

## **BAB 4**

# **DINAMIKA PERTUMBUHAN KAWASAN PERKOTAAN DAN *URBAN HEAT ISLAND* DI KAWASAN PERKOTAAN METROPOLITAN SEMARANG SEBAGAI DASAR MITIGASI BENCANA DALAM PENYUSUNAN RENCANA TATA RUANG**

### **4.1 Analisis Pengolahan Data**

#### **4.1.1 Pengolahan Data**

Proses pengolahan data merupakan tahapan yang dilakukan untuk menghasilkan informasi spasial yang dapat digunakan sebagai dasar analisis. Citra landsat digunakan sebagai input data dalam proses pengolahan dan analisis. Pengolahan data dilakukan menggunakan platform *Google Earth Engine* (GEE) untuk pengolahan *Normalized Defference Built-Up Index* (NDBI) dan *Urban Heat Island* (UHI). *Normalized Defference Built-Up Index* (NDBI) menghasilkan informasi spasial berupa sebaran kawasan terbangun sedangkan *Urban Heat Island* (UHI) kondisi thermal permukaan wilayah diperoleh melalui perhitungan Land Surface Temperature (LST). Berikut merupakan tahapan pengolahan yang dilakukan.

- Pengolahan *Normalized Defference Built-Up Index* (NDBI)

Pengolahan *Normalized Defference Built-Up Index* (NDBI) dilakukan untuk menganalisis dan memetakan sebaran lahan terbangun di kawasan perkotaan. Citra landsat merekam energi pantulan permukaan bumi dengan beberapa saluran (band) panjang gelombang elektromagnetik. Pengolahan *Normalized Defference Built-Up Index* dilakukan dengan menggunakan penggabungan dari dua saluran spectral yang memanfaatkan perbedaan reflektansi antara saluran *Short-Wave Infrared* (SWIR) dan *Near Infrared* (NIR). Lahan terbangun yang didominasi oleh material seperti beton, aspal, genteng, dan logam memiliki sifat permukaan yang keras, padat, dan tidak menyerap air, sehingga memantulkan energi gelombang pendek inframerah (SWIR). Sedangkan, pada saluran *Near- Infrared* (NIR), lahan terbangun menunjukkan nilai pantulan yang lebih rendah dibandingkan vegetasi, karena permukaan buatan tidak memiliki struktur seluler seperti klorofil yang sangat reflektif terhadap NIR. Perbedaan antara dua spectral tersebut menjadi dasar pembeda antara lahan terbangun dengan tutupan lahan lainnya.

Analisis ini dilakukan dengan band inframerah gelombang pendek (*SWIR*) dan band inframerah dekat (*NIR*) yang disesuaikan dengan sensor landsat yang digunakan. Penggunaan citra landsat 7 ETM+ pada tahun 2000 pengolahan dilakukan dengan memanfaatkan band 5 sebagai (*SWIR*) dan band 4 sebagai *NIR*. Pada tahun 2010 meskipun terjadi penggabungan citra landsat 7 ETM+ dan landsat 5 TM, kedua citra landsat ini memiliki konfigurasi penomoran band yang sama dengan rentang panjang gelombang yang sama, sehingga kedua sensor citra digabungkan dan diproses menggunakan prosedur yang sama segaram tanpa penyesuaian band tambahan. Selanjutnya untuk tahun 2020 pengolahan dilakukan dengan menggunakan citra landsat 8OLI yang memanfaatkan band 6 sebagai (*SWIR*) dan band 5 (*NIR*). Sedangkan tahun 2025 yang mengalami penggabungan citra landsat 8 Oli dengan Landsat 9 OLI-2 yang memiliki konfigurasi band yang identik dan rentang panjang gelombang yang sama, sehingga dalam pengolahan tetap menggunakan band 6 (*SWIR*) dan band 5 (*NIR*). Perbedaan konfigurasi band yang digunakan pada masing-masing sensor tersebut menyebabkan adanya variasi rentang panjang gelombang dalam pengolahan NDBI. Perbedaan rentang panjang gelombang band *SWIR* dan *NIR* pada setiap sensor Landsat yang digunakan yaitu sebagai berikut.

**Tabel 4.1 Perbedaan Panjang Gelombang**

<b>Citra Landsat 5 dan 7</b>	<b>Panjang Gelombang</b>	<b>Citra Landsat 8 dan 9</b>	<b>Panjang Gelombang</b>
Pita 4 Inframerah Dekat	(0,77 - 0,90 $\mu\text{m}$ )	Pita 5 Inframerah Dekat	(0,85 - 0,88 $\mu\text{m}$ )
Pita 5 Inframerah Gelombang Pendek	(1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$ )	Pita 6 <i>SWIR</i> 1	(1,57 - 1,65 $\mu\text{m}$ )

*Sumber: (USGS, 2025)*

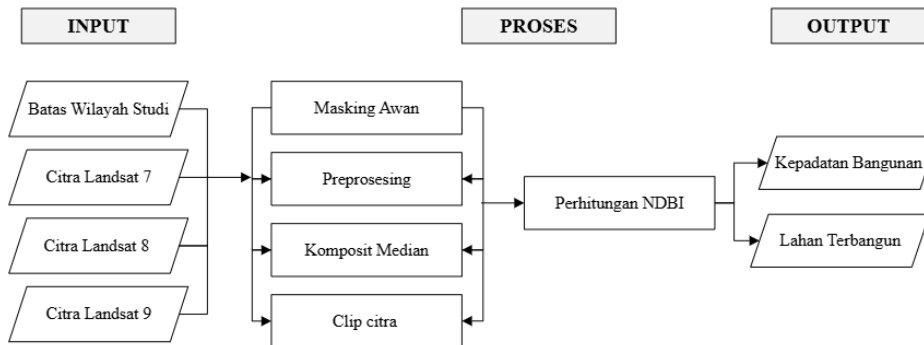
Perbedaan rentang panjang gelombang antara sensor Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS tersebut dapat diatasi karena seluruh citra mengacu pada produk Landsat Collection 2 Level-2 Surface Reflectance yang telah melalui proses kalibrasi silang (*cross-calibration*) oleh USGS, sehingga nilai reflektansi antar sensor dapat diperbandingkan secara konsisten. Berdasarkan nilai reflektansi permukaan tersebut, pengolahan NDBI dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut.

**Tabel 4.2 Data dan Rumus Pengolahan NDBI**

Periode	Citra	Rumus NDBI
2000	Landsat 7 ETM+	$\frac{\text{band 5} - \text{band 4}}{\text{band 5} + \text{band 4}}$
2010	Landsat 7 ETM+ dan Landsat 5 TM	$\frac{\text{band 5} - \text{band 4}}{\text{band 5} + \text{band 4}}$
2020	Landsat 8 OLI	$\frac{\text{band 6} - \text{band 5}}{\text{band 6} + \text{band 5}}$
2025	Landsat 8 OLI dan Landsat 9 OLI-2	$\frac{\text{band 6} - \text{band 5}}{\text{band 6} + \text{band 5}}$

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Pengolahan *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) dilakukan melalui platform *Google Earth Engine* (GEE) dengan menggunakan band dan rumus sesuai masing- masing tahun. Berikut adapun tahapan pengolahan yang dilakukan.

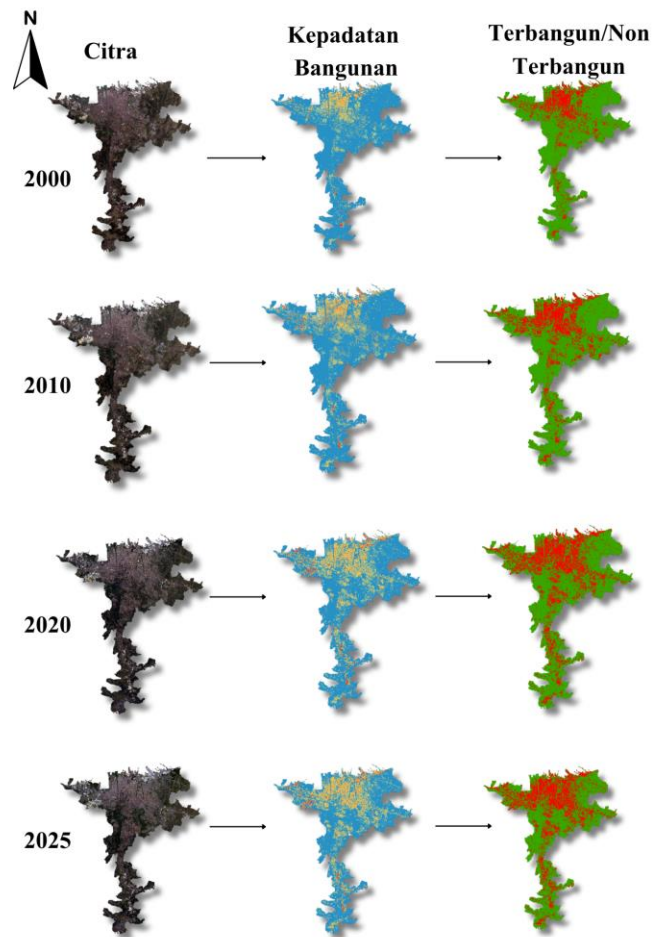


Sumber: Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.1 Tahapan Pengolahan NDBI dengan GEE**

Berdasarkan tahapan pengolahan yang dilakukan diatas, pengolahan data dilakukan menggunakan 4 citra landsat dengan karakteristik yang berbeda. Tahapan proses pengolahan dimulai dari proses masking awan untuk menghapus piksel yang teridentifikasi sebagai awan maupun bayangan awan. Tahap kedua proses pengolahan yang dilakukan berupa preprosesing yang mencakup koreksi radiometric dan atmosfer untuk mengkonversi nilai *Digital Number* (DN) menjadi nilai reflektansi permukaan yang terkoreksi. Tahap selanjutnya yaitu komposit median untuk mengambil nilai tengah piksel dari citra landsat dalam rentan waktu tertentu sehingga gangguan awan dapat dieliminasi secara otomatis. Kemudian tahapan berikutnya berupa pemotongan citra atau clip citra sesuai dengan batasan wilayah studi yang digunakan. Tahap terakhir yang dilakukan yaitu perhitungan nilai *Normalized Defference Built-Up Index* (NDBI). Output yang dihasilkan dalam

pengolahan ini yaitu berupa dua data spasial yaitu sebaran kepadatan bangunan yang mencerminkan tingkat intensitas lahan terbangun setiap tahun, serta lahan terbangun yang menggambarkan distribusi lahan terbangun pada wilayah studi. Berikut merupakan hasil pengolahan citra yang telah dilakukan.



Sumber: Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.2 Hasil Pengolahan Perubahan Kawasan Perkotaan**

- Pengolahan *Urban Heat Island* (UHI)

Pengolahan *Urban Heat Island* (UHI) dilakukan untuk mengidentifikasi distribusi spasial zona panas perkotaan berdasarkan nilai Land Surface Temperature (LST) pada wilayah studi. Pengolahan Land Surface Temperature (LST) dilakukan dengan memanfaatkan saluran inframerah thermal yang dirancang untuk mendeteksi emisi radiasi panas yang dipancarkan langsung oleh permukaan bumi. Pengolahan ini dilakukan menggunakan citra landsat dengan menggunakan band thermal yaitu saluran 6 (band 6) untuk citra landsat 7 dan 5, dan saluran 10 (band 10) untuk citra landsat 8 dan 9. Perbedaan konfigurasi band yang digunakan pada masing-masing

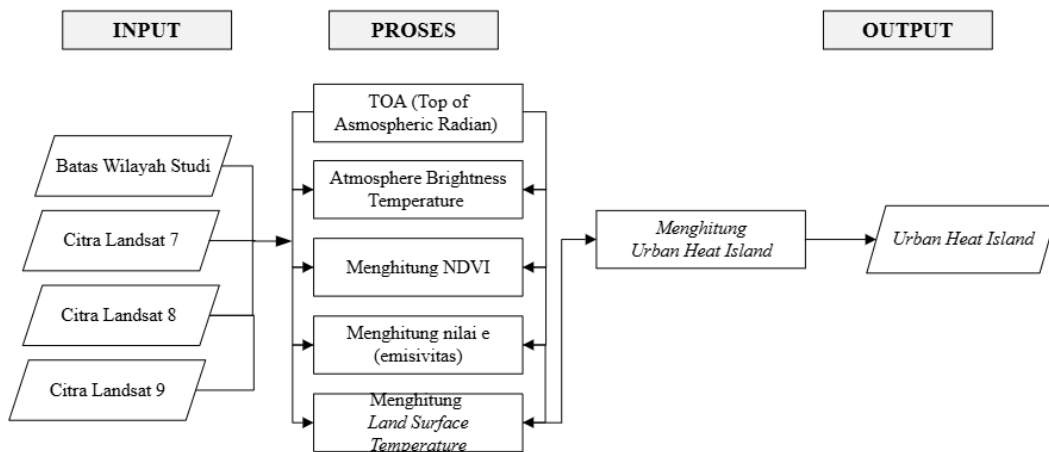
sensor tersebut menyebabkan adanya variasi rentang panjang gelombang dalam pengolahan LST yaitu sebagai berikut.

**Tabel 4.3 perbedaan Panjang gelombang yang digunakan**

Citra Landsat 5 & 7	Panjang Gelombang	Citra Landsat 8 & 9	Panjang Gelombang
Pita Termal 6	(10,40 - 12,50 $\mu\text{m}$ )	Pita 10 TIRS 1	(10,6 - 11,19 $\mu\text{m}$ )

Sumber: (USGS, 2025)

Saluran inframerah thermal memiliki karakteristik setiap objek di permukaan bumi memancarkan energi thermal yang sesuai dengan sifat fisik thermal, sehingga material keras perkotaan seperti aspal dan beton memiliki nilai emisivitas tinggi dan kapasitas panas rendah akan memancarkan energi thermal dalam jumlah besar dan terekam sebagai piksel dengan nilai LST tinggi. Sedangkan vegetasi yang memiliki kandungan air tinggi dan nilai emisivitas berbeda cenderung menyerap lebih sedikit panas dan memancarkan energi thermal lebih rendah sehingga terekam sebagai piksel dengan nilai LST rendah. Berikut adapun pengolahan yang dilakukan.

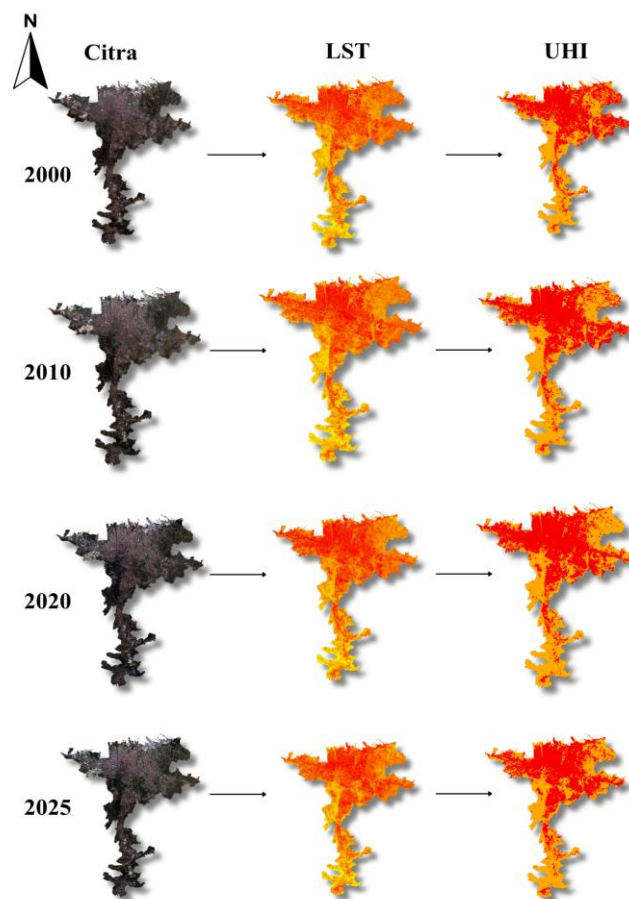


Sumber: Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.3 Tahapan Pengolahan UHI dengan GEE**

Berdasarkan tahapan pengolahan yang dilakukan diatas, pengolahan data dilakukan menggunakan 4 citra landsat dengan karakteristik yang berbeda. Tahapan proses pengolahan dimulai dari konversi nilai Digital Number (DN) citra termal menjadi nilai radiansi Top of Atmosphere (TOA) menggunakan koefisien kalibrasi yang tersedia dalam metadata citra. Nilai radian Top of Atmosphere (TOA) selanjutnya dikonversi menjadi nilai Atmosphere Brightness Temperature dalam satuan Kelvin yang merepresentasikan suhu yang dideteksi oleh sensor satelit

sebelum koreksi emisivitas permukaan dilakukan. Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan Normalized Defference Vegetation Index pada setiap piksel sebagai dasar estimasi nilai emisivitas permukaan ( $\epsilon$ ), karena setiap jenis tutupan lahan memiliki nilai emisivitas yang berbeda-beda. Piksel bervegetasi rapat memiliki nilai emisivitas yang berbeda dengan piksel lahan terbangun seperti aspal dan beton, sehingga koreksi emisivitas menjadi langkah krusial dalam menghasilkan nilai LST yang akurat. Nilai emisivitas yang telah diperoleh selanjutnya dikombinasikan dengan nilai brightness temperature untuk menghasilkan nilai Land Surface Temperature (LST). Nilai LST tersebut kemudian digunakan sebagai dasar perhitungan Urban Heat Island dengan membandingkan suhu permukaan setiap piksel terhadap nilai rata-rata suhu wilayah studi. Luaran dalam pengolahan ini yaitu berupa peta Urban Heat Island yang menggambarkan distribusi spasial zona panas perkotaan pada wilayah studi. Berikut merupakan hasil pengolahan citra yang telah dilakukan.



Sumber: Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.4 Hasil Pengolahan Urban Heat Island**

#### 4.1.2 Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk memastikan bahwa hasil pengolahan citra satelit yang dilakukan dapat mempresentasikan kondisi eksisting di lapangan. Uji akurasi yang dilakukan yaitu berdasarkan hasil pengolahan *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI), dan *Land Surface Temperature* (LST). Uji akurasi yang dilakukan pada nilai NDBI dilakukan dengan menggunakan metode *overall accuracy* sederhana, yaitu melalui perbandingan hasil terhadap total titik sampel yang telah ditentukan. Metode *overall accuracy* dapat menggambarkan proporsi kesesuaian antara hasil interpretasi citra dengan kondisi eksisting. Sedangkan uji akurasi hasil pengolahan *Land Surface Temperature* (LST) dilakukan melalui perbandingan nilai suhu permukaan hasil pengolahan citra satelit yang dilakukan dengan data suhu yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Perbandingan nilai suhu dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat deviasi atau selisih dari nilai suhu dari hasil pengolahan LST dan BMKG. Berikut merupakan hasil uji akurasi yang dilakukan.

- Uji Akurasi NDBI

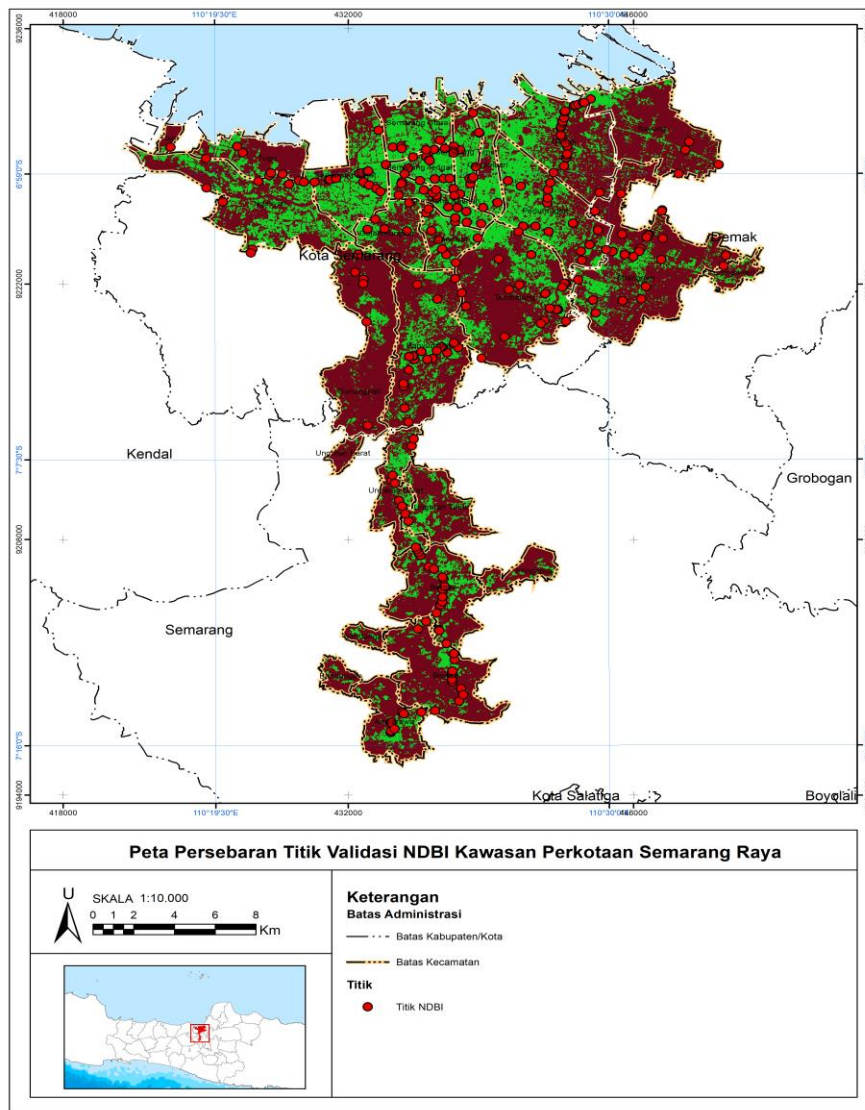
Uji akurasi dari hasil pengolahan NDBI dan NDVI dilakukan untuk menilai tingkat ketelitian hasil klasifikasi dalam mempresentasikan kondisi eksisting pada wilayah studi. Uji akurasi yang dimulai dari perhitungan jumlah sampel melalui metode solvin. Berikut merupakan rumus dan hasil perhitungan sampel yang diperoleh.

$$n = \frac{422.787}{1 + 422.787 \cdot (0,01)^2}$$

$$n = 100$$

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah sampel yang diperoleh, kemudian titik sampel didistribusikan ke seluruh wilayah studi dengan menggunakan tools *Creat Random Point* pada perangkat lunak ArcGIS, sehingga titik sampel terdistribusi secara acak dan merata. Distribusi titik sampel menggunakan tools tersebut diharapkan dapat mewakili semua kondisi pada wilayah studi. Hasil perhitungan jumlah titik sampel yang dilakukan, seluruh titik sampel didistribusikan ke seluruh wilayah studi secara merata. Persebaran titik sampel tersebut mencakup Kabupaten

Semarang, Kota Semarang, dan Kabupaten Demak. Berikut merupakan peta persebaran titik sampel yang digunakan dalam uji akurasi di lapangan untuk NDBI.



Sumber: Hasil Analisis., 2026

**Gambar 4.5 Peta Persebaran Titik Validasi Lapangan**

Uji akurasi hasil pengolahan NDBI dilakukan sesuai dengan jumlah sampel yang telah ditentukan. Selain itu uji akurasi juga dilakukan pada semua periode tahun yang digunakan yaitu tahun 2010, dan 2020 melalui Google earth, sedangkan uji akurasi untuk tahun 2025 dilakukan melalui validasi di lapangan. Uji Akurasi memiliki ketetapan nilai yang dapat dikatakan bahwa hasil pengolahan dapat merepresentasikan kondisi eksisting ketika nilai memenuhi ketentuan sebagai berikut.





**Gambar 4.6 Dokumentasi Validasi Google Earth 2010**

*Sumber : Google Earth, 2010*

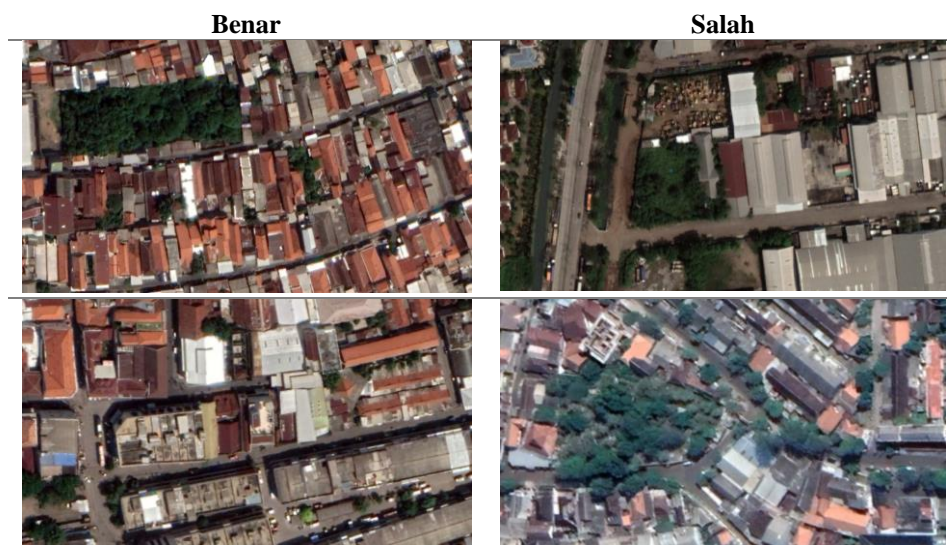
b) Uji Akurasi Tahun 2020

Berdasarkan uji akurasi hasil pengolahan NDBI melalui google earth pada tahun 2020 di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang menunjukkan nilai sebagai berikut.

$$OA = \frac{88}{100} \times 100\%$$

$$\text{Overall Accuracy} = 88\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan overall accuracy diperoleh nilai akurasi sebesar 88% hasil pengolahan NDBI yang dapat mempresentasikan nilai pada kondisi eksisting. Total 100 sampel yang digunakan diperoleh bahwa 88 sampel dapat menggambarkan hasil pengolahan sesuai dengan kondisi eksisting. Sedangkan 12 sampel lain menunjukkan bahwa hasil pengolahan tidak sesuai dengan kondisi eksisting. Adapun hasil dokumen survei lapangan dari NDBI.



*Sumber : Google Earth, 2020.*

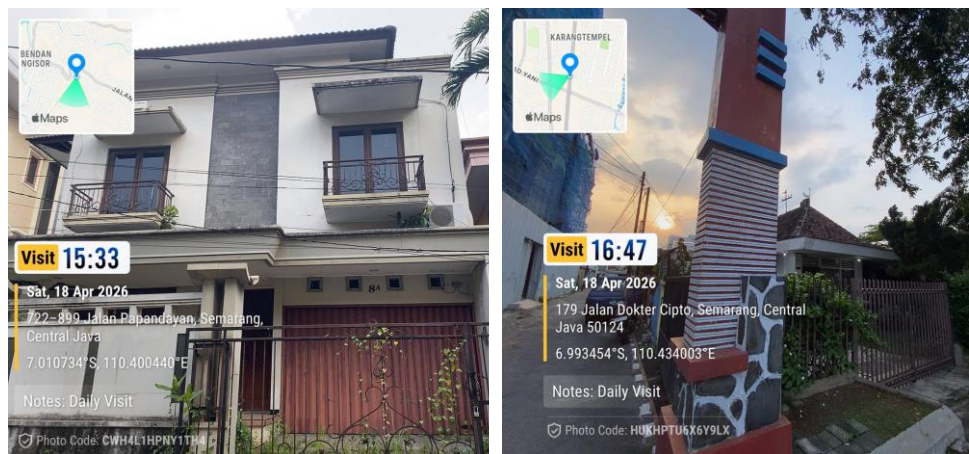
**Gambar 4.7 Dokumentasi Validasi Google Earth Tahun 2020**

c) Uji Akurasi Tahun 2025

$$OA = \frac{87}{100} \times 100\%$$

*Overall Accuracy = 87%*

Berdasarkan hasil perhitungan overall accuracy diperoleh nilai akurasi sebesar 87% hasil pengolahan NDBI yang dapat mempresentasikan nilai pada kondisi eksisting. Total 100 sampel yang digunakan diperoleh bahwa 87 sampel dapat menggambarkan hasil pengolahan sesuai dengan kondisi eksisting. Sedangkan 13 sampel lain menunjukkan bahwa hasil pengolahan tidak sesuai dengan kondisi eksisting. Adapun hasil dokumen survei lapangan dari NDBI.



Sumber : Dokumentasi Lapangan, 2026

**Gambar 4.8 Dokumentasi Validasi Lapangan NDBI**

- Uji Akurasi LST

Uji akurasi hasil pengolahan data LST dilakukan melalui perbandingan suhu yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dengan menggunakan metode RMSE (Root Mean Square Error). Perbandingan suhu dilakukan berdasarkan hasil ekstrak nilai LST ke bulan sesuai dengan bulan citra landsat yang digunakan. Sedangkan nilai suhu dari BMKG menyesuaikan dengan bulan dari hasil pengolahan LST. Berikut merupakan table perbandingan suhu yang dilakukan.

**Tabel 4.5 Perbandingan Suhu**

No	Periode	LST (°C)	BMKG (°C)	Error (LST - BMKG)	Error <sup>2</sup> (LST - BMKG) <sup>2</sup>	Error   LST - BMKG
1	April	34,91	29,65	5,26	27,67	5,26
2	Mei	31,95	30,17	1,78	3,17	1,78
3	Juni	39,45	30,08	9,37	87,80	9,37
4	Juli	36,83	29,85	6,98	48,72	6,98
5	Agustus	40,00	30,37	9,63	92,74	9,63
6	September	44,53	30,46	14,07	197,96	14,07
7	Oktober	45,97	29,85	16,12	259,85	16,12
<b>Jumlah</b>				63,21	717,91	63,21
<b>n (jumlah data)</b>				7		

Sumber : Hasil Analisis, BMKG, 2026

Berdasarkan table perhitungan selisih dari suhu hasil pengolahan LST dan suhu milik BMKG selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan metode RMSE (*Root Mean Square Error*), sehingga diperoleh nilai akurasi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 RMSE &= \sqrt{\frac{1}{7} (717,91)^2} \\
 &= 10,3^\circ
 \end{aligned}$$

Nilai rata- rata LST yang diperoleh memiliki selisih perbedaan dengan rata-rata suhu BMKG yaitu sebesar 10,3°. Perbedaan hasil tersebut terjadi karena penggunaan instrument yang berbeda. Dimana hasil pengolahan LST dilakukan dengan penggunaan citra satelit landsat, sedangkan instrument yang digunakan oleh BMKG yaitu pengambilan data secara langsung di lapangan. Selain itu, perbedaan hasil dari pengolahan LST yaitu berupa suhu permukaan, sementara suhu milik BMKG sendiri yaitu berupa suhu udara.

#### **4.2 Analisis Dinamika Perubahan Kawasan Perkotaan**

Analisis perkembangan kawasan perkotaan dapat dipengarhui oleh faktor fisik dan faktor non fisik. Dalam penelitian ini, faktor fisik perkembangan kawasan perkotaan dapat digambarkan melalui variabel NDBI (*Normalized Defference Built-Up Index*). *Normalized Defference Built-Up Index* dilakukan unuk mengetahui

kepadatan bangunan, selain itu nilai NDBI juga digunakan untuk melihat perubahan lahan terbangun yang ada pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang.

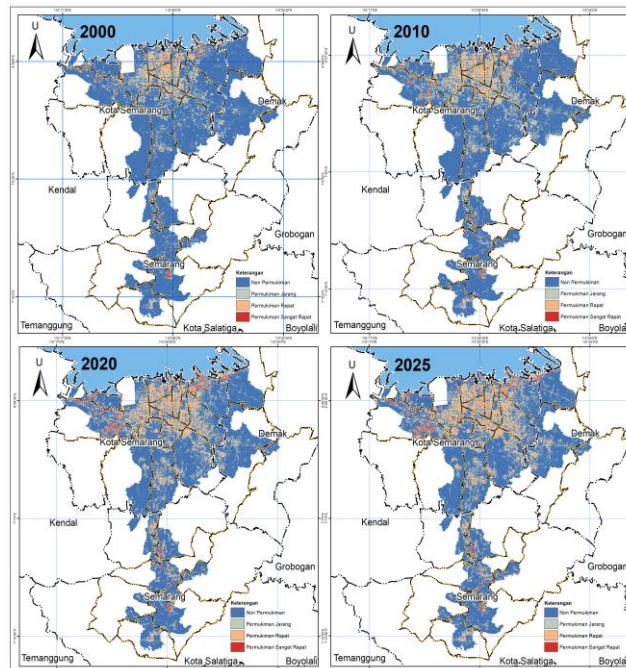
Berdasarkan tahapan pengolahan yang telah dilakukan menggunakan platform *Google Earth Engine* (GEE) dengan menggunakan band dan rumus sesuai masing-masing tahun. Hasil pengolahan *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) diperoleh nilai indeks yang menggambarkan keberadaan serta tingkat kerapatan kawasan terbangun pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang. Nilai NDBI tersebut, selanjutnya diklasifikasikan menjadi beberapa kelas kepadatan bangunan untuk mengelompokkan area berdasarkan tingkat kerapatan bangunan. Klasifikasi ini dilakukan melalui rentang nilai NDBI yaitu sebagai berikut.

**Tabel 4.6 Klasifikasi Nilai NDBI**

Tingkat Kerapatan Bangunan	Indeks Kerapatan Bangunan
Non Permukiman	(-1) – 0
Permukiman Jarang	0 – 0,1
Permukiman Rapat	0,1 – 0,2
Permukiman Sangat Rapat	0,2 -1

Sumber : (Handayani, 2017)

Berdasarkan pengolahan diatas dapat diperoleh nilai NDBI pada tahun 2000,2010, 2020 dan 2024 yaitu sebagai berikut.



Sumber: Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.9 Hasil Pengolahan NDBI Tahun 2000, 2010, 2020, dan 2024**

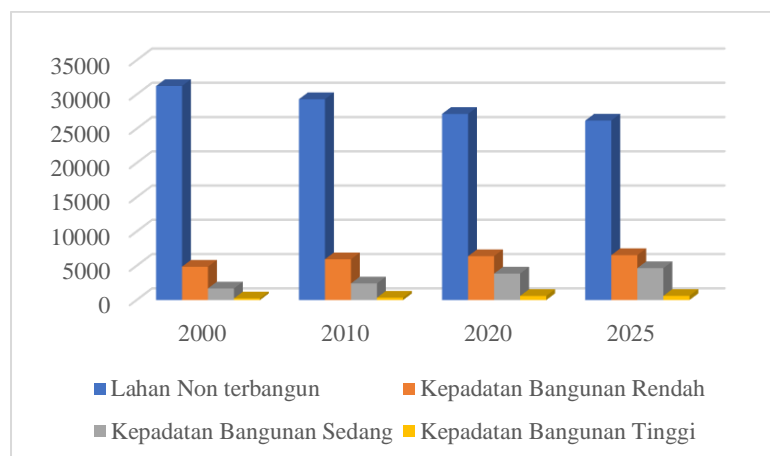
Dari hasil pengolahan NDBI yang dilakukan pada tahun 2000, 2010, 2020, dan 2024 pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelas kepadatan yaitu non terbangun, kepadatan rendah, kepadatan sedang, dan kepadatan tinggi. Adapun perbandingan nilai luas pada tiap klasifikasi NDBI pada tahun 2000, 2010, 2020, dan 2025 di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang yaitu sebagai berikut.

**Tabel 4.7 Luas Kepadatan Bangunan di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang**

Tahun	Luas NDBI (Ha)			
	Lahan Non terbangun	Kepadatan Bangunan Rendah	Kepadatan Bangunan Sedang	Kepadatan Bangunan Tinggi
<b>2000</b>	31245,57	4867,38	1702,8	246,06
<b>2010</b>	29322,45	5956,83	2433,24	349,38
<b>2020</b>	27170,91	6411,78	3870,09	603,18
<b>2025</b>	26206,2	6562,44	4662,72	619,56

*Sumber : Hasil Analisis, 2026*

Perbandingan luas kepadatan bangunan di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan luas lahan pada klasifikasi kepadatan bangunan rendah, sedang maupun tinggi di setiap tahunnya. Peningkatan luas terbesar terjadi pada kepadatan bangunan sedang dengan luas kepadatan sebesar 1702,8 Ha pada tahun 2000 menjadi 4662,72 Ha pada tahun 2025. Sedangkan luas lahan non terbangun setiap tahunnya mengalami penurunan luas lahan yaitu sebesar 32145,57 Ha pada tahun 2000 menjadi 26206,2 Ha pada tahun 2025. Perubahan luas klasifikasi NDBI pada tahun 2000 hingga 2025 ini dapat dilihat melalui digaram berikut.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.10 Diagram Perubahan Luas Klasifikasi NDBI Tahun 2000, 2010, 2020, dan 2025**

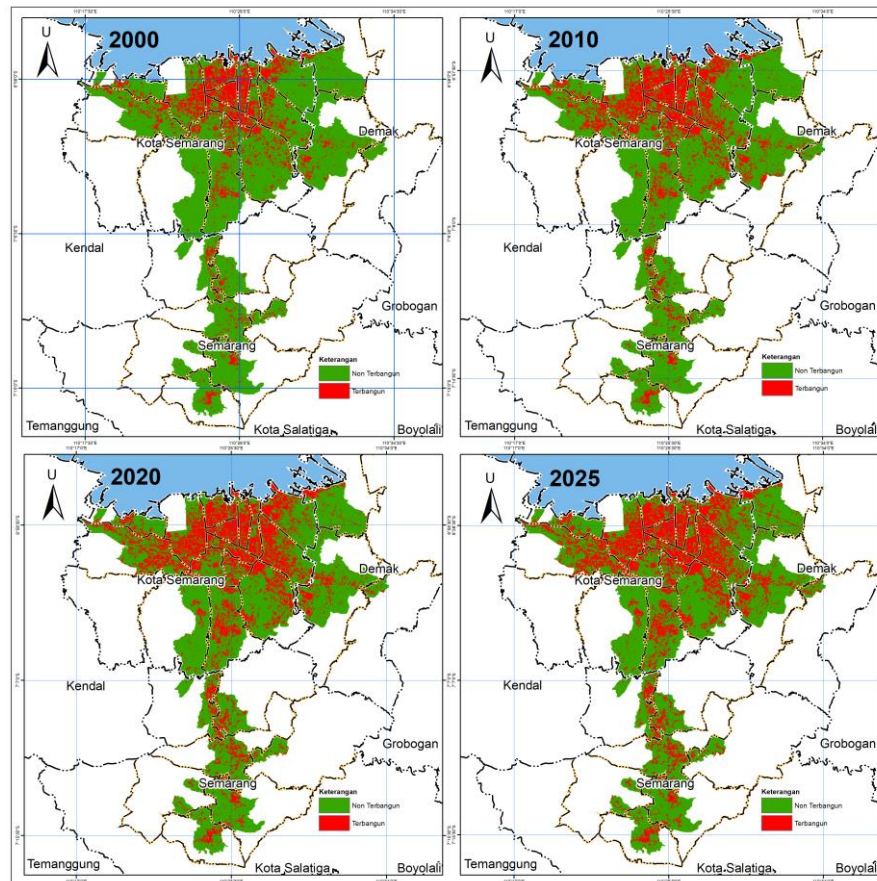
Nilai *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) selanjutnya diklasifikasikan melalui nilai ambang batas (*threshold*) sebesar  $NDBI > 0$  untuk mengklasifikasikan lahan terbangun dan non terbangun. Nilai NDBI lebih besar dari nol dikategorikan sebagai lahan terbangun, sedangkan nilai NDBI kurang dari atau sama dengan nol diklasifikasikan sebagai lahan non terbangun. Berdasarkan hasil klasifikasi lahan terbangun menggunakan nilai ambang batas tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan luas lahan terbangun di Kawasan Metropolitan Semarang pada tahun 2000, 2010, 2020, dan 2025 yaitu sebagai berikut.

**Tabel 4.8 Hasil Klasifikasi Lahan Terbangun/Non Terbangun Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang**

Tahun	Klasifikasi	
	Lahan Terbangun (Ha)	Lahan Non Terbangun (Ha)
2000	6816,24	31245,57
2010	8739,45	29322,45
2020	10885,05	27170,91
2025	11844,72	26206,2

Sumber : Hasil Analisis, 2026

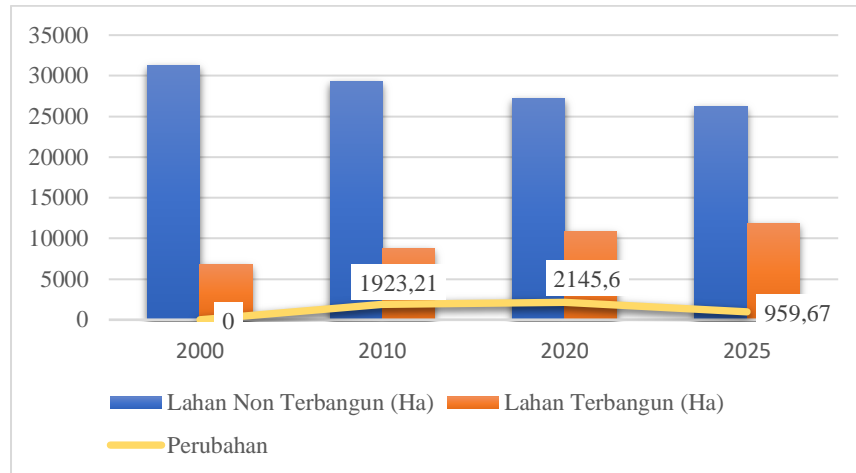
Adapun hasil peta pengolahan klasifikasi Lahan terbangun/Non terbangun di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang



Sumber: Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.11 Peta NDBI Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang  
Tahun 2000, 2010, 2020, dan 2025**

Berdasarkan hasil klasifikasi nilai NDBI menunjukkan bahwa luas lahan terbangun terus mengalami peningkatan, dimana pada tahun 2000 luas lahan terbangun hanya sebesar 6816,24 Ha meningkat menjadi 11844,72 Ha pada tahun 2025. Sedangkan luas lahan non terbangun pada tahun 2000 sebesar 31245,57 Ha menjadi 26206,2 Ha pada tahun 2025. Adapun grafik perubahan luas lahan terbangun dan non terbangun pada tahun 2000, 2010, 2020, dan 2025 di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.12 Grafik Perubahan Luas Terbangun dan Non Terbangun Pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang**

Perubahan luas lahan terbangun pada kawasan perkotaan ini menunjukkan adanya tren peningkatan yang konsisten setiap tahunnya. Dimana luas lahan terbangun pada tahun 2000 ke 2010 menunjukkan peningkatan luas yaitu sebesar 1923,21 Ha. Selanjutnya tahun 2010 ke 2020 terjadi peningkatan luas lahan terbangun yang mencapai 2145,6 Ha. Sedangkan tahun 2020-2025 peningkatan luas lahan terbangun hanya mencapai nilai sebesar 959,67 Ha. Disisi lain, luas lahan non terbangun menunjukkan nilai yang berbanding terbalik atau terus mengalami penurunan setiap periode. Hal ini menunjukkan terjadi konversi lahan non terbangun menjadi lahan terbangun sebagai dampak dari pertumbuhan kawasan perkotaan.

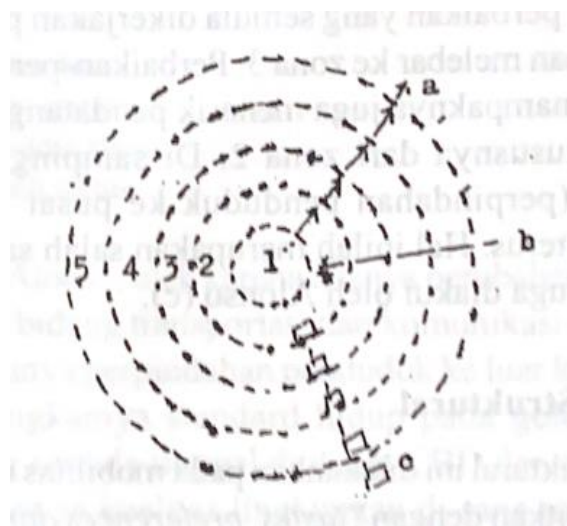
Perkembangan Kawasan Perkotaan pada tahun 2000 menunjukkan bahwa lahan terbangun masih terkonsentasi di wilayah pusat kota Semarang dan daerah pesisir, seperti Kecamatan Semarang Tengah, Semarang Utara, dan Semarang Timur. Kondisi ini terjadi karena pada wilayah tersebut memiliki fungsi kawasan sebagai pusat perdagangan dan jasa, dan memiliki posisi yang berdekatan dengan Pelabuhan Tanjung Emas. Sedangkan pada wilayah bagian selatan seperti Kecamatan Banyumanik, Gunungpati, Bergas, dan Bawen menunjukkan indeks kawasan perkotaan yang relatif rendah, hal ini terjadi karena pada wilayah tersebut masih didominasi oleh lahan bervegetasi dan nilai kepadatan penduduk yang masih relatif rendah.

Pada tahun 2010 perkembangan kawasan perkotaan menunjukkan terjadi perluasan ke wilayah pinggiran, khususnya ke arah timur, seperti Kecamatan Genuk

dan Pedurungan. Perkembangan pada wilayah tersebut, terjadi akibat dari adanya kawasan industri dan kebutuhan permukiman yang semakin meningkat. Sehingga, perkembangan kawasan industri pada wilayah tersebut mempercepat terjadinya transformasi penggunaan lahan pada wilayah sekitarnya. Sedangkan tahun 2020 nilai indeks kawasan perkotaan meluas pada wilayah selatan, seperti Kecamatan Tembalang, dan Kecamatan Banyumanik. Perkembangan pada kawasan dipengaruhi oleh perkembangan kawasan pendidikan dan kebutuhan hunian pada kawasan tersebut, serta adanya peningkatan aksesibilitas wilayah. Pola perkembangan yang terjadi pada kawasan ini cenderung mengikuti jaringan jalan utama, sehingga perkembangan yang terjadi membentuk pola koridor.

Perkembangan pada tahun 2025 perkembangan kawasan perkotaan menunjukkan terjadi perluasan kawasan perkotaan menuju arah barat, seperti Kecamatan Ngaliyan dan Kecamatan Tugu. Hal ini terjadi disebabkan oleh berkembangnya kawasan industri, pergudangan serta permukiman baru yang didukung dengan adanya aksesibilitas jaringan jalan dan jalur transportasi regional. Selain terjadi perluasan indeks kawasan perkotaan pada tahun ini, ditemukan juga terjadi penurunan indeks kawasan perkotaan. Dimana pada tahun 2000 dan 2010 pada wilayah bagian selatan indeks perkotaan menunjukkan nilai indeks tinggi sedangkan tahun 2020 hingga 2025 nilai indeks perkotaan terus mengalami penurunan. Penurunan indeks kawasan perkotaan salah satunya dipengaruhi oleh nilai kepadatan penduduk yang semakin menurun. Perubahan kepadatan penduduk menggambarkan terjadi perubahan dinamika penduduk seperti perpindahan penduduk ke luar wilayah, yang berdampak terhadap aktivitas sosial dan ekonomi.

Berdasarkan perkembangan kawasan perkotaan pada tahun 2000 hingga 2025 di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang termasuk dalam perkembangan perkotaan secara konsentris. Perkembangan perkotaan secara konsentris dapat diartikan sebagai pola pertumbuhan kota yang meluas secara merata dari pusat kota ke arah luar membentuk zona-zona yang semakin berkembang.



Sumber : Struktur Tata Ruang Kota, 2000

**Gambar 4.13 Bentuk Perkembangan Kawasan Perkotaan**

Perkembangan perkotaan secara konsentris pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang di tandai dengan adanya perkembangan yang meluas ke arah timur, barat, dan selatan. Dimana pertumbuhan kota dimuali dari inti kota sebagai pusat kegiatan ekonomi dan sosial, kemudia meluas ke wilayah- wilayah pada daerah sekitar kawasan inti perkotaan. Kawasan inti perkotaan di kawasan perkotaan Metropolitan Semarang terpusat pada wilayah Kecamatan Semarang Tengah yang saat ini wilayah tersebut memiliki fungsi sebagai pusat perdagangan, perkantoran dan pelayanan umum.

**4.3 Analisis Perubahan Urban Heat Island**

Analisis *Urban Heat Island* (UHI) dilakukan dengan memanfaatkan citra landsat 7 *ETM+* untuk tahun 2000, dan citra landsat 7 *ETM+* dan citra landsat 5 *TM* pada tahun 2010. Sedangkan untuk tahun 2020 pengolahan memanfaatkan citra landsat 8 *OLI*, dan tahun 2025 memanfaatkan citra landsat 8 *OLI* dan citra landsat 9 *OLI-2*. Pengolahan *Urban Heat Island* dilakukan melalui pengolahan band thermal dan suhu permukaan (*Land Surface Temperature/LST*). Pengolahan ini dimulai dari pengolahan *Radian Spektral*, *Brightness Temperatur* (BT), kemudian menentukan *Normalized Difference Vegetasi Index* (NDVI), *Proportion Vegetation* (PV), selanjutnya menentukan nilai dari *Emissivity* (e) dan menghitung nilai LST, dan langkah terakhir menentukan nilai dari perubahan suhu permukaan ke *Urban Heat Island*. Berdasarkan langkah- langkah penelitian yang dilakukan tersebut, berikut merupakan hasil nilai (*Land Surface Temperature/LST*) dan *Urban Heat Island*

(UHI) di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang pada tahun 2000,2010,2020, dan 2026

- *Land Surface Temperature (LST)*

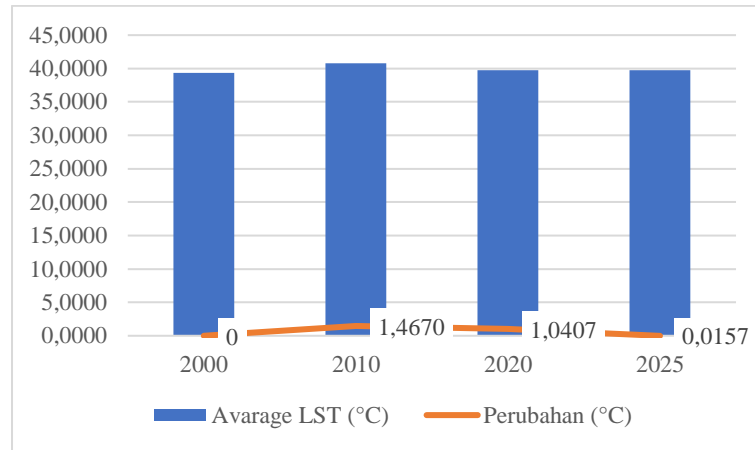
*Land Surface Temperatur (LST)* dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi suhu permukaan lahan dan distribusi suhu permukaan pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang. Analisa dilakukan dengan menggunakan citra landsat dengan menggunakan band thermal yaitu saluran 6 (band 6) untuk citra landsat 7 dan 5, dan saluran 10 (band 10) untuk citra landsat 8 dan 9. Pengolahan land suracer temperatur dilakukan melalui pengolahan *Radian Spektral*, *Brightness Temperatur (BT)*, kemudian menentukan *Normalized Difference Vegetasi Index (NDVI)*, *Proportion Vegetation (PV)*, selanjutnya menentukan nilai dari *Emissivity (e)*, dan terakhir menghitung nilai LST. Langkah- Langkah pengolahan tersebut dilakukan menggunakan platform *Google Earth Engine (GEE)* dengan prompt (Lampiran2). Berdasarkan langkah- langkah pengolahan yang telah dilakukan sehingga dapat diperoleh nilai LST di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang pada tahun 2000, 2010, 2020, dan 2025 sebagai berikut.

**Tabel 4.9 Nilai LST Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang**

Keterangan	LST (°C)			
	2000	2010	2020	2025
<b>Minimum LST</b>	20,7451	20,1291	16,4875	25,6272
<b>Maximum LST</b>	63,6589	61,8819	55,1805	55,1844
<b>Avarage LST</b>	39,3461	40,8131	39,7724	39,7880
<b>Standar Deviasi</b>	4,4144	4,8044	4,2476	4,5009

*Sumber : Hasil Analisis, 2026*

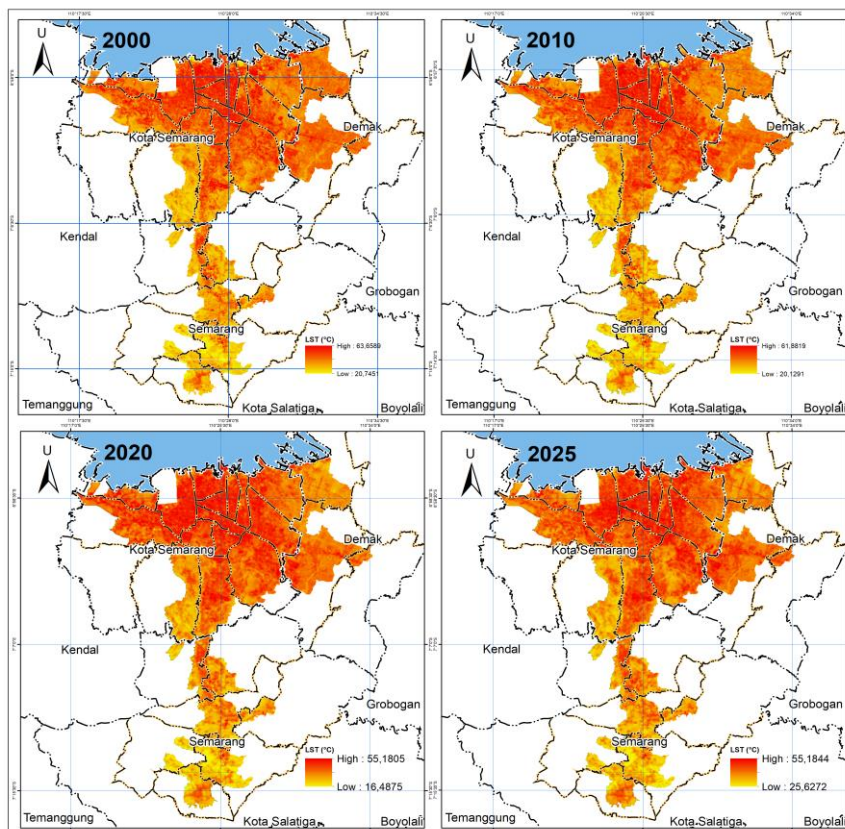
Hasil pengolahan Land Surface Temperatur menunjukkan bahwa nilai maximum LST terbesar terjadi pada tahun 2000 yaitu suhu permukaan pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang mencapai 63,6589°C. Sedangkan nilai minimum LST terendah terjadi pada tahun 2020, dimana suhu permukaan berada pada suhu 16,4875 °C. Selanjutnya untuk nilai rata- rata LST tertinggi terjadi pada tahun 2010 dengan suhu permukaan mencapai 40,8131°C. Selain itu suhu rata- rata pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang menunjukkan adanya perubahan setiap periodenya. Berikut merupakan nilai perubahan suhu setiap periode.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

#### Gambar 4.14 Nilai Perubahan Suhu Setiap Periode

Rata- rata suhu permukaan yang ada di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang menunjukkan adanya variasi suhu permukaan setiap periode. Pada Tahun 2000 rata- rata suhu permukaan sebesar  $39,3461^{\circ}\text{C}$  mengalami peningkatan sebesar  $1,4570^{\circ}\text{C}$ . Namun pada tahun 2020 menunjukkan terjadi penurunan rata rata suhu permukaan sebesar  $1,0407^{\circ}\text{C}$  sehingga rata rata pada tahun tersebut menjadi  $39,7724^{\circ}\text{C}$  dan tahun 2025 mengalami penurunan suhu sebesar  $0,0157^{\circ}\text{C}$ .



Sumber : Hasil Analisis, 2026

#### Gambar 4.15 Peta LST di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang

- *Urban Heat Island (UHI)*

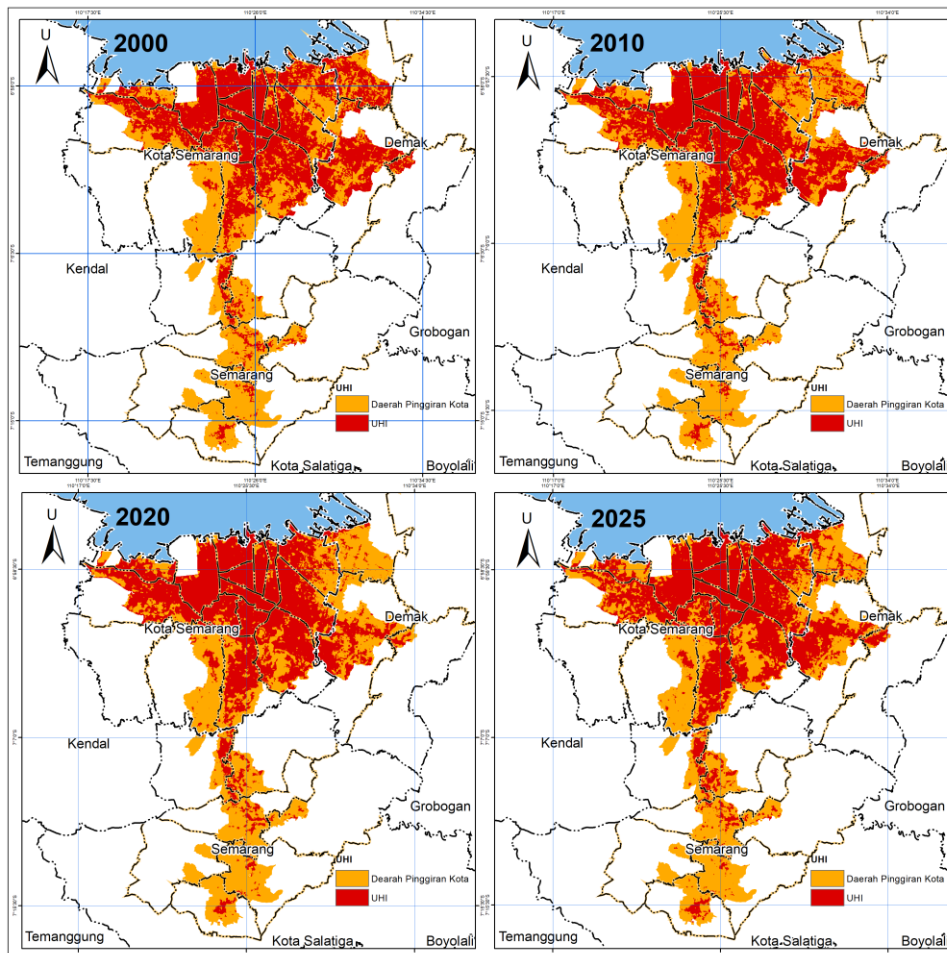
Analisis Urban Heat Island dilakukan untuk mengidentifikasi intensitas panas relatif setiap wilayah untuk mengetahui distribusi spasial UHI pada kawasan perkotaan. Analisis ini dilakukan dengan memanfaatkan data Land Surface Temperature yang sudah dilakukan sebelumnya. Dalam penerapannya, perhitungan suhu dilakukan melalui pendekatan intra-urban dengan menggunakan statistik distribusi LST, yaitu menggunakan nilai rata-rata dan standar deviasi LST seluruh piksel dalam Kawasan Perkotaan sebagai acuan ambang batas. Pengolahan *Urban Heat Island* yang telah dilakukan dengan menggunakan rumus tersebut diperoleh nilai indeks yang menggambarkan tingkat distribusi suhu pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang. Nilai UHI selanjutnya diklasifikasikan menjadi beberapa tingkat klasifikasi untuk menggambarkan area berdasarkan wilayah terjadi UHI dan Daerah Pinggiran Perkotaan atau wilayah Non UHI. Klasifikasi ini dilakukan dengan menggunakan rentang nilai UHI yaitu sebagai berikut.

**Tabel 4.10 Klasifikasi Nilai UHI**

<b>UHI</b>	<b>Nilai</b>
<b>Daerah Pinggiran Perkotaan (Non-UHI)</b>	<0
<b>UHI</b>	≥ 0

*Sumber:* (Chenganakkattil & Sam, 2026)

Berdasarkan Klasifikasi nilai UHI seperti table diatas dapat diperoleh nilai UHI di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang pada tahun 2000,2010,2020, dan 2025. Klasifikasi tersebut menunjukkan tingkat distribusi panas antara wilayah urban dan daerah pinggiran. Area daerah pinggiran kota menunjukkan suhu piksel lebih dingin dari rata-rata. Sedangkan area UHI menggambarkan bahwa suhu piksel sama dengan atau lebih panas dari nilai rata-rata suhu. Berikut adapun hasil visualisasi pengolahan Urban Heat Island Pada Kawasan Perkotaan Semarang Raya.



Sumber : Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.16** Peta UHI Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang  
Tahun 2000, 2010, 2020, dan 2025

Berdasarkan hasil pengolahan UHI yang telah dilakukan pada tahun 2000,2010,2020, dan 2025, adapun perbandingan nilai luas pada tiap klasifikasi UHI yaitu sebagai berikut.

**Tabel 4.11** Nilai Luas Klasifikasi UHI

Keterangan	Luas (Ha)			
	2000	2010	2020	2025
<b>UHI</b>	19125,54	18864,99	19044,27	19142,19
<b>Daerah Pinggiran (Non UHI)</b>	18936,27	19196,91	19010,88	18908,64

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Perbandingan nilai luas pada klasifikasi UHI dan Daerah pinggirngiran membentuk pola distribusi yang mengindikasi terjadi transformasi termal wilayah. Perbandingan luas UHI dan non UHI sendiri menunjukkan kecenderungan nilai yang

masih stabil dan bervariasi setiap tahunnya. Pada tahun 2000 luas wilayah UHI hanya sebesar 19125,54 Ha mengalami peningkatan sebesar 19142,19 Ha pada tahun 2025. Peningkatan luas area UHI mengindikasikan terjadi peningkatan aktivitas perkotaan atau perubahan tutupan lahan. Sementara nilai luas pada klasifikasi Non UHI atau pada daerah pinggiran pada tahun 2000 sebesar 18936,27 Ha mengalami penurunan pada tahun 2025 menjadi 18908,64 Ha. Penurunan luas area ini mengidentifikasi bahwa wilayah inti perkotaan mengalami perluasan ke daerah pinggiran perkotaan.

#### **4.4 Analisis Pengurangan Risiko Bencana**

##### **4.4.1 Risiko Bencana**

Perubahan iklim yang terjadi dapat mempengaruhi peningkatan frekuensi dan intensitas bencana hidrometeorologi, salah satunya yaitu peningkatan suhu ekstrim. Fenomena *Urban Heat Island* di kawasan perkotaan berperan sebagai faktor utama dari dampak perubahan iklim, khususnya terkait peningkatan suhu. Akumulasi panas yang terjadi pada kawasan dengan kepadatan bangunan tinggi menyebabkan temperature permukaan maupun temperatur udara perkotaan berada pada tingkat yang lebih tinggi dari pada area di luar kota. Pemetaan risiko bencana dalam penelitian ini dilakukan menggunakan 2 parameter utama yaitu *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) dan intensitas fenomena pulau panas yang direpresentasikan oleh nilai *Urban Heat Island* (UHI).

Fenomena *Urban Heat Island* merupakan salah satu komponen ancaman (*hazard*) yang merepresentasikan bahwa peningkatan suhu permukaan menjadi salah satu dampak nyata perubahan iklim di wilayah perkotaan. Fenomena *Urban Heat Island* merupakan bentuk bahaya iklim yang berpotensi menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia dan keberlanjutan sistem perkotaan. Sedangkan Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang yang direpresentasikan dengan *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) yang menggambarkan tingkat kerentanan fisik (*physical vulnerability*) kawasan. Tingkat kerentanan sendiri merupakan salah satu faktor yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat risiko bencana di suatu wilayah, dimana semakin tinggi tingkat kerentanan suatu wilayah maka semakin tinggi pula tingkat risiko bencana pada wilayah tersebut. Tingkat kerentanan pada suatu wilayah dapat diidentifikasi melalui indikator kerentanan yaitu sebagai berikut.



Sumber:

**Gambar 4.17 Indikator dalam identifikasi kerentanan**

Indikator kerentanan pada gambar diatas menunjukkan bahwa *Normalized Defference Built-Up Index* (NDBI) termasuk kedalam parameter ke dua yaitu sebagai variabel yang menggambarkan lahan terbangun dan non terbangun, dimana kawasan yang semakin menunjukkan lahan terbangun lebih rentan terhadap bencana. Sedangkan lahan non terbangun menunjukkan kerentanan yang lebih tidak rentan. Sehingga dari kedua variable diatas pengolahan risiko bencana dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut.

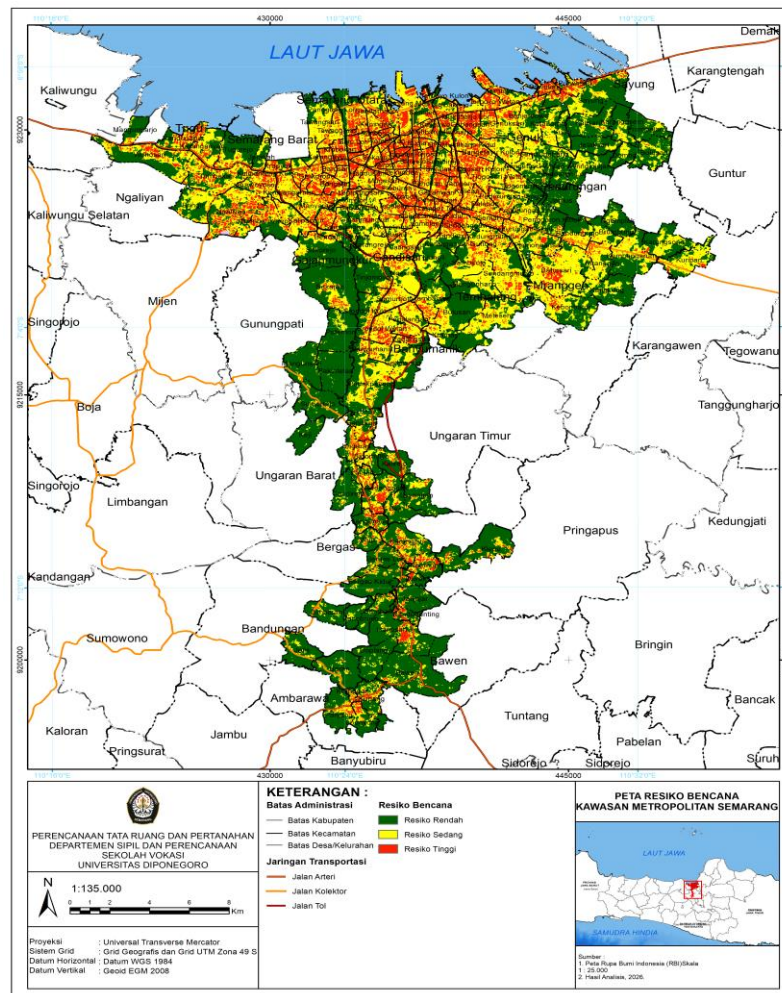


Sumber: Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.18 Diagram Risiko Bencana**

Berdasarkan diagram diatas, tingkat risiko bencana suhu permukaan di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang diperoleh melalui integrasi antara komponen ancaman (*hazard*) dan kerentanan (*vulnerability*). Hasil perhitungan tingkat risiko tersebut kemudian di klasifikasikan menjadi 3 tingkat yaitu tingkat risiko rendah, sedang, dan tinggi. Berikut merupakan hasil pengolahan dari risiko

bencana suhu permukaan di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang. Berikut adapun peta tingkat risiko bencana.



Sumber: Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.19 Peta Risiko Bencana Hidrometeorologi**

Hasil pemetaan risiko bencana pada gambar di atas, menunjukkan bahwa sebaran risiko bencana dengan kategori tinggi terkonsentrasi pada wilayah-wilayah perkotaan yang memiliki tingkat kepadatan penduduk dan aktivitas yang tinggi. Pola spasial ini menunjukkan adanya keterkaitan yang kuat antara kepadatan kawasan terbangun dengan meningkatnya tingkat kerentanan terhadap berbagai ancaman bencana. Kawasan dengan kepadatan tinggi umumnya ditandai oleh dominasi lahan terbangun, berkurangnya tutupan vegetasi, serta tingginya intensitas penggunaan lahan untuk permukiman, perdagangan, dan jasa. Kondisi tersebut berkontribusi terhadap terbentuknya fenomena Urban Heat Island (UHI), yaitu peningkatan suhu permukaan di kawasan perkotaan dibandingkan wilayah sekitarnya akibat

penyerapan dan penyimpanan panas oleh material bangunan, infrastruktur, dan minimnya ruang terbuka hijau. Fenomena UHI ini tidak hanya memperburuk kondisi termal dan kenyamanan lingkungan, tetapi juga meningkatkan kerentanan terhadap bencana, terutama bencana hidrometeorologi seperti banjir, kekeringan, dan gelombang panas. Suhu yang lebih tinggi dapat mempercepat evaporasi, mengurangi kelembapan udara, serta meningkatkan frekuensi dan intensitas kejadian ekstrem. Berikut adapun luasan tingkat risiko bencana di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang.

**Tabel 4.12 Luasan Tingkat Risiko Bencana di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang**

No	Tingkat Risiko	Luas (Ha)
1.	Risiko Rendah	17707,86
2.	Risiko Sedang	15357,24
3.	Risiko Tinggi	4985,73

*Sumber: Hasil Analisis, 2026*

Hasil pengolahan tingkat risiko bencana suhu permukaan yang ada di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang menunjukkan bahwa tingkat risiko bencana tinggi memiliki luasan 4985,73 Ha atau seluas 13,1% dari total luas wilayah. Kawasan tersebut memiliki potensi mengalami peningkatan akumulasi panas akibat dominasi lahan terbangun yang tinggi serta terbatasnya kapasitas lingkungan dalam menurunkan suhu secara alami. Selain itu, di Kawasan Perkotaan juga memiliki tingkat risiko bencana sedang dengan luasan sebesar 15357,24 Ha atau seluas 40,3% dari total luas wilayah. Luasnya kelas risiko sedang mengindikasikan bahwa sebagian besar wilayah studi berada pada kondisi yang rentan mengalami peningkatan tingkat risiko. Kondisi ini menunjukkan bahwa tekanan akibat urbanisasi dan perkembangan kawasan terbangun telah cukup kuat memengaruhi kondisi termal wilayah. Hal ini perlu menjadi perhatian karena kawasan dengan risiko sedang merupakan area transisi yang berpotensi mengalami peningkatan menjadi risiko tinggi apabila ekspansi lahan terbangun terus berlangsung dan tanpa adanya upaya pengendalian yang memadai.

#### **4.4.2 Dampak**

Perkembangan kawasan perkotaan yang ditandangi oleh peningkatan lahan terbangun dan berkurangnya ruang terbuka hijau dapat menyebabkan kemampuan permukaan dalam menyerap dan menyimpan panas menjadi semakin tinggi. Kondisi

tersebut mengakibatkan terjadi peningkatan suhu permukaan maupun suhu udara di kawasan perkotaan terutama pada daerah dengan kepadatan bangunan dan aktivitas yang tinggi. Fenomena Urban Heat Island menjadi salah satu permasalahan lingkungan perkotaan, kesehatan, dan sosial. Berikut adapun berbagai dampak dari pertumbuhan kawasan perkotaan dengan peningkatan intensitas Urban Heat Island.

**Tabel 4.13 Kajian Dampak dari Risiko Bencana**

<b>Dampak</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Sumber</b>
<b>Dampak terhadap kenyamanan Thermal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Degradasi THI (Temperature Humidity Index) menurun di pusat kota</li> </ul>	(Zulkiflar et al., 2022) (Hidayati & Banja, 2018)
<b>Kesehatan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Heat Stress &amp; Heat Stroke (UHI → suhu udara &amp; radiasi permukaan meningkat → beban termal tubuh melampaui kapasitas keringat → kegagalan sistem simpatis)</li> <li>Gangguan Pernapasan (akibat dari polusi udara)</li> </ul>	(Nanayakkara et al., 2023) (Bao et al., 2025)
<b>Peningkatan Tren Curah Hujan Ekstrem dan Aerosol</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peningkatan intensitas UHI di kawasan megapolitan Jakarta terbukti mendorong kenaikan konsentrasi aerosol di atmosfer perkotaan, yang selanjutnya menjadi pemicu meningkatnya curah hujan ekstrem dan berdampak pada intensitas banjir yang terus meningkat sejak tahun 1986.</li> </ul>	(Syamsudin & Lestari, 2017)
<b>Lingkungan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kualitas Udara: Peningkatan suhu akibat UHI berpotensi menurunkan kualitas udara melalui peningkatan konsentrasi polutan ozon di lapisan permukaan kawasan perkotaan.</li> <li>Siklus Hidrologi: Fenomena UHI berpotensi mengganggu keseimbangan siklus hidrologi lokal melalui berkurangnya proses evapotranspirasi dari tanaman dan tanah, yang pada gilirannya dapat memicu kondisi kekeringan di sejumlah wilayah.</li> <li>Keanekaragaman Hayati: Kondisi suhu yang tinggi dan perubahan kualitas lingkungan akibat UHI berpotensi mendegradasi ekosistem perkotaan dan menurunkan tingkat keanekaragaman hayati di kawasan tersebut.</li> <li>Konsumsi Energi: UHI berpotensi mendorong peningkatan kebutuhan energi untuk sistem pendinginan bangunan, yang secara tidak</li> </ul>	(Asfiya & Indah, 2024) (Afviya, 2025)

Dampak	Keterangan	Sumber
	langsung turut berkontribusi pada peningkatan emisi gas rumah kaca.	

Sumber : Hasil Analisis, 2026

#### 4.4.3 Mitigasi

Perkembangan kawasan perkotaan yang terus terjadi sejalan dengan peningkatan *Urban Heat Island*, serta berbagai dampak yang berpotensi ditimbulkan, menjadi dasar pertimbangan perlunya upaya mitigasi di Kawasan Perkotaan Semarang. Mitigasi *Urban Heat Island* dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan spasial, antara lain peningkatan keberadaan ruang terbuka hijau, penggunaan material bangunan yang lebih ramah lingkungan, serta pengendalian perkembangan kawasan terbangun. Penerapan konsep pembangunan berkelanjutan dan perencanaan tata ruang harus memperhatikan keseimbangan lingkungan sebagai upaya pengurangan intensitas *Urban Heat Island* secara sistematis. Upaya mitigasi fenomena UHI diharapkan mampu menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih nyaman, sehat, dan berkelanjutan bagi seluruh masyarakat Berikut merupakan upaya mitigasi yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak dari risiko bencana.

**Tabel 4.14 Kajian Mitigasi pengurangan Risiko Bencana**

Mitigasi	Keterangan	Sumber
<b>Teknik Pendingin Pasif</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pendinginan pasif merupakan mekanisme transfer energi dari satu ruang ke ruang lainnya untuk mencapai suhu yang lebih rendah dari lingkungan sekitarnya dengan memanfaatkan energi secara minimum. Pendinginan pasif bekerja secara alamiah segera setelah teknik tersebut diterapkan pada bangunan, tanpa memerlukan masukan energi tambahan untuk beroperasi. Contoh strategi pendinginan pasif meliputi beberapa elemen bangunan, antara lain isolasi termal, fasad berventilasi, fasad hijau, dan atap reflektif. Alternatif dari pendinginan pasif adalah pendinginan proaktif yang memerlukan masukan energi untuk dapat beroperasi.</li> </ul>	(Angkasa et al., 2023)
<b>Modifikasi Fisik Bangunan</b>	<p>Modifikasi fisik bangunan dapat dilakukan melalui enam pendekatan utama sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Green Wall</i> diterapkan dengan menambahkan vegetasi pada dinding bangunan sebagai elemen penghijau vertikal</li> </ul>	(Darlina et al., 2018) (Ananta et al., 2024)

Mitigasi	Keterangan	Sumber
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Green Roofs</i> memanfaatkan vegetasi sebagai penutup atap bangunan untuk mereduksi penyerapan panas</li> <li>• <i>Greening Parking Lots</i> (Penghijauan Area Parkir) Strategi ini dilakukan dengan menanam vegetasi di area parkir atau menggunakan material yang bersifat permeabel.</li> <li>• <i>Vegetation Around Buildings</i> (Vegetasi di Sekitar Bangunan) Strategi ini diterapkan dengan membuat taman kecil atau menanam pohon di sekitar buildings untuk memberikan naungan alami.</li> <li>• <i>Reflective Roofs and Walls</i> (Atap dan Dinding Reflektif) Strategi ini menggunakan material beralbedo tinggi pada atap dan dinding sehingga dapat memantulkan lebih banyak panas.</li> <li>• <i>High Albedo Pavement</i> (Permukaan Jalan Beralbedo Tinggi) Strategi ini meningkatkan albedo pada jalan dan trotoar dengan menggunakan material reflektif seperti beton atau aspal khusus.</li> </ul>	
<b>Ruang Terbuka Hijau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penentuan prioritas RTH dilakukan berdasarkan tingkat urgensi dan kontribusi ekologis di kawasan yang memiliki intensitas UHI tinggi sebagai langkah mitigasi berbasis spasial</li> <li>• Estimasi kebutuhan ruang terbuka hijau</li> </ul>	(Astuti et al., 2022) (Arifah & Susetyo, 2018a)
<b>Konsep Rancangan Mitigasi UHI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Urban Cooling</i> merupakan konsep perancangan berbasis alam (nature-based concept) yang pada prinsipnya memanfaatkan ekosistem alami atau yang dikelola secara berkelanjutan untuk mengatasi berbagai tantangan lingkungan. Adapun perancangan konsep urban cooling: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fiture hijau</li> <li>2. Fiture biru</li> <li>3. Fiture abu</li> <li>4. Naungan (Shading)</li> </ol> </li> </ul>	(Atianta et al., 2025)

Mitigasi	Keterangan	Sumber
	5. Geometri Kota dan penggunaan lahan (intensitas pemanfaatan ruang) 6. Energi <ul style="list-style-type: none"> <li>• Climate Sensitive Urban Design (CSUD) bertujuan dari climate sensitive design adalah mendapatkan kenyamanan termal bagi pengguna ruang.</li> <li>• Bioclimatic Design berfokus pada meningkatkan tingkat kenyamanan dengan mengoptimalkan kesesuaian dan pemanfaatan potensi penuh solusi pasif yang terkait dengan iklim local.</li> <li>• Vernacular Design Konsep ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan perkotaan yang harmonis dengan konteks budaya, sosial, dan lingkungan setempat.</li> </ul>	
<b>Efektivitas Pertanian Perkotaan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pertanian perkotaan (<i>urban farming</i>) dinilai sebagai salah satu strategi mitigasi UHI yang relevan diterapkan pada kawasan dengan tingkat kepadatan tinggi. Tujuan utama penerapan <i>urban farming</i> adalah memperkuat ketahanan pangan di tengah keterbatasan ketersediaan lahan perkotaan. Implementasi <i>urban farming</i> memiliki cakupan manfaat yang lebih luas dalam dimensi keberlanjutan lingkungan, yaitu berkontribusi terhadap penurunan emisi gas rumah kaca sekaligus menjaga kualitas udara di kawasan perkotaan. Pertanian kota juga berpotensi meningkatkan kuantitas ruang terbuka hijau yang ketersediaannya sangat terbatas di kawasan perkotaan padat.</li> </ul>	(Octarino, 2023)
<b>Pembatasan Efek Pulau Panas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infrastruktur Hijau           <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Green Roof: Menerapkan atap hijau dengan vegetasi untuk menyerap sinar matahari, mengurangi penyerapan panas, dan memberikan insulasi.</li> <li>2. Green Wall: taman vertikal pada fasad bangunan untuk meningkatkan pendingin dan kualitas udara</li> <li>3. Green Parking and Pavement: Penggunaan permukaan vegetasi di tempat parkir dan trotoar untuk mengurangi penumpukan panas ke atas</li> </ol> </li> </ul>	(Sharma et al., 2025)

Mitigasi	Keterangan	Sumber
	<p>4. Shaded street: tanam pohon di sepanjang jalan untuk memberikan keteduhan dan mengurangi paparan sinar matahari langsung.</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan bangunan berkelanjutan           <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reflective Street Pavement: Penggunaan material reflektif seperti permukaan berwarna terang untuk jalan atau trotoar, untuk membantu mengurangi penyerapan panas</li> <li>2. Cool Roof Coatings : aplikasi pelapis reflektif pada system atap untuk mengurangi penyerapan panas thermal dari matahari</li> <li>3. Colour Changing Paint; Penggunaan cat termokromatik untuk pantulan yang dikontrol suhu</li> <li>4. Bright Material: penggunaan bahan dengan albedo tinggi</li> <li>5. Energy efficient Appliances Mendrong peralatan hemat energi yang dapat menghemat konsumsi energi</li> </ol> </li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perencanaan Kota dan Penggunaan Lahan           <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Smart Growth Practice: Merancang lingkungan yang kompak dan multifungsi serta membatasi perluasan wilayah untuk meminimalkan dampak pulau panas.</li> <li>2. Penutup Vegetasi: tanam lebih banyak pohon dan semak untuk menciptakan naungan dan mengurangi panas.</li> <li>3. Penggunaan Campuran: mendorong kegiatan campuran berupa perumahan, komersial, dan rekreasi untuk mengurangi produksi panas terlokak</li> <li>4. Penataan dan Bentuk bangunan : pembuatan desain dengan ventilasi alami dan pembuangan panas</li> <li>5. Heat- Tolerant landscaping: pemilihan vegetasi local yang cocok dengan iklim dan tidak terlalu membutuhkan banyak air</li> <li>6. Cooling centers: identifikasi area di masyarakat (misalnya taman, Gedung) yang dapat berfungsi sebagai pusat pendingin saat cuaca panas.</li> </ol> </li> </ul>	

Mitigasi	Keterangan	Sumber
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebijakan dan Edukasi               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perundang- Undangan</li> <li>2. Kesadaran Masyarakat</li> </ol> </li> </ul>	

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Berdasarkan upaya mitigasi yang dapat dilakukan diatas, pengembangan area prioritas Ruang Terbuka Hijau menjadi solusi yang paling sesuai dengan Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang saat ini. Kondisi eksisting menunjukkan bahwa Ruang Terbuka Hijau pada Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang yang mencakup Kabupaten Semarang, Kabupaten Demak, dan Kota Semarang hingga saat ini masih belum memenuhi standar luasan minimal 20% sesuai dengan Undang-Undang No 26 Tahun 2007. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan Ruang Terbuka Hijau tidak hanya berperan sebagai upaya mitigasi Urban Heat Island tetapi juga dapat digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan ruang terbuka hijau pada wilayah studi. Berikut merupakan luasan kondisi eksisting ruang terbuka hijau di Kabupaten Semarang, Kabupaten Demak dan Kota Semarang.

**Tabel 4.15 Kebutuhan RTH**

Kabupaten/ Kota	Luas RTH Eksisting (Ha)	Luas Kebutuhan RTH (Ha)	Presentase ketersediaan RTH (%)
Kabupaten Semarang	1.974,71	3.291,09	6,99
Kabupaten Demak	901,60	3.885,18	5,49
Kota Semarang	4.980,41	7.734,80	6,73

Sumber: Pusdataru Provinsi Jawa Tengah

Berdasarkan luasan Ruang Terbuka Hijau pada kondisi eksisting menunjukkan bahwa 3 Kabupaten/ Kota yang termasuk kedalam Kawasan Perkotaan Semarang Raya saat ini masih jauh dari standar minimal 20% luas ruang terbuka hijau. Ruang terbuka hijau kondisi eksisting di Kabupaten Demak saat ini masih berada pada presentase 5,49% dengan total kebutuhan RTH sebesar 3.885,18 Ha, sementara Kabupaten Semarang presentasi ruang terbuka hijau saat ini mencapai 6,99% dengan total luas kebutuhan ruang terbuka hijau sebesar 3.291,09 Ha, dan Kota Semarang saat ini presentase ruang terbuka hijau hanya 6,73% dengan total luas kebutuhan ruang terbuka hijau sebesar 7.734,80 Ha. Ketersediaan ruang terbuka hijau saat ini menunjukkan bahwa ke tiga Kabupaten yang termasuk kedalam Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang masih membutuhkan ruang terbuka hijau sebesar 13-15%

dari standar yang ditetapkan. Pemenuhan kebutuhan ruang terbuka hijau pada ke 3 kabupaten/kota tersebut, dapat dipenuhi melalui pengembangan ruang terbuka hijau pada kawasan-kawasan prioritas dalam perkotaan Semarang.

Penentuan area prioritas pengembangan Ruang Terbuka Hijau dilakukan melalui pendekatan spasial menggunakan metode *weighted overlay*. Data yang digunakan dalam penentuan area prioritas sendiri terdiri dari tiga variable utama yaitu NDBI (*Normalized Defference Built Index*), Intensitas *Urban Heat Island* dan *Forest Canopy Density* (FCD). Kawasan yang secara bersamaan memiliki nilai FCD rendah, NDBI tinggi, dan UHI tinggi diidentifikasi sebagai zona dengan prioritas utama sebagai area prioritas pengembangan RTH. Tahapan pengolahan yang dilakukan yaitu dimulai dari skoring dan pembobotan. Berikut merupakan penjabaran skoring pada setiap variable yang digunakan.

**Tabel 4.16 Skoring Variabel**

<b>NDBI</b>	<b>Skor</b>	<b>FCD</b>	<b>Skor</b>	<b>UHI</b>	<b>Skor</b>
<b>Non Permukiman</b>	<b>1</b>	<b>Kerapatan Vegetasi Rendah</b>	<b>1</b>	<b>UHI</b>	<b>1</b>
<b>Permukiman Jarang</b>	<b>2</b>	<b>Kerapatan Vegetasi Sedang</b>	<b>2</b>	<b>Non-UHI</b>	<b>2</b>
<b>Permukiman Rapat</b>	<b>3</b>	<b>Kerapatan Vegetasi Tinggi</b>	<b>3</b>		
<b>Permukiman Sangat Rapat</b>	<b>4</b>				

Sumber : (Arifah & Susetyo, 2018b)

Setelah dilakukan pengolahan menggunakan metode *Weighted Overlay*, yang selanjutnya dapat diklasifikasikan menjadi 5 klasifikasi prioritas RTH melalui pembagian kelas dengan metode *Equal Interval*, sehingga dapat dihasilkan area prioritas RTH sebagai berikut.

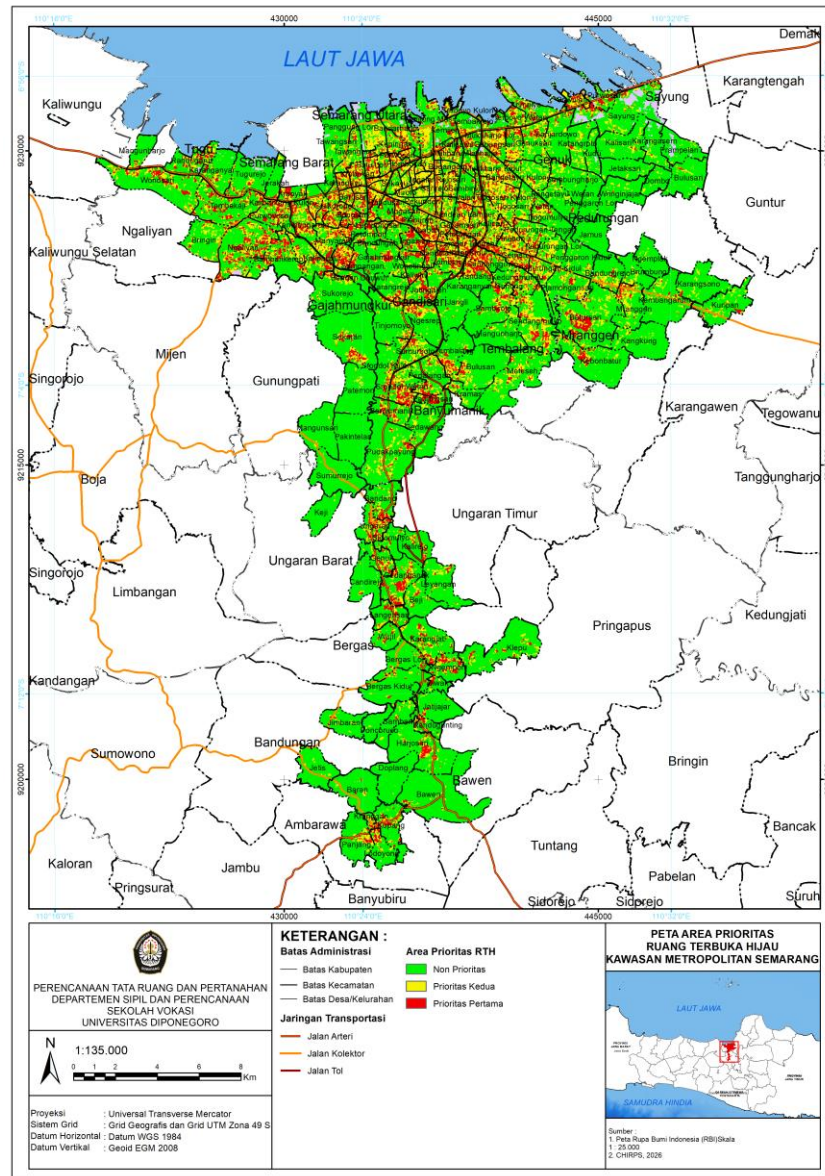
**Tabel 4.17 Luasan Area Prioritas RTH**

<b>No</b>	<b>Klasifikasi</b>	<b>Luasan (Ha)</b>
<b>1.</b>	<b>Non Prioritas</b>	<b>264,51</b>

No	Klasifikasi	Luasan (Ha)
2.	Non Prioritas	17635,50
3.	Non Prioritas	9694,08
4.	Prioritas Kedua	6356,52
5.	Prioritas Pertama	3177,27

*Sumber: Hasil analisis, 2026*

Berdasarkan klasifikasi luas area prioritas pengembangan RTH diatas dapat dilihat bahwa Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang memiliki tingkat prioritas yang tinggi terhadap pengembangan RTH. Luasan prioritas RTH terbatas berada pada klasifikasi Prioritas kedua (Moderate Priority) yaitu sebesar 18% dari total luas wilayah. Sedangkan wilayah dengan prioitas pertama (High Priority) memiliki luas yang lebih kecil yaitu sebesar 1% dari total luas wilayah. Hasil identifikasi area prioritas ruang terbuka hijau yang telah dilakukan dapat digunakan menjadi dasar arahan pengembangan ruang terbuka hijau di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang. Berikut adapun peta area prioritas pengembangan Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang Raya.



Sumber : Hasil analisis, 2026

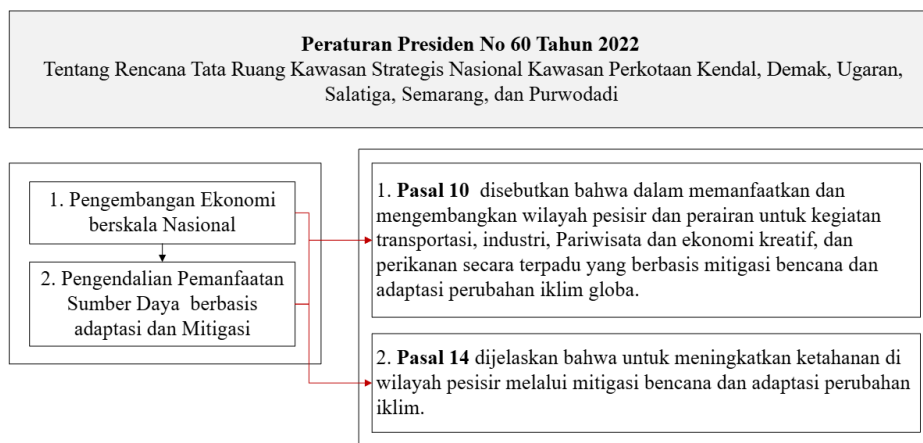
**Gambar 4.20 Peta Area Prioritas RTH**

Ruang terbuka hijau dapat menjadi solusi yang efektif dalam mitigasi efek Urban Heat Island atau panas kota. Hal tersebut telah dibuktikan oleh berbagai penelitian terdahulu, diantaranya pada Studi Kasus New Delhi dan Bangalore menunjukkan bahwa Kawasan dengan tutupan hijau yang tinggi yang terjadi pada Chhatarour di Delhi dan Lalbagh di Bangalore memiliki suhu udara dan suhu globe yang lebih rendah. Sedangkan Kawasan dengan tutupan hijau yang lebih rendah seperti Belvedere (Delhi) dan Bellandur (Bangalore) mengalami suhu yang lebih tinggi. Peneliti juga merekomendasikan minimal tutupan hijau sebesar 30-40% dalam desain tata kota sebagai upaya mitigasi untuk penurunan suhu yang signifikan

(Sharma et al., 2025). Selain itu, menunjukkan bahwa Ruang hijau dengan luasan yang besar dan saling terkoneksi memiliki kemampuan yang lebih besar dalam menurunkan suhu permukaan. Penurunan suhu permukaan tersebut terjadi dari proses evaporasi dan distribusi pendingin yang lebih merata. Sedangkan bentuk ruang terbuka yang lebih sederhana dan kurang kompleks cenderung lebih optimal dalam mengurangi suhu dibandingkan bentuk yang kompleks. Hal ini terjadi karena bentuk yang sederhana memiliki sedikit tepi yang meningkatkan edge effects dan memperbesar efisiensi dalam proses pendinginan (Xiao et al., 2018). Oleh karena itu, penentuan karakteristik ruang terbuka hijau seperti, ukuran, lokasi, kepadatan vegetasi, dan desain ruang memiliki peran yang sangat penting dalam optimalisasi fungsi pendingin kota.

#### 4.5 Implementasi Tata Ruang sebagai Upaya Mitigasi di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang

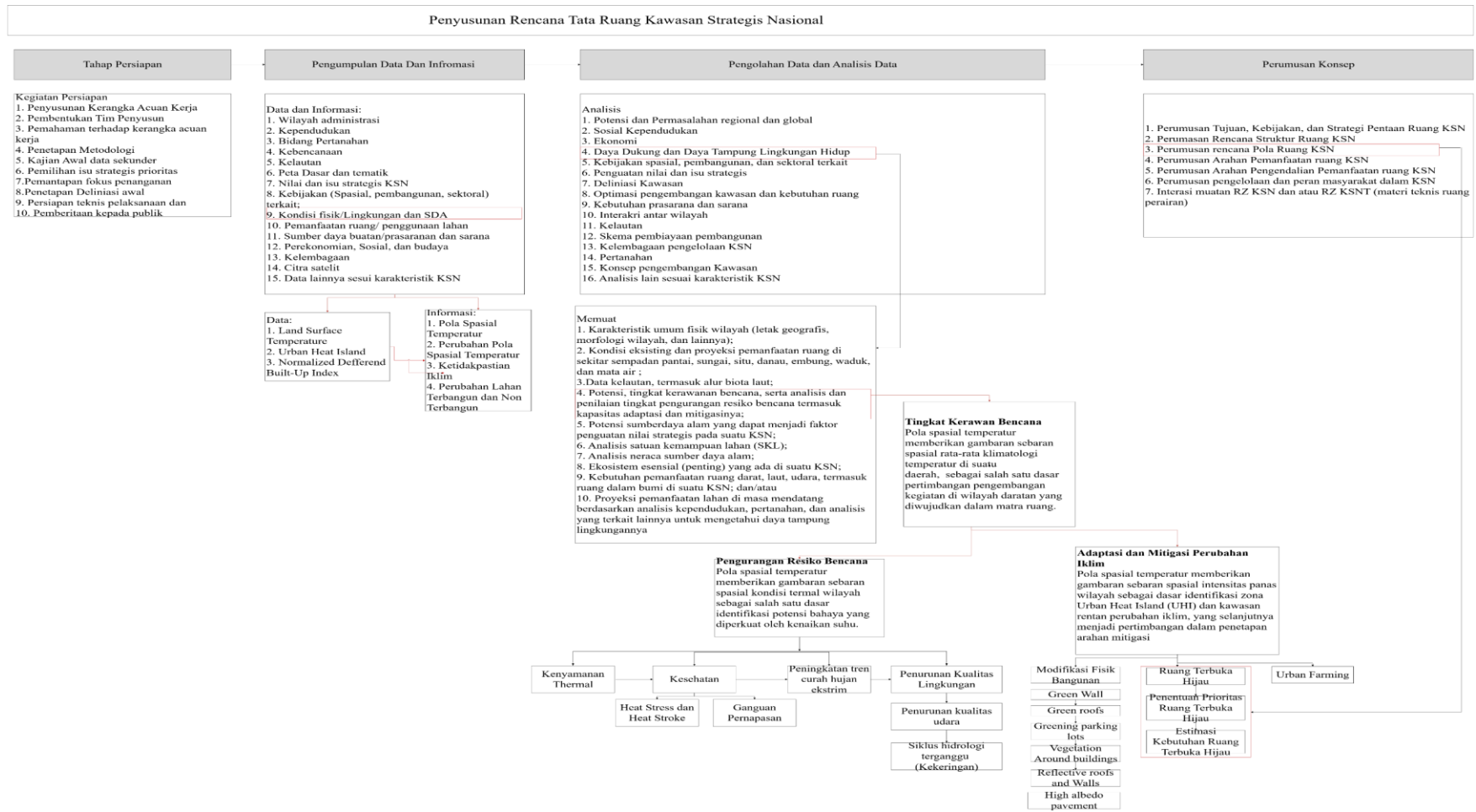
Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang merupakan bagian dari Kawasan Kedungsepur yang ditetapkan sebagai Kawasan Strategis Nasional melalui Peraturan Presiden Nomor 60 Tahun 2022 tidak hanya berperan sebagai pusat pertumbuhan ekonomi di Provinsi Jawa Tengah, tetapi juga menghadapi berbagai risiko bencana hidrometeorologi yang semakin meningkat akibat perubahan iklim dan tekanan urbanisasi. Pengembangan Kawasan Perkotaan Kedungsepur harus memperhatikan upaya mitigasi bencana dan adaptasi perubahan iklim sebagai bagian dari strategi penataan ruang dan pembangunan kawasan. Berikut adapun startegi penataan ruang berdasarakan Peraturan Presiden Nomor 60 Tahun 2022.



Sumber: Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.21 Strategi penataan ruang Kawasan Perkotaan Metropolitan berdasarakan Peraturan Presiden No 60 Tahun 2022**

Berdasarkan kajian terhadap Peraturan Presiden Nomor 60 Tahun 2022, terdapat dua muatan kebijakan yang secara langsung relevan dengan penelitian ini, yaitu Pasal 7 huruf c mengenai pengembangan ekonomi berskala nasional dan internasional serta Pasal 7 huruf g mengenai pengendalian pemanfaatan sumber daya berbasis adaptasi dan mitigasi bencana. Kedua kebijakan tersebut dijabarkan lebih lanjut melalui strategi pada Pasal 10 huruf e dan Pasal 14 huruf d yang menjelaskan bahwa pemanfaatan wilayah pesisir berbasis mitigasi bencana dan adaptasi perubahan iklim menjadi dasar pembangunan di Kawasan Perkotaan Metropolitan Semarang. Hal ini sejalan dengan ketentuan Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/BPN Nomor 10 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penyusunan, Peninjauan Kembali, dan Revisi Rencana Tata Ruang Pulau/Kepulauan, Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Nasional, dan Rencana Detail Tata Ruang Kawasan Perbatasan Negara. Peraturan ini mengatur bahwa penyusunan RTR Kawasan Strategis Nasional memuat aspek daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup khususnya pada tingkat kerawan bencana, serta analisis dan penilaian tingkat pengurangan resiko bencana termasuk kapasitas adaptasi dan mitigasinya. Oleh karena itu, aspek mitigasi bencana dan adaptasi perubahan iklim tidak hanya menjadi arahan pembangunan kawasan, tetapi juga harus diwujudkan dalam penetapan struktur ruang, pola ruang, dan pengendalian pemanfaatan ruang pada RTR Kawasan. Hal ini merupakan upaya untuk mewujudkan pembangunan wilayah yang tangguh terhadap risiko bencana dan perubahan iklim. Selain itu, integrasi data perubahan iklim dalam perencanaan tata ruang diatur dalam Petunjuk Teknis Perubahan Iklim (API) ke dalam Perencanaan Tata Ruang Nomor 5/Juknis-HK.02.01/VI/2024. Berikut adapaun peranan penelitian dalam penyusunan Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Nasional.



Sumber: Hasil Analisis, 2026

**Gambar 4.22 Posisi Penelitian terhadap Penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah**

Peranan data Urban Heat Island sendiri berfungsi sebagai data suhu panas yang merepresentasikan kondisi thermal di permukaan wilayah, sedangkan data *Normalized Difference Built-Up Index* berperan sebagai kawasan terpapar bahaya akibat perubahan iklim. Pemanfaatan data NDBI dan UHI dalam proses penyusunan rencana umum tata ruang Kawasan Strategis Nasional yaitu sebagai dasar pertimbangan dalam mitigasi perubahan iklim maupun pengurangan risiko bencana. Pertimbangan kondisi thermal wilayah diperlukan untuk mengidentifikasi area yang mengalami tekanan suhu tinggi sehingga dapat diarahkan pada pengembangan ruang yang mampu meningkatkan kenyamanan termal dan ketahanan wilayah terhadap dampak perubahan iklim. Hasil analisis mitigasi perubahan iklim yang didasarkan pada kondisi thermal wilayah selanjutnya menjadi pertimbangan dalam penyusunan konsep rencana tata ruang yang menjadi masukan dalam penetapan rencana pola ruang. Penetapan pola ruang perlu mempertimbangkan kondisi thermal wilayah sebagai wujud responsivitas rencana tata ruang terhadap isu perubahan iklim. Selanjutnya, arahan pola ruang tersebut perlu ditindak lanjuti ke dalam indikasi program sebagai instrumen implementasi rencana tata ruang.