

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laju pertumbuhan kota yang semakin pesat di berbagai belahan dunia menimbulkan beragam tantangan yang semakin rumit, seperti lonjakan jumlah penduduk, urbanisasi masif, perubahan iklim, serta ketimpangan dalam pembangunan (Siahay et. al., 2024). Peningkatan jumlah penduduk di area perkotaan menyebabkan perkembangan permukiman yang pesat dan seringkali sulit dikontrol. Pertumbuhan penduduk secara tidak langsung berdampak terhadap kebutuhan akan ruang hunian, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap kualitas lingkungan (Tontou et al., 2015). Selama dekade terakhir, jumlah penduduk Kabupaten Luwu mengalami peningkatan sebesar 11%. Tercatat, pada tahun 2013 jumlah penduduknya mencapai 343.793 jiwa, dan meningkat menjadi 380.679 jiwa pada tahun 2023.

Kawasan Perkotaan Belopa secara resmi menjadi ibu kota Kabupaten Luwu pada Tahun 2006 setelah dipindahkan dari Kota Palopo. Dalam kurun waktu sepuluh tahun, di wilayah ini mengalami peningkatan jumlah penduduk sebesar 28%. Namun, saat ini kondisi di wilayah tersebut masih belum memenuhi standar rencana tata ruang yang telah ditetapkan, akibat konversi lahan menjadi area terbangun yang masih terbilang cukup tinggi, sehingga berdampak terhadap kualitas perkotaan yang semakin menurun. Kawasan perkotaan Belopa sekarang ini menghadapi permasalahan lingkungan yang semakin kompleks seiring dengan pesatnya pertumbuhan penduduk dan perluasan wilayah kota. Salah satu isu krusial yang perlu segera ditangani adalah kurangnya ruang terbuka hijau, yang berperan signifikan dalam memelihara keseimbangan ekosistem perkotaan. Ruang terbuka hijau strategi guna menghadapi tantangan persoalan lingkungan di masa depan justru belum terealisasi secara optimal, yang berdampak pada menurunnya kondisi vegetasi dan meningkatnya suhu permukaan. Minimnya area hijau tidak hanya memperburuk kualitas udara, tetapi juga mengurangi kenyamanan *thermal* di lingkungan sekitar. Pengembangan dan pelestarian RTH yang lebih terencana di Perkotaan Belopa menjadi hal yang mendesak guna mewujudkan prinsip perkotaan.

Dasar perencanaan kota berorientasi pada konservasi lingkungan alami dan keberlanjutan ekologi (Siahay et. al., 2024). Secara umum, lanskap perkotaan berperan sebagai ruang terbuka hijau yang mampu memenuhi kebutuhan fisik dan psikologis masyarakat. Namun, dengan meningkatnya jumlah penduduk akibat urbanisasi, tampilan fisik lanskap kota mengalami perubahan signifikan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Transformasi lanskap ini berlangsung secara luas, terutama melalui konversi Ruang Terbuka Hijau menjadi kawasan terbangun untuk mendukung fungsi-fungsi kota (Widyanti et al., 2025).

RTH merupakan area memanjang/jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam (UU RI No. 26 Tahun 2007). Merujuk pada regulasi yang berlaku, pengembangan Ruang Terbuka Hijau (RTH) menjadi aspek yang sangat penting untuk diperhatikan. Ketentuan proporsi minimal 30% ditetapkan sebagai syarat dasar

dalam menjaga kestabilan ekosistem. RTH memiliki berbagai fungsi strategis yang mendukung terciptanya kualitas lingkungan yang baik, meliputi aspek ekologis, sosial, ekonomi, hingga nilai arsitektural (Mahendra, 2022). Kondisi ini mengindikasikan tentang perlunya mempertahankan, membangun kembali, dan bahkan meningkatkan (kuantitas dan kualitas) ruang terbuka hijau di wilayah perkotaan sejalan dengan penambahan penduduk.

Penurunan luas RTH memicu perubahan struktur vegetasi dan menyebabkan suhu permukaan tanah meningkat. Keberadaan ruang terbuka hijau (RTH) penting dalam menciptakan kenyamanan, yaitu dapat menurunkan suhu di sekitarnya (Femy et al., 2014). Sejalan dengan penelitian Izah, et al (2023) kerapatan vegetasi memiliki peran krusial dalam menciptakan kenyamanan dengan cara menurunkan suhu di lingkungan sekitarnya, karena dapat memberikan naungan dan membatasi jumlah radiasi panas yang mencapai permukaan tanah. Oleh karena itu, kerapatan vegetasi sangat berpengaruh terhadap temperatur permukaan tanah.

Identifikasi kerapatan vegetasi dan sebaran suhu permukaan dapat dilakukan melalui pemanfaatan teknologi penginderaan jauh yang tersedia pada citra satelit Landsat 8. Adanya teknologi penginderaan jauh, pengamatan indeks kerapatan vegetasi dan suhu permukaan tanah dapat mencakup daerah yang lebih luas. NDVI atau *Normalized Difference Vegetation Index* merupakan metode indeks vegetasi yang paling banyak digunakan dalam Sistem Informasi Geografis untuk menganalisis komponen vegetasi. Melalui penginderaan jauh, NDVI mampu menunjukkan tingkat kehijauan tanaman dan memungkinkan klasifikasi vegetasi berdasarkan tingkat kerapatannya. Menurut Putra, et al (2017) Hasil perhitungan NDVI menunjukkan bahwa area perkotaan memiliki nilai indeks vegetasi yang relatif lebih besar daripada kawasan di luar wilayah perkotaan. Selanjutnya, dalam mengidentifikasi suhu permukaan dilakukan dengan memanfaatkan kanal 10 dan kanal 11 yang tersedia pada citra Landsat 8. Menurut Fitriana, et al (2021) kawasan terbangun memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan area yang ditutupi oleh vegetasi. Perbedaan tingkat kerapatan vegetasi antara wilayah perkotaan dan daerah di sekitarnya menjadi faktor utama yang memengaruhi variasi suhu permukaan tersebut.

Berkurangnya ruang terbuka hijau berdampak langsung terhadap peningkatan suhu, menurunnya kualitas kenyamanan termal, dan memburuknya kualitas lingkungan. Kondisi Perkotaan Belopa masih perlu pengembangan lokasi prioritas RTH untuk mengantisipasi krisis lingkungan masa depan melalui pendekatan distribusi suhu permukaan. RTH tidak hanya berperan sebagai penyeimbang ekosistem, tetapi juga sebagai solusi adaptif terhadap dampak urbanisasi dan perubahan iklim. Dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis proses identifikasi wilayah strategis untuk pengembangan RTH dapat dilakukan secara lebih efisien. Pendekatan ini membuka peluang untuk perencanaan tata kota yang lebih tanggap, berkelanjutan, dan mendukung terciptanya urban yang sehat, nyaman, serta memiliki daya dukung ekologis tinggi. Salah satu upaya konkret dalam menghadapi fenomena kota panas di area prioritas pengembangan RTH adalah penerapan konsep green infrastructure pada setiap lokasi aktual di kawasan Perkotaan Belopa.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis distribusi dan kebutuhan ruang terbuka hijau
2. Mengkaji distribusi kepadatan penduduk, indeks kerapatan vegetasi, dan kenyamanan termal
3. Menentukan lokasi prioritas pengembangan ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan Belopa

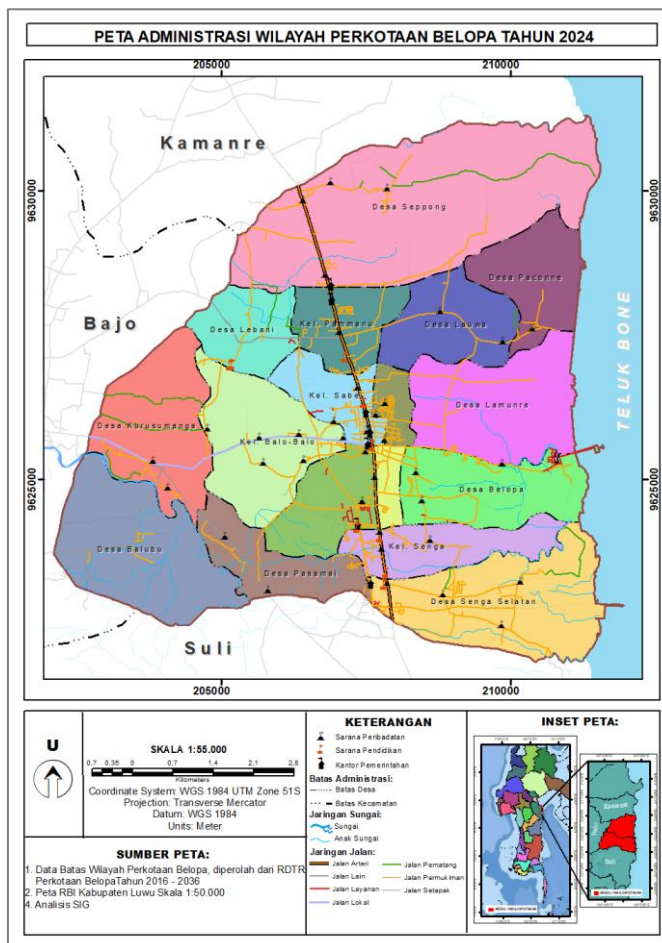
1.2.2 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan rekomendasi dan arahan terkait area yang membutuhkan perhatian lebih dalam pengembangan area ruang terbuka hijau (RTH) sebagai lokasi prioritas guna mendukung program pemulihan RTH untuk meminimalisir potensi dampak negatif terhadap lingkungan melalui arahan konsep infrastruktur hijau. Informasi ini dapat digunakan oleh otoritas dan pemangku kebijakan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan melindungi kawasan perkotaan Belopa dari ancaman perubahan iklim.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Perkotaan Belopa, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan. Sedangkan untuk analisis data, dilakukan di Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanudddin, Makassar, pada bulan November 2024 sampai bulan April 2025. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

2.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop, digunakan untuk memproses data dan menjalankan *software*

2. *Software* ArcGIS digunakan untuk memproses data citra dalam melakukan proses NDVI dan suhu permukaan tanah
3. *Software* ENVI 5.3 untuk menganalisis dan memproses citra
4. *Microsoft Office* digunakan untuk pengolahan data tabular, dan penyusunan laporan hasil penelitian.
5. *Smartphone* digunakan untuk kegiatan dokumentasi
6. Alat tulis menulis, digunakan untuk mencatat hasil observasi dan kegiatan lapangan secara manual.
7. Aplikasi *Avenza Maps* digunakan untuk memperoleh koordinat lokasi secara akurat di lapangan.

2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Bahan Penelitian

Bahan	Kegunaan	Sumber
Citra Landsat 8 OLI/TIRS Tahun 2024	Untuk pengolahan data kerapatan vegetasi dan suhu permukaan tanah	United States Geological Survey (USGS) https://earth.google.com/web/
Digital Elevation Model Nasional	Untuk pengolahan data kelereng dan topografi	Tanah Air Indonesia Geoportal https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/
Citra Sentinel -2A Tahun 2024	Untuk mengidentifikasi penggunaan lahan aktual	Copernicus EU https://browser.dataspace.copernicus.eu/
Data <i>Shapefile</i> Batas Kabupaten/Kecamatan /Kelurahan kawasan Perkotaan Belopa	Untuk mengetahui batas penelitian dan sebagai bahan dasar pengolahan data	Data Spasial Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) dan Peraturan Zonasi (PZ) Kawasan Perkotaan Belopa Tahun 2016 - 2036
Data Kependudukan BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Luwu)	Untuk mengetahui tingkat kepadatan penduduk sebagai variabel penentuan lokasi RTH	Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Luwu https://luwukab.bps.go.id/
Data Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) dan Peraturan Zonasi (PZ) Kawasan Perkotaan Belopa Tahun 2016 - 2036	Untuk mengidentifikasi peruntukan lahan dan kebijakan tata ruang dalam penentuan lokasi RTH	Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Luwu

2.3 Pengumpulan Data

Penelitian ini dimulai dari identifikasi lokasi perkotaan Kabupaten Luwu yang didasarkan pada informasi data pola ruang rencana tata ruang wilayah (RTRW) Kabupaten Luwu, kemudian melakukan langkah dengan tahapan *preprocessing* dan *post processing*. Batas lokasi penelitian diperoleh dari Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) dan Peraturan Zonasi (PZ) Kawasan Perkotaan Belopa Tahun 2016 – 2036 berupa data *shapefile* batas wilayah Perkotaan Belopa. Data – data pendukung meliputi, Citra Sentinel- 2A, data batas administrasi kabupaten/kecamatan/kelurahan, data jaringan jalan, DEM Nasional, Zona RTH eksisting dan data kepadatan penduduk yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Luwu pada tahun 2024.

Selanjutnya analisis kerapatan vegetasi, suhu permukaan dan kenyamanan termal menggunakan data Citra Landsat 8 OLI/TIRS yang dapat diperoleh pada *platform* USGS (*United States Geological Survey*) yang dapat diakses melalui website (<https://earth.google.com/web/>). Penelitian ini menggunakan data citra Landsat 8 tahun 2024 sebagai sumber utama. Meskipun Landsat 8 memiliki 11 band spektral, hanya tiga band yang dipilih untuk analisis dalam studi ini. Band 4 dan band 5 digunakan untuk mengolah data terkait kerapatan vegetasi, sedangkan band 10 dimanfaatkan untuk mengukur suhu permukaan tanah. Informasi lengkap mengenai band dan panjang gelombang pada Landsat 8 dapat dilihat pada Tabel 2 (Fawzi & Husna, 2021). Data citra ini kemudian digunakan untuk memperoleh data kerapatan vegetasi dan suhu permukaan tanah.

Tabel 2. Band dan Panjang Gelombang Landsat 8

Band	Panjang Gelombang (µm)	Nama Gelombang	Resolusi	Aplikasi
1	0.433 – 0.453	Ultra blue/violet	30 m	Gelombang Tampak
2	0.450 – 0.515	Biru	30 m	
3	0.525 – 0600	Hijau	30 m	
4	0.630 – 0.680	Merah	30 m	
5	0.845 – 0885	Inframerah dekat	30 m	Analisis vegetasi
6	1.560 – 1.660	SWIR 1	30 m	
7	2.100 – 2.300	SWIR 2	30 m	
8	0.500 – 0680	Pankromatik	15 m	Resolusi lebih bagus
9	1.360 – 1.390	Cirrus	30 m	Analisis awan
10	10.6 – 11.2	Termal	100 m	Pemetaan suhu bumi
11	11.5 – 12.5	Termal	100 m	

2.4 Pra Pengolahan Data

2.4.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik atau mengubah nilai piksel menjadi nilai reflektan pada citra diperlukan untuk memperbaiki kualitas citra, melalui perbaikan nilai pantulan, piksel, atau pancaran spektral objek yang sebenarnya (Delarizka et al., 2016). Kesalahan

radiometrik dapat membuat nilai piksel pada citra hasil perekaman tidak mencerminkan kondisi objek sebenarnya di lapangan. Oleh karena itu, koreksi radiometrik sangat penting dilakukan agar data yang diperoleh dapat akurat dan sesuai dengan yang diharapkan

2.4.2 Cropping Citra

Proses *cropping* citra bertujuan untuk membuat *area of interest* atau wilayah yang diteliti, dalam hal ini adalah wilayah perkotaan Belopa. Langkah ini dilakukan untuk menghindari analisis di luar batas wilayah yang ditentukan. Pemotongan citra dilakukan dengan mengacu pada batas administrasi wilayah perkotaan Belopa menggunakan format .shp (*shapefile*).

2.5 Pengolahan Data

2.5.1 Klasifikasi Kelereng dan Topografi

Kelereng atau kemiringan lereng atau topografi merupakan sudut yang terbentuk akibat perbedaan elevasi atau relief permukaan lahan. Sudut ini terbentuk antara bidang horizontal dengan permukaan tanah yang miring, dan umumnya dinyatakan dalam satuan persen (Melo et al., 2018). Informasi mengenai topografi dan tingkat kelereng diperoleh melalui analisis data DEM nasional yang menyediakan representasi kontur ketinggian permukaan secara digital.

2.5.2 Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau

Informasi mengenai sebaran ruang terbuka hijau (RTH) diperoleh berdasarkan dokumen Rencana Detail Tata Ruang (RDTR), yang mencakup komponen seperti taman kota, hutan kota, jalur hijau jalan, lapangan, dan pemakaman umum. Setelah itu, kebutuhan RTH dianalisis berdasarkan luas wilayah administratif serta jumlah penduduk di masing-masing desa/kelurahan di kawasan Perkotaan Belopa. Berdasarkan Undang-Undang No. 26 Tahun 2007, luas RTH ditetapkan paling sedikit 30% dari total luas wilayah kota, sebagai bagian dari ketentuan perencanaan tata ruang yang berkelanjutan. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan luas RTH yang telah ada, guna mengidentifikasi kekurangan atau ketidaksesuaian antara kebutuhan dan ketersediaan.

$$\text{Kebutuhan RTH} = 30\% \times \text{Luas Wilayah Administrasi}$$

2.5.3 Uji Akurasi Penggunaan Lahan

Tahap persiapan yaitu menghasilkan peta penggunaan lahan aktual tahun 2024 yang diperoleh dari citra Sentinel-2A dengan resolusi 10 meter yang telah terkoreksi geometrik dan radiometrik. Pemotongan citra berdasarkan lokasi penelitian sesuai dengan batas wilayah administrasi kawasan perkotaan Belopa. Interpretasi citra dilakukan secara visual dengan mempertimbangkan unsur-unsur seperti pola, rona, tekstur, dan warna. Setelah melakukan klasifikasi citra, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah sampel untuk validasi lapangan. Penetapan titik perwakilan ditentukan dengan teknik *purposive sampling*. Alasan pemilihan teknik *purposive sampling* dalam penentuan lokasi titik sampel diharapkan agar seluruh kelas penggunaan lahan dapat terwakili yang

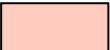
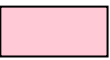
menggambarkan pada kondisi waktu tersebut. Penelitian ini menerapkan teknik pengambilan sampel yang berkaitan dengan penentuan jumlah sampel, menggunakan pendekatan berdasarkan rumus Slovin.

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

Keterangan : n = Jumlah Sampel
 N = Jumlah Piksel
 e = Persen ketidakteilitian akibat kesalahan pengambilan sampel yang masih dapat diterima atau dianggap wajar yaitu (10%)

Setelah melakukan interpretasi citra dengan menentukan jumlah sampel berdasarkan rumus Slovin, maka didapatkan klasifikasi penggunaan lahan pada tahun 2024. Mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 3 Tahun 2016 mengenai Spesifikasi Teknis Penyajian Peta Desa, klasifikasi jenis penggunaan lahan sebagai komponen dalam peta penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Klasifikasi Jenis Penggunaan Lahan

No.	Unsur	Tipe	Pengertian	Simbol
1	Bangunan Tempat Tinggal	Area	Segala bentuk dan struktur bangunan yang menunjukkan rumah tempat tinggal	
2	Perkantoran	Area	Kawasan yang difungsikan untuk pengembangan kegiatan pelayanan pemerintahan dan tempat bekerja/berusaha, dilengkapi dengan fasilitas umum/sosial	
3	Pendidikan	Area	Kawasan yang dikembangkan untuk sarana pendidikan dasar sampai dengan pendidikan tinggi, pendidikan formal dan informal	
4	Kesehatan	Area	Kawasan yang berfungsi sebagai sarana kesehatan dengan hierarki dan skala pelayanan yang sesuai jumlah penduduk	
5	Perdagangan Jasa	Area	Kawasan yang dikembangkan untuk aktivitas perdagangan barang dan jasa	
6	Pertahanan dan Keamanan	Area	Kawasan yang difungsikan untuk menjamin kegiatan dan pengembangan bidang pertahanan dan keamanan seperti kantor dan instalasi hankam	

No.	Unsur	Tipe	Pengertian	Simbol
7	Transportasi	Area	Jaringan prasarana transportasi untuk lalu lintas berbagai jenis kendaraan bermotor	
8	Peribadatan	Area	Kawasan yang berfungsi untuk menampung sarana ibadah sesuai dengan hierarki dan skala pelayanan	
9	Olahraga	Area	Kawasan yang berfungsi untuk menunjang aktivitas olahraga	
10	Tempat Menarik/Pariwisata	Area	Kawasan untuk kegiatan pariwisata baik alam, buatan, maupun budaya	
11	Pemakaman	Area	Area yang difungsikan untuk pemakaman	
12	Rumput	Area	Arahan yang diusahakan, termasuk tanah kosong, padang rumput, ilalang, savana dengan sedikit pohon	
13	Hutan	Area	Lahan yang tertutup tanaman hutan	
14	Perkebunan	Area	Lahan yang dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya kebun dan tanaman perkebunan, baik dikelola perorangan, perusahaan swasta, PERUM maupun BUMN.	
15	Sawah	Area	Lahan yang diusahakan untuk tanaman padi dengan cara irigasi maupun non irigasi	
16	Semak Belukar	Area	Lahan yang tertutup oleh tanaman belukar	
17	Tambak	Area	Kolam buatan yang umumnya berada di kawasan pesisir dan diisi dengan air, dimanfaatkan sebagai fasilitas untuk kegiatan budidaya perairan atau akuakultur	
18	Lahan Terbuka (Tanah Kosong)	Area	Lahan yang tidak memiliki tutupan vegetasi, baik yang bersifat alami, semi-alami, maupun buatan manusia	

Akurasi hasil interpretasi citra diuji melalui survei lapangan (*groundcheck*) yang bertujuan membandingkan hasil interpretasi dengan kondisi nyata di lapangan. Pengujian ini dilakukan untuk menilai tingkat ketepatan klasifikasi citra. Dalam penelitian ini, interpretasi peta penggunaan lahan tahun 2024 akan divalidasi melalui observasi lapangan. Berdasarkan Lillesand et al. (1993), tingkat akurasi interpretasi citra yang dapat diterima minimal sebesar 85%, dan hasil evaluasi tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel confusion matrix sesuai dengan Sutanto (1994), seperti ditampilkan pada Tabel 4

Tabel 4. Confusion Matrix

	Data Acuan (Pengecekan lapangan)				Total Kolom
		A	B	C	
Data hasil Klasifikasi Citra	A'	X_n			$\sum_{+n}$
	B'		X_n		
	C'				
		$\sum_{+n}$		X_n	N

Keterangan : A, B, C = Data Acuan
 A', B', C' = Data hasil klasifikasi citra
 X_n = Data yang diuji
 $\sum_{+n}$ = Jumlah masing-masing data acuan / klasifikasi citra
 N = Total data yang diuji

Uji akurasi merupakan metode yang digunakan untuk menunjukkan tingkat kesalahan suatu model, sehingga dapat diketahui sejauh mana akurasi model tersebut. Dalam penelitian ini, akurasi klasifikasi visual dari metode *supervised classification* diuji. Pengujian dilakukan menggunakan *Kappa accuracy assessment* dengan bantuan *confusion matrix* sebagai alat evaluasi (Fardani et al., 2020).

$$Kappa\ accuracy = \frac{N \sum_{i=1}^n x_{ii} \sum_{i=1}^n x_{inxni}}{N^2 - \sum_{i=1}^n x_{inxni}} \times 100\%$$

Keterangan : N = Total data yang diuji
 X_n = Nilai diagonal matriks baris ke-n dan kolom ke-n
 $\sum_{n+}$ = Jumlah data dalam baris ke-n
 $\sum_{+n}$ = Jumlah data dalam kolom ke-n

Setelah interpretasi dianggap akurat, maka didapatkan penggunaan lahan tahun 2024 aktual untuk dilakukan *overlay* terhadap lokasi prioritas RTH.

2.5.4 Klasifikasi Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan lokasi prioritas ruang terbuka hijau. Data kepadatan ini diperoleh dari BPS Kabupaten Luwu dan dianalisis berdasarkan unit wilayah terkecil, yaitu kelurahan. Perhitungan kepadatan penduduk dilakukan dengan membandingkan jumlah penduduk di suatu wilayah terhadap luas wilayah tersebut.

$$KP = \frac{P}{A}$$

Keterangan: KP = Kepadatan Penduduk
 P = Jumlah Penduduk (jiwa)
 A = Luas wilayah (km²)

Klasifikasi tingkat kepadatan penduduk yang dihasilkan dapat diklasifikasikan pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Kriteria Tingkat Kepadatan Penduduk

No	Kriteria	Kepadatan
1	≤500	Sangat Jarang
2	501 – 1500	Jarang
3	1501 – 2500	Sedang
4	2501 – 5000	Padat
5	>5000	Sangat Padat

2.5.5 Klasifikasi Indeks Kerapatan Vegetasi

Nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dihitung dengan membandingkan data pantulan Near Infrared (NIR) dan data Red yang dipantulkan oleh vegetasi di alam. NDVI digunakan untuk mengukur tingkat kehijauan dengan memanfaatkan perbedaan antara band Near Infrared (band 5) dan band Red (band 4) (Fitriana et al., 2021). Menurut Sitorus (2005) persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai NDVI adalah sebagai berikut:

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

Keterangan: NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*
 NIR = *Near Infrared* (band 5 Landsat 8 OLI/TIRS)
 RED = *Red* (band 4 Landsat 8 OLI/TIRS)

Persamaan tersebut merupakan indeks vegetasi yang memiliki nilai berkisar antara -1 hingga 1, di mana nilai NDVI -1 menunjukkan kondisi wilayah tanpa vegetasi, sedangkan nilai NDVI 1 menandakan keberadaan vegetasi yang sangat lebat. Indeks NDVI digunakan untuk mengukur kesehatan vegetasi hijau dengan menggabungkan perbedaan normalisasi serta memanfaatkan penyerapan dan pantulan tertinggi pada area klorofil (Fitriana et al., 2021). Klasifikasi tingkat kerapatan vegetasi berdasarkan nilai indeks yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Kriteria Kerapatan Vegetasi

No	Kriteria	Kerapatan
1	<0,15	Sangat Rendah
2	0,15 - 0,25	Rendah
3	0,25 - 0,35	Sedang
4	0,35 - 0,45	Tinggi
5	>0,45	Sangat Tinggi

2.5.6 Perhitungan *Land Surface Temperature* (LST)

Suhu permukaan tanah atau *Land Surface Temperature* (LST) adalah suhu rata-rata yang merepresentasikan kondisi permukaan dalam satu piksel yang mencakup berbagai jenis tutupan lahan. Besaran suhu ini dipengaruhi oleh panjang gelombang tertentu, dengan panjang gelombang inframerah termal sebagai yang paling sensitif terhadap suhu permukaan tanah. Band termal pada satelit digunakan untuk mengukur suhu permukaan tanah tersebut (Lillesand & Kiefer, 1999 dalam Effendi et al., 2023).

Pehitungan LST dilakukan pada *software* ArcGIS dengan langkah - langkah sebagai berikut:

1. Konversi TOA Radiance ke ke BT (*BrightnessTemperature*)

Perubahan nilai radiansi menjadi suhu kecerahan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 272,15$$

Keterangan: BT = Suhu kecerahan ($^{\circ}\text{C}$)
 L_λ = TOA radiansi spektral ($\text{Watts}/(\text{m}^2.\text{srad}.\mu\text{m})$)
 K_1 = Konversi konstan spesifik band termal ($K1_CONSTANT_BAND_x$, dimana x adalah band yang digunakan)
 K_2 = Konversi konstan spesifik band termal ($K2_CONSTANT_BAND_x$, dimana x adalah band yang digunakan).

2. Mencari nilai Proporsi vegetasi (*proportion of vegetation*)

Proportion of Vegetation (P_v) adalah merupakan hasil turunan dari transformasi NDVI, sehingga sebelum mendapatkan nilai P_v , terlebih dahulu dilakukan transformasi NDVI. Nilai P_v dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan : P_v = Proporsi vegetasi
 NDVI = Nilai NDVI
 $NDVI_{max}$ = Nilai NDVI tertinggi
 $NDVI_{min}$ = Nilai NDVI terendah

3. Menghitung *Land Surface Emissivity* (LSE)

Emisivitas dihitung melalui metode NDVI. Tujuan penghitungan emisivitas untuk menghilangkan pengaruh atmosfer yang dapat memengaruhi nilai piksel yang diterima oleh sensor citra dalam menentukan suhu. Penghitungan ini dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\varepsilon = 0.004 P_v + 0.986$$

Keterangan : ε = Emisivitas
 P_v = Proporsi vegetasi

4. Menghitung *Land Surface Temperature* (LST)

Nilai LST dihitung untuk mengetahui temperatur permukaan yang potensial saat citra diambil. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$LST = \frac{BT}{1} + w \left(\frac{BT}{p} \right) \ln(\varepsilon)$$

Keterangan: LST = *Land Surface Temperature* ($^{\circ}\text{C}$)
 BT = Suhu kecerahan satelit ($^{\circ}\text{C}$)

w	= Panjang gelombang radiasi pada band (μm)
p	= $h \cdot c / s = 14380$
ε	= Emisivitas permukaan

2.5.7 Perhitungan Indeks Kenyamanan Termal (THI)

Kenyamanan mengacu pada kondisi lingkungan yang memengaruhi perasaan seseorang, yang dapat diukur secara kuantitatif dengan menggabungkan tingkat kelembaban udara dan suhu udara melalui indikator yang dikenal sebagai *Temperature Humidity Index* (THI) (Niewolt, 1975 dalam (Arifah, 2018) Analisis indeks kenyamanan diolah dengan menggunakan parameter estimasi nilai suhu permukaan dan nilai kelembaban relatif pada suatu wilayah (Arifah & Susetyo, 2018; Wati & Fatkhuroyan, 2017). Dalam melakukan estimasi suhu permukaan suatu wilayah, pendekatan yang digunakan adalah dengan cara mengolah citra satelit Landsat 8 yang berasal dari kanal thermal yaitu kanal 10 dan kanal 11. Data distribusi kelembaban relatif diperoleh dari nilai kelembaban relatif rata-rata harian yang berasal dari *platform* <https://power.larc.nasa.gov/>.

Data yang digunakan dalam proses ini berupa sebaran suhu permukaan (LST) dan sebaran kelembaban relatif (RH), yang dihitung menggunakan rumus Nieuwolt. Nilai *Temperature Humidity Index* (THI) kemudian ditentukan dengan persamaan berikut: (Humaida, 2016).

$$THI = (0,8 \times T + \left[\frac{RH \times T}{500} \right])$$

Keterangan:	THI	= <i>Temperature Humidity Index</i>
	T	= Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
	RH	= Kelembaban Relatif (%)

Menurut hasil penelitian Humaida (2016), klasifikasi nilai THI di daerah tropis mengacu pada standar dari Emmanuel (2005), yang dapat dilihat pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Kriteria Tingkat Kenyamanan

NO	Kriteria	Indeks Kenyamanan
1	21 – 24	Nyaman
2	25 – 27	Kurang Nyaman
3	>27	Tidak Nyaman

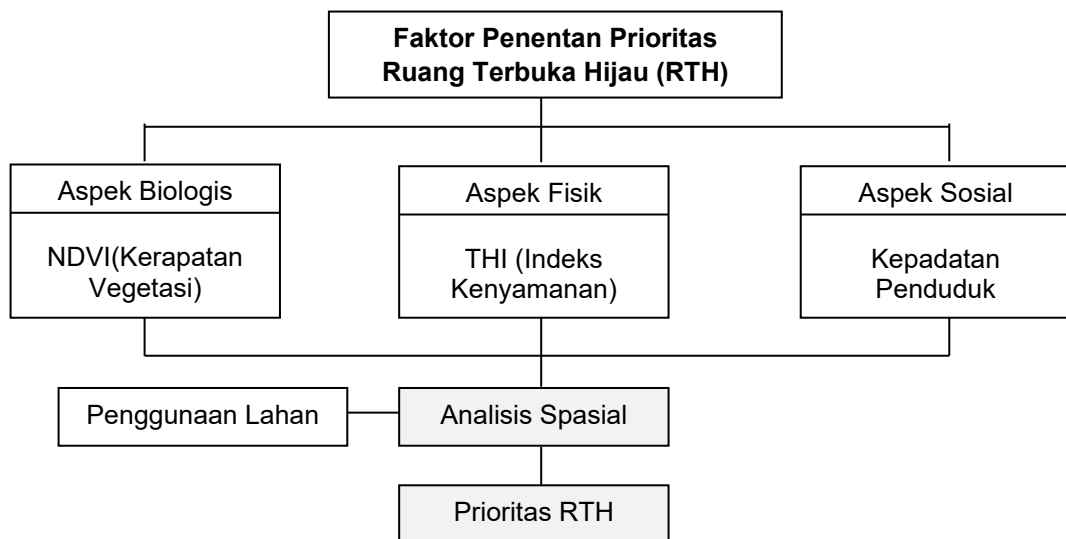
2.5.8 Penentuan Lokasi Prioritas Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Kondisi aktual ruang terbuka hijau di lokasi penelitian diamati dengan dua metode, yaitu melalui peta Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) dan peta pemetaan prioritas kawasan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Analisis kebutuhan data dengan rincian data primer dan sekunder dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Kebutuhan Data Prioritas Lokasi RTH

Aspek	Variabel	Jenis Data
Kondisi Geografis	Batas Wilayah Administrasi, THI (<i>Temperature Indeks Humadity</i>)	Sekunder Primer
Demografi	Jumlah dan Kepadatan Penduduk	Sekunder
Penggunaan Lahan (PL)	Penggunaan Lahan Aktual RTH <i>Existing</i> Kerapatan Vegetasi	Primer

Parameter-parameter yang digunakan dalam menentukan wilayah prioritas untuk penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH), baik publik maupun privat, dianalisis melalui proses tumpang susun (*overlay*). Proses *overlay* ini melibatkan peta *Temperature Humidity Index* (THI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), dan data kepadatan penduduk. Hasil dari proses tersebut menghasilkan skor total yang kemudian dijadikan dasar dalam menetapkan tingkat prioritas wilayah untuk pengembangan RTH. Skor total dari setiap area dihitung dengan menjumlahkan nilai dari masing-masing parameter, semakin tinggi skor total, semakin tinggi prioritas area tersebut untuk dijadikan RTH (Humaida, 2016).

**Gambar 2.** Bagan Faktor Penentuan RTH

Proses *overlay* dilakukan pada ketiga variabel yaitu peta THI, kerapatan vegetasi (NDVI), dan kepadatan penduduk berdasarkan kriteria penilaian skor. Area dengan skor kumulatif tertinggi ditetapkan sebagai prioritas utama dalam pengembangan ruang terbuka hijau (RTH), yang dikelompokkan ke dalam dua tingkat prioritas, yaitu *high priority* dan *moderate priority*, berdasarkan dua kelas skor tertinggi (Humaida, 2016).

Tabel 9. Kriteria Penentuan Lokasi Prioritas RTH

No	Indikator	Kriteria	Skor
1	THI	21 – 24	1
		25 – 27	3
		>27	5
2	NDVI (Kerapatan Vegetasi)	Sangat Rendah	5
		Rendah	4
		Sedang	3
		Tinggi	2
		Sangat Tinggi	1
3	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²)	Sangat Jarang (≤ 500)	1
		Jarang (501 – 1500)	2
		Sedang (1501 – 2500)	3
		Padat (2501 – 5000)	4
		Sangat Padat (> 5000)	5

Langkah terakhir setelah menjumlahkan skor yaitu menentukan jumlah kelas prioritas dan di penentuan prioritas RTH di Perkotaan Belopa dibagi menjadi 5 kelas dimana 2 kelas tertinggi menjadi prioritas pertama dan prioritas kedua RTH Perkotaan Belopa. Sedangkan untuk 3 kelas di bawahnya merupakan area non prioritas. Kemudian untuk interval tiap kelas ditentukan dengan menggunakan jarak kelas (SABIAN, 2021).

$$\text{Interval Kelas} = \frac{(\text{Skor Tertinggi} - \text{Skor Terendah})}{\text{Jumlah Kelas}}$$

Sehingga dari jarak kelas tersebut akan menghasilkan klasifikasi penentuan prioritas RTH di Perkotaan Belopa. Selanjutnya, perlu dilakukan identifikasi terhadap jenis penggunaan lahan aktua; serta pola ruang RDTR Perkotaan Belopa Tahun 2016 – 2036 pada lokasi prioritas RTH dengan cara melakukan overlay pada kedua indikator tersebut. Dengan demikian, pengembangan RTH pada lahan terbangun akan difokuskan pada upaya penghijauan kawasan. Sementara itu, lahan yang belum terbangun akan diarahkan untuk dikembangkan menjadi ruang terbuka hijau yang memiliki fungsi ekologis. Adapun lahan yang telah ditetapkan sebagai RTH dalam rencana penggunaan lahan akan tetap diprioritaskan sebagai RTH, terlepas dari hasil penilaian skor *overlay*.

Kemudian, melakukan identifikasi arahan penerapan konsep *green infrastructure* (GI) atau infrastruktur hijau, sebagai langkah memodifikasi RTH guna menurunkan fenomena UHI yang terjadi di beberapa titik area penggunaan lahan. Menurut Widyaputra (2020) infrastruktur hijau (*green infrastructure*) merupakan suatu pendekatan dalam pembangunan berkelanjutan yang menitikberatkan pada pengelolaan ruang terbuka hijau serta pelestarian proses-proses alami seperti siklus hidrologi, karakteristik tanah, dan limpasan air permukaan. Tujuan dari penerapan konsep ini adalah untuk memperbaiki kualitas lingkungan serta menjaga keberlangsungan ruang terbuka hijau, dengan mempertimbangkan keterkaitannya terhadap aspek tata ruang