

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan kawasan perkotaan terjadi sebagai konsekuensi dari meningkatnya jumlah penduduk serta berkembangnya aktivitas ekonomi di berbagai daerah. Perkembangan ekonomi yang terus berlangsung mendorong intensitas pembangunan, khususnya di kota-kota besar di Indonesia. Akibatnya, kawasan perkotaan menjadi pusat pertumbuhan yang menarik penduduk dari wilayah sekitarnya untuk memperoleh kesempatan kerja dan meningkatkan taraf hidup (Soleman, 2024). Pergerakan penduduk dari daerah pedesaan menuju daerah perkotaan tersebut dikenal sebagai proses urbanisasi (Firsya, 2022).

Proporsi penduduk Indonesia yang menetap di kawasan perkotaan menunjukkan perkembangan yang signifikan yang semula 30% pada tahun 1990 berubah menjadi 59% pada tahun 2023 (Pida et al., 2025). Perkembangan kawasan perkotaan menimbulkan tekanan terhadap kebutuhan akan lahan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk (Oktinova, 2019). Tekanan kebutuhan lahan mendorong terjadinya perubahan pemanfaatan lahan. Perubahan ini ditandai dengan meningkatnya proporsi lahan terbangun dan berkurangnya lahan non terbangun. Konversi lahan terbangun ini berpotensi memperburuk kondisi lingkungan perkotaan, antara lain melalui penurunan kualitas udara, degradasi dan kerusakan lingkungan, serta berkurangnya ketersediaan sumber daya alam. Selain itu, kondisi ini juga memicu peningkatan suhu permukaan tanah yang ditandai dengan adanya fenomena *Urban Heat Island* (UHI) atau pulau panas perkotaan (Nurhadi, 2019).

Fenomena *Urban Heat Island* diartikan sebagai kondisi perbedaan suhu antara kawasan perkotaan dan daerah sekitarnya yang terbentuk akibat perbedaan kapasitas penyerapan radiasi konduksi termal permukaan (Dwi et al., 2024). Lahan terbangun di kawasan perkotaan menghasilkan emisi panas yang tinggi melalui proses penyerapan radiasi matahari dari permukaan tanah secara intensif (Kusumawardani, 2022). Kawasan perkotaan telah rentan terhadap fenomena *Urban Heat Island* (UHI), yang dapat diperkuat oleh efek rumah kaca yang dihasilkan oleh gas-gas rumah kaca di atmosfer (Ananta et al., 2024). Kondisi tersebut menyebabkan suhu di kawasan perkotaan menjadi lebih tinggi secara konsisten, terutama pada siang hari hingga malam hari.

Fenomena *Urban Heat Island* termasuk tantangan besar bagi kota padat penduduk, terutama pada negara berkembang seperti Indonesia. Hal ini sejalan dengan kepadatan penduduk Provinsi Jawa Tengah dengan kepadatan sebesar (1.113 jiwa/km²) yang termasuk dalam 5 provinsi dengan jumlah kepadatan penduduk terbesar di Indonesia (Asyfani et al., 2024). Konsentrasi penduduk yang tinggi tersebut akan berdampak pada peningkatan tekanan terhadap ruang perkotaan, yang ditandai dengan peningkatan suhu udara dan frekuensi hari panas. Suhu udara rata-rata di Provinsi Jawa Tengah terus mengalami kenaikan selama 30 tahun terakhir (Thirafi, 2021a).

Peningkatan suhu udara di Provinsi Jawa Tengah tidak terlepas dari laju perubahan penggunaan lahan yang terjadi secara kuat seiring dengan tingkat urbanisasi yang terus meningkat (Thirafi, 2021b). Kebutuhan lahan terbangun untuk permukiman, industri, dan infrastruktur berkembang sejalan dengan ekspansi kawasan perkotaan, sehingga ruang lahan vegetasi yang berperan dalam pengaturan iklim beralih fungsi menjadi kawasan terbangun (Mubarok et al., 2021). Berkurangnya lahan untuk ruang terbuka hijau berdampak pada peningkatan akumulasi panas di wilayah perkotaan (Zahrotunisa et al., 2020). Kawasan Kedungsepur berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 60 Tahun 2022 Tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Nasional Kawasan Perkotaan Kendal, Demak, Ugaran, Salatiga, Semarang, dan Purwodadi (2022) yang mencakup enam wilayah administrasi yaitu Kota Semarang, Kota Salatiga, Kabupaten Kendal, Kabupaten Demak, Kabupaten Semarang, dan Kabupaten Grobogan. Kawasan ini ditetapkan sebagai Kawasan Strategis Nasional (KSN) yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi. Keberadaan Kedungsepur sebagai pusat pertumbuhan ekonomi di Provinsi Jawa Tengah mendorong arus urbanisasi yang intensif, yang berdampak pada perubahan penggunaan lahan dan peningkatan kepadatan penduduk secara bersamaan. Perubahan penggunaan lahan akibat perkembangan kawasan perkotaan tersebut memiliki nilai korelasi sebesar 0,795 dengan perubahan suhu permukaan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin luas perubahan kawasan terbangun, semakin tinggi pula suhu permukaan yang terbentuk. (Darlina et al., 2018).

Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) menjadi salah satu bentuk bahaya iklim yang perlu diperhatikan karena berpotensi meningkatkan risiko bencana hidrometeorologi terkait suhu ekstrem di kawasan perkotaan. Berbagai penelitian sebelumnya, masih berfokus pada analisis *Urban Heat Island* (UHI) dalam batas administrasi kota secara terpisah dan dengan rentang waktu pengamatan yang relatif terbatas. Sementara itu, perkembangan kawasan perkotaan Metropolitan Semarang dalam beberapa tahun terakhir telah meluas ke wilayah sekitarnya, terutama Kabupaten Semarang dan Kabupaten Demak, yang ditandai dengan

meningkatnya alih fungsi lahan, kepadatan penduduk, serta berkurangnya tutupan vegetasi. Kondisi tersebut berpotensi memperbesar akumulasi panas dan meningkatkan kerentanan wilayah terhadap bahaya suhu permukaan yang tinggi. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih mengkaji perubahan suhu permukaan, perubahan penggunaan lahan terpisah, sehingga belum mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai risiko bencana suhu permukaan yang terbentuk akibat interaksi antara ancaman iklim dan karakteristik wilayah perkotaan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji risiko bencana suhu permukaan di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang melalui integrasi variabel lahan terbangun, kerapatan vegetasi, kepadatan penduduk, dan tren suhu permukaan dalam periode 25 tahun. Pendekatan multi-temporal dan analisis spasial digunakan untuk mengidentifikasi perkembangan bahaya suhu permukaan, tingkat kerentanan wilayah, serta pola sebaran risiko yang terbentuk akibat proses urbanisasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam penyusunan strategi mitigasi bencana dan adaptasi perubahan iklim. Secara khusus, strategi tersebut dapat dilakukan melalui pengendalian pemanfaatan lahan, pengembangan ruang terbuka hijau, serta perencanaan tata ruang yang lebih responsif terhadap peningkatan suhu perkotaan. Upaya pengurangan risiko bencana akibat peningkatan suhu permukaan dapat lebih efektif dilaksanakan melalui penyusunan perencanaan tata ruang yang responsif terhadap dinamika suhu perkotaan. Avec demikian, penelitian ini mendukung keberlanjutan lingkungan dan peningkatan kualitas hidup masyarakat.

1.2 Rumusan Permasalahan

Kawasan Perkotaan Kedungsepur yang ditetapkan sebagai Kawasan Strategis Nasional mengakibatkan berbagai dampak negatif maupun positif dari perkembangan fisik kawasan perkotaan yang terjadi secara tidak merata. Perkembangan fisik kawasan perkotaan menunjukkan dua pola yang berbeda, yaitu perkembangan vertikal di kawasan pusat kota dan perkembangan horizontal di kawasan pinggiran kota (Pigawati et al., 2017). Kedua pola perkembangan tersebut berpotensi menciptakan pusat-pusat pertumbuhan aktivitas baru yang juga memengaruhi pola perubahan penggunaan lahan di sekitarnya. Perubahan penggunaan lahan yang tidak disertai penyediaan ruang terbuka hijau yang memadai mengancam kondisi lingkungan perkotaan, salah satunya melalui kenaikan suhu udara yang menjadi permasalahan lingkungan perkotaan. Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah **“Bagaimana dinamika perluasan kawasan perkotaan dan fenomena UHI untuk mitigasi bencana hidrometeorologi pada**

penyusunan rencana tata ruang regional di kawasan perkotaan metropolitan semarang?”

1.3 Tujuan dan Sasaran

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis perluasan kawasan perkotaan dan fenomena urban heat island sebagai upaya mitigasi pada penyusunan rencana tata ruang regional di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang. Adapun sasaran merupakan tahapan yang dilakukan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan yaitu sebagai berikut.

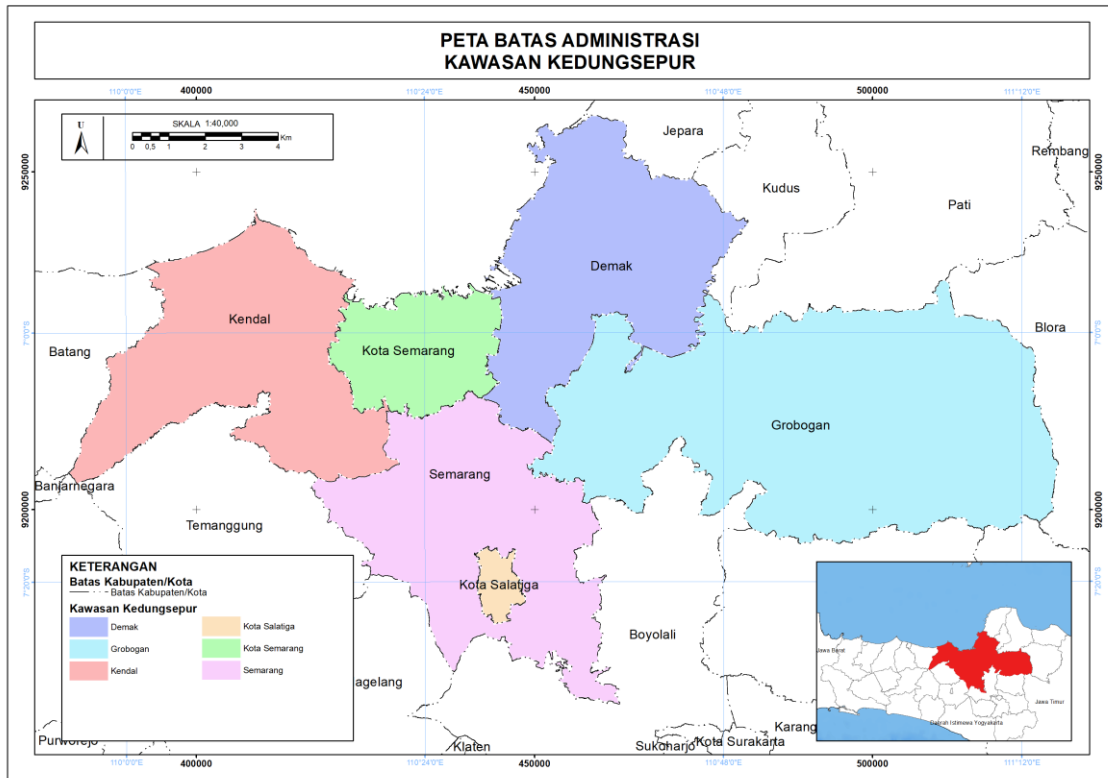
1. Menganalisis perubahan area terbangun sebagai pertumbuhan kawasan perkotaan di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang.
2. Menganalisis perubahan Fenomena *Urban Heat Island* pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang.
3. Menganalisis pengurangan risiko bencana
4. Menganalisis pemanfaatan data pertumbuhan kawasan perkotaan dan *Urban Heat Island* (UHI) dalam perencanaan tata ruang sebagai upaya pengurangan risiko bencana.

1.4 Ruang Lingkup

Penelitian ini dibatasi pada aspek wilayah dan materi kajian menjadi dua bagian, yaitu ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup materi. Pembatasan ini disesuaikan dengan tujuan dan sasaran yang ingin dicapai. Oleh karena itu, berikut disajikan ruang lingkup wilayah dan materi yang menjadi focus. dalam penyusunan laporan tugas akhir.

1.4.1 Ruang Lingkup Wilayah

Wilayah kajian dalam penelitian ini meliputi Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang yang merupakan bagian dari Kawasan Strategis Nasional (KSN). Kawasan Kedungsepur ditetapkan sebagai kawasan strategis dari sudut kepentingan ekonomi berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2017 tentang Tata Ruang Wilayah Nasional. Pengembangan kawasan ini diatur lebih lanjut melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2022 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Nasional Kawasan Perkotaan Kedungsepur. Regulasi tersebut mengarahkan perkembangan kawasan Kedungsepur sebagai pusat aktivitas ekonomi regional di Provinsi Jawa Tengah. Penetapan tersebut mencerminkan peran strategis Kawasan Kedungsepur berperan sebagai motor penggerak perekonomian di Provinsi Jawa Tengah dan sekitarnya. Berikut Adapun peta batas administrasi dan cakupan wilayah dalam Kawasan Kedungsepur.

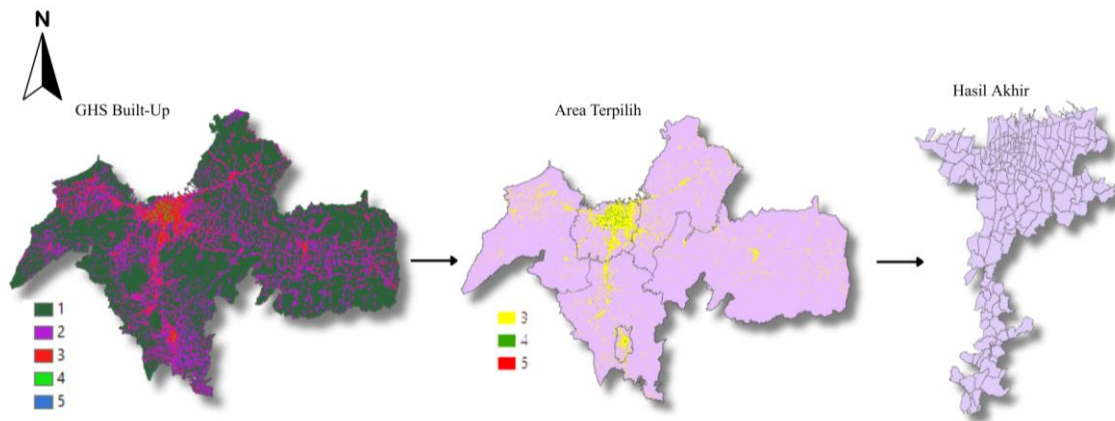


Sumber: Hasil Analisis, 2026

Gambar 1.1 Peta Batas Administrasi Kawasan Kedungsepur

Kawasan perkotaan Kedungsepur yang berperan sebagai pusat pertumbuhan ekonomi regional di Provinsi Jawa Tengah mendorong terjadinya dinamika pertumbuhan perkotaan setiap tahunnya. Kota Semarang sebagai inti kawasan perkotaan metropolitan Semarang berperan sebagai pusat daya tarik aktivitas ekonomi, perdagangan, jasa, dan industry yang menarik arus urbanisasi dari wilayah sekitarnya. Tingginya arus urbanisasi tersebut mendorong peningkatan aktivitas ekonomi dan pembangunan wilayah yang berdampak pada peningkatan kebutuhan lahan di perkotaan. Keterbatasan lahan pada kawasan perkotaan menyebabkan terjadi ekspansi lahan terbangun ke wilayah pinggiran perkotaan, yang terdistribusi ke wilayah administratif sekitarnya, seperti Kabupaten Semarang, dan Kabupaten Demak. Pertumbuhan kawasan perkotaan terjadi tidak hanya bersifat terpusat tetapi berkembang menyebar dan membentuk kawasan fungsional antarwilayah yang terintegrasi dalam lingkup kawasan Kedungsepur.

Ruang Lingkup wilayah studi didasarkan pada batas administratif dengan menggunakan morfologi perkotaan yang ditentukan melalui distribusi dan perkembangan lahan terbangun. Pendekatan ini dilakukan untuk menggambarkan salah satu pertumbuhan kawasan perkotaan yang signifikan yang terjadi di Kedungsepur sebagai pusat pertumbuhan ekonomi Provinsi Jawa Tengah. Adapun deliniasi wilayah yang dilakukan.

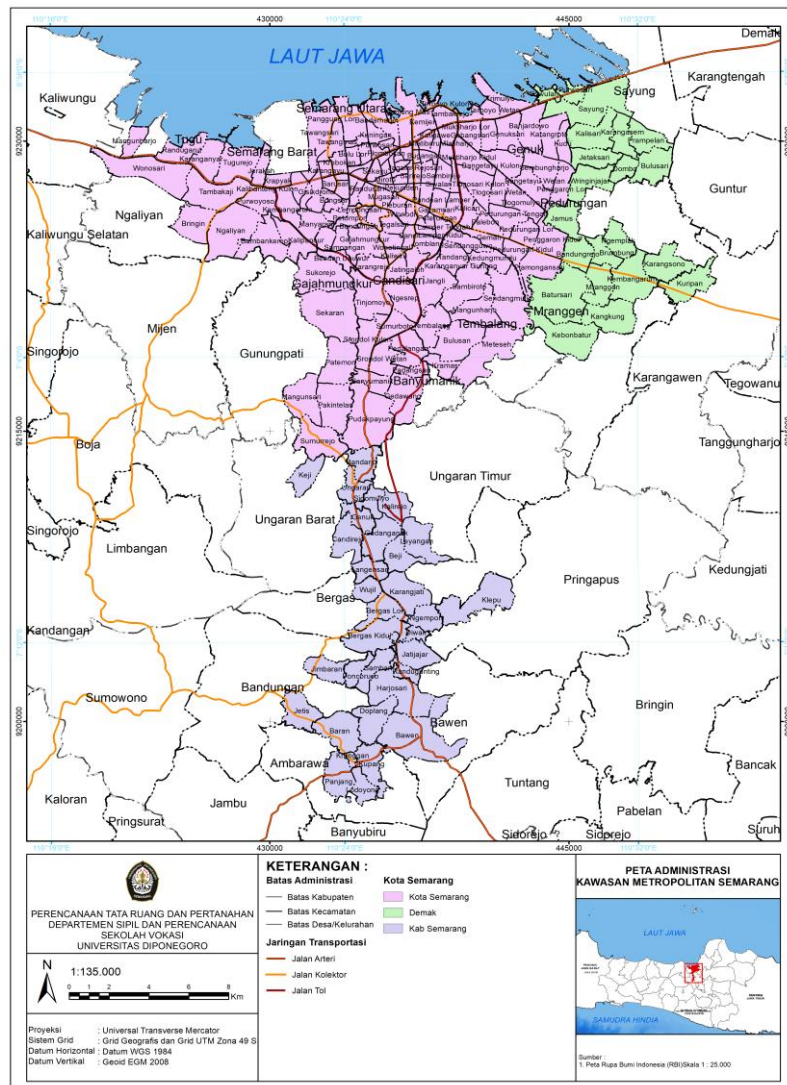


Sumber: Hasil Analisi, 2026

Gambar 1.2 Proses Deliniasi Wilayah Studi

Penetapan ruang lingkup wilayah studi dilakukan melalui proses deliniasi berbasis data *Global Human Settlement Built-Up* (GHS Built-Up) yang merepresentasikan distribusi spasial kawasan terbangun secara global. Data GHS Built-Up diklasifikasikan ke dalam lima kelas intensitas, di mana kelas 3 hingga 5 dipilih sebagai representasi kawasan terbangun yang signifikan berdasarkan ambang batas kepadatan bangunan. Hasil seleksi kelas tersebut selanjutnya dikonversi dari format raster ke format vektor poligon untuk memungkinkan analisis spasial berbasis unit administrasi. Distribusi poligon kawasan terbangun kemudian dioverlay terhadap batas administrasi desa/kelurahan, sehingga diperoleh wilayah studi yang secara empiris mencerminkan kawasan perkotaan aktual di Kawasan Metropolitan Kedungsepur sesuai cakupan Perpres No. 60 Tahun 2022.

Berdasarkan peta deliniasi ruang lingkup wilayah yang digunakan dalam laporan tugas akhir diatas terdiri dari 3 Kabupaten/ Kota yaitu Kota Semarang, Kabupaten Demak, Kabupaten Semarang. Wilayah tersebut mencakup 25 Kecamatan yaitu Kecamatan Amabarawa, Bandungan, Banyumanik, Bawen, Bergas, Candisari, Gajahmungkur, Gayamsari, Genuk, Gunungpati, Karangawen, Mranggen, Ngaliyan, Pedurungan, Pringapus, Sayung, Semarang Barat, Semarang Selatan, Semarang tengah, Semarang Timur, Semarang Utara, Tembalang, Tugu, Ungaran Barat dan Ungaran Timur. Dari 25 kecamatan tersebut mencakup 204 desa. Peta ruang lingkup wilayah penelitian yang menjadi area kajian dalam penelitian ini disajikan pada gambar berikut



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 1.3 Peta Batas Administrasi Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang

1.4.2 Ruang Lingkup Materi

Ruang lingkup materi dalam penelitian ini mencakup pengkajian dinamika perkembangan kawasan perkotaan dan fenomena *Urban Heat Island* (UHI). Kajian ini digunakan sebagai landasan mitigasi dalam penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang. Pembatasan ruang lingkup materi dilakukan agar penelitian menghasilkan keluaran yang lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Berikut adalah batasan materi dalam penelitian ini.

1. Analisis Perubahan Kawasan Perkotaan

Kawasan perkotaan dapat diartikan sebagai wilayah yang dicirikan oleh kegiatan utama non-pertanian. Fungsi-fungsi kawasan tersebut meliputi permukiman, komersial, industri, distribusi, pelayanan pemerintahan, serta pelayanan sosial dan ekonomi.

Analisis perkembangan kawasan perkotaan di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang dilakukan melalui pengolahan *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) untuk mengidentifikasi pertumbuhan area terbangun. Pengolahan data dilakukan secara multitemporal menggunakan citra satelit pada empat periode waktu yaitu pada tahun 2000, 2010, 2020, dan 2025. Hasil pengolahan *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) digunakan sebagai dasar dalam mengidentifikasi perubahan lahan terbangun serta pola dan arah ekspansi Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang.

2. Analisis Perubahan *Urban Heat Island* (UHI)

Analisis *Urban Heat Island* dilakukan dengan mengidentifikasi dan mengukur perbedaan suhu antara kawasan perkotaan dan non perkotaan melalui pengolahan *Land Surface Temperatur* (LST) atau suhu permukaan tanah. Analisis ini dilakukan melalui pengolahan citra landsat pada empat periode waktu yaitu tahun 2000, 2010, 2020, dan 2025. Pengolahan LST dilaksanakan melalui ekstraksi band termal citra landsat sebagai dasar perhitungan suhu permukaan, yang kemudian dikonversi ke dalam satuan derajat celsius. Hasil pengolahan LST selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengidentifikasi intensitas dan sebaran pola perkembangan fenomena *Urban Heat Island* di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang.

3. Analisis Pengurangan Risiko Bencana

Analisis ini dilakukan melalui pemetaan peta risiko bencana yang ditimbulkan oleh fenomena *Urban Heat Island* di kawasan studi. Pemetaan risiko bencana menggunakan dua variabel utama yaitu fenomena *Urban Heat Island* sebagai gambaran bahaya (*hazard*) dari suhu permukaan dan variabel *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) sebagai kawasan yang rentan (*vulnerability*) terhadap paparan bencana. Hasil pemetaan risiko bencana menghasilkan gambaran distribusi dan tingkat risiko dari fenomena *Urban Heat Island* pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang, yang selanjutnya menjadi dasar identifikasi dampak dan perumusan upaya mitigasi.

4. Analisis Implementasi data perubahan kawasan perkotaan dan *Urban Heat Island* (UHI) dalam perencanaan tata ruang

Analisis ini mengkaji integrasi hasil analisis *Urban Heat Island* (UHI) ke dalam kebijakan penataan ruang berdasarkan Perpres Nomor 60 Tahun 2022 dan Permen ATR/BPN Nomor 11 Tahun 2021 sebagai dasar penataan ruang dan mitigasi bencana.

1.5 Tahapan/Proses

Tahapan pelaksanaan merupakan urutan kegiatan yang dimulai dari tahap persiapan, pengumpulan data, analisis, hingga menghasilkan output. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam penyusunan laporan tugas akhir.

1. Tahap Persiapan

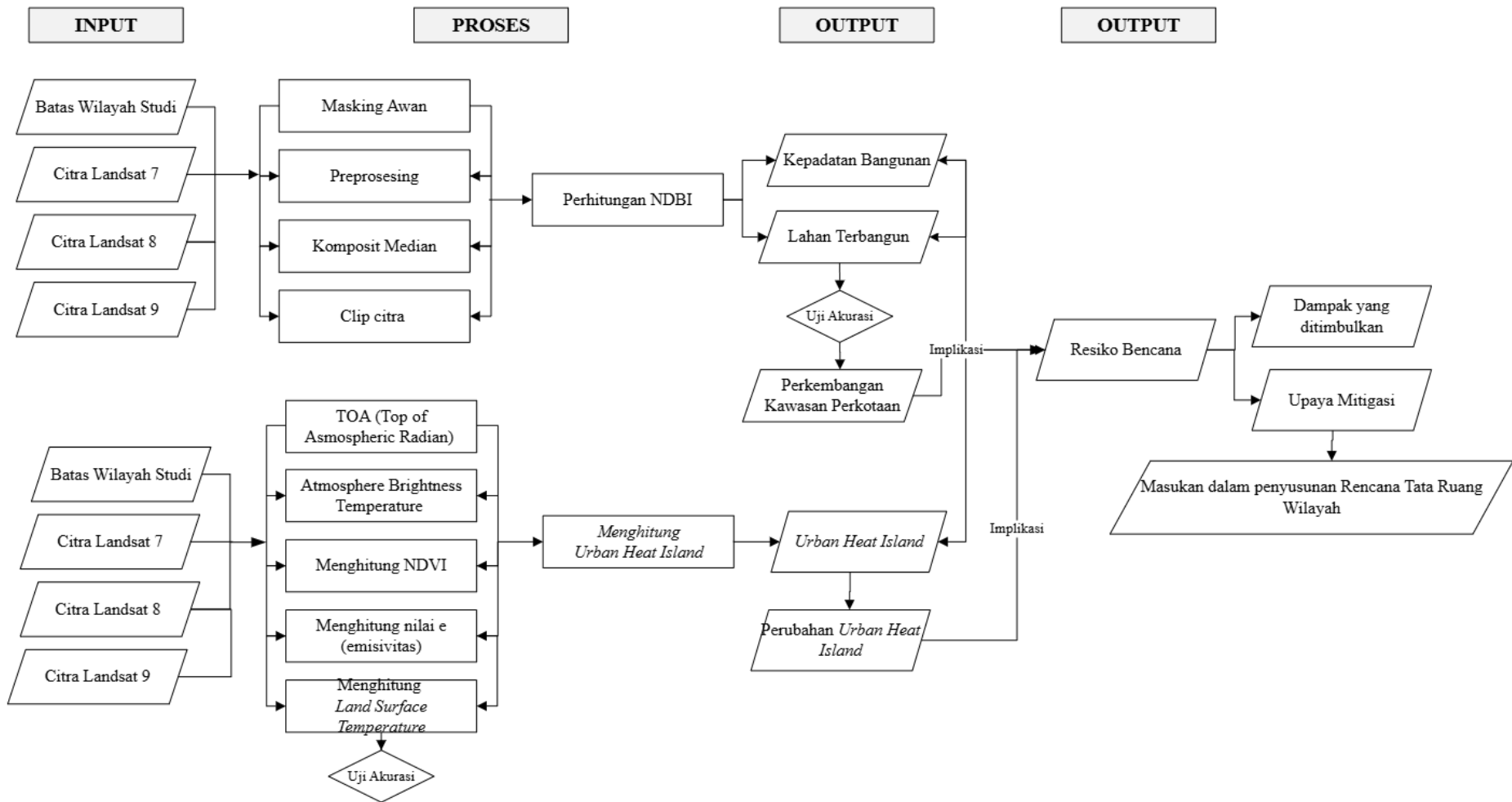
Proses ini dilakukan melalui literatur review untuk memahami konsep dan metodologi yang digunakan sesuai dengan tema penelitian yang diangkat. Studi literatur mencakup pengumpulan referensi seperti artikel, jurnal, buku, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan perkembangan kawasan perkotaan. Selain itu, studi literatur juga dilakukan terhadap variabel-variabel pendukung yang digunakan, antara lain *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) sebagai indikator kondisi lahan terbangun, *Land Surface Temperature* (LST) sebagai indikator suhu permukaan, dan *Urban Heat Island* (UHI) sebagai fenomena peningkatan suhu.

2. Tahapan Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dari pengumpulan data dasar yang digunakan dalam proses pengolahan dan analisis. Tahapan diawali dengan deliniasi wilayah studi untuk menentukan batas kajian. Citra satelit berupa citra landsat yang akan digunakan untuk pengolahan NDBI, LST, dan UHI.

3. Tahap Analisis

Tahap analisis, dimulai dari pengolahan data hasil pengumpulan data yang mencakup analisis Perkembangan Kawasan Perkotaan melalui variabel yang digunakan yaitu NDBI. Tahap selanjutnya yaitu perubahan *UHI* yang dilakukan melalui pengolahan *LST* dan perhitungan *Urban Heat Island*. Tahapan selanjutnya yaitu analisis risiko bencana mencakup pemetaan risiko bencana, dampak yang ditimbulkan dan upaya mitigasi yang dilakukan. Tahap terakhir yaitu implementasi data ke dalam tata ruang. Tahap analisis ini dapat digambarkan melalui digaram alir.



Sumber: Analisis Penulis, 2026

Gambar 1.4 Diagram Tahapan Analisis

1.6 Metode dan Hasil Akhir

1.6.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan prosedur sistematis yang digunakan untuk memperoleh data dan informasi yang diperlukan dalam mencapai tujuan penelitian. Proses pengumpulan data ditentukan oleh variabel-variabel yang ada dan dilakukan terhadap sampel yang telah ditetapkan sebelumnya. Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data sekunder sebagai pendekatan utama dalam memperoleh data yang diperlukan. Citra satelit Landsat menjadi data utama dalam penelitian ini, yang diperoleh dari United States Geological Survey (USGS). Citra tersebut digunakan untuk keperluan pengolahan Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) dan Urban Heat Island (UHI) secara multitemporal, yaitu pada tahun 2000, 2010, 2020, dan 2025. Pemilihan citra landsat pada rentan waktu pada bulan Mei hingga Oktober untuk tahun 2000 dan 2010, serta rentan April hingga Oktober untuk tahun 2020 dan 2025 bertujuan untuk meminimalkan pengaruh musim hujan terhadap tutupan awan.

Citra landsat 7 *ETM+* digunakan sebagai data pengamatan tahun 2000 dengan dukungan koleksi citra yang mencakup tahun 1999-2002. Pemilihan citra pada rentan waktu tersebut dilakukan untuk mendapatkan kualitas citra dengan pengaruh tutupan awan yang lebih rendah. Citra pada tahun tersebut masih dalam kondisi normal sebelum terjadi kerusakan *Scan Line Corrector (SLC-off)* pada Mei 2003. Tahun 2010, digunakan citra landsat 5 TM dan Landsat 7 *ETM+* dengan penggunaan data pendukung berupa koleksi citra yang mencakup tahun 2008-2012. Penggunaan rentan ini dilakukan untuk memperoleh hasil citra dengan gangguan tutupan awan lebih kecil. Penggabungan kedua sensor citra dilakukan karena citra landsat 7 pada tahun 2010 telah mengalami kerusakan *SLC-off* yang menyebabkan citra bergaris atau *stripe* dan mengakibatkan terjadi kekosongan data, sehingga penggunaan landsat 5 dilakukan untuk melengkapi kekosongan data pada citra landsat 7. Selanjutnya untuk tahun 2020 menggunakan citra landsat 8 *OLI/TIRS*. Sedangkan tahun 2025 menggunakan penggabungan citra landsat 8 *OLI/TIRS* dan Landsat 9. Penggabungan kedua sensor citra ini dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan data citra. Berikut merupakan tabel kebutuhan data dalam penelitian ini.

Tabel 1.1 Tabel Kebutuhan Data

No	Nama Data	Unit Data	Jenis Data	Bentuk Data	Tahun Data	Sumber Data
1	Batas Administrasi	Kabupaten/Kota	Sekunder	Shapfile	2025	Badan Informasi Geospasial (BIG)
3.	Citra Landsat 5	Kabupaten/Kota	Sekunder	Raster	2010	USGS
4.	Citra Landsat 7	Kabupaten/Kota	Sekunder	Raster	2000 dan 2010	USGS
4.	Citra Landsat 8	Kabupaten/Kota	Sekunder	Raster	2020	USGS
5.	Citra landsat 9	Kabupaten/Kota	Sekunder	Raster	2025	USGS

Sumber: Analisis Penulis, 2025

1.6.2 Teknik Analisis

Tahap analisis merupakan proses yang diterapkan untuk memproses, menyusun, dan menguraikan data yang telah dikumpulkan dalam penyusunan laporan tugas akhir. Fungsi tahapan analisis adalah untuk mengidentifikasi pola hubungan, dan makna dari data, sehingga dapat menjawab pertanyaan penelitian dan menghasilkan kesimpulan yang valid. Dalam penelitian ini, teknik analisis yang digunakan adalah teknik pendekatan kuantitatif. Analisis kuantitatif merupakan metode yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis data dalam bentuk angka atau nilai numerik dengan teknik statistik atau matematis. Teknik analisis ini bertujuan untuk memverifikasi hipotesis, mengukur variabel, serta menemukan pola dan hubungan antarvariabel secara objektif dan sistematis. Penelitian ini mencakup analisis pertumbuhan kawasan perkotaan, analisis Urban Heat Island (UHI), dan pemetaan risiko bencana di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang. Selanjutnya, penelitian ini menganalisis dampak yang ditimbulkan serta menyusun strategi mitigasi sebagai landasan penyusunan arahan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang berorientasi pada keberlanjutan lingkungan dan pengurangan risiko bencana. Berikut merupakan beberapa teknik analisis yang digunakan.

1. Analisis Perkembangan Kawasan Perkotaan

Normalized Difference Built-Up Index (NDBI)

NDBI adalah algoritma transformasi indikator yang dapat digunakan untuk menghitung built-up area, hanya menggunakan saluran yang berbeda. Algoritma yang digunakan dalam pengolahan yaitu menggunakan dua kanal, SWIR dan NIR. Berikut Persamaan yang digunakan dalam pengolahan NDBI.

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (1)$$

Dimana:

- SWIR adalah reflektansi pada pita short-wave infrared (inframerah gelombang pendek)
- NIR adalah reflektansi pada pita near infrared (inframerah terdekat)

Nilai NDBI menunjukkan -1 hingga +1. Dimana nilai yang mendekati +1 menunjukkan daerah tersebut didominasi oleh lahan terbangun (bangunan dan permukaan keras). Sedangkan nilai yang mendekati -1 menunjukkan bahwa daerah tersebut didominasi oleh vegetasi atau lahan tidak terbangun.

2. Analisis UHI

Analisis Urban Heat Island, salah satunya dapat dilakukan melalui Land Surface Temperatur (LST). Dalam penentuan nilai Land Surface Temperature (LST) terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan dan nantinya akan digunakan dalam penentuan Urban Heat Island (UHI). Berikut tahapan serta rumus dalam penentuan nilai Land Surface Temperatur dan Urban Heat Island.

a. TOA (Top of Atmospheric) Radian

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Keterangan:

L_{λ} = TOA spectral radiance

M_L = Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata

Q_{cal} = Quantized and calibrated standard product pixel value (DN)

A_L = Band-specific additive rescaling factor the metadata

b. Atmosphere Brightness Temperature

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} - 273.15 \quad (2)$$

Keterangan:

TB = Brightness Temperatur (BT)M

K_1 = Konstanta kalibrasi 1

K_2 = Konstanta kalibrasi 2

L_{λ} = Pita pancaran spektral termal

273.15 = angka konversi Kelvin menjadi Celcius

c. Menghitung NDVI

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (3)$$

Keterangan:

NIR = *Reflektansi Near Infrared* (inframerah dekat)

RED = *Reflektansi Red* (merah)

d. Menghitung nilai *e* (*emisivitas*)

$$e = 0.004 \times Pv + 0.986 \quad (4)$$

dimana

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (5)$$

Keterangan:

Pv = *Proportion of Vegetation*

e. Nilai LST

$$T = TB / [1 + (\lambda \times TB / c2) \times \ln(e)] \quad (6)$$

Keterangan:

λ = *wavelength of emitted radiance*

$$c2 = h \times c / s = 1.4388 \times 10^{-2} mK = 14388 \mu_m K$$

h = *planck's constant*

s = *Boltzmann constant*

c = *velocity of light*

f. Nilai *Urban Heat Island*

Nilai *Urban Heat Island* dihitung menggunakan metode standarisasi suhu permukaan (*Z-score*). Perhitungan intensitas *Urban Heat Island* (*UHI*) didasarkan pada karakteristik wilayah studi yang berupa Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang. Sehingga perhitungan yang dilakukan menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut.

$$UHI = \frac{LST - \mu LST}{\sigma LST} \quad (7)$$

Dimana:

LST = Nilai *Land Surface Temperatur*

μLST = Rata rata nilai *Land Surface Temperatur*

σLST = *standar deviation* dari *Land Surface Temperatur*

Sumber: (Chenganakkattil & Sam, 2026)

Dalam perhitungan UHI, harus menunjukkan perbedaan suhu pada suatu wilayah. Sehingga dibutuhkan persamaan ambang batas suhu yang berbeda pada wilayah yang terjadi fenomena UHI, yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$T > \mu + \frac{1}{2} \alpha \text{ (wilayah yang terjadi UHI)} \quad (8)$$

$$0 < T \leq \mu + \frac{1}{2} \alpha \text{ (wilayah yang tidak terjadi UHI)} \quad (9)$$

3. Analisis Pengurangan Risiko Bencana

a. Risiko Bencana

Risiko bencana pada perubahan iklim merupakan hasil interaksi antara bahaya terkait iklim dengan paparan dan kerentanan suatu sistem manusia atau ekologi yang berpotensi terkena dampak. Berikut adalah rumus risiko bencana perubahan iklim.

$$Risk (R) = Hazard \times Vulnerability (V)$$

- Bahaya (Hazard) merupakan akibat dari perubahan iklim yang dibentuk oleh ciri atau sifat, besarnya, tingkat perubahan iklim, serta variabilitasnya.
- Kerentanan suatu sistem terhadap perubahan iklim merupakan fungsi dari keterpaparan, sensitivitas, dan kemampuan adaptasi.

b. Dampak dan mitigasi

Dampak perubahan iklim dan upaya mitigasi dilakukan melalui pendekatan kajian literatur dengan menelaah berbagai sumber literatur seperti jurnal, dan artikel. Kajian literatur dilakukan untuk mengidentifikasi dampak yang ditimbulkan akibat kenaikan suhu permukaan wilayah, meliputi gangguan kenyamanan thermal, peningkatan risiko Kesehatan, dan penurunan kualitas lingkungan. Selain itu Kajian literatur juga digunakan sebagai kajian strategi upaya mitigasi yang dapat dilakukan dalam mengurangi risiko bencana.

4. Analisis Implementasi data perubahan kawasan perkotaan dan Urban Heat Island (UHI) dalam perencanaan tata ruang

Penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah didasarkan pada Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2021 tentang Pedoman Penyusunan, Peninjauan Kembali, Revisi, dan Penerbitan Persetujuan Subtansi Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi, Kabupaten,

Kota, dan Rencana Detail Tata Ruang. Regulations tersebut digunakan sebagai dasar dalam penyusunan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota. Selain itu, kajian juga dilakukan terhadap muatan arahan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim pada Peraturan President Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2022 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Nasional Kawasan Perkotaan Kendal, Demak, Ungaran, Salatiga, Semarang, dan Purwodadi.

5. Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian hasil pengolahan data citra satelit landsat. Uji akurasi dilakukan pada hasil pengolahan NDBI (*Normalized Difference Built-Up Index*), NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), dan *Land Surface Temperature* (LST). Metode uji akurasi yang dilakukan berdasarkan karakteristik dari data hasil pengolahan.

a. Perhitungan Sampel

Perhitungan jumlah sampel dalam uji akurasi dilakukan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus Slovin. Rumus ini digunakan untuk menentukan jumlah sampel minimum dari jumlah populasi dan tingkan kesalahan (*error*) yang ditetapkan yaitu sebsar 10%. Berikut merupakan rumus slovin yang digunakan dalam penentuan jumlah sampel.

$$n = \frac{N}{(1 + N(e^2))} \quad (1)$$

N = Jumlah Sampel

e = Tingkat kesalahan (error)

b. Uji Akurasi NDBI

Uji akurasi hasil pengolahan NDBI dan NDVI dilakukan dengan menggunakan metode *Overall Accuracy* (OA). Metode ini digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil pengolahan citra dengan kondisi di lapangan. Nilai pada metode ini dihitung melalui perbandingan jumlah sampel yang benar terhadap jumlah seluruh sampel yg diambil. Adapun rumus perhitungan yang diguanakan dalam metode Overall Accuracy yaitu sebagai berikut.

$$OA = \frac{\sum xi}{N} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

OA = Overall Accuary (%)

Σ_{xi} = Jumlah Sampel benar

N = Jumlah Total Sampel

c. Uji Akurasi LST

Uji akurasi hasil pengolahan Land Surface Temperature (LST) dilakukan dengan menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE). Metode RMSE digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan antara nilai suhu hasil pengolahan citra satelit dengan data suhu referensi yang digunakan. Nilai RMSE diperoleh dari akar rata-rata kuadrat selisih antara data hasil estimasi dan data suhu referensi. Semakin kecil nilai RMSE, semakin tinggi tingkat ketelitian hasil pengolahan. Berikut adalah rumus perhitungan yang digunakan dalam metode RMSE.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (3)$$

Keterangan :

$RMSE$ = Root Mean Square Error

X_i = nilai suhu hasil pengolahan citra satelit

Y_i = nilai suhu referensi lapangan

n = jumlah sampel pengamatan

1.6.3 Hasil Akhir

Luaran dari tugas akhir ini berupa peta pertumbuhan kawasan perkotaan Metropolitan Semarang dan perubahan fenomena *Urban Heat Island* (UHI) pada tahun 2000, 2010, 2020, dan 2025. Selain itu, luaran juga mencakup peta risiko bencana suhu permukaan pada tahun 2025 serta kajian dampak dan upaya mitigasi yang diterapkan.