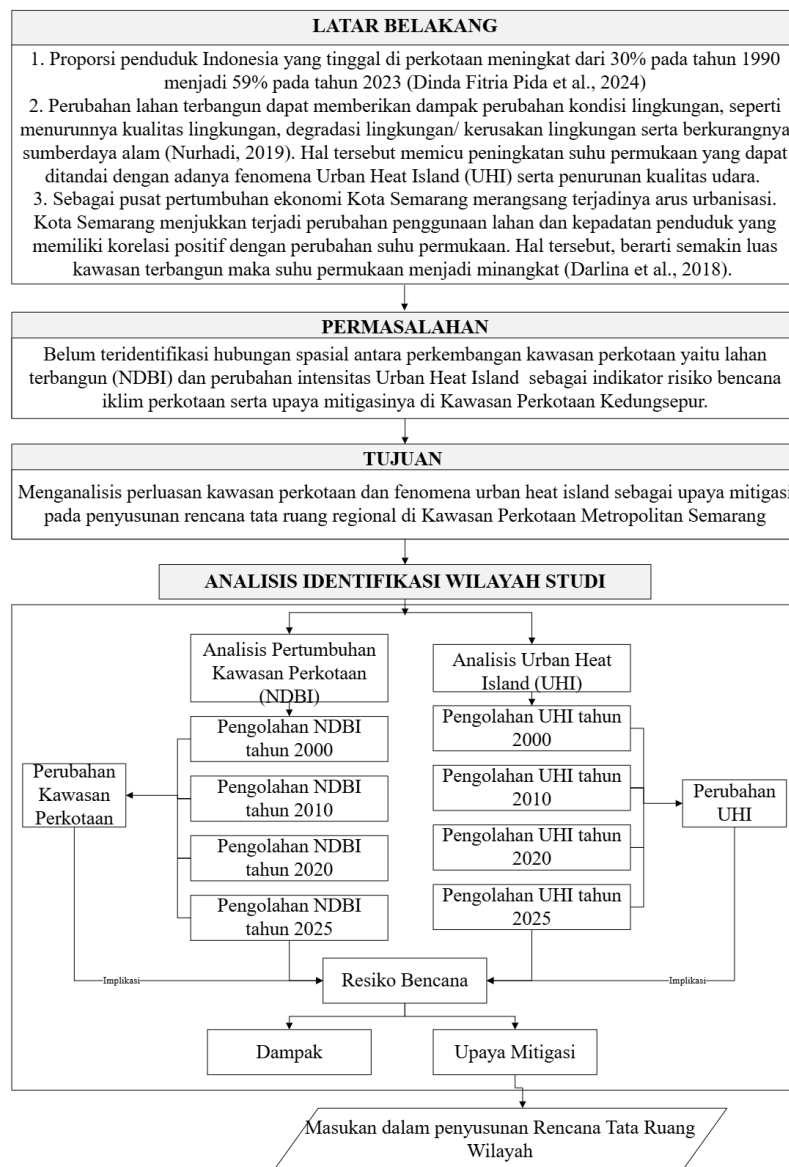


## BAB 2 KONSEP PERENCANAAN

### 2.1 Konsep Analisis

Analisis merupakan tahapan penting dalam penelitian yang bertujuan mengubah data menjadi informasi yang bermakna melalui proses yang sistematis. Tahapan tersebut mencakup pengorganisasian, pengolahan, dan interpretasi data sehingga dapat menghasilkan temuan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Oleh karena itu, konsep analisis yang digunakan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini perlu dijelaskan sebagai dasar alur penelitian,



Sumber: Hasil Analisis, 2026

**Gambar 2.1 Diagram Konsep Analisis**

## 2.2 Kajian Teori

### 2.2.1 Pengertian Kota

Kota berasal dari bahasa Sangsekerta, yaitu “*kotta*” yang dalam Bahasa Indonesia juga dikenal sebagai kota atau kuta. Kota dapat didefinisikan melalui berbagai hal, salah satunya oleh *Wirth* yang menjelaskan bahwa Kota sebagai suatu wilayah permukiman yang memiliki populasi dalam jumlah besar, kepadatan penduduk yang tinggi, bangunan yang bersifat permanen, dan komposisi penduduk yang heterogen (Jamaludin, 2017). Kota (*city*) juga dapat dipahami sebagai suatu wilayah yang memiliki konsentrasi penduduk lebih tinggi dibandingkan daerah di sekitarnya. Kawasan perkotaan umumnya dicirikan oleh tingkat kepadatan penduduk yang tinggi serta intensitas aktivitas yang berlangsung secara terus-menerus, sehingga didominasi oleh penggunaan lahan terbangun (Dewantoro, 2020). Kondisi tersebut terbentuk akibat terpusatnya berbagai fungsi dan kegiatan masyarakat dalam satu wilayah. Beragam aktivitas yang berkembang di kawasan perkotaan meliputi kegiatan sosial, ekonomi, pemerintahan, pendidikan, budaya, hingga hiburan (Littaqwa, 2025). Selain itu, ketersediaan fasilitas dan infrastruktur yang relatif lengkap menjadikan kawasan perkotaan memiliki daya tarik bagi masyarakat untuk menetap, baik secara permanen maupun sementara. Akumulasi berbagai aktivitas tersebut mendorong terjadinya dinamika perkembangan kota yang menyebabkan perubahan fisik maupun nonfisik dari waktu ke waktu (Kontryana, 2021).

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Otonomi Daerah, kota didefinisikan sebagai kawasan yang aktivitas utamanya didominasi oleh sektor nonpertanian dengan fungsi utama sebagai pusat pelayanan pemerintahan, pelayanan sosial, dan kegiatan ekonomi. Sementara itu, Kamus Tata Ruang menjelaskan bahwa kota merupakan suatu permukiman yang memiliki jumlah penduduk relatif besar, luas wilayah yang terbatas, bercirikan aktivitas nonagraris, serta tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Selanjutnya, Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang menetapkan bahwa kawasan perkotaan memiliki dua karakteristik utama. Pertama, kawasan tersebut didominasi oleh kegiatan budidaya nonpertanian atau mata pencaharian penduduk yang sebagian besar bergerak di sektor industri, perdagangan, dan jasa. Kedua, kawasan perkotaan berfungsi sebagai pusat pelayanan dan distribusi barang maupun jasa yang didukung oleh ketersediaan sarana dan prasana, termasuk sistem transportasi yang melayani wilayah dalam skala kabupaten atau beberapa kecamatan. Berdasarkan karakteristik tersebut, kawasan perkotaan tidak hanya dapat dipahami dari fungsi dan perannya sebagai pusat aktivitas, tetapi juga dapat ditinjau berdasarkan ukuran dan tingkat perkembangan wilayah perkotaannya. Ukuran

kota merupakan konsep besaran atau skala kota yang sering diukur berdasarkan jumlah penduduk dan luas wilayah kota. Selain jumlah penduduk, faktor kepadatan dan hubungan sosial-ekonomi antara pusat kota dengan wilayah sekitarnya, juga termasuk dalam indikator penentuan ukuran dan fungsi kota (Pratama, 2025). Kawasan perkotaan dapat diklasifikasikan berdasarkan cakupan pelayanan penduduknya sebagai berikut (Jamaludin, 2017).

1. Kawasan perkotaan kecil merupakan kawasan perkotaan yang melayani jumlah penduduk antara 10.000 hingga 100.000 jiwa
2. Kawasan perkotaan sedang adalah kawasan perkotaan dengan cakupan pelayanan penduduk berkisar antara 100.001 hingga 500.000 jiwa
3. Kawasan perkotaan besar merupakan kawasan perkotaan yang melayani penduduk dengan jumlah lebih dari 500.000 jiwa
4. Kawasan perkotaan metropolitan, adalah kawasan perkotaan yang mencakup cakupan pelayanan penduduk melebihi 1.000.000 jiwa

### **2.2.2 Perkembangan Kota**

Perkembangan kota memiliki dua pengertian secara kuantitas dan kualitas. Perkembangan kota secara kuantitatif dapat dilihat dari peningkatan faktor-faktor produksi yang dimanfaatkan dalam sistem perekonomian perkotaan. Sementara itu, perkembangan kota secara kualitatif mencerminkan proses menuju kondisi yang lebih matang dan kompleks dalam berbagai aspek pembangunan. Perkembangan kuantitas dan kualitas memiliki hubungan yang saling berkaitan dan kompleks karena masing-masing saling berpengaruh dan harus berjalan secara beriringan. Pertumbuhan dan perkembangan perkotaan merupakan proses yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik yang berasal dari dalam maupun luar wilayah. Faktor kependudukan serta interaksi antarkota menjadi elemen penting yang mendorong perubahan dan perkembangan kawasan perkotaan. Catanese (1998) dalam (Jamaludin, 2017) menjelaskan bahwa perkembangan kota dipengaruhi oleh faktor fisik dan nonfisik. Faktor fisik mencakup berbagai kondisi lingkungan dan karakteristik wilayah yang secara langsung memengaruhi proses pertumbuhan serta perkembangan suatu kota. Faktor-faktor fisik tersebut meliputi beberapa aspek berikut.

- a. Faktor Lokasi

Lokasi kota mempengaruhi pola aktivitas dan interaksi penduduk dalam kawasan perkotaan.

- b. Faktor Geografis

Kondisi geografis turut menentukan kecepatan perkembangan kota, dimana wilayah geografis relatif datar cenderung berkembang lebih cepat dibandingkan dengan kota yang memiliki kondisi geografis yang curam, yang dapat menyulitkan peregrakan penduduk maupun barang.

Sedangkan faktor perkembangan penduduk yang di pengaruhi oleh faktor non- fisik yaitu sebagai berikut.

a. Faktor perkembangan penduduk

Perkembangan penduduk terjadi melalui dua mekanisme utama, yaitu pertumbuhan alami yang dipengaruhi oleh kelahiran dan kematian, serta migrasi yang ditentukan oleh jumlah penduduk yang masuk ke kota.

b. Faktor Aktivitas Kota

Kegiatan perkenomian mempengaruhi perkembangan kawasan perkotaan melalui faktor produksi dan faktor eksternal berupa tingkat permintaan dari daerah lain terhadap komoditas yang dihasilkan oleh wilayah kota.

Perkembangan kota berlangsung dari waktu ke waktu dan menimbulkan tekanan terhadap kebutuhan lahan seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di kawasan perkotaan. Secara garis besar, terdapat tiga proses perkembangan perkotaan melalui perluasan area perkotaan (*urban sprawl*), yaitu sebagai berikut.

1. Perkembangan Konsentris (*concentric development/low density/ continous development*)

Perkembangan ini merupakan pola paling umum di antara perkembangan, dengan perluasan yang terjadi secara merata ke seluruh bagian luar kenampakan fisik kota. Peran transportasi dalam perkembangan ini tidak dominan.

2. Perkembangan memanjang (*ribbon development/linier development/axial development*)

Perkembangan ini menunjukkan ketidakmerataan perluasan area terbangun, di mana perkembangan paling cepat terjadi di sepanjang jalur transportasi radial dari pusat kota. Kondisi ini menyebabkan daerah sepanjang rute tersebut menanggung tekanan perkembangan paling berat.

3. Perkembangan yang meloncat (*leap frog development/checkerboard development*)

Pola ini dianggap paling merugikan karena perkembangan lahan perkotaan terjadi secara sporadis. Perkembangan ini tidak efisien secara ekonomi maupun estetika, serta menyulitkan pembangunan prasarana dan fasilitas perkotaan.

### 2.2.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) merupakan ilmu dan teknik yang digunakan untuk memperoleh informasi mengenai objek, wilayah, atau fenomena tertentu tanpa melakukan kontak langsung dengan objek yang diamati. Informasi tersebut diperoleh melalui analisis data yang direkam oleh perangkat khusus (Loekman, 2019). Tujuan utama penginderaan jauh adalah menghasilkan data dan informasi berupa citra, baik citra foto maupun nonfoto, yang menggambarkan kondisi permukaan bumi. Perekaman data dilakukan menggunakan sensor, yaitu perangkat yang berfungsi menangkap dan merekam energi dari objek yang diamati. Sensor dapat berupa kamera, *scanner*, radiometer, maupun perangkat perekam lainnya yang dilengkapi dengan detector. Sensor ditempatkan pada suatu wahana seperti balon udara, pesawat terbang, satelit, serta wahana lainnya yang memungkinkan proses akuisisi data dari jarak jauh. Sensor pertama yang mampu menyimpan gambar dan dapat diinterpretasikan adalah emulsi fotografi yang ditemukan oleh *Niepce dan Daguerre* pada tahun 1839. Ketika gambar di proyeksikan melalui lensa ke emulsi fotografi, kamera fotografi menjadi perangkat penginderaan jarak jauh praktis pertama Kali sekitar tahun 1850.

### 2.2.4 Citra Landsat

Citra Landsat merupakan koleksi data penginderaan jauh darat resolusi sedang berbasis ruang akasa yang diperoleh secara berkelanjutan dan terpanjang di Dunia (Loekman, 2019). Program landsat dikelola bersama oleh NASA dan Survei Geologi Amerika Serikat sejak peluncuran satelit sumberdaya alam bernama *ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite)* pada 23 Juli 1972, (USGS, 2025). Peluncuran ERTS-2 dilakukan pada tahun 1975 dengan dilengkapi sensor RBV (*Return Beam Vidicon*) dan MSS (*Multispectral Scanner*) yang mampu menghasilkan data beresolusi spasial 80 meter. Setelah itu, program ERTS mengalami perubahan nama, sehingga ERTS-1 dan ERTS-2 kemudian dikenal sebagai Landsat Pada tahun-tahun berikutnya Landsat 3 diluncurkan pada tahun 1982 dengan memiliki enam kanal tampak dan inframerah dekat pada piksel 30 m dan satu kanal termal pada piksel 120 m (Amliana et al., 2016). Perkembangan citra landsat selanjutnya di tahun 1999 pada citra landsat 7 yang memiliki sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)*. Pada citra landsat 7 juga terdapat tambaha kanal pankrometik beresolusi 15m. Tahap perkembangan berikutnya dalam program Landsat ditandai dengan peluncuran Landsat 8 pada tahun 2013 dan Landsat 9 pada tahun 2021 sebagai generasi terbaru satelit penginderaan jauh untuk pemantauan sumber daya dan lingkungan. Kedua citra landsat ini memiliki sensor terbaru yaitu *Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal*

*Infrared Sensor (TIRS)*. Sensor pada kedua citra tersebut terdapat peningkatan radiometrik (12-bit), serta terdapat penambahan kanal spektral baru seperti *coastal/aerosol* dan *cirrus*. Perbedaan spesifikasi teknis antara Landsat 7 dan Landsat 8 dapat dilihat dari karakteristik pita spektral yang dimiliki masing-masing sensor. Landsat 7 dengan sensor ETM+ memiliki tujuh pita spektral, sedangkan Landsat 8 dengan sensor OLI dan TIRS memiliki sebelas pita spektral dengan penambahan kanal *coastal/aerosol* dan *cirrus*. Perbandingan rentang panjang gelombang masing-masing pita spektral kedua citra tersebut disajikan pada table berikut.

**Tabel 2.1 Perbedaan Spesifikasi Citra Landsat 7 dan 8**

Citra Landsat 7	Panjang Gelombang	Citra Landsat 8	Panjang Gelombang
Pita 1 Biru	(0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ )	Pita 1 Aerosol Pesisir	(0,43 - 0,45 $\mu\text{m}$ )
Pita 2 Hijau	(0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$ )	Pita 2 Biru	(0,450 - 0,51 $\mu\text{m}$ )
Pita 3 Merah	(0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ )	Pita 3 Hijau	(0,53 - 0,59 $\mu\text{m}$ )
Pita 4 Inframerah Dekat	(0,77 - 0,90 $\mu\text{m}$ )	Pita 4 Merah	(0,64 - 0,67 $\mu\text{m}$ )
Pita 5 Inframerah Gelombang Pendek	(1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$ )	Pita 5 Inframerah Dekat	(0,85 - 0,88 $\mu\text{m}$ )
Pita Termal 6	(10,40 - 12,50 $\mu\text{m}$ )	Pita 6 SWIR 1	(1,57 - 1,65 $\mu\text{m}$ )
Pita 7 Inframerah Tengah	(2,08 - 2,35 $\mu\text{m}$ )	Pita 7 SWIR 2	(2,11 - 2,29 $\mu\text{m}$ )
Pita 8 Pankromatik (PAN)	(0,52 - 0,90 $\mu\text{m}$ )	Pita 8 Pankromatik (PAN)	(0,50 - 0,68 $\mu\text{m}$ )
		Pita 9 Cirrus	(1,36 - 1,38 $\mu\text{m}$ )
		Pita 10 TIRS 1	(10,6 - 11,19 $\mu\text{m}$ )
		Pita 11 TIRS 2	(11,5 - 12,51 $\mu\text{m}$ )

Sumber: (USGS, 2025)

## 2.2.5 Normalized Defference Built-Up Index (NDBI)

*Normalized Defference Built-Up Index* merupakan salah satu indeks yang banyak digunakan untuk menganalisis kawasan terbangun. Indeks ini berfungsi untuk mendeteksi keberadaan lahan sekaligus menggambarkan tingkat kepadatan bangunan pada suatu wilayah perkotaan (Djafar, 2025). NDBI pertama kali dikembangkan oleh Zha pada tahun 2003 untuk pemetaan kawasan terbangun di Kota Nanjing, Cina. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa NDBI memiliki tingkat yang cukup tinggi dalam membedakan area terbangun dan non terbangun yaitu sebesar 92,6%. Perhitungan NDBI dilakukan dengan memanfaatkan perbedaan nilai reflektansi antara kanal *Near-Infrared* (NIR) dan *Shortwave Infrared* (SWIR) (Nofrizal, 2017). Karakteristik spectral kawasan terbangun yang berbeda dengan tutupan lahan lainnya memungkinkan indeks ini digunakan untuk mengidentifikasi

distribusi lahan terbangun secara efektif. Selain itu, NDBI juga sering dimanfaatkan untuk mengidentifikasi dampak lingkungan seperti peningkatan suhu, penurunan kualitas udara, dan perubahan tutupan lahan (Badaruddin, 2024).

#### **2.2.6 Land Surface Temperatur (LST)**

*Land Surface Temperatur (LST)* merupakan parameter yang menggambarkan suhu permukaan bumi berdasarkan energi termal yang direkam oleh sensor satelit pada waktu tertentu. Nilai LST menunjukkan kondisi suhu permukaan rata-rata pada suatu area yang direpresentasikan dalam bentuk piksel. Besarnya suhu permukaan yang terdeteksi dipengaruhi oleh karakteristik panjang gelombang. Panjang gelombang yang paling sensitif terhadap suhu permukaan adalah inframerah termal. Meskipun demikian, setiap panjang gelombang pada dasarnya sensitif terhadap respons perubahan suhu yang memengaruhi nilai pantul objek (Faradiva, 2020). *Land Surface Temperatur (LST)* merupakan indikator penting dalam kajian perubahan iklim, karena peningkatan gas rumah kaca di atmosfer secara langsung mendorong peningkatan nilai LST (Insan, 2021). Namun demikian, keberadaan gedung-gedung bertingkat di kawasan permukiman justru dapat menghalangi sebagian radiasi matahari, sehingga berpotensi menurunkan LST di lokasi tertentu.

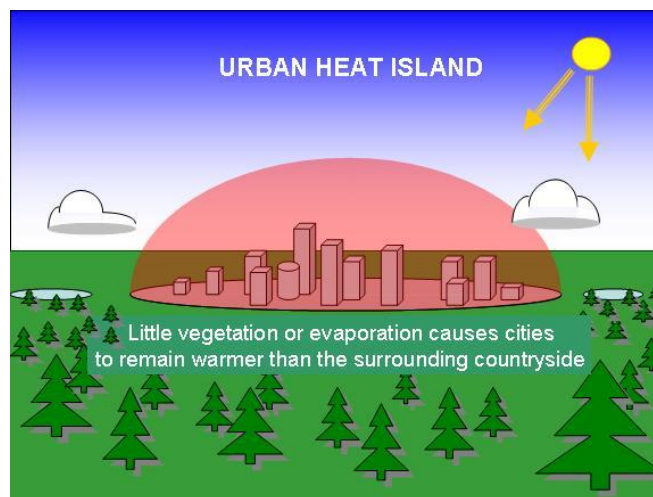
*Land Surface Temperature (LST)* atau suhu permukaan tanah merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis pola persebaran suhu permukaan berdasarkan karakteristik tutupan dan penggunaan lahan. Untuk memperoleh informasi LST, diperoleh melalui proses identifikasi suhu permukaan lahan dengan memanfaatkan kanal termal yang terdapat pada citra satelit (Pramitha et al., 2023). Adapun manfaat dan penggunaan LST yaitu sebagai berikut.

1. Dimanfaatkan untuk mengidentifikasi dan memetakan potensi kawasan panas bumi berdasarkan karakteristik suhu permukaan.
2. Digunakan dalam analisis emisi gas rumah kaca yang berkaitan dengan berbagai jenis tutupan maupun penggunaan lahan.
3. Berperan dalam identifikasi fenomena *Urban Heat Island* sebagai dasar analisis dan perencanaan pengembangan kawasan perkotaan.
4. Dapat digunakan untuk mengestimasi kondisi kelembapan tanah yang bermanfaat dalam kegiatan pertanian, pengelolaan sumber daya lahan, berbagai, dan berbagai kajian lingkungan.

#### **2.2.7 Urban Heat Island (UHI)**

Fenomena *Urban Heat Island (UHI)* menggambarkan kondisi ketika suhu udara di kawasan perkotaan lebih tinggi dibandingkan wilayah perdesaan atau area di sekitarnya.

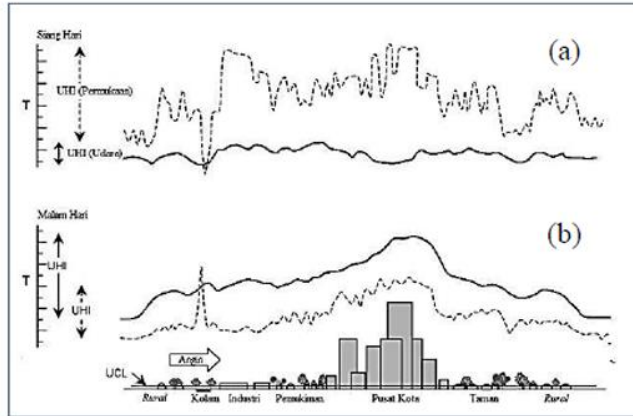
Kondisi ini dipengaruhi oleh perubahan karakteristik permukaan lahan akibat pembangunan perkotaan yang didominasi oleh material berkapasitas panas tinggi, seperti beton, aspal, dan logam. Material tersebut memiliki kemampuan yang lebih besar dalam menyerap, menyimpan, dan memancarkan kembali energi panas dibandingkan tutupan lahan alami. Di samping itu, aktivitas antropogenik, seperti transportasi, penggunaan pendingin ruangan, dan kegiatan industri, turut menghasilkan panas tambahan yang memperkuat peningkatan suhu perkotaan. Akumulasi panas dari kedua faktor tersebut menjadikan kawasan perkotaan memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan lingkungan di sekitarnya (Ananta et al., 2024). Berikut merupakan ilustrasi fenomena *Urban Heat Island* pada kawasan perkotaan.



Sumber: [weatherstreet.com](http://weatherstreet.com)

**Gambar 2.2 Ilustrasi Fenomena *Urban Heat Island* Pada Suatu Wilayah**

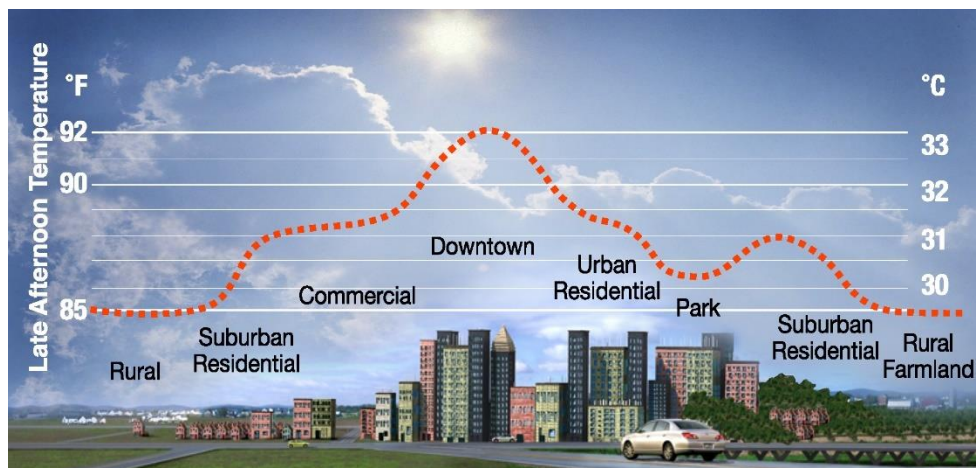
Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) dapat direpresentasikan secara spasial melalui pola isoterm yang menyerupai sebuah pulau panas, di mana suhu tertinggi terkonsentrasi pada kawasan perkotaan dan menurun secara bertahap menuju wilayah sekitarnya. Fenomena ini juga sering digambarkan sebagai kubah panas (*heat dome*) yang terbentuk akibat akumulasi panas dari berbagai elemen penyusun kota. Kondisi tersebut menyebabkan suhu rata-rata tahunan di kawasan perkotaan umumnya lebih tinggi dibandingkan daerah pinggiran atau perdesaan. Perbedaan suhu rata-rata tahunan di kawasan perkotaan dan sekitarnya mencapai  $3^{\circ}\text{C}$  (Pangi, 2021). Besarnya intensitas UHI umumnya diukur berdasarkan selisih suhu udara antara area perkotaan dan area perdesaan, yang mencerminkan tingkat akumulasi panas akibat aktivitas dan karakteristik fisik kota (Hermawan, 2015). Berikut merupakan ilustrasi terbentuknya *Urban Heat Island* yang terjadi pada siang dan malam hari.



Sumber : Voogt (2002)

**Gambar 2.3 Fenomena UHI di malam dan siang hari, suhu udara (garis tebal), suhu permukaan (garis putus-putus)**

Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) muncul sebagai akibat dari perubahan tutupan dan penggunaan lahan yang terjadi seiring dengan perkembangan kawasan perkotaan. Perubahan tersebut ditandai dengan berkurangnya vegetasi alami dan meningkatnya penggunaan material buatan, seperti beton dan aspal, yang memiliki kemampuan menyerap serta menyimpan panas lebih tinggi. Material-material tersebut umumnya digunakan dalam pembangunan infrastruktur perkotaan, seperti jalan, bangunan, dan berbagai fasilitas pendukung aktivitas masyarakat. Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat turut mendorong perluasan kawasan terbangun dan perubahan penggunaan lahan. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya akumulasi panas di permukaan, sehingga berkontribusi terhadap kenaikan suhu rata-rata di wilayah perkotaan. Berikut merupakan gambaran perbandingan suhu udara antara perkotaan dengan pinggiran perkotaan.



Sumber : [heatisland.lbl.gov](http://heatisland.lbl.gov)

**Gambar 2.4 Perbandingan suhu udara antara perkotaan dengan pinggiran perkotaan**

Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) dapat dibedakan menjadi empat jenis berdasarkan metode pendekatan pengukuran suhu yang digunakan. Berikut merupakan perbedaan setiap jenis UHI berdasarkan (Stewart & Mills, 2021).

- a. Canopy- Level UHI (CUHI) merupakan pengukuran suhu berdasarkan pada suhu udara yang dekat dengan permukaan yang diukur di bawah ketinggian atap.
- b. Boundary- Layer UHI (BUHI) pengukuran suhu berdasarkan pada suhu udara yang diukur jauh dari atas ketinggian bangunan.
- c. Surface UHI (SUHI) pengukuran suhu berdasarkan pada suhu permukaan kota tiga dimensi, yaitu tanah, dinding, dan atap
- d. Subsurface UHI (GUHI) pengukuran suhu yang dilakukan berdasarkan pada suhu tanah di permukaan.

*Urban Heat Island* (UHI) menimbulkan berbagai konsekuensi lingkungan yang dapat dirasakan secara langsung maupun tidak langsung. Dampak langsungnya antara lain berupa peningkatan suhu udara dan penurunan kualitas udara yang berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat, terutama di kawasan perkotaan yang padat. Di sisi lain, dampak tidak langsung UHI berkaitan dengan meningkatnya kebutuhan energi untuk pendinginan ruangan yang berujung pada peningkatan emisi gas rumah kaca. Akumulasi emisi tersebut dapat mempercepat pemanasan global dan memperburuk dampak perubahan iklim (Ikhwan, 2025).

### **2.2.8 Bencana Hidrometeorologi**

Bencana hidrometeorologi merupakan jenis bencana yang terjadi akibat pengaruh kondisi atmosfer, hidrologi, dan oseanografi, yang ditandai oleh fenomena seperti curah hujan ekstrem, angin kencang, gelombang laut tinggi, serta perubahan iklim. Bencana ini terjadi akibat pengaruh fenomena cuaca dan kondisi lingkungan yang menimbulkan kerusakan pada kehidupan masyarakat (Sabrina et al., 2021). Berdasarkan klasifikasi BMKG, bencana hidrometeorologi merupakan bencana alam yang dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan iklim ekstrem. Jenis bencana hidrometeorologi antara lain banjir, banjir bandang, tanah longsor, kekeringan, abrasi pantai, gelombang panas, serta kejadian suhu ekstrem yang dapat mengganggu kenyamanan dan keselamatan manusia. Indonesia menjadi wilayah yang sering mengalami bencana ini karena kondisi geografis dan iklim tropis yang menyebabkan variasi curah hujan yang tinggi sepanjang tahun (Rahayu et al., 2025).

Secara global, bencana hidroeteorologi didefinisikan sebagai bahaya yang berasal dari proses atmosfer, hidrologi, atau oseanografi. Bencana ini mencakup berbagai kejadian seperti banjir, kekeringan, gelombang pasang, dan berbagai fenomena cuaca ekstrem lainnya

(Aeni & Khoirul Anwar, 2024). Intensitas dan frekuensi kejadian bencana hidrometeorologi dapat dipengaruhi oleh perubahan iklim yang menyebabkan peningkatan kejadian cuaca ekstrem di berbagai wilayah Dunia. Dampak yang ditimbulkan tidak hanya berupa kerusakan fisik dan lingkungan, namun juga kerugian ekonomi, gangguan aktivitas social, serta ancaman terhadap keselamatan manusia (Hidayat & Assegaf, 2025).

### **2.2.9 Risiko Bencana Hidrometeorologi**

Undang- Undang Nomer 24 tahun 2007 mendefinisikan risiko bencana sebagai potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu, yang dapat berupa kematian, luka sakit, kerusakan, kerugian, serta gangguan kegiatan masyarakat. Risiko bencana hidrometeorologi tidak hanya bersumber dari fenomena alam semata, melainkan juga bersumber dari perubahan kondisi atmosfer dan hidroklimat dalam jangka panjang yang terus mengalami peningkatan. Perubahan iklim dalam jangka waktu panjang dapat memicu terjadinya kejadian bencana dan dapat menimbulkan berbagai potensi dampak yang ditimbulkan. Pemanfaatan ruang pada suatu wilayah akan menghasapi paparan dampak perubahan iklim seperti kenaikan temperature permukaan, perubahan pola dan intensitas curah hujan, serta kenaikan muka air laut (Azizah et al., 2022).

Risiko bencana akibat perubahan iklim merupakan konsekuensi dari interaksi antara bahaya iklim, tingkat keterpaparan, dan kerentanan suatu sistem, baik sistem sosial maupun ekologi, yang berpotensi mengalami dampak. Kondisi tersebut dapat menyebabkan berbagai kerugian tanpa adanya pengelolaan yang tepat. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan upaya pengelolaan risiko untuk meminimalkan potensi kerusakan dan dampak negatif yang ditimbulkan, sehingga sistem yang terdampak tetap memiliki kapasitas untuk berfungsi secara efektif serta mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Adapun rumus dalam perhitungan tingkat risiko yaitu sebagai berikut. Risiko bencana iklim terbentuk oleh dua komponen utama yaitu bahaya (Hazard) dan kerentanan (Vulnerability). Berikut adapun penjabaran masing- masing komponen.

#### **a. Bahaya**

Bahaya dalam perubahan iklim ditentukan oleh karakteristik, intensitas, serta tingkat perubahan dan variabilitas iklim yang terjadi. Ancaman (*hazard*) pada perubahan iklim merupakan fenomena alam yang dipengaruhi oleh pemanasan global dan perubahan kondisi iklim. Interaksi antara ancaman tersebut dengan masyarakat atau sistem yang memiliki tingkat kerentanan tertentu dapat menimbulkan risiko bencana yang berbeda-beda. Semakin tinggi tingkat kerentanan dan keterpaparan suatu sistem terhadap ancaman iklim, maka semakin

besar pula risiko serta dampak yang dapat ditimbulkan. Tingkat bahaya suatu wilayah dapat dipengaruhi oleh besaran dan frekuensi kejadian perubahan iklim yang muncul dan berdampak terhadap sistem manusia dan lingkungan ekologis.

b. Kerentanan

Kerentanan pada perubahan iklim merupakan kondisi yang dipengaruhi oleh tingkat keterpatan, sensitivitas, serta kapasitas adaptasi yang dimiliki oleh suatu sistem dalam merespon perubahan iklim (Aminatun, 2018). Menurut Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012, kerentanan merupakan kondisi yang dimiliki oleh suatu komunitas atau masyarakat yang mengakibatkan rendahnya kapasitas dalam menghadapi ancaman bencana. Kerentanan sendiri terdiri atas keterpaparan, Sensitivitas, serta kemampuan Adaptasi. Keterpaparan mengacu pada tingkat keberadaan elemen yang berisiko terdampak, seperti penduduk, infrastruktur, dan aktivitas sosial-ekonomi, di wilayah yang mengalami suhu permukaan tinggi. Sensitivitas menggambarkan tingkat kerentanan suatu sistem terhadap perubahan kondisi iklim yang terjadi. Sedangkan, kapasitas adaptasi mencerminkan kemampuan sistem dalam merespons perubahan iklim melalui upaya penyesuaian, pengurangan dampak negatif, dan pemanfaatan peluang yang tersedia.

#### **2.2.10 Forest Canopy Density (FCD)**

*Forest Canopy Density* (FCD) diartikan sebagai pendekatan dalam penginderaan jauh yang dirancang oleh ITTO (*International Tropical Timber Organization*) guna melakukan analisis tingkat kerapatan vegetasi berdasarkan data kuantitatif yang diperoleh dari citra satelit. FCD didefinisikan sebagai persentase tutupan lahan vegetasi yang menutupi permukaan tanah berdasarkan proyeksi vertikal kanopi (Fauzi et al., 2019). Metode ini dikembangkan sebagai alternatif pendekatan klasifikasi secara konvensional yang sangat bergantung pada survei lapangan dan interpretasi visual. FCD memanfaatkan kombinasi beberapa indeks spektral untuk mengidentifikasi karakteristik biofisik di suatu wilayah. Nilai FCD umumnya diklasifikasikan dalam rentang 0-100%, dimana semakin tinggi persentase menunjukkan kondisi vegetasi yang semakin rapat (Sitorus et al., 2019).

*Forest Canopy Density* (FCD) dihitung berdasarkan kombinasi empat komponen utama, yaitu *Advanced Vegetation Index* (AVI), *Bare Soil Index* (BSI), *Shadow Index* (SI), dan *Thermal Index* (TI). AVI digunakan untuk mengidentifikasi kondisi vegetasi dengan menonjolkan kandungan klorofil sehingga mampu menggambarkan tingkat kehijauan suatu area. BSI berfungsi untuk mendeteksi keberadaan lahan terbuka atau tanah yang minim tutupan vegetasi melalui pemanfaatan informasi spektral pada kanal inframerah tengah,

sehingga dapat meningkatkan ketelitian dalam estimasi kondisi vegetasi. Sementara itu, SI dimanfaatkan untuk mengidentifikasi tingkat kerapatan kanopi berdasarkan karakteristik bayangan yang terbentuk oleh vegetasi. Informasi bayangan tersebut diperoleh dari nilai reflektansi rendah pada kanal spektral tampak. Selain itu, FCD juga memanfaatkan TI yang merepresentasikan kondisi termal permukaan, di mana nilai suhu dipengaruhi oleh keberadaan tutupan vegetasi dan bayangan sehingga dapat digunakan untuk mendukung analisis kerapatan kanopi secara lebih akurat. Indeks Thermal (TI) dilakukan dengan memanfaatkan saluran inramerah termal (Sitorus et al., 2019). Rumus Indeks Thermal sendiri dikembangkan dengan asumsi suhu yang relatif lebih rendah pada area berhutan dipengaruhi oleh keberadaan kanopi vegetasi yang mampu mereduksi intensitas radiasi matahari yang mencapai permukaan tanah. Selain itu, aktivitas evapotranspirasi vegetasi berkontribusi terhadap pendinginan lingkungan melalui pelepasan uap air ke atmosfer, sehingga menciptakan kondisi termal yang lebih nyaman dibandingkan area non-vegetasi. Berikut merupakan rumus indeks untuk mengidentifikasi Forest canopy density (FCD).

**Tabel 2.2 Rumus Pengolahan Forest Canopy Density**

Indeks	Rumus
<b>Advanced Vegetation Indeks (AVI)</b>	$\sqrt[3]{(band\ 5 + 1)(256 - band\ 4)(band\ 5 - band\ 4)}$
<b>Bare Soil Index (BSI)</b>	$\frac{Swir2 + R - Nir + B}{Swir2 + R + Nir + B}$
<b>Shadow Index (SI)</b>	$((1 - B4)(1 - B3)(1 - B2))^{(1/3)}$
<b>Thermal Index (TI)</b>	$Radian\ Min + ((Radian\ ma - Radian\ Min)/65535)$
<b>Forest Canopy Density</b>	$\sqrt{(SVD * SSI) + 1}$

Sumber : (Himayah et al., 2016)

### 2.2.11 Ruang Terbuka Hijau

Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan kawasan yang didominasi oleh vegetasi dan memiliki karakter penggunaan lahan yang bersifat terbuka, baik berupa tanaman yang tumbuh secara alami maupun vegetasi yang sengaja dibudidayakan. Keberadaan RTH pada kawasan perkotaan menjadi elemen penting karena berperan dalam menjaga kualitas dan keseimbangan lingkungan. Selain memberikan manfaat ekologis, ruang terbuka hijau juga mendukung terciptanya kondisi perkotaan yang lebih nyaman dan berkelanjutan (Salshabila & Sukmawati, 2021). Proporsi ruang terbuka hijau minimal sebesar 30% dari luas wilayah, yang terdiri dari 20% publik dan 10% privat. Ketentuan ini tercantum dalam Undang-Undang (UU) Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang (2007). Penyediaan ruang

terbuka hijau merupakan salah satu strategi untuk mendukung pembangunan perkotaan yang berbudaya lingkungan dan berkelanjutan.

Keberadaan vegetasi dari aspek ekologi berkontribusi dalam memperbaiki kualitas udara, meningkatkan infiltrasi air hujan, mengurangi limpasan permukaan, serta menekan potensi terjadinya banjir. Vegetasi juga berfungsi untuk menyerap karbon dioksida dan menghasilkan oksigen sehingga dapat menjaga keseimbangan lingkungan di perkotaan. Selain manfaat tersebut, keberadaan ruang terbuka hijau memiliki peran penting dalam mengendalikan iklim mikro perkotaan melalui proses evapotranspirasi dan pemberian naungan oleh vegetasi. Proses ini dapat mengurangi penyerapan dan penyimpanan panas pada permukaan lahan, sehingga berkontribusi dalam mitigasi *Urban Heat Island* (UHI). Peningkatan luas dan pemerataan ruang terbuka hijau menjadi salah satu upaya efektif untuk menurunkan suhu permukaan serta meningkatkan kenyamanan termal di kawasan perkotaan. Sementara itu, dari aspek sosial, ruang terbuka hijau dapat dimanfaatkan sebagai tempat interaksi masyarakat, sarana rekreasi, serta ruang untuk berbagai aktivitas olahraga dan kegiatan publik lainnya (Sinaga et al., 2025).

#### **2.2.12 Uji Akurasi**

Uji akurasi merupakan penilaian tingkat ketelitian hasil interpretasi dibandingkan dengan standar yang ditetapkan, atau penilaian tingkat kesalahan hasil interpretasi dibandingkan dengan standar yang disepakati. Uji akurasi dalam proses penginderaan jauh memiliki peranan yang sangat penting untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan dari proses klasifikasi atau interpretasi citra dapat menggambarkan kondisi nyata di lapangan. Secara umum, uji akurasi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain akurasi tematik (*thematic accuracy*) dan akurasi geometrik (*geometric accuracy*). Akurasi tematik merupakan ukuran seberapa tepat suatu objek atau wilayah diklasifikasikan ke dalam kategori atau kelas yang sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Uji akurasi tematik dilakukan menggunakan confusion matrix atau matriks kesalahan. Matriks ini berisi tabel silang yang membandingkan hasil klasifikasi dengan data referensi lapangan. Uji akurasi tematik dapat dilakukan melalui beberapa metode, yaitu overall accuracy, producer's accuracy, user's accuracy, serta kappa coefficient. Sedangkan, Akurasi geometrik merupakan penilaian terhadap presisi posisi spasial objek pada peta atau citra hasil interpretasi terhadap posisi sebenarnya di permukaan bumi. Uji akurasi geometrik dapat dilakukan melalui perhitungan nilai Root Mean Square Error (RMSE). Root Mean Square Error (RMSE) merupakan akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara koordinat hasil interpretasi dengan koordinat referensi. Nilai RMSE yang semakin kecil menunjukkan nilai

akurasi geometri yang semakin tinggi. Standar yang dapat digunakan mengacu pada National Map Accuracy Standard (NMAS) maupun standar American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), yang menetapkan ambang batas toleransi kesalahan posisi berdasarkan skala peta.