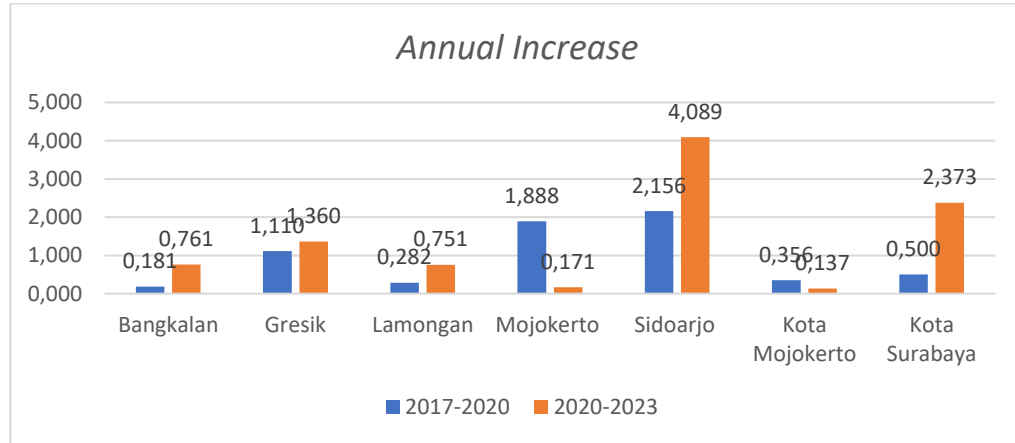
4.4.2 Annual Increase

No	Kabupaten/Kota	2017-2020	2020-2023
1	Bangkalan	0,181 km ² /tahun	0,761 km ² /tahun
2	Gresik	1,110 km ² /tahun	1,360 km ² /tahun
3	Lamongan	0,282 km ² /tahun	0,751 km ² /tahun
4	Mojokerto	1,888 km ² /tahun	0,171 km ² /tahun
5	Sidoarjo	2,156 km ² /tahun	4,089 km ² /tahun

6	Kota Mojokerto	0,356 km ² /tahun	0,137 km ² /tahun
7	Kota Surabaya	0,500 km ² /tahun	2,373 km ² /tahun
	Total	6,472 km²/tahun	9,642 km²/tahun

Tabel 4.15 Annual Increase Wilayah Urban tiap Kabupaten/Kota

Sumber: Analisis Penulis, 2024



Gambar 4.3 Grafik Annual Increase tiap Kabupaten/Kota

Sumber: Analisis Penulis, 2024

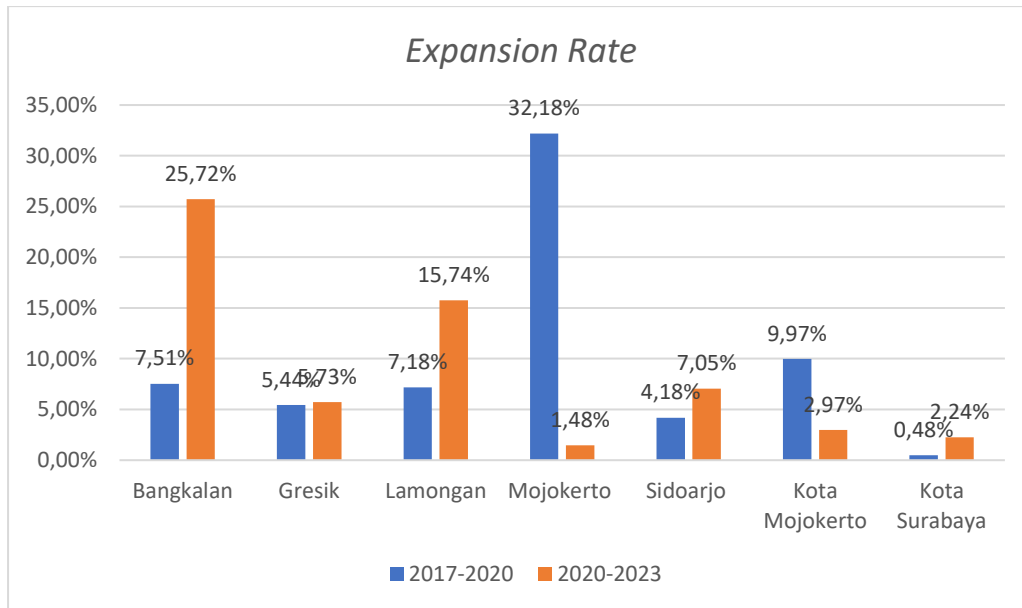
Annual Increase merupakan tingkat pertumbuhan wilayah urban di suatu daerah per tahun. Berdasarkan tabel dan grafik diatas Kabupaten Sidoarjo menjadi kabupaten dengan tingkat pertumbuhan wilayah urban tertinggi baik dalam jangka waktu 2017-2020 maupun 2020-2023. Seluruh kabupaten/kota mengalami kenaikan nilai AI dalam rentang waktu 2017-2023. Namun, Kota serta Kabupaten Mojokerto mengalami penurunan pada rentang 2020-2023 walaupun untuk Kabupaten Mojokerto menduduki peringkat kedua di rentang waktu 2017-2020.

4.4.3 Expansion Rate

No	Kabupaten/Kota	2017-2020	2020-2023
1	Bangkalan	7,51%	25,72%
2	Gresik	5,44%	5,73%
3	Lamongan	7,18%	15,74%
4	Mojokerto	32,18%	1,48%
5	Sidoarjo	4,18%	7,05%
6	Kota Mojokerto	9,97%	2,97%
7	Kota Surabaya	0,48%	2,24%
	Total	3,37%	4,56%

Tabel 4.16 Expansion Rate tiap Kabupaten/Kota

Sumber: Analisis Penulis, 2024



Gambar 4.4 Grafik Expansion Rate tiap Kabupaten/Kota

Sumber: Analisis Penulis, 2024

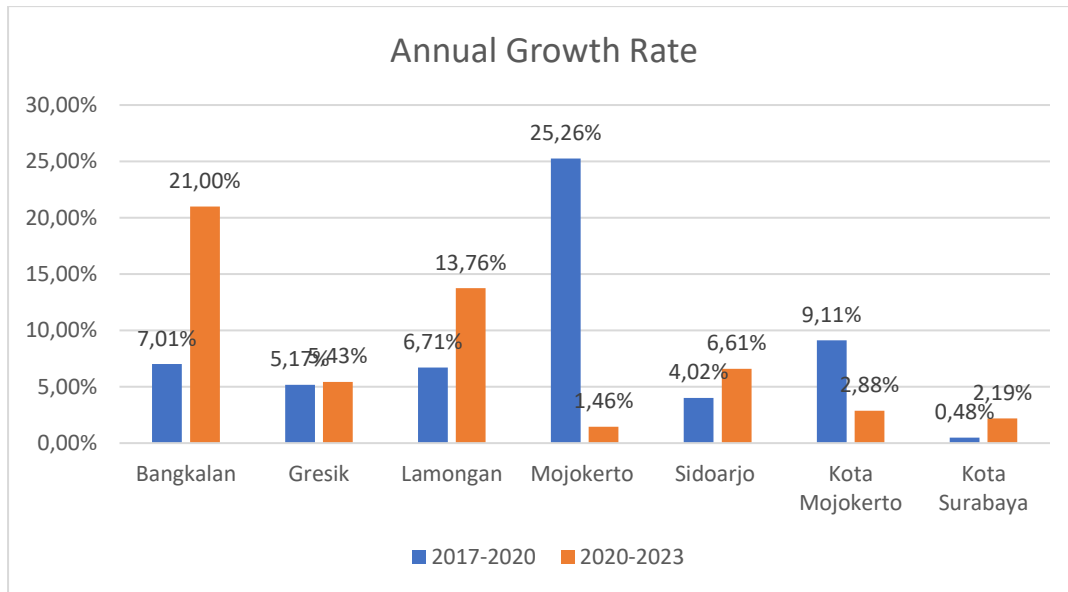
Expansion Rate merupakan persentase ekspansi wilayah urban dalam rentang waktu tertentu. Pada rentang waktu 2017-2020, Kabupaten dan Kota Mojokerto menjadi daerah dengan tingkat ekspansi per tahun tertinggi pertama dan kedua. Walaupun begitu, kedua daerah ini mendapati penurunan persentase yang cukup jauh pada rentang waktu 2020-2023 yang berarti perluasan wilayah urban di Kabupaten dan Kota Mojokerto melambat. Adapun pada rentang waktu 2020-2023 terjadi pergeseran Kabupaten yang memiliki ekspansi wilayah urban yang cukup tinggi, yakni Kabupaten Bangkalan dan Kabupaten Lamongan.

4.4.4 Annual Growth Rate

No	Kabupaten/Kota	2017-2020	2020-2023
1	Bangkalan	7,01%	21,00%
2	Gresik	5,17%	5,43%
3	Lamongan	6,71%	13,76%
4	Mojokerto	25,26%	1,46%
5	Sidoarjo	4,02%	6,61%
6	Kota Mojokerto	9,11%	2,88%
7	Kota Surabaya	0,48%	2,19%
	Total	3,26%	4,37%

Tabel 4.17 Annual Growth Rate tiap Kabupaten/Kota

Sumber: Analisis Penulis, 2024



Gambar 4.5 Grafik Annual Growth Rate tiap Kabupaten/Kota


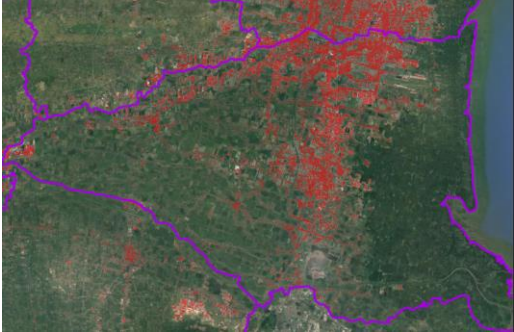
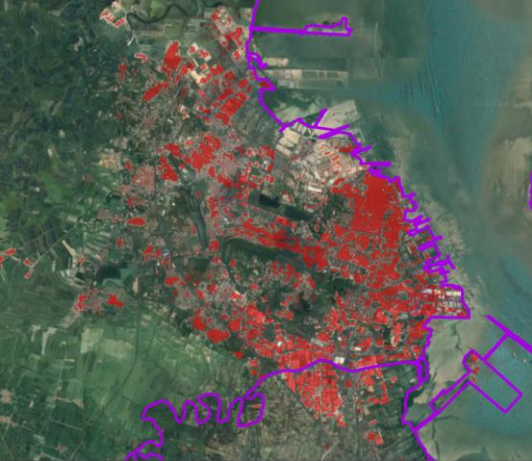

Sumber: Analisis Penulis, 2024

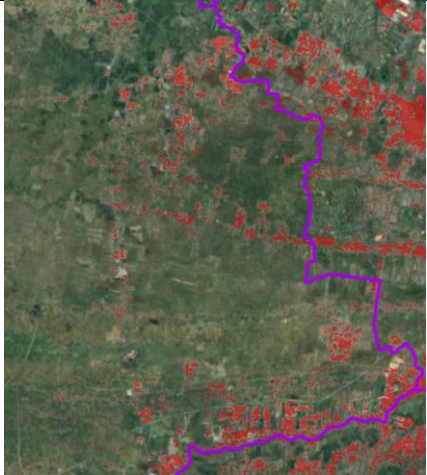


Annual Growth Rate mencerminkan sejauh mana sebuah daerah berkembang dan tumbuh menjadi kota/urban. Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa persentase AGR tidak jauh berbeda dengan ER dimana pada rentang waktu 2017-2020 Kabupaten dan Kota Mojokerto menjadi daerah dengan tingkat pertumbuhan per tahun tertinggi pertama dan kedua yang kemudian pada rentang tahun 2017-2023 terjadi pergeseran tingkat persentase dimana Kabupaten Bangkalan dan Kabupaten Lamongan menjadi daerah dengan tingkat pertumbuhan per tahun tertinggi pertama dan kedua. Dari ER maupun AGR dapat dilihat bahwa terjadi perubahan titik pertumbuhan kawasan urban di Gerbangkertosusila dimana pada rentang tahun 2017-2020 berpusat di Kabupaten dan Kota Mojokerto, pada rentang tahun 2020-2023 titik pertumbuhan kawasan urban bergeser ke Kabupaten Bangkalan dan Kabupaten Lamongan.

4.5 Pembahasan Hasil Penelitian

4.5.1 Hasil Analisis ENUI dan Dinamika Wilayah Urban

Apabila dikomparasikan, hasil analisis ENUI dengan citra satelit *True Color* Google Maps, kawasan yang teridentifikasi sebagai kawasan urban hampir keseluruhan piksel dengan nilai diatas ambang batas sesuai dengan kawasan-kawasan yang menjadi pusat aktivitas masyarakat bila diperhatikan secara langsung dengan *overlay*. Adapun *overlay* hasil analisis ENUI 2023 dengan citra satelit Google Maps true color beserta keterangan kawasannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Hasil Analisis ENUI 2023		Keterangan
		Kota Surabaya
		Kabupaten Sidoarjo
		Gresik Kota
		Kota Mojokerto beserta Kecamatan Mojosari dan Ngoro, Kabupaten Mojokerto dan Kecamatan Tarik, Kabupaten Sidoarjo

			<p>Kota Surabaya bagian barat beserta Kecamatan Driyorejo dan Menganti, Kabupaten Gresik</p>
			<p>Bangkalan Kota</p>
			<p>Lamongan Kota</p>

Tabel 4.18 Hasil Analisis ENUI Tahun 2023

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Kemudian bila dilihat secara kasar, hasil analisis *Urbanisation Ratio* berbanding lurus dengan jumlah dan kepadatan penduduk Gerbangkertosusila secara keseluruhan yang selalu meningkat sepanjang tahun 2017 hingga 2023. Kedua hal tersebut dapat diasumsikan saling berkaitan terhadap pertumbuhan wilayah urban secara nominal. Dapat diketahui juga bahwa dari analisis *Expansion Rate* dan *Annual Growth Rate* daerah selain Kota Surabaya dan Sidoarjo, yang berdasarkan analisis *Annual Increase* mengalami pertumbuhan secara nominal, mengalami pertumbuhan kawasan urban yang meningkat tajam secara persentase.

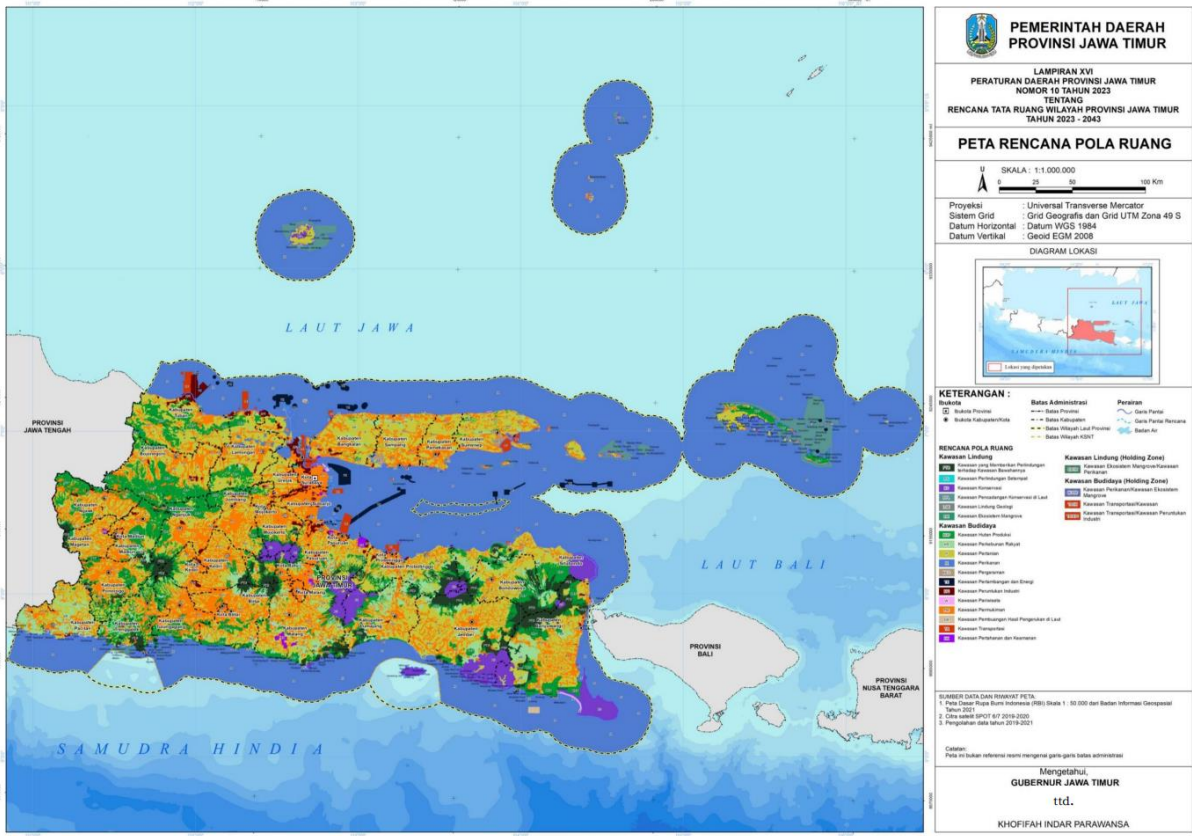
4.5.2 Tinjauan Terhadap RTRW Jawa Timur Tahun 2023-2043

Berdasarkan RTRW Jawa Timur 2023-2043 yang baru disahkan, kawasan Metropolitan Gerbangkertosusila termasuk dalam kawasan yang direncanakan sebagai pusat kegiatan nasional (PKN) dan kawasan strategis nasional (KSN) pusat perekonomian. Pusat Kegiatan Nasional sendiri adalah “Kawasan Perkotaan yang berfungsi untuk melayani kegiatan skala internasional, kegiatan nasional, atau kegiatan beberapa provinsi”. Sedangkan Kawasan Strategis Nasional adalah “Wilayah yang Penataan Ruangnya diprioritaskan karena mempunyai pengaruh sangat penting secara nasional terhadap kedaulatan negara, pertahanan dan keamanan negara, ekonomi, sosial, budaya, dan/atau lingkungan, termasuk Wilayah yang telah ditetapkan sebagai warisan dunia” berdasarkan dokumen RTRW tersebut.

Sebagai sebuah kota yang menjadi pusat kegiatan nasional dan kawasan strategis nasional, Surabaya sebaiknya diberi arahan pembangunan yang terintegrasi dan berkelanjutan. Arahan pembangunan tersebut dapat mencakup beberapa aspek penting yakni:

- **Pembangunan Infrastruktur:** Membangun infrastruktur yang memadai untuk mendukung kegiatan ekonomi, sosial dan budaya. Hal ini mencakup transportasi, komunikasi, dan pelayanan publik.
- **Pembangunan Ekonomi:** Mendorong investasi dan pengembangan sektor ekonomi, seperti pariwisata, teknologi, dan industri manufaktur.
- **Pendidikan dan Penelitian:** Lembaga pendidikan dan penelitian untuk mendukung inovasi dan pengembangan tenaga kerja.
- **Pengembangan Komunitas Terpadu:** Menciptakan komunitas yang terintegrasi dengan berbagai aktivitas seperti perumahan, bisnis, dan hiburan.
- **Keberlanjutan Lingkungan:** Memastikan bahwa pembangunan tidak merusak lingkungan, namun mendukung keberlanjutan dengan menjaga dan meningkatkan ruang hijau dan lingkungan alam.
- **Partisipasi Masyarakat:** Melibatkan masyarakat dalam proses perencanaan dan pengambilan keputusan untuk memastikan bahwa pembangunan memenuhi kebutuhan dan harapan masyarakat.
- **Konektivitas:** Peningkatan konektivitas antar wilayah melalui jaringan transportasi yang terbangun dengan baik dan terjangkau.
- **Pengembangan Komunitas:** Meningkatkan akses terhadap kesehatan, pendidikan dan layanan sosial di seluruh lapisan masyarakat.
- **Keamanan dan Ketertiban:** Menjamin keamanan dan ketertiban masyarakat untuk menunjang pelayanan ekonomi dan sosial yang baik.
- **Adaptasi dan Mitigasi Bencana:** Infrastruktur energi dan sistem peringatan dini untuk menghadapi bencana alam dan perubahan iklim.

Bila ditinjau dari rencana pola ruang, kawasan urban di Metropolitan Gerbangkertosusila sesuai dengan arahan pola ruang dimana kawasan urban hasil analisis ENUI berada di kawasan budidaya peruntukan permukiman serta industri. Adapun peta rencana pola ruang RTRW Jawa Timur 2023-2043 dapat dilihat di bawah ini.



Peta 4. 1 2 Peta Rencana Pola Ruang Jawa Timur 2023-2043

Sumber: RTRW Jawa Timur 2023-2043

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari Penelitian yang telah dilakukan, hasil yang didapatkan telah menjawab hipotesis dan pertanyaan dimana dapat diketahui bahwa gabungan indeks tutupan lahan terbangun dan citra cahaya malam (NTL) dalam metode ENUI mampu memberikan gambaran kawasan urban secara akurat serta adanya dinamika secara keruangan dalam wilayah urban Gerbangkertosusila. Dinamika tersebut dapat dilihat dari semakin meluasnya wilayah urban di seluruh kabupaten/kota di Kawasan Metropolitan Gerbangkertosusila berdasarkan perbandingan luasan wilayah urban secara temporal antara tahun 2017-2023. Adapun kesimpulan ketiga sasaran sebagai berikut.

- Berdasarkan tangkapan citra NTL NPP-VIIRS, wilayah yang memancarkan cahaya semakin meluas berdasarkan nilai temporal rata-rata dan standar deviasi walaupun nilai maksimumnya cenderung menurun. Untuk uji hasil *Resampling* teknik *Bilinear Interpolation* dengan *Root Mean Square Error*, ketiga citra NTL memiliki nilai mendekati 0 yang berarti citra resolusi 30m hasil interpolasi memiliki keakuratan nilai yang tinggi terhadap citra 500m sebelumnya. Untuk ketiga indeks tutupan lahan, baik NDVI, NDWI, dan NDBI, memiliki distribusi rentang nilai yang luas serta nilai rata-rata mendekati 0 dimana untuk NDVI dan NDWI memiliki rentang nilai sekitar -0,9 hingga 0,9, sedangkan NDBI berkisar antara -0,8 hingga 0,8.
- Analisis ENUI yang dihasilkan cukup akurat dalam mengidentifikasi wilayah urban dengan nilai *Kappa Accuracy* kelima ambang batas memiliki nilai berkisar 0,7. Adapun ambang batas yang dipilih untuk analisis dinamika wilayah urban adalah 2/3 nilai standar deviasi dikarenakan memiliki rata-rata nilai *Kappa Accuracy* tertinggi diantara 5 asumsi ambang batas. Adapun bila dibandingkan citra LULC dari Sentinel-2 yang disediakan oleh Living Atlas ArcGIS Online dengan citra RGB terdapat kawasan yang kurang sesuai dengan keadaan nyatanya seperti di Kabupaten Bangkalan banyan Kawasan Pertanian yang terklasifikasi sebagai Area Terbangun
- Berdasarkan nilai dari analisis *Urbanisation Ratio* dan *Annual Increase*, seluruh Kabupaten dan Kota di Kawasan Metropolitan Gerbangkertosusila mengalami pertumbuhan wilayah urban. Adapun berdasarkan *Annual Increase* Kabupaten Sidoarjo merupakan daerah dengan tingkat pertumbuhan kawasan urban tertinggi secara nominal. Selain itu terjadi pergeseran titik ekspansi wilayah urban dimana pada jangka waktu 2017-2020 pertumbuhan wilayah urban berpusat di Kota dan Kabupaten Mojokerto dengan nilai *Expansion Rate* masing masing sebesar 32,18% dan 9,97% serta nilai *Annual Growth Rate* masing masing sebesar 25,26% dan 9,11%. sedangkan pada tahun 2020-2023 bergeser ke Kabupaten Bangkalan di Pulau Madura dan Kabupaten Lamongan dengan nilai *Expansion Rate* masing masing sebesar 25,72% dan 15,74% serta nilai *Annual Growth Rate* masing masing sebesar 21% dan 13,76%.

5.2 Saran

Berikut merupakan saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan:

- Saran untuk penelitian selanjutnya ialah perlunya analisis lebih lanjut guna memahami apa saja yang mendorong terjadinya dinamika wilayah urban dengan analisis faktor dan atau

autokorelasi spasial dengan pendekatan sosio-ekonomi yang menggabungkan aspek-aspek sosial dan ekonomi dalam suatu kelompok masyarakat ataupun pendekatan sosio-spasial yang menggabungkan analisis spasial dengan pendekatan sosial untuk memahami dampak urbanisasi terhadap masyarakat lokal. Hal ini dapat mencakup studi tentang kualitas hidup, akses terhadap layanan publik dan perubahan sosial ekonomi.

- Selain itu, untuk penelitian yang serupa dalam konteks dinamika spasio-temporal akan lebih optimal jika dilakukan di kota Metropolitan di negara berkembang seperti Jakarta, Kuala Lumpur, Bangkok, Manila dan lain sebagainya yang memiliki wilayah urban yang luas dikarenakan resolusi citra NTL yang tergolong besar dan juga itu disertai jangka waktu yang lebih panjang agar kenampakan dinamika wilayah urban terlihat lebih jelas.
- Perlunya referensi data peta keadaan nyata (*Ground Truth*) yang lebih detil dan berjangka waktu cukup jauh agar dapat dijadikan referensi uji akurasi yang lebih akurat.
- Adapun saran bagi pemangku kebijakan di Gerbangkertosusila dan mungkin seluruh Jawa Timur agar lebih memperhatikan dan mengawasi pembangunan yang berlangsung di daerahnya agar kawasan yang cukup penting seperti pertanian tidak terganggu sehingga tidak mengganggu hasil panen masyarakat. Serta perlunya perencanaan tata ruang dan rencana strategis yang matang agar tidak terjadi fenomena urban sprawl di Surabaya raya ataupun daerah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- 50 North (2019, February 26). *Classification accuracy assessment. Confusion matrix method*. <http://www.50northspatial.org/classification-accuracy-assessment-confusion-matrix-method/>
- Adam, F. P. (2010). Tren urbanisasi di indonesia. *Piramida*, 6(1), 1-15. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/piramida/article/view/2998/2156>
- Adminlp2m. (2023, September 20). *Pemodelan Spasial-Temporal: Pola Kompleks dalam Data*. Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat. <https://lp2m.uma.ac.id/2023/09/12/pemodelan-spasial-temporal-pola-kompleks-dalam-data/>
- Afrianto, F. (2022). East Java Province GRDP Projection Model Using Night-Time Light Imagery. *East Java Economic Journal*, 6(2), 208-223. <https://doi.org/10.53572/ejavec.v6i2.83>
- Afrianto, F., & Graha, D. T. R. (2023). Morfologi Kota Malang: Sebuah Tinjauan dari Nighttime Light Satellite Imagery. *Jurnal Plano Buana*, 3(2), 68-76. <https://doi.org/10.36456/jpb.v3i2.7002>
- Aini, A. (2007). *Sistem Informasi Geografis Pengertian dan Aplikasinya*. <http://stmik.amikom.ac.id/>
- Asabere, S. B., Acheampong, R. A., Ashiagbor, G., Beckers, S. C., Keck, M., Erasmi, S., ... & Sauer, D. (2020). Urbanization, land use transformation and spatio-environmental impacts: Analyses of trends and implications in major metropolitan regions of Ghana. *Land use policy*, 96, 104707. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104707>
- Aziz, N. A., & Alwan, I. A. (2021). An Accuracy Analysis Comparison of Supervised Classification Methods for Mapping Land Cover Using Sentinel 2 Images in the Al-Hawizeh Marsh Area, Southern Iraq. *Geomatics and Environmental Engineering*, 15(1), 5–21. <https://doi.org/10.7494/geom.2021.15.1.5>
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). (2018). *Gender, Urban Space and Global Circulation*. International Conference on Strategic and Global Studies (ICSGS) <https://sksg.ui.ac.id/wp-content/uploads/2018/11/181023b-Bahan-Paparan-ICSGS.pdf>
- Balha, A., Singh, C. K., & Pandey, S. (2020). Assessment of urban area dynamics in world's second largest megacity at sub-city (district) level during 1973–2016 along with regional planning. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20, 100383. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104707>
- Bartelet, H. A. (2020). *Analysis of the boundaries and a possible extension of Jay Forrester's 'Urban Dynamics'*. <https://researchonline.jcu.edu.au/77949/>
- Basheer, S., Wang, X., Farooque, A. A., Nawaz, R. A., Liu, K., Adekanmbi, T., & Liu, S. (2022). Comparison of Land Use Land Cover Classifiers Using Different Satellite Imagery and Machine Learning Techniques. *Remote Sensing*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/rs14194978>

- Bobbit, Zach. (2021, September 30). *MSE vs. RMSE: Which Metric Should You Use?* Statology. <https://www.statology.org/mse-vs-rmse/>
- Bouhennache, R., Bouden, T., Taleb-Ahmed, A., & Cheddad, A. (2018). A new spectral index for the extraction of built-up land features from Landsat 8 satellite imagery. *Geocarto International*, 34(14), 1531–1551. <https://doi.org/10.1080/10106049.2018.1497094>
- Bouzekri, S., Lasbet, A. A., & Lachehab, A. (2015). A new spectral index for extraction of built-up area using Landsat-8 data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43, 867-873. <https://doi.org/10.1007/s12524-015-0460-6>
- Bren d'Amour, C., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., Erb, K. H., ... & Seto, K. C. (2017). Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(34), 8939-8944. <https://doi.org/10.1073/pnas.1606036114>
- Brown, C.F., Brumby, S.P., Guzder-Williams, B. et al. Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. *Sci Data* 9, 251 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01307-4>
- Daldjoeni, N. (1998). *Geografi Desa dan Kota (Edisi Revisi)*. Penerbit: PT Alumni.
- Dudovskiy, J. (2018). *Positivism-Research Methodology*.
- Dwivedi, R.S. (2017). *An Introduction to Remote Sensing. In: Remote Sensing of Soils*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53740-4_1
- Earthdata NASA (n.d.), Nighttime Lights. <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/nighttime-lights>
- ESRI (n.d.), *Overlay Definition*. <https://support.esri.com/en-us/gis-dictionary/overlay>
- ESRI (n.d.). *Compute Confusion Matrix (Spatial Analyst)—ArcGIS Pro Documentation*. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/compute-confusion-matrix.htm>
- ESRI (n.d.), *Resample (Data Management)—ArcGIS Pro Documentation*. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/data-management/resample.htm>
- Faradila, M. (2022). Analisis Faktor–Faktor yang Mempengaruhi Urbanisasi di Provinsi Aceh (Undergraduate Thesis, UIN Ar-Raniry). <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/24077>
- Gaur, Srishti, and Singh, Rajendra. (2023). "A Comprehensive Review on Land Use/Land Cover (LULC) Change Modeling for Urban Development: Current Status and Future Prospects" *Sustainability* 15, no. 2: 903. <https://doi.org/10.3390/su15020903>
- Genel, Ö. A., & Guan, C. (2021). *Assessing urbanization dynamics in Turkey's Marmara region using CORINE data between 2006 and 2018*. *Remote Sensing*, 13(4), 664. <https://doi.org/10.3390/rs13040664>
- GISGeography. (2023, February 15). Raster Analysis in GIS - Tools and Techniques. GIS Geography. <https://gisgeography.com/raster-analysis/>
- Guntara, I., 2013. Pengertian Overlay Dalam Sistem Informasi Geografi. <http://www.guntara.com/2013/01/pengertian-overlay-dalam-sistem.html>

- Harahap, F. R. (2013). Dampak Urbanisasi bagi perkembangan Kota di Indonesia. *Society*, 1(1), 35–45. <https://doi.org/10.33019/society.v1i1.40>
- Herawati, A. (2023, April 5). Mengenal Analisis Trend (Trend Analysis) dalam Laporan Keuangan. Kledo Blog. <https://kledo.com/blog/analisis-trend/>
- Herlianto, M. T. (1986). Urbanisasi dan pembangunan kota. Alumni.
- Hidayati, I. N., Suharyadi, R., & Danoedoro, P. (2018). Kombinasi indeks citra untuk analisis lahan terbangun dan vegetasi perkotaan. *Majalah Geografi Indonesia*, 32(1), 24-32. <https://doi.org/10.22146/mgi.31899>
- Imran, S. Ahmad and D. H. Kim, "Quantum GIS Based Descriptive and Predictive Data Analysis for Effective Planning of Waste Management," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 46193-46205, 2020, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979015> .
- Idhom, Addi M. (November 2021). Sistem Informasi Geografis: Pengertian, Komponen, dan Prosesnya. <https://tirto.id/sistem-informasi-geografis-pengertian-komponen-dan-prosesnya-glqu>
- Ivan, K., Holobăcă, I. H., Benedek, J., & Török, I. (2020). *VIIRS nighttime light data for income estimation at local level*. *Remote Sensing*, 12(18), 2950. <https://doi.org/10.3390/rs12182950>
- Jiang, W., He, G., Long, T., Wang, C., Ni, Y., & Ma, R. (2017). Assessing light pollution in China based on nighttime light imagery. *Remote Sensing*, 9(2), 135. <https://doi.org/10.3390/rs9020135>
- Karim, R. (2021). Pengertian Paradigma Penelitian Beserta Jenis-Jenisnya.
- Karina, R. K., & Kurniawan, R. (2020). Identifikasi Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 Melalui Google Earth Engine. In *Seminar Nasional Official Statistics* (Vol. 2020, No. 1, pp. 798-805). <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2020i1.514>
- Kawamuna, A., Suprayogi, A., & Wijaya, A. P. (2017). Analisis kesehatan hutan mangrove berdasarkan metode klasifikasi NDVI pada citra Sentinel-2 (Studi kasus: Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 277-284. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.15439>
- Krinantiya, N., & HENDARTO, R. M. (2014). Faktor-faktor yang mempengaruhi ketimpangan antar wilayah di Provinsi Jawa Timur dan DI Yogyakarta (Doctoral dissertation, Fakultas Ekonomika dan Bisnis).
- Levin, N., & Zhang, Q. (2017). *A global analysis of factors controlling VIIRS nighttime light levels from densely populated areas*. *Remote Sensing of Environment*, 190, 366–382. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.006>
- Li, T., Guo, Z., & Ma, C. (2022). *Dynamic Characteristics of Urbanization Based on Nighttime Light Data in China's "Plain–Mountain Transition Zone"*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9230. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159230>

- Li, X., Zhao, L., Li, D., & Xu, H. (2018). Mapping urban extent using LuoJia 1-01 nighttime light imagery. *Sensors*, 18(11), 3665. <https://doi.org/10.3390/s18113665>
- Li, Y., Ye, H., Gao, X., Sun, D., Li, Z., Zhang, N., ... & Zheng, J. (2021). “*Spatiotemporal patterns of urbanization in the three most developed urban agglomerations in China based on continuous nighttime light data (2000–2018)*”. *Remote Sensing*, 13(12), 2245. <https://doi.org/10.3390/rs13122245>
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Liu, Z., He, C., Zhou, Y., & Wu, J. (2014). *How much of the world’s land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion*. *Landscape Ecology*, 29, 763-771. <https://doi.org/10.1007/s10980-014-0034-y>
- Ma, H., & Sun, Z. (2020). *Comprehensive urbanization level and its dynamic factors for five Central Asian countries*. *Journal of Geographical Sciences*, 30, 1761-1780. <https://doi.org/10.1007/s11442-020-1811-y>
- Ma, T. (2018). *Multi-Level Relationships between Satellite-Derived Nighttime Lighting Signals and Social Media-Derived Human Population Dynamics*. *Remote Sensing*, 10(7), 1128. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs10071128>
- Mardiansjah, F. H., Handayani, W., & Setyono, J. S. (2018). Pertumbuhan Penduduk Perkotaan dan Perkembangan Pola Distribusinya pada Kawasan Metropolitan Surakarta. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 6(3), 215-233. <https://doi.org/10.14710/jwl.6.3.215-233>
- Mardiansjah, F. H., & Rahayu, P. (2019). Urbanisasi dan pertumbuhan kota-kota di Indonesia: Suatu perbandingan antar-wilayah makro Indonesia. *Jurnal Pengembangan Kota*, 7(1), 91-110. <https://doi.org/10.14710/jpk.7.1.91-108>
- Matondang, J.P., 2013. Analisis Zonasi Daerah Rentan Banjir Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis. Universitas Diponegoro. Semarang. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2013.2442>
- Montgomery, M. R. (2008). “*The urban transformation of the developing world*”. *Science*, 319(5864), 761-764. <https://doi.org/10.1126/science.1153012>
- Mu, X., Fang, C., & Yang, Z. (2022). *Spatio-temporal evolution and dynamic simulation of the urban resilience of Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration*. *Journal of Geographical Sciences*, 32(9), 1766-1790. <https://doi.org/10.1007/s11442-022-2022-5>
- National Library of Medicine. (2012). *Finding and using health statistics*. <https://www.nlm.nih.gov/oet/ed/stats/02-900.html>
- Nafiâ, N. (2017). Perbandingan modus, median, k_standar deviasi, iterative, mean dan otsu dalam thresholding. *SPIRIT*, 8(2). <http://dx.doi.org/10.53567/spirit.v8i2.50>
- Novianti, T. C. (2021). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Google Earth Engine. *JURNAL SWARNABHUMI: Jurnal Geografi dan Pembelajaran Geografi*, 6(1), 75-85. <https://doi.org/10.31851/swarnabhumi.v6i1.5105>

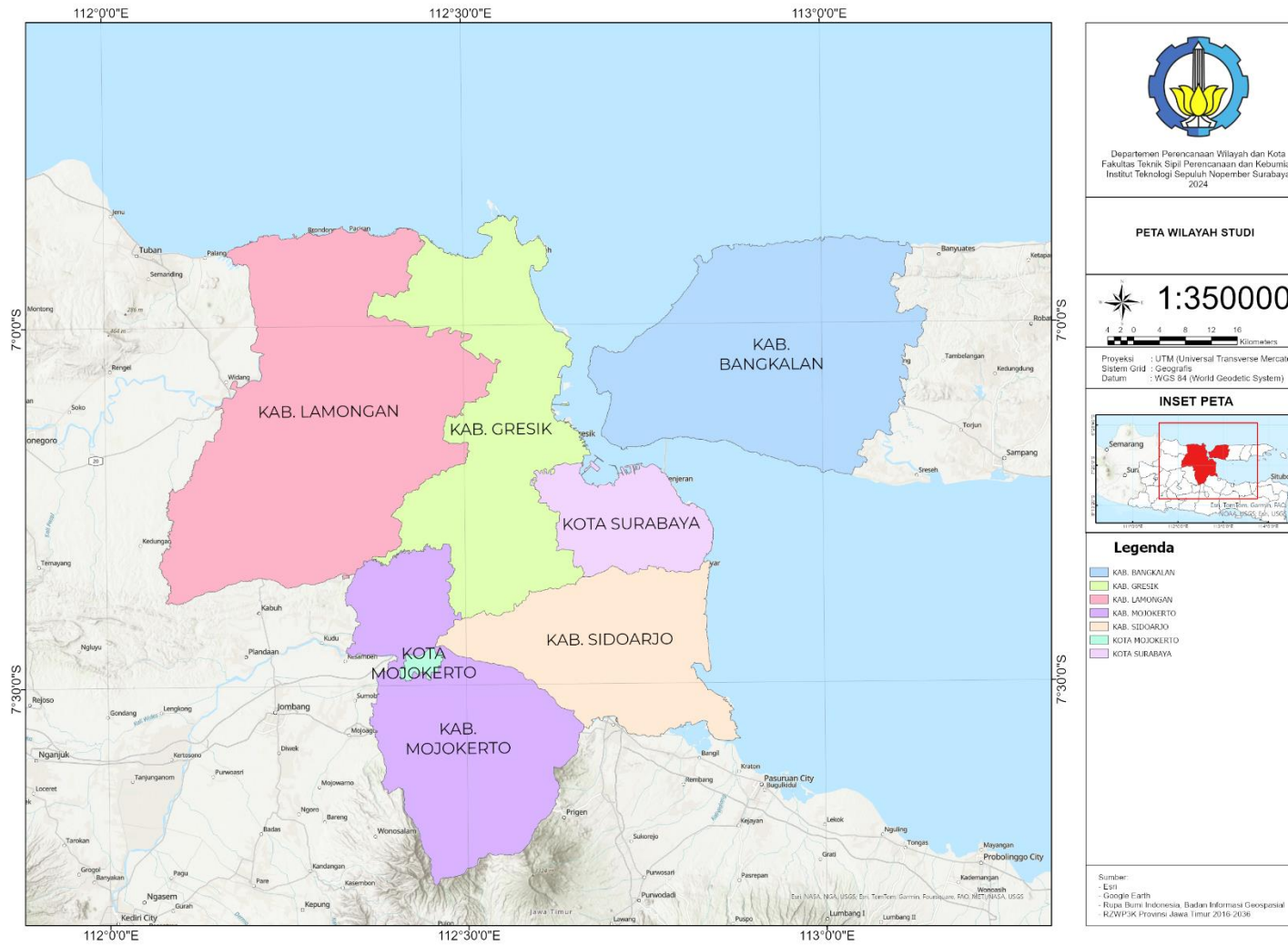
- OECD/SWAC (2020), *Africa's Urbanisation Dynamics 2020: Africapolis, Mapping a New Urban Geography*, *West African Studies*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b6bccb81-en>.
- Prahasta, E. (2005). *Sistem Informasi Geografis*. Edisi Revisi Cetakan Kedua. Bandung. CV Informatika.
- Pratiwi, A. Y., & Jaelani, L. M. (2021). Analisis Perubahan Distribusi Urban Heat Island (UHI) di Kota Surabaya Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), C48-C55. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.53982>
- Potts, D. (2018). *Urban data and definitions in sub-Saharan Africa: Mismatches between the pace of urbanisation and employment and livelihood change*. *Urban Studies*, 55(5), 965-986. <https://doi.org/10.1177/0042098017712689>
- Rijal, S., & Tahir, T. (2022). Analisis Faktor Pendorong Terjadinya Urbanisasi di Wilayah Perkotaan (Studi Kasus Wilayah Kota Makassar). *Journal of Economic Education and Entrepreneurship Studies*, 3(1), 262-276. <https://doi.org/10.26858/je3s.v3i1.103>
- Santoso, E. B. (2010, November). Strategi Pengembangan Perkotaan di Wilayah Gerbangkertosusila Berdasarkan Pendekatan Daya Saing Wilayah. In Makalah Pada Seminar Nasional Perencanaan Wilayah dan Kota ITS (Inovasi Dalam Riset dan Praktek Perencanaan Menuju Penataan Ruang Kota Masa Depan). Surabaya: ITS. https://www.academia.edu/download/31304076/Format_Full_Paper_Semnas_Cities_2010_ITS_Eko_Budi_Santoso.pdf
- Staf Ensiklopedia Nasional Indonesia. (1990). *Ensiklopedi Nasional Indonesia*. Jakarta: Adi Pustakatama.
- Soetomo, S. (2009). *Urbanisasi dan Morfologi: Menuju Ruang Kehidupan Yang Manusiawi*. Yogyakarta: PT. Graha Ilmu.
- Satterthwaite, D. (2006). *Outside the large cities: The demographic importance of small urban centres and large villages in Africa, Asia and Latin America. Developed from a background paper for the United Nations Human Settlements Programme*. In Meeting Development Goals in Small Urban Centres: Water and Sanitation in the World's Cities.
- Shi, K., Huang, C., Yu, B., Yin, B., Huang, Y., & Wu, J. (2014). *Evaluation of NPP-VIIRS night-time light composite data for extracting built-up urban areas*. *Remote Sensing Letters*, 5(4), 358-366. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2014.905728>
- Stathakis, D., Perakis, K., & Savin, I. (2012). Efficient segmentation of urban areas by the VIBI. *International journal of remote sensing*, 33(20), 6361-6377. <https://doi.org/10.1080/01431161.2012.687842>
- Sugiyono, D. (2019). *Statistika untuk Penelitian (Cetakan ke-30)*. Bandung: Cv Alfabeta.
- Sukmadinata, Nana Syaodih. (2017). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- Sun, J., Chen, H., Sun, C., Link, D., & Xiong, X. (2023, July). SNPP and N20 VIIRS Day/Night Band (DNB) Calibration and Performance. In IGARSS 2023-2023 IEEE International

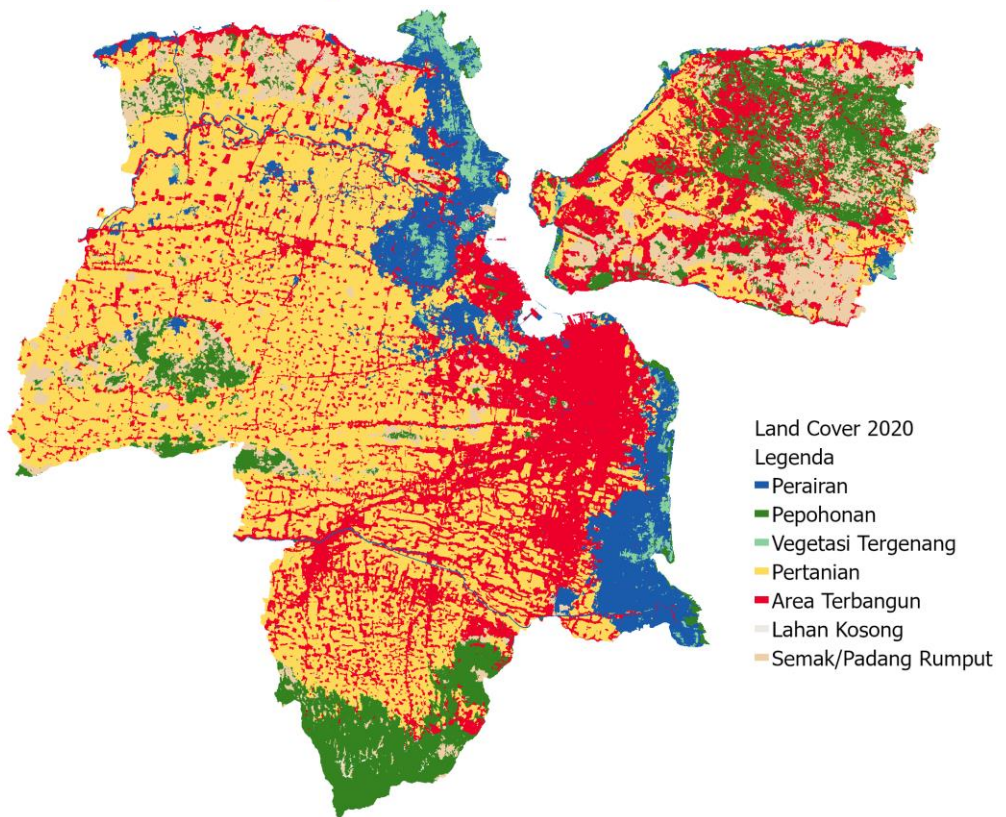
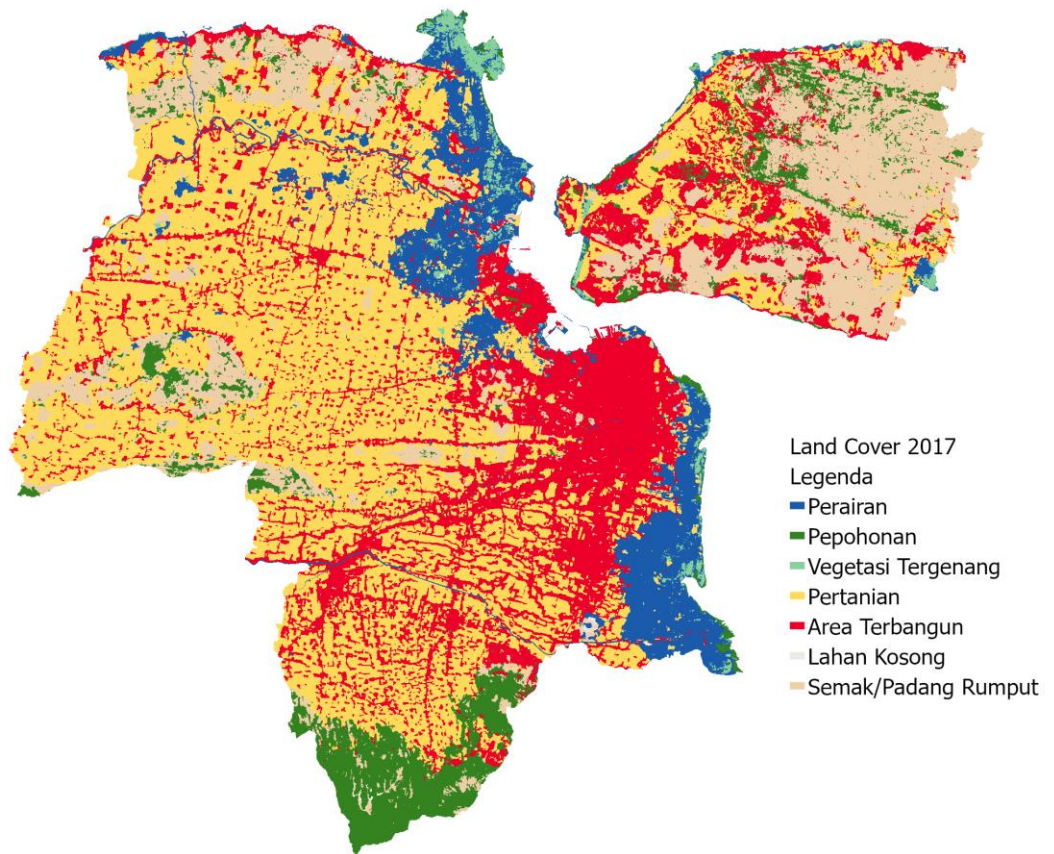
- Geoscience and Remote Sensing Symposium (pp. 4298-4301). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/IGARSS52108.2023.10282603>
- Syafitri, R. A. W. D. (2020). Konsep Adaptasi Fenomena UHI (Urban Heat Island) Berdasarkan Urban Configuration Kawasan Surabaya Timur [Tesis]. Insitut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., & Brisco, B. (2020). *Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 164, 152-170.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001>
- USGS, What is a geographic information system (GIS)? <https://www.usgs.gov/faqs/what-geographic-information-system-gis>
- Utama, C. (2022). Apa Itu Urban: Lingkungan Perkotaan yang Banyak Dituju Masyarakat. Rumah123. <https://artikel.rumah123.com/apa-itu-urban-lingkungan-perkotaan-yang-banyak-dituju-masyarakat-135744>
- Wahyuni, N. I., Hasyim, A. W., & Soemarmo, S. (2021). *Dynamic of the Land Use and Land Cover Change in Banyuwangi Regency From 1995-2019*. *Jurnal Wasian*, 8(2), 121-132.
<https://doi.org/10.20886/jwas.v8i2.6707>
- Wang J, Qiu S, Du J, Meng S, Wang C, Teng F, Liu Y. (2022). *Spatial and Temporal Changes of Urban Built-Up Area in the Yellow River Basin from Nighttime Light Data*. *Land*; 11(7):1067. <https://doi.org/10.3390/land11071067>
- What is Urban Dynamics?* (2020) <https://www.osborneclarke.com/insights/what-is-urban-dynamics>
- Wibowo, C. A. (2023). Analisa Pengaruh Indeks Penutup Lahan Terhadap Suhu Permukaan Tanah (*Land Surface Temperature*) Di Kota Surabaya (Bachelor Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Widiawaty, M. A. (2019). Faktor-Faktor Urbanisasi di Indonesia. INA-Rxiv Papers.
<https://doi.org/10.31227/osf.io/vzpsw>
- Wu, H., Lin, A., Xing, X., Song, D., & Li, Y. (2021). Identifying core driving factors of urban land use change from global land cover products and POI data using the random forest method. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103, 102475. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102475>
- Xu, T., Ma, T., Zhou, C., & Zhou, Y. (2014). *Characterizing Spatio-Temporal Dynamics of Urbanization in China Using Time Series of DMSP/OLS Night Light Data*. *Remote Sensing*, 6(8), 7708–7731. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs6087708>
- Yuan, X., Jia, L., Menenti, M., Zhou, J., & Chen, Q. (2019). *Filtering the NPP-VIIRS nighttime light data for improved detection of settlements in Africa*. *Remote Sensing*, 11(24), 3002. <https://doi.org/10.3390/rs11243002>
- Yunus, H. S. (2008). Konsep dan Pendekatan Geografi-memaknai hakekat keilmuannya. In *Sarasehan Forum Pimpinan Perguruan Tinggi Geografi Indonesia*. Yogyakarta.

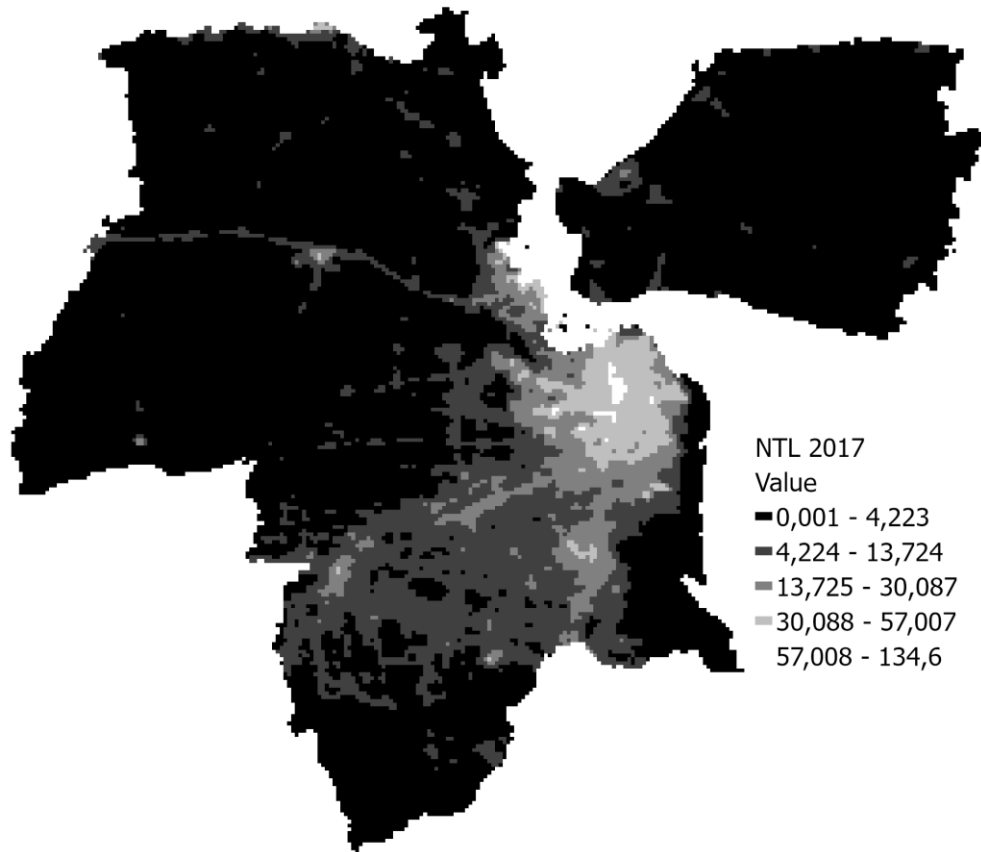
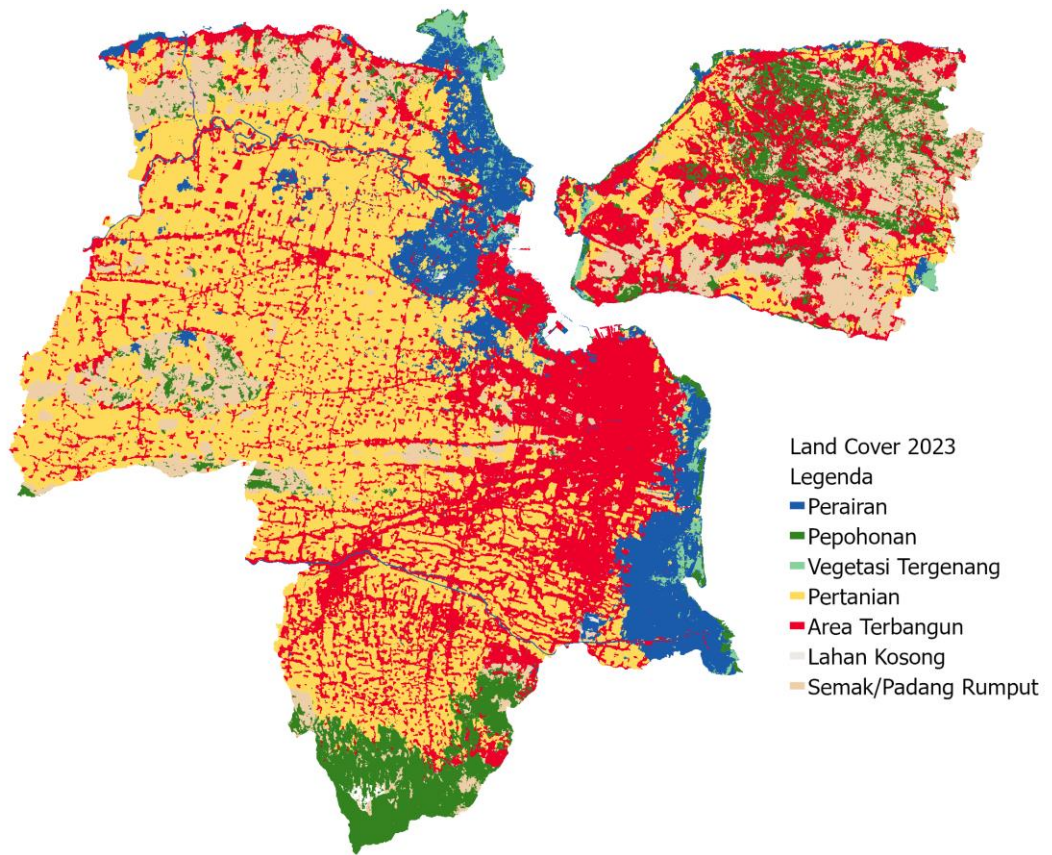
- Zhang, Q., & Seto, K. C. (2011). *Mapping urbanization dynamics at regional and global scales using multi-temporal DMSP/OLS nighttime light data*. *Remote Sensing of Environment*, 115(9), 2320-2329. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.04.032>
- Zhao, Zhou, Li, Cao, He, Yu, Li, et al. (2019). “*Applications of Satellite Remote Sensing of Nighttime Light Observations: Advances, Challenges, and Perspectives*”. *Remote Sensing*, 11(17), 1971. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs11171971>
- Zhao, M., Cheng, C., Zhou, Y., Li, X., Shen, S., & Song, C. (2021). A global dataset of annual urban extents (1992–2020) from harmonized nighttime lights. *Earth System Science Data Discussions*, 2021, 1-25. <https://doi.org/10.5194/essd-14-517-2022>
- Zheng, Y., He, Y., Zhou, Q., & Wang, H. (2022). Quantitative evaluation of urban expansion using NPP-VIIRS nighttime light and landsat spectral data. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103338. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103338>
- Zheng, Y., Tang, L., & Wang, H. (2021). An improved approach for monitoring urban built-up areas by combining NPP-VIIRS nighttime light, NDVI, NDWI, and NDBI. *Journal of Cleaner Production*, 328, 129488. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129488>

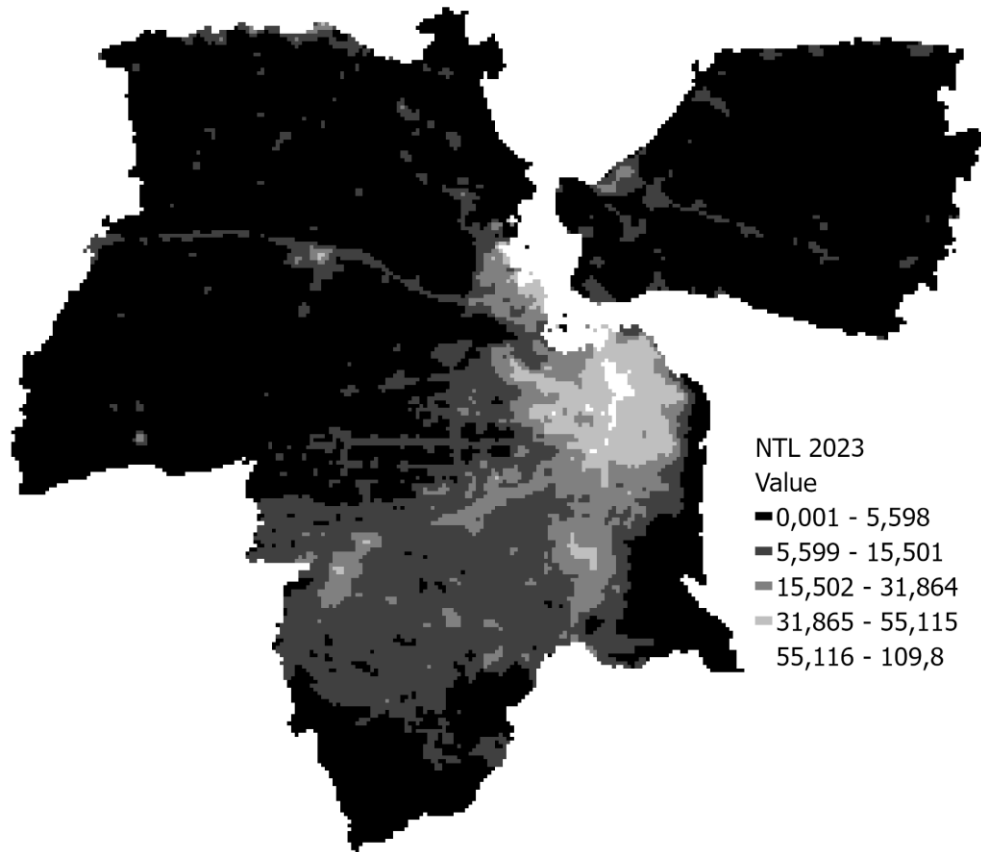
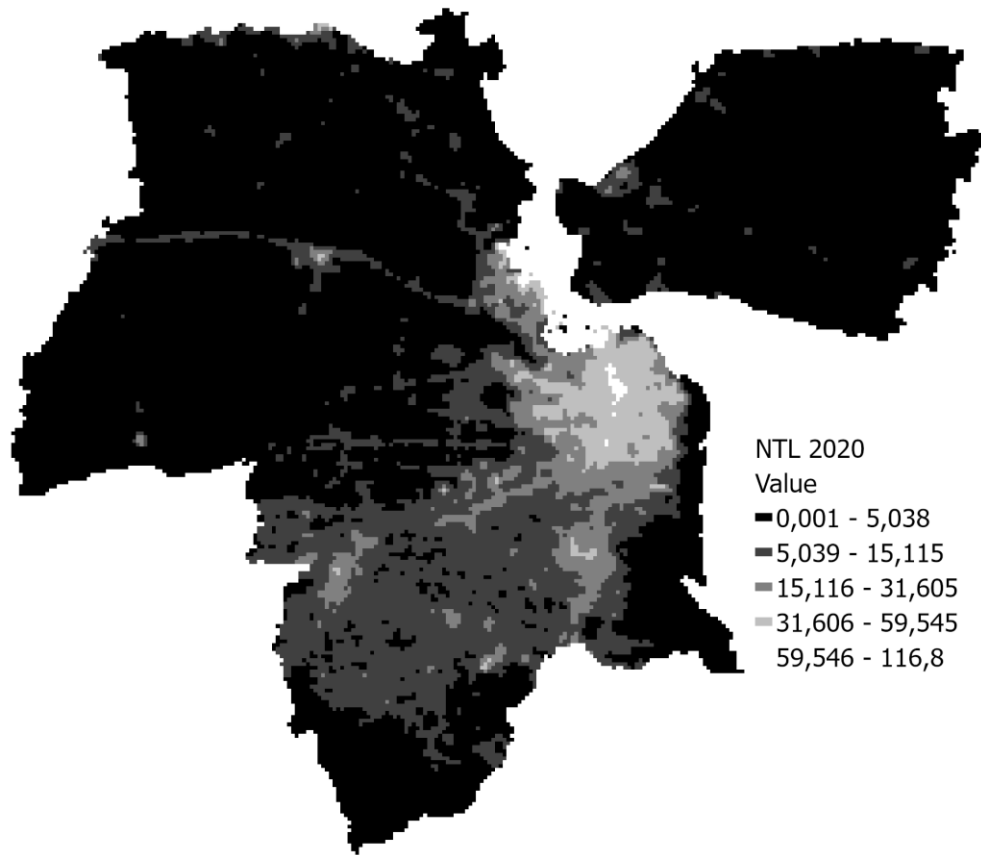
LAMPIRAN

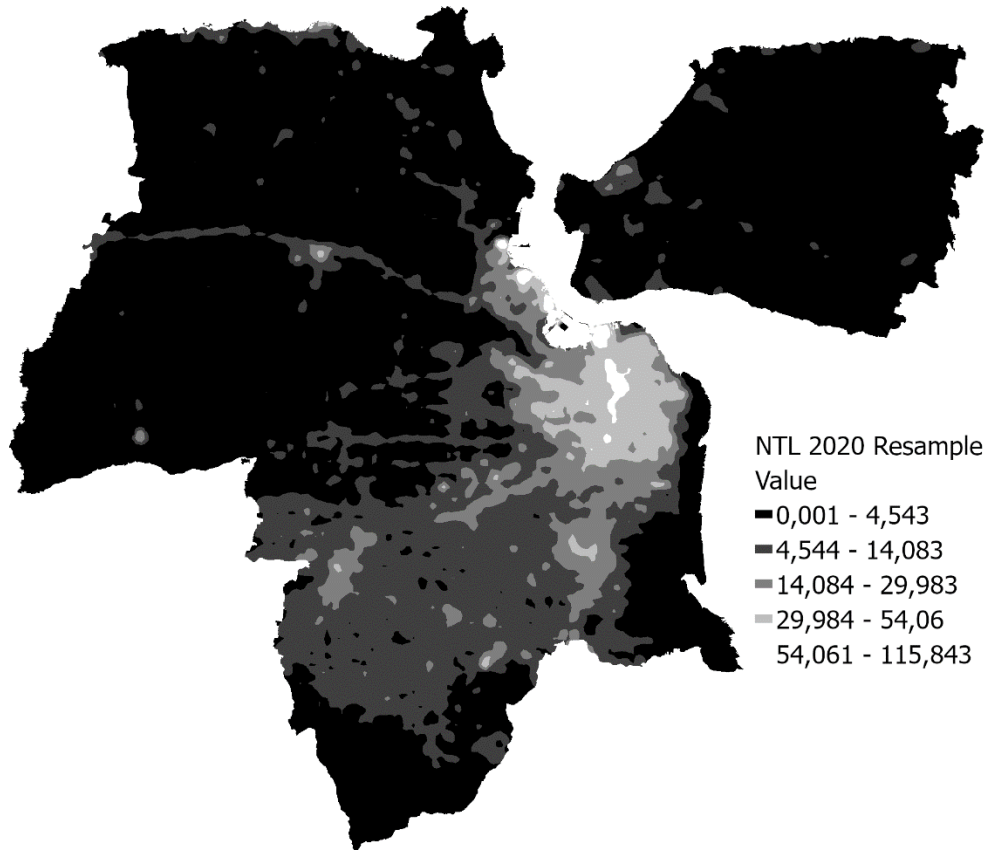
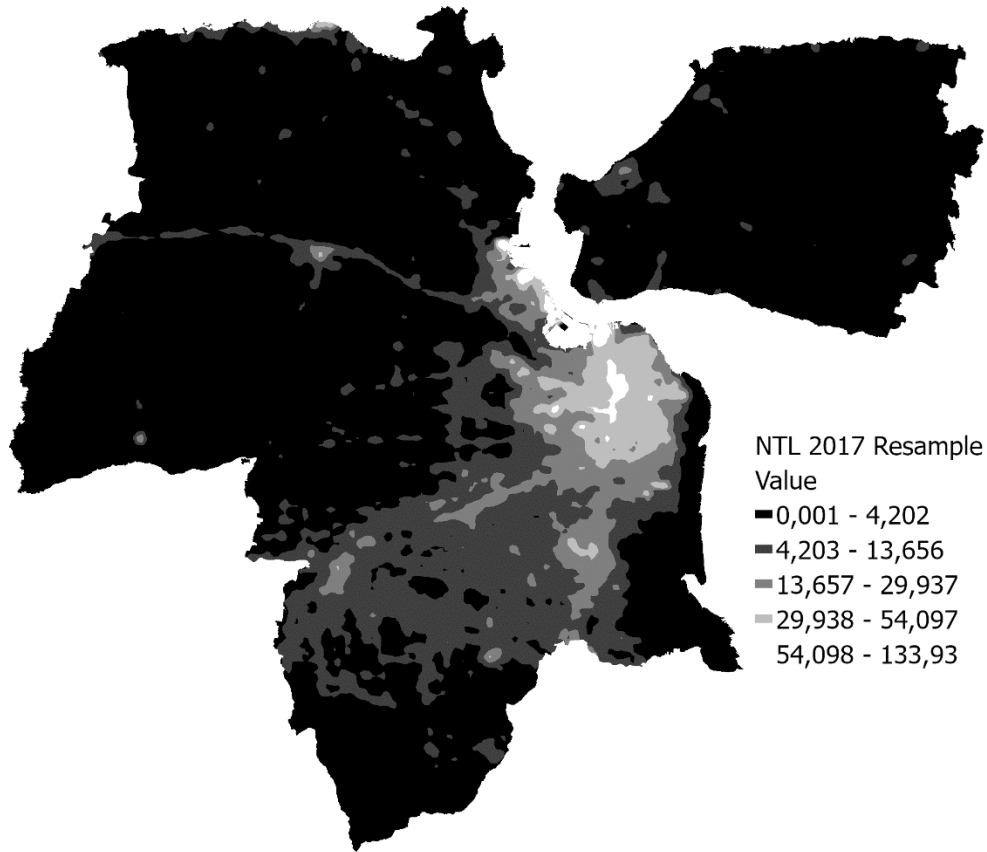
Lampiran 1. Peta

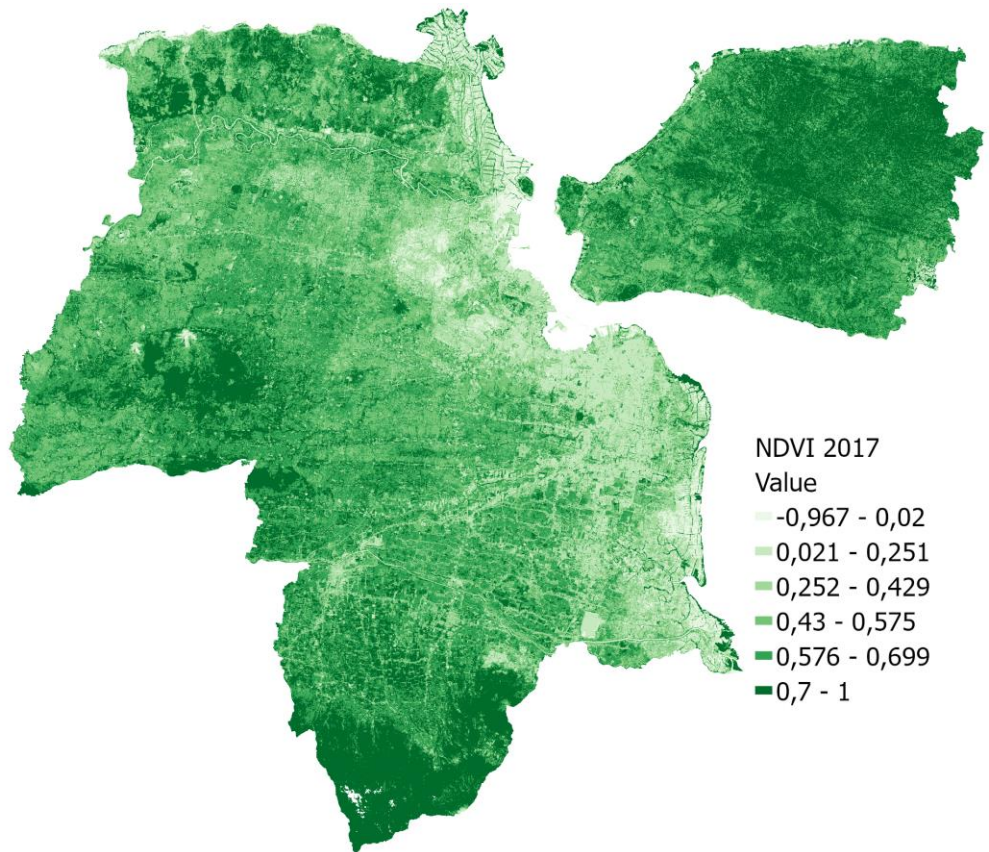
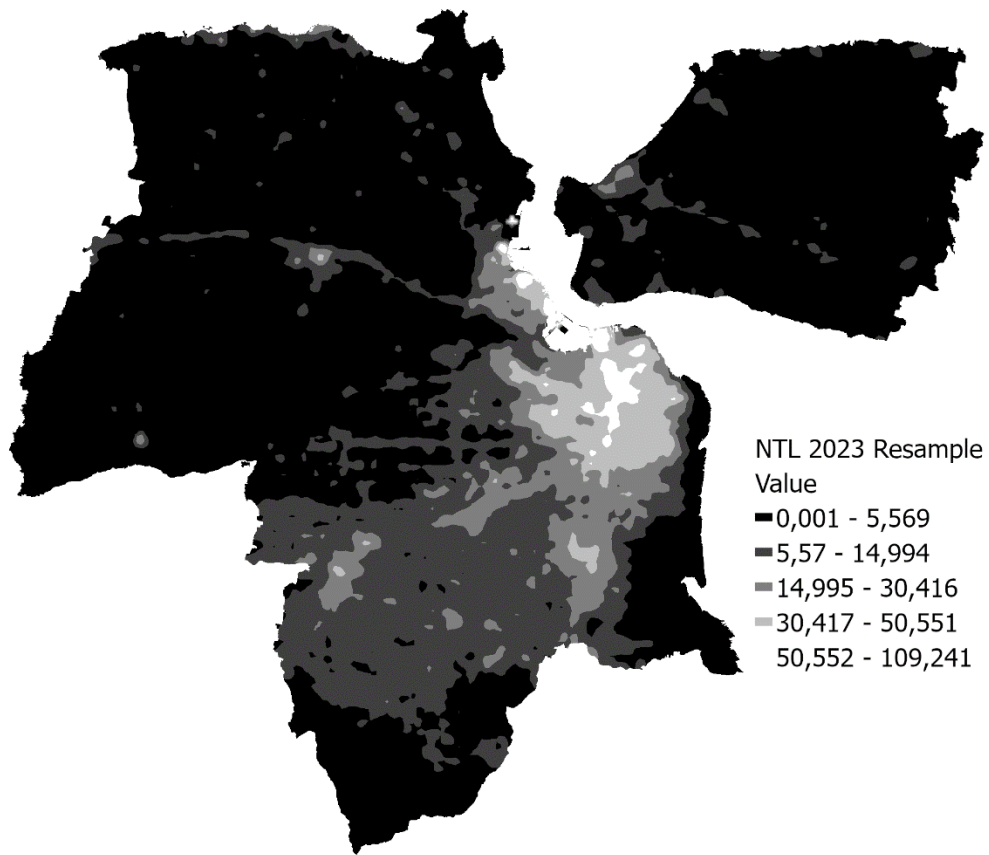


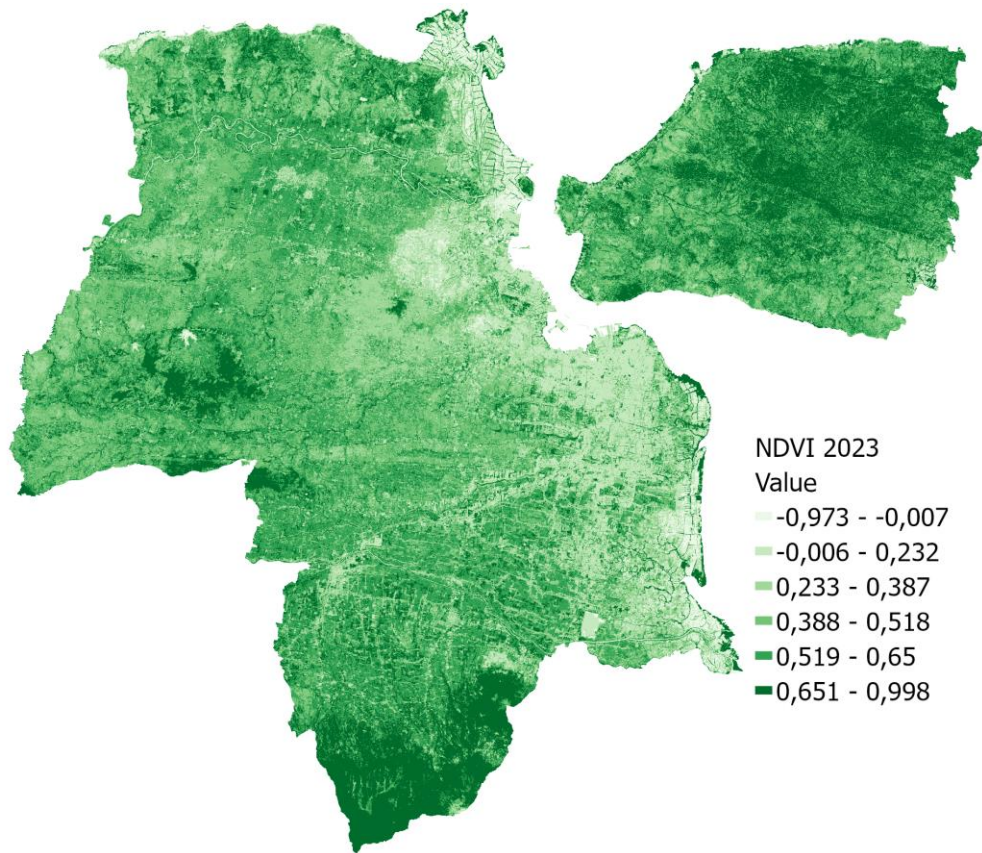
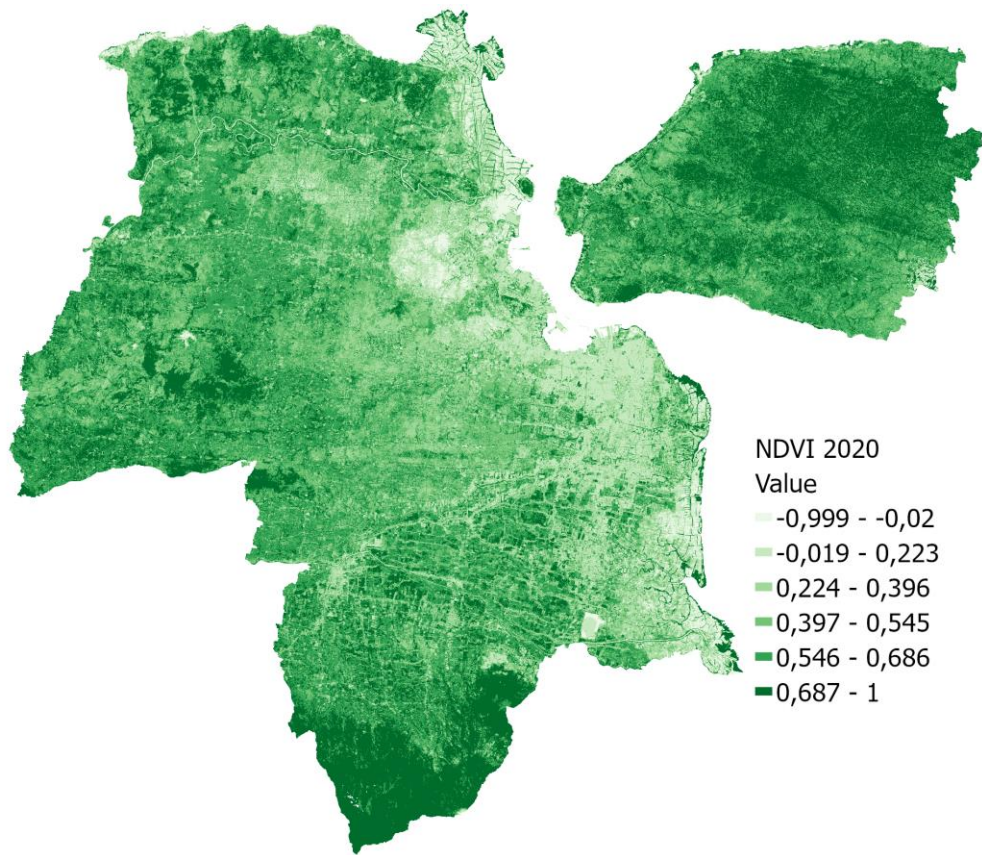


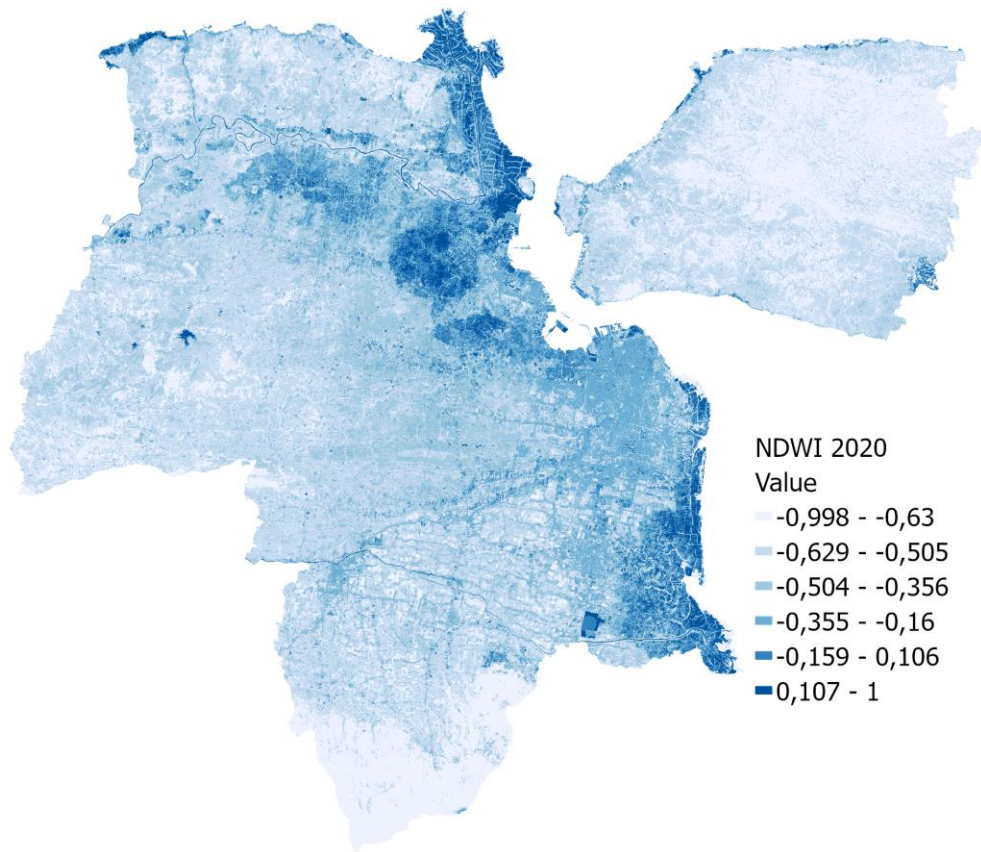
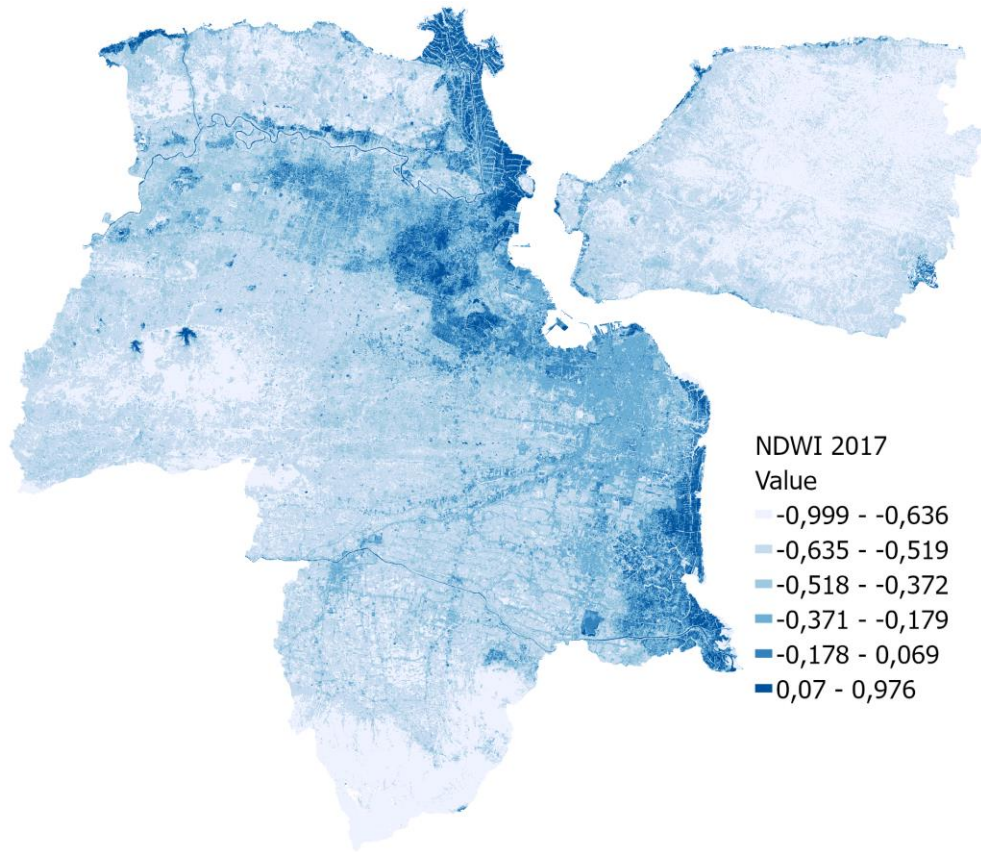


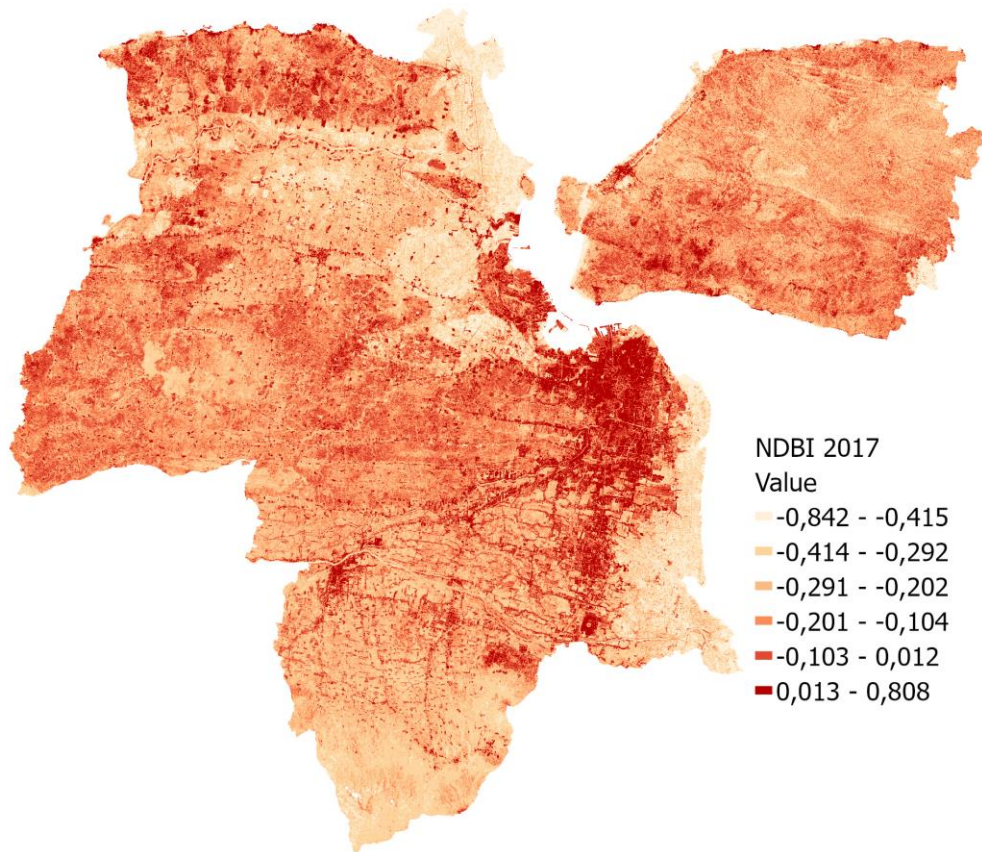
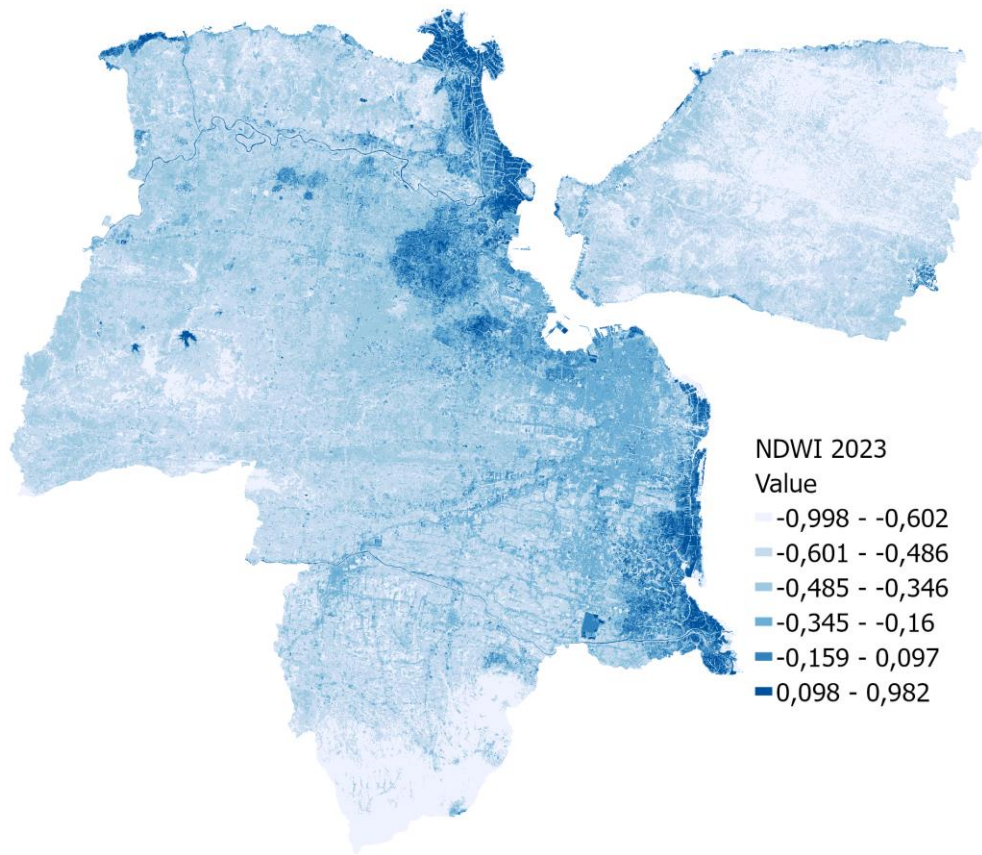


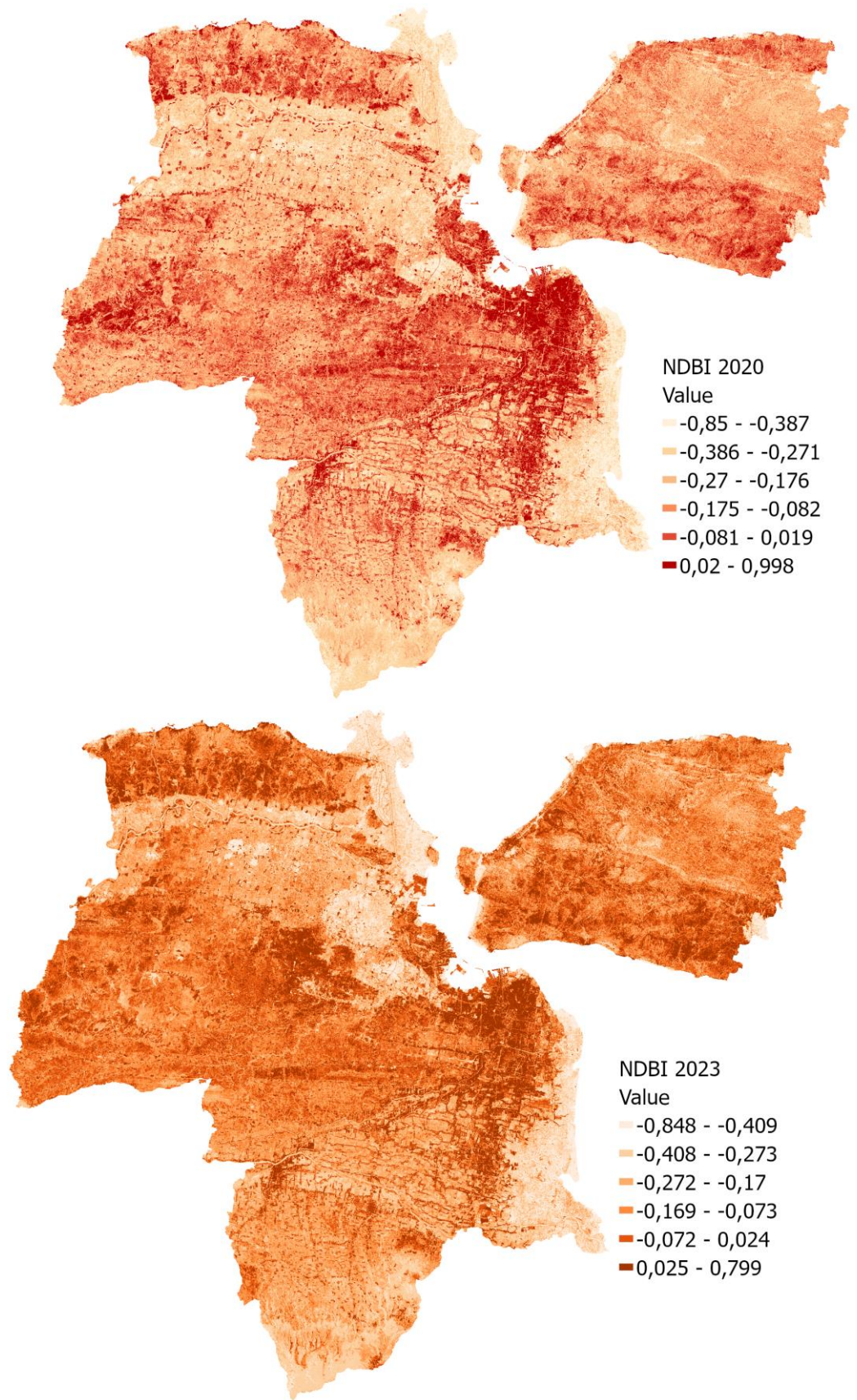


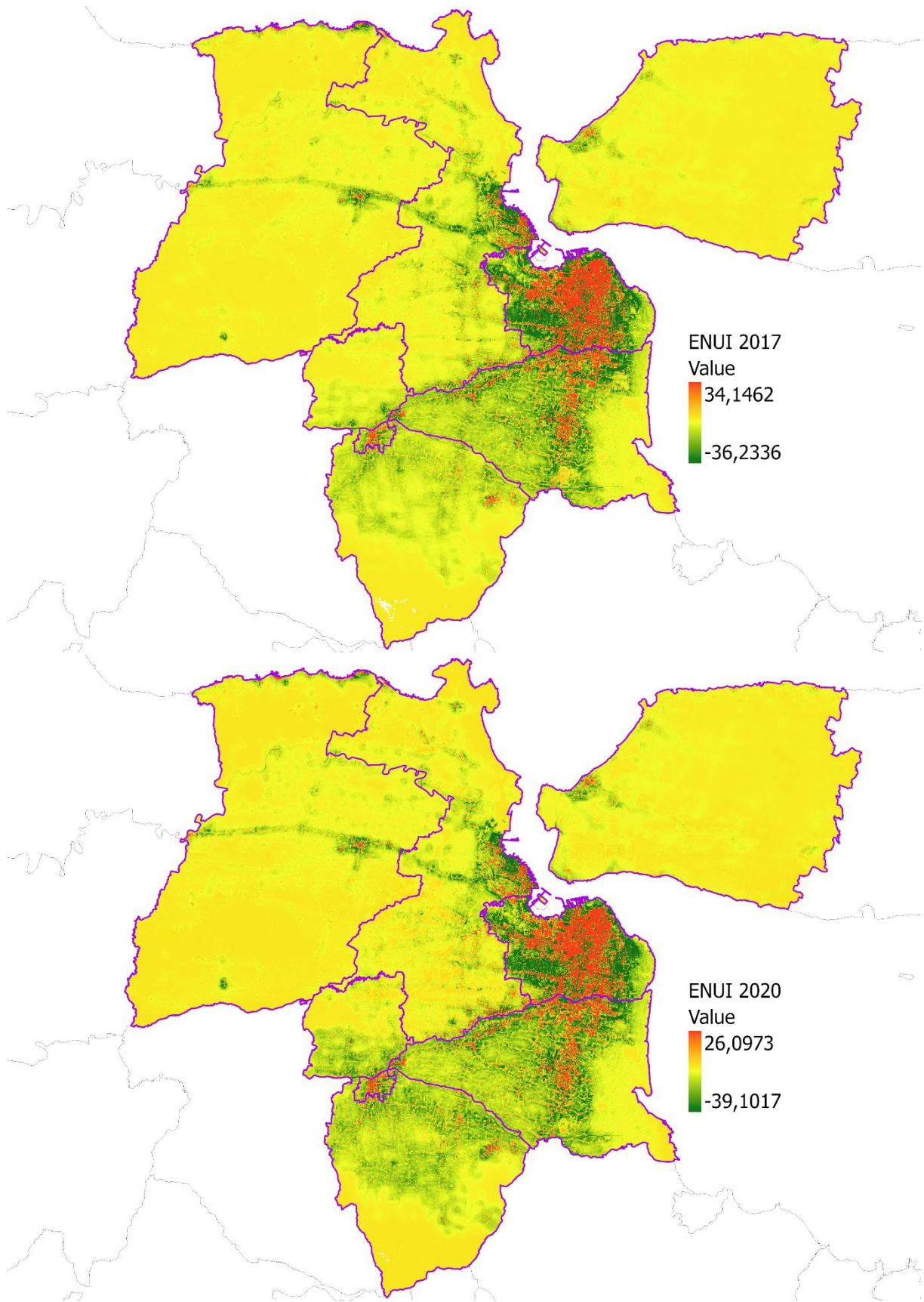


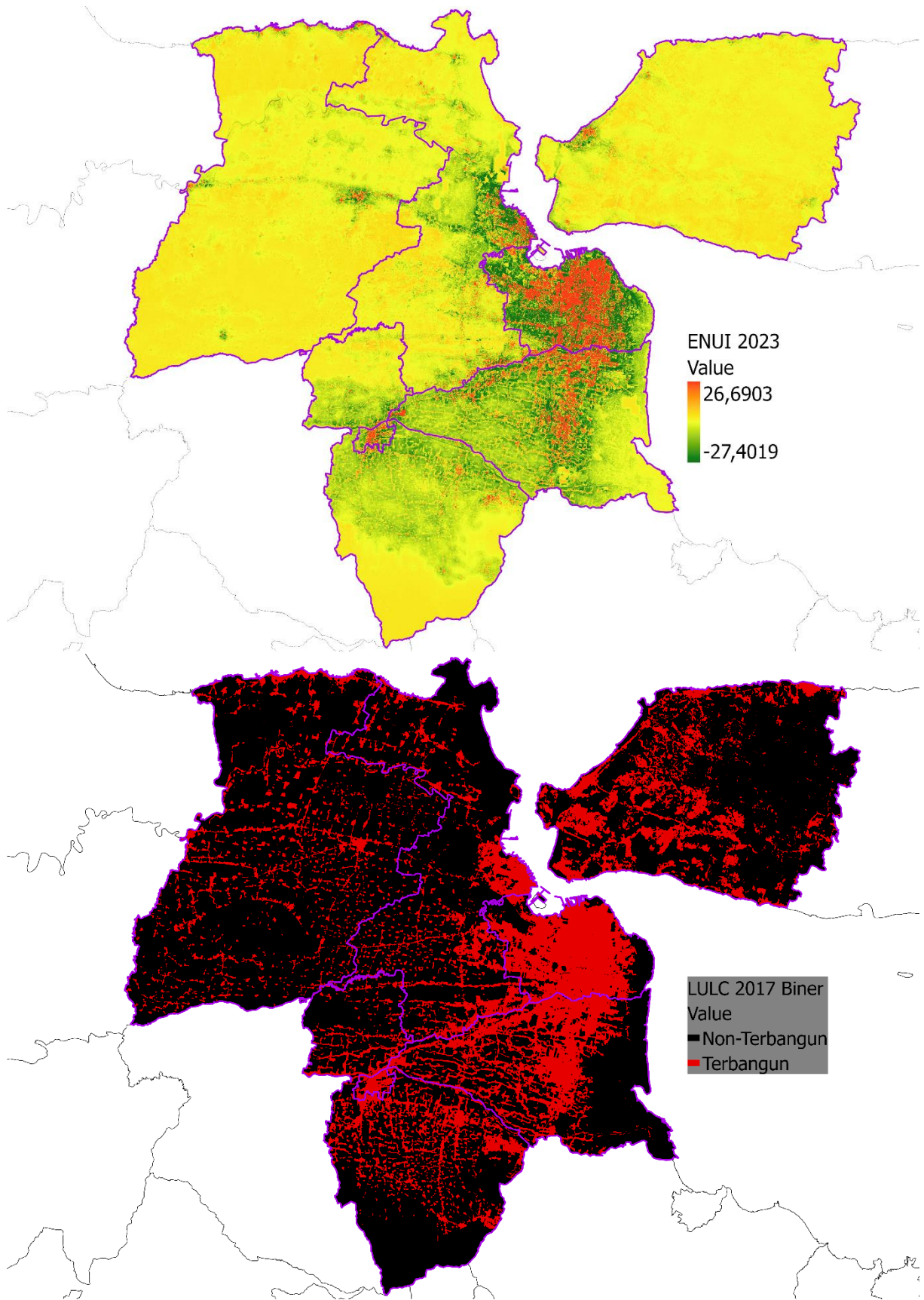


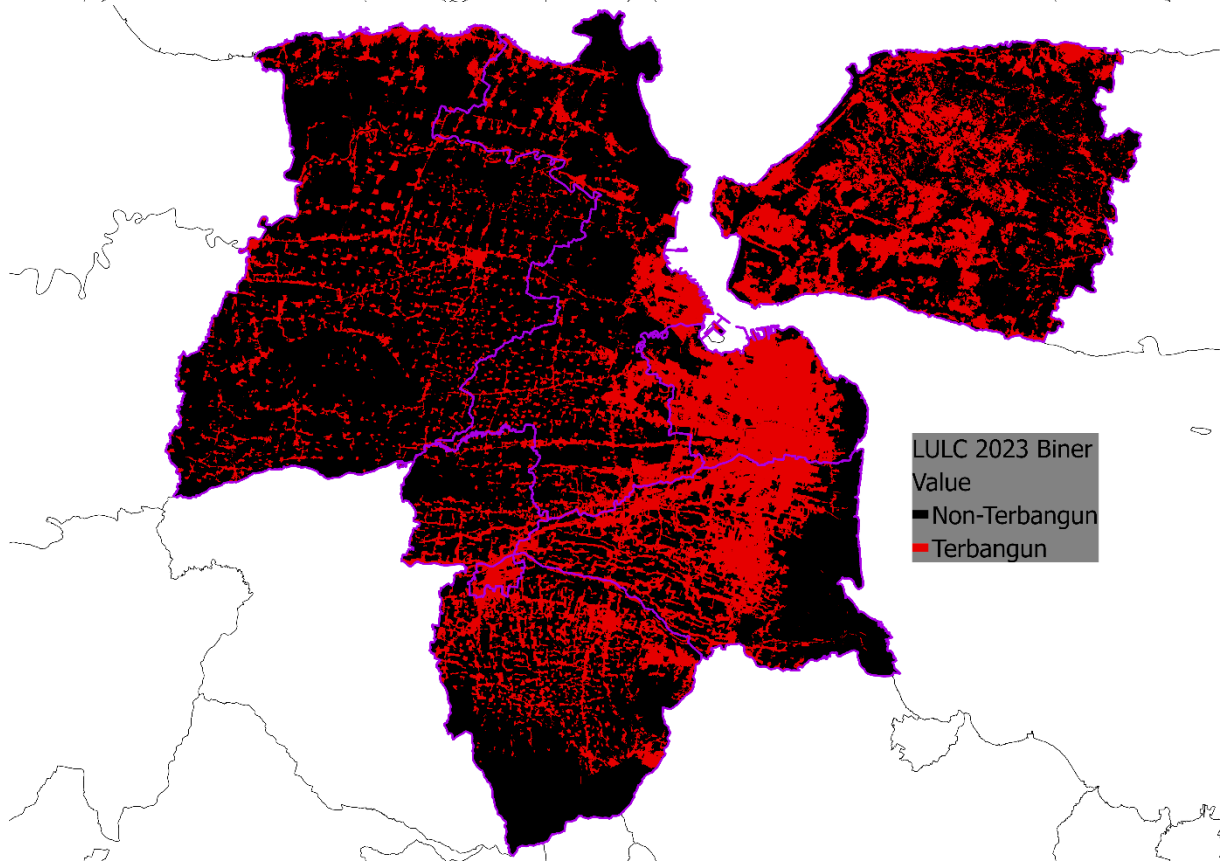
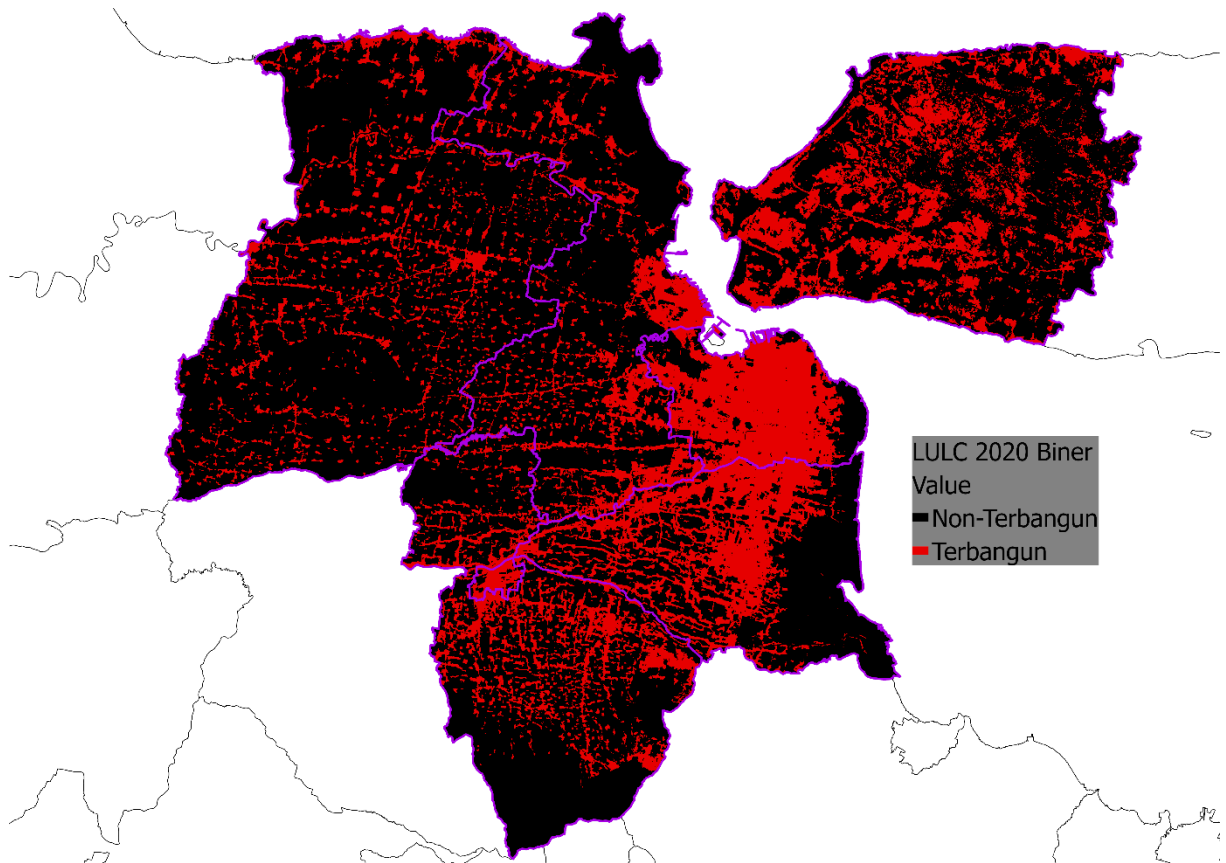


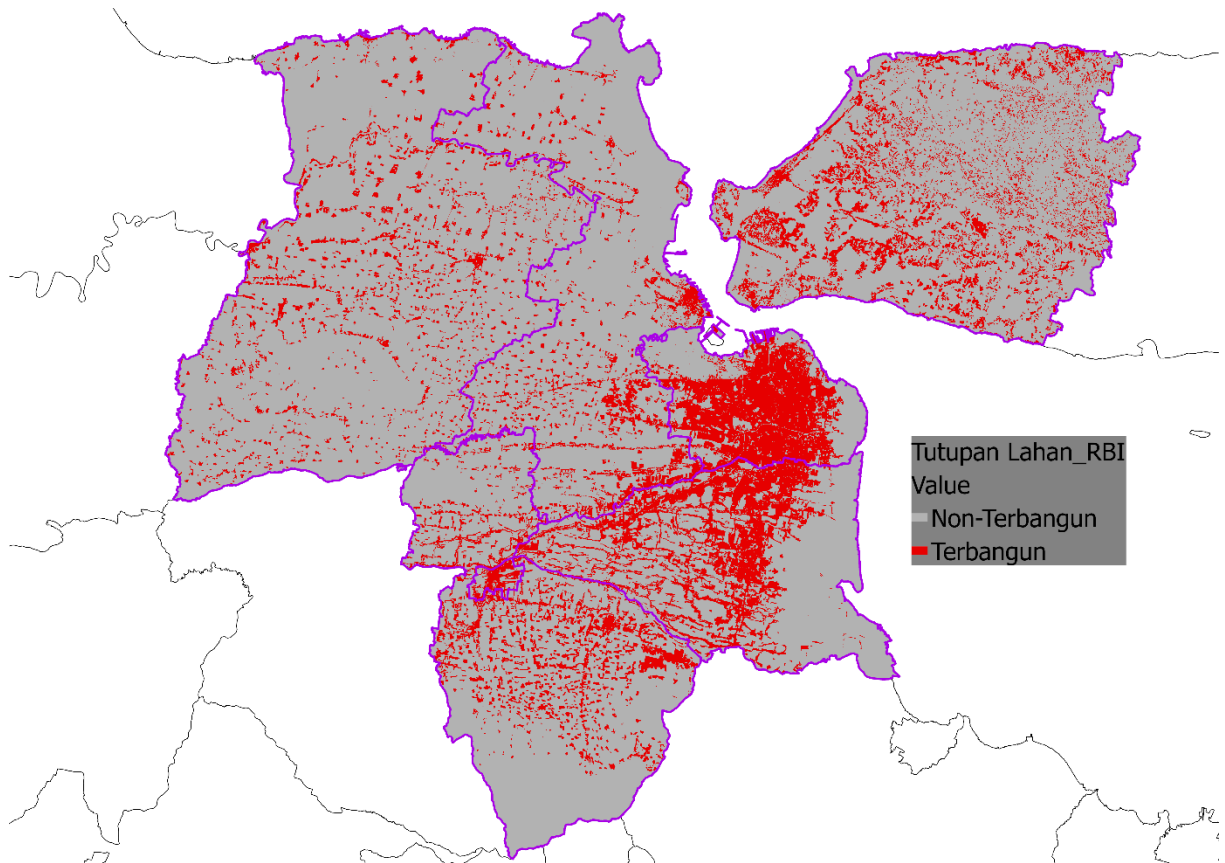




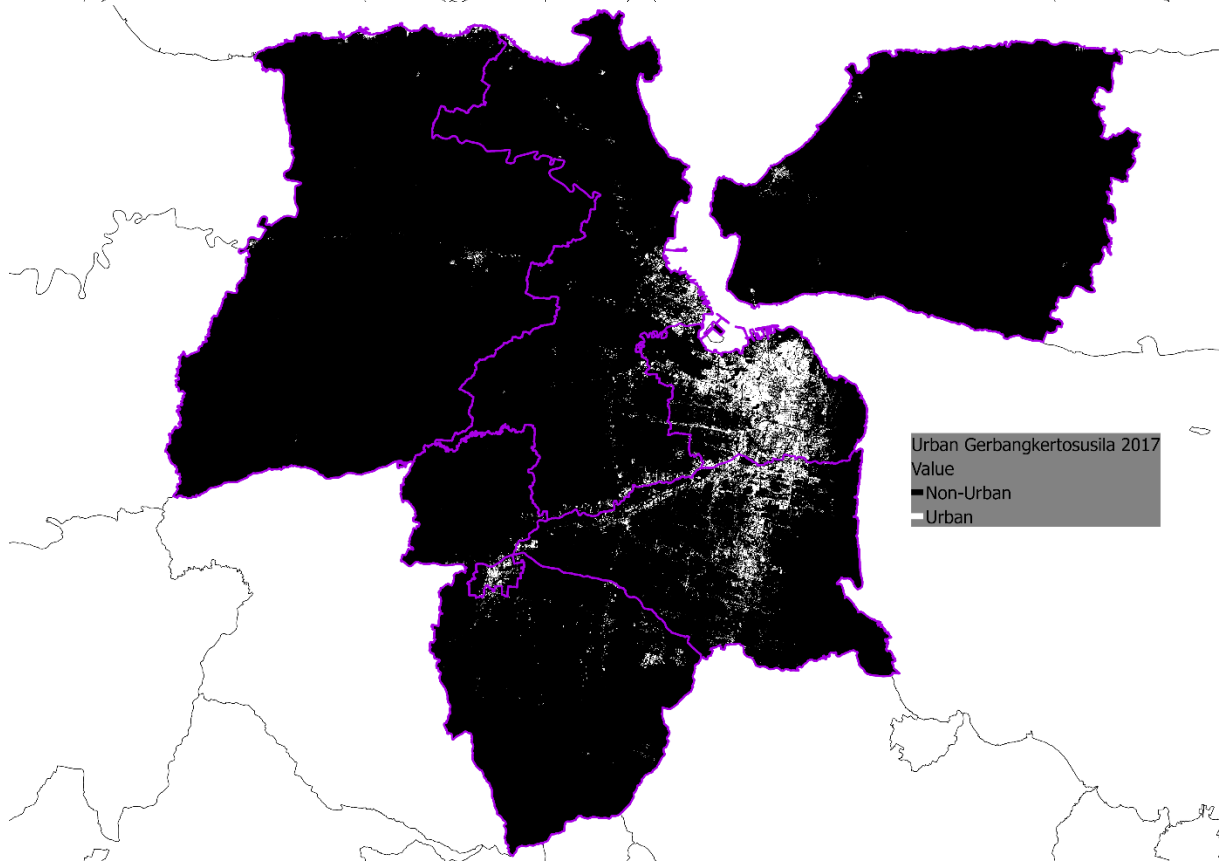




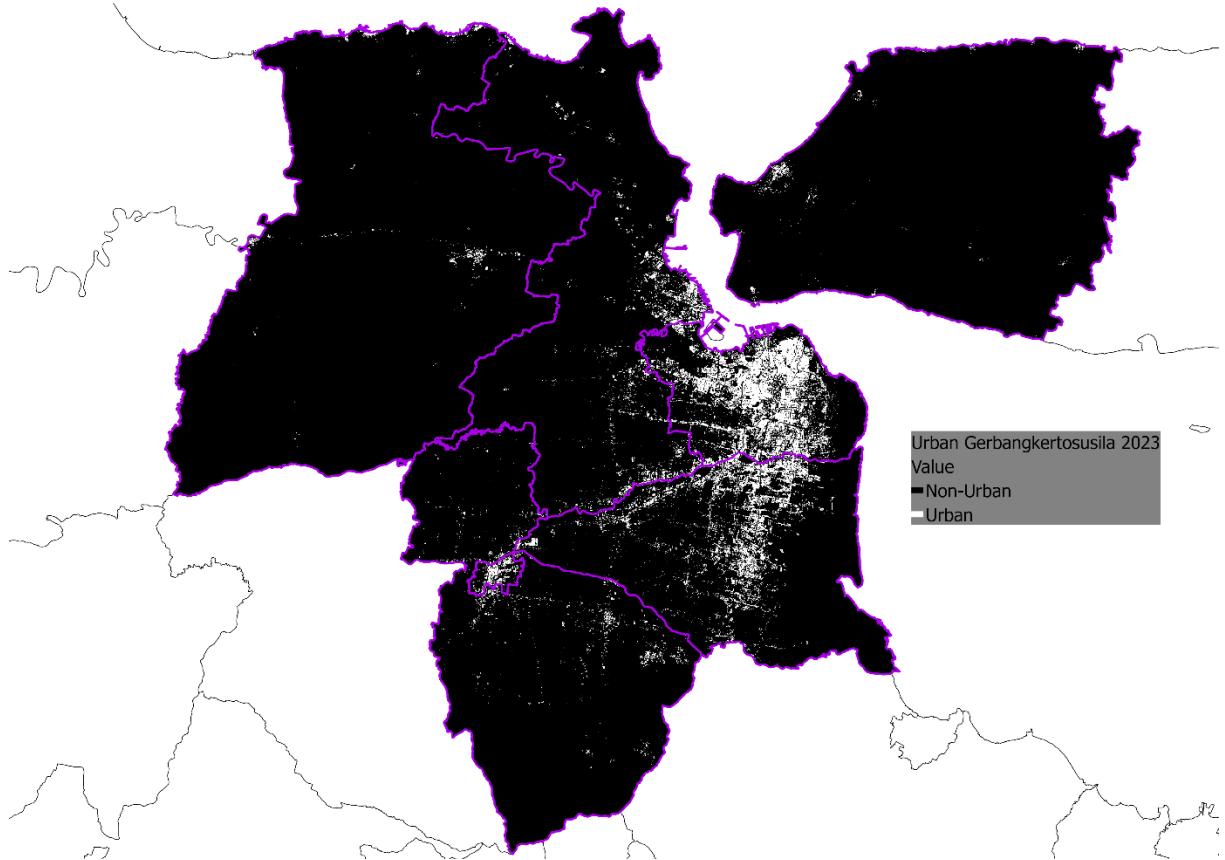
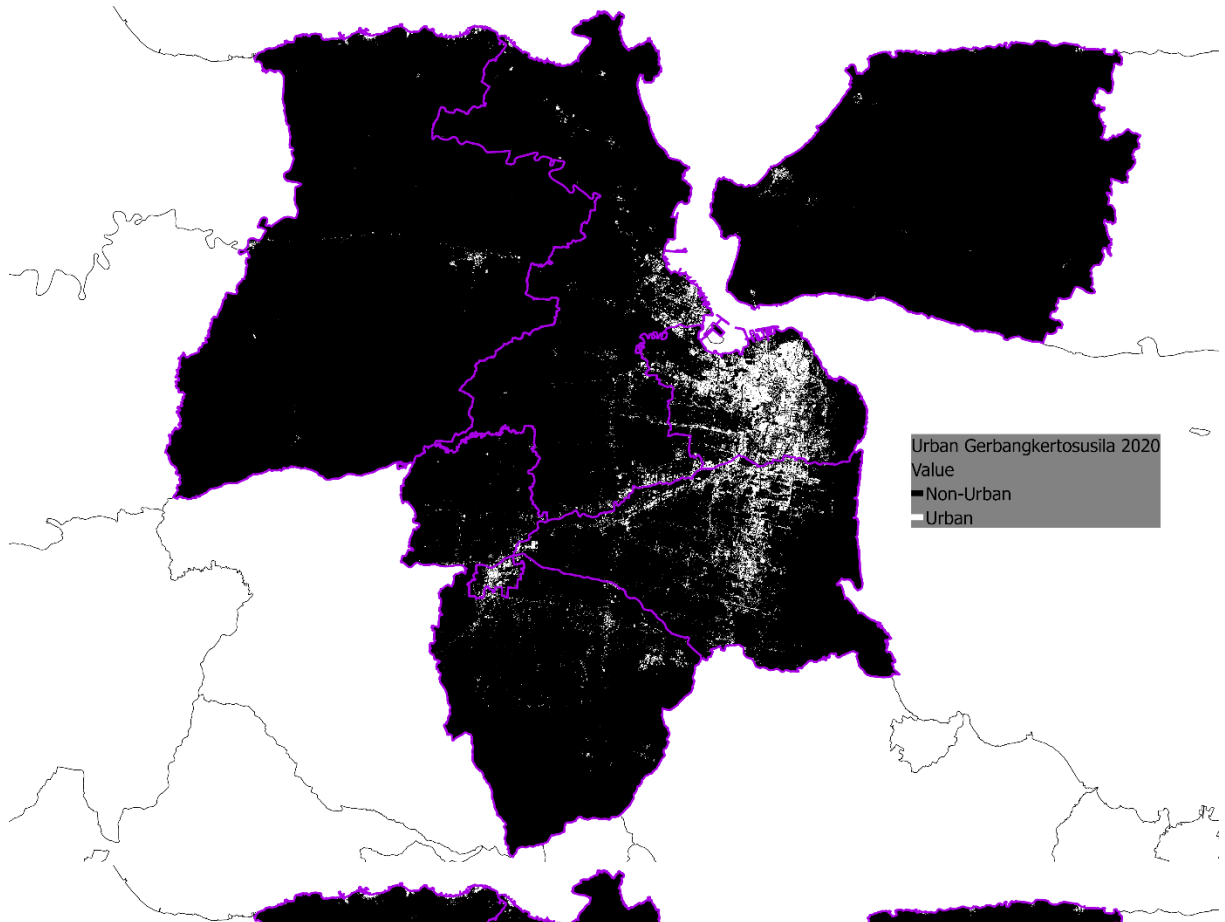


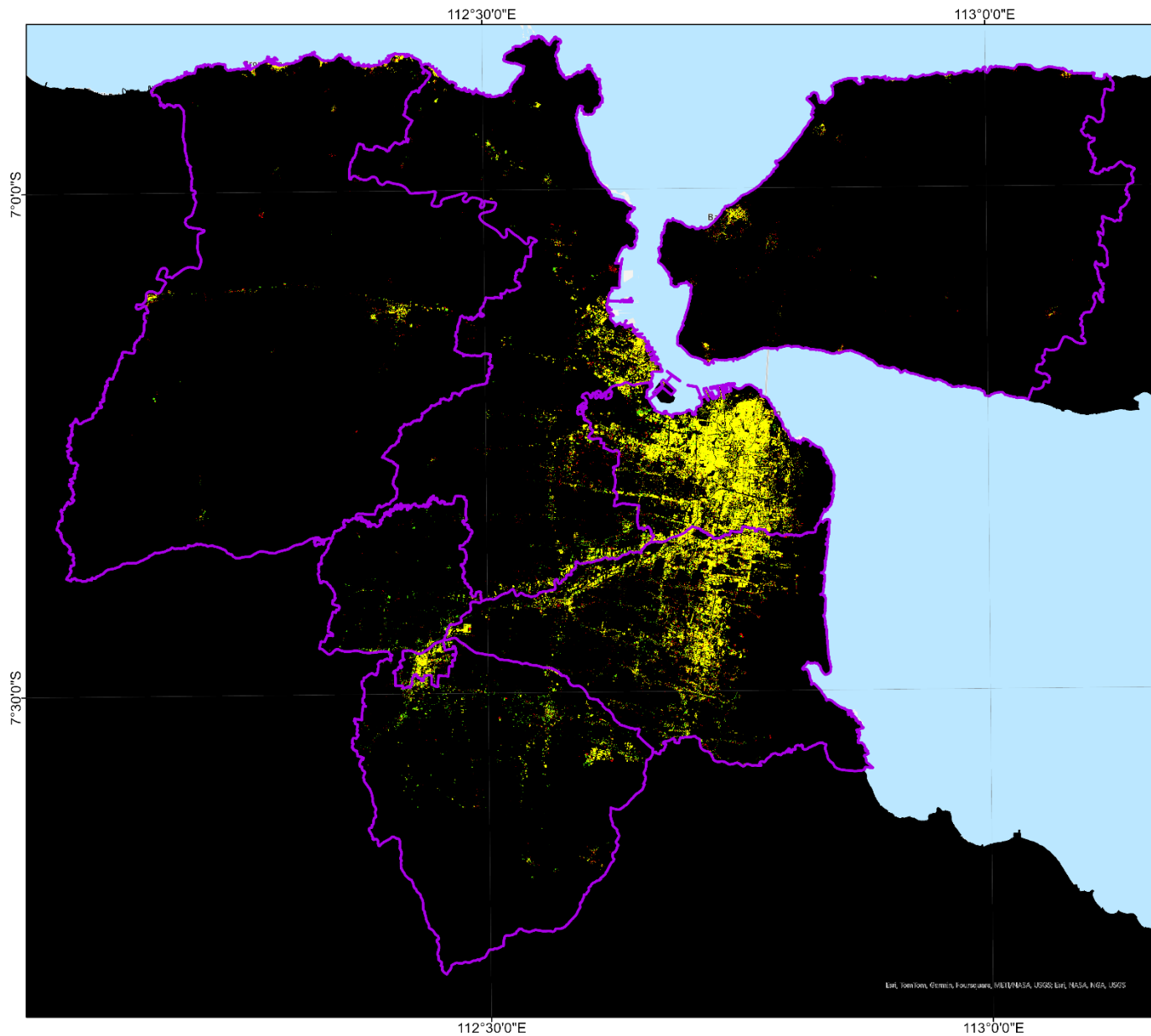


Tutupan Lahan_RBI
Value
 ■ Non-Terbangun
 ■ Terbangun



Urban Gerbangkertosusila 2017
Value
 ■ Non-Urban
 ■ Urban





Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota
 Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
 2024

**PETA DINAMIKA WILAYAH URBAN
 GERBANGKERTOSUSILA
 2017-2023**



1:275.000



Proyeksi : UTM (Universal Transverse Mercator)
 Sistem Grid : Geografis
 Datum : WGS 84 (World Geodetic System)

INSET PETA



Legenda

- 2017
- 2020
- 2023

Sumber:
 - ESRI
 - Landsat 8
 - DNB NPP-VIIRS
 - Rupa Bumi Indonesia, Badan Informasi Geospasial
 - RZWP3K Provinsi Jawa Timur 2016-2036

Lampiran 2. Statistik Uji Error Resampling

1. NTL 2017

Count: 500

Unique values: 419

NULL (missing) values: 0

Minimum value: 0.0

Maximum value: 0.3689226121000028

Range: 0.3689226121000028

Sum: 2.218063724299992

Mean value: 0.004436127448599983

Median value: 4.23152500000005e-05

Standard deviation: 0.026357654272051726

Coefficient of Variation: 5.941590853159562

Minority (rarest occurring value): 1.000000000020001e-10

Majority (most frequently occurring value): 0.0

First quartile: 2.496500000000806e-06

Third quartile: 0.000537549849999992

Interquartile Range (IQR): 0.000535053349999991

2. NTL 2020

Count: 500

Unique values: 447

NULL (missing) values: 0

Minimum value: 0.0

Maximum value: 0.30084128009999916

Range: 0.30084128009999916

Sum: 1.8481123344999961

Mean value: 0.003696224668999922

Median value: 8.88308499999926e-05

Standard deviation: 0.02030100915226529

Coefficient of Variation: 5.492363416793518

Minority (rarest occurring value): 4.000000000080005e-10

Majority (most frequently occurring value): 0.0

First quartile: 6.7340500000000715e-06

Third quartile: 0.0006497450000000006

Interquartile Range (IQR): 0.0006430109500000005

3. NTL 2023

Count: 500

Unique values: 467

NULL (missing) values: 0

Minimum value: 0.0

Maximum value: 0.32091092010000194

Range: 0.32091092010000194

Sum: 1.5094860384999997

Mean value: 0.0030189720769999997

Median value: 0.00010537924999999935

Standard deviation: 0.0174490434470132

Coefficient of Variation: 5.779796235926963

Minority (rarest occurring value): 9.99999999686934e-11

Majority (most frequently occurring value): 0.0

First quartile: 1.321524999997217e-05

Third quartile: 0.0007608085000000214

Interquartile Range (IQR): 0.0007475932500000242

Lampiran 3. Uji Akurasi Confusion Matrix

1. LULC

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non- Built_up	243	7	250	0,972	0,000
Built_up	105	145	250	0,580	0,000
Total	348	152	500	0,000	0,000
P_Accuracy	0,698	0,954	0,000	0,776	0,000
Kappa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,552

2. Standar Deviasi

a. 2017

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1566	433	1999	0,783392	0,000000
Urban	5	1995	2000	0,997500	0,000000
Total	1571	2428	3999	0,000000	0,000000
P_Accuracy	0,996817	0,821664	0,000000	0,890473	0,000000
Kappa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,780933

b. 2020

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1521	479	2000	0,76050	0,00000
Urban	6	1993	1999	0,99700	0,00000
Total	1527	2472	3999	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,99607	0,80623	0,00000	0,87872	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,75745

c. 2023

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1466	534	2000	0,73300	0,00000
Urban	14	1986	2000	0,99300	0,00000
Total	1480	2520	4000	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,99054	0,78810	0,00000	0,86300	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,72600

3. ¾ Standar Deviasi

a. 2017

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1576	423	1999	0,78839	0,00000
Urban	16	1984	2000	0,99200	0,00000
Total	1592	2407	3999	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,98995	0,82426	0,00000	0,89022	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,78043

b. 2020

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1506	494	2000	0,75300	0,00000
Urban	18	1982	2000	0,99100	0,00000

Total	1524	2476	4000	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,98819	0,80048	0,00000	0,87200	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,74400

c. 2023

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1491	509	2000	0,74550	0,00000
Urban	10	1990	2000	0,99500	0,00000
Total	1501	2499	4000	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,99334	0,79632	0,00000	0,87025	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,74050

4. 2/3 Standar Deviasi

a. 2017

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1558	442	2000	0,77900	0,00000
Urban	11	1989	2000	0,99450	0,00000
Total	1569	2431	4000	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,99299	0,81818	0,00000	0,88675	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,77350

b. 2020

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1525	475	2000	0,76250	0,00000
Urban	19	1981	2000	0,99050	0,00000
Total	1544	2456	4000	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,98769	0,80660	0,00000	0,87650	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,75300

c. 2023

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1509	491	2000	0,75450	0,00000
Urban	23	1977	2000	0,98850	0,00000
Total	1532	2468	4000	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,98499	0,80105	0,00000	0,87150	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,74300

5. 1/2 Standar Deviasi

a. 2017

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1557	443	2000	0,77850	0,00000

Urban	16	1983	1999	0,99200	0,00000
Total	1573	2426	3999	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,98983	0,81739	0,00000	0,88522	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,77045

b. 2020

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1495	505	2000	0,747500	0,000000
Urban	31	1968	1999	0,984492	0,000000
Total	1526	2473	3999	0,000000	0,000000
P_Accuracy	0,979685	0,795795	0,000000	0,865966	0,000000
Kappa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,731949

c. 2023

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1500	499	1999	0,75038	0,00000
Urban	33	1967	2000	0,98350	0,00000
Total	1533	2466	3999	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,97847	0,79765	0,00000	0,86697	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,73392

6. 1/3 Standar Deviasi

a. 2017

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1560	440	2000	0,78000	0,00000
Urban	24	1976	2000	0,98800	0,00000
Total	1584	2416	4000	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,98485	0,81788	0,00000	0,88400	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,76800

b. 2020


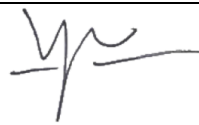


ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1528	472	2000	0,76400	0,00000
Urban	45	1955	2000	0,97750	0,00000
Total	1573	2427	4000	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,97139	0,80552	0,00000	0,87075	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,74150

c. 2023

ClassValue	Non- Built_up	Built_up	Total	U_Accuracy	Kappa
Non-Urban	1500	499	1999	0,75038	0,00000
Urban	77	1923	2000	0,96150	0,00000
Total	1577	2422	3999	0,00000	0,00000
P_Accuracy	0,95117	0,79397	0,00000	0,85596	0,00000
Kappa	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,71191

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Rizaldika Noermahmuda
 NRP : 5015201042
 Judul TA : Dinamika Spasio-Temporal Wilayah Urban Di Kawasan Metropolitan Gerbangkertosusila Pada Tahun 2017-2023 Dengan *Enhanced Nighttime Lights Urban Index*
 Pembimbing TA : Cahyono Susetyo, ST., M.Sc., Ph.D

TANGGAL BIMBINGAN	MATERI BIMBINGAN	PARAF PEMBIMBING
23 Maret 2024	Penjabaran mengenai revisi proposal setelah seminar proposal dari perubahan judul, pendahuluan, tinjauan pustaka, dan metodologi penelitian.	
8 Mei 2024	Pembahasan terkait perubahan wilayah studi, perolehan data variabel-variabel yang akan digunakan, serta penyesuaian metode dengan literatur terkait.	
21 Juni 2024	Penambahan Bab 1, 2 dan 3 terkait metode land use land cover dalam identifikasi wilayah urban serta perubahan rentang waktu penelitian mengikuti ketersediaan data land cover sentinel 2.	
7 Juli 2024	Perubahan sasaran dari 4 menjadi 3, penambahan metode analisis resample dan penentuan ambang batas untuk sasaran 2, serta finalisasi dan pembahasan persiapan sebelum sidang.	

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Jambi, 23 November 2000, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK, SD, serta SMP Yayasan Pendidikan Mayang Mangurai di Kecamatan Tebing Tinggi, Kabupaten Tanjung Jabung Barat dan SMAN 1 Kota Jambi. Setelah lulus dari SMAN 1 Kota Jambi pada tahun 2019, Penulis mengikuti SBMPTN pada tahun 2019 dan diterima di Prodi Sistem Informasi Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Namun pada tahun 2020 penulis kembali mengikuti SBMPTN dan diterima di Departemen

Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan (FTSPK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2020 dan terdaftar dengan NRP 5015201042.

Di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota walaupun penulis bukan anggota pengurus Himpunan Mahasiswa Planologi ITS (HMPL ITS), Ia sempat aktif di beberapa kegiatan kepanitian yang diselenggarakan oleh HMPL seperti OKKBK PWK ITS 2021, Planopolis 2021, Planaction 1.0, dan LKMM-TD 2022. Diluar Departemen PWK penulis juga aktif di UKM ITS Foreign Language Society (IFLS) dimana menjadi pengurus Divisi Bahasa Jepang pada kabinet Hestia tahun 2022 serta menjadi staff ahli lomba sing cover divisi acara pada big event IFLS No Contesuto Hi (INOCHI ITS) tahun 2023. Penulis juga sempat mengikuti Magang MSIB Kampus Merdeka Program *Internship in Spatial Planning for Regional and National Growth* (INSPIRING) Batch V oleh Kementerian ATR/BPN dengan penempatan Kabupaten Banyuwangi pada Bulan Agustus hingga Desember 2023.