

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan suatu proses pengumpulan dan analisis data yang dilakukan secara sistematis untuk mencapai tujuan tertentu (Bachri, 2010). Sementara itu, Rumidi (2004) mengemukakan bahwa metode penelitian merupakan cara utama yang digunakan oleh peneliti untuk dapat mencapai tujuan dan menentukan jawaban atas masalah yang akan diajukan. Berdasarkan kedua definisi sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa metode penelitian merupakan cara untuk mencari solusi dari suatu permasalahan dalam penelitian sehingga didapatkan kesimpulan.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah integrasi metode Penginderaan Jauh dan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Penginderaan jauh adalah seni dan ilmu mengumpulkan informasi tentang objek atau area dunia nyata dari jarak jauh tanpa bersentuhan langsung dengan objek yang sedang dipelajari (Shanmugapriya et al., 2019). Penginderaan jauh digunakan untuk melihat perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Bekasi menggunakan teknik *change detection*.

Sedangkan Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sistem komputer yang dapat merekam, menyimpan, menulis, menganalisis dan menampilkan data geografis (Chang, 2008). Dalam penelitian ini, metode Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan untuk pemodelan spasial Efisiensi Ekspansi Perkotaan (EEP) menggunakan model *Land Consumption Rate/Population Growth Rate* (LCRPGR). Adapun, selanjutnya dilakukan analisis tipe ekspansi perkotaan dilakukan menggunakan model *Landscape Expansion Index* (LEI). Selanjutnya, dilakukan prediksi penggunaan lahan dengan model CA-Markov untuk diekstraksi menjadi data prediksi lahan terbangun. Data prediksi tersebut kemudian akan menjadi dasar untuk prediksi efisiensi ekspansi perkotaan dan tipe ekspansi perkotaan.

Pada penelitian ini, metode Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan dua pendekatan, yaitu pendekatan pola spasial (*spatial pattern*) dan proses spasial (*spatial process*). Pendekatan pola spasial memiliki keterkaitan dengan lokasi dan

persebaran wilayah, dalam kasus penelitian ini adalah pola ekspansi perkotaan dan efisiensinya di Kabupaten Bekasi. Sementara pendekatan proses spasial berkaitan dengan proses dinamis dalam wilayah, dalam kasus penelitian ini adalah dinamika perkembangan ekspansi perkotaan di Kabupaten Bekasi (Soemantri, 2022).

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bekasi, Provinsi Jawa Barat. Secara astronomis, Kabupaten Bekasi terletak pada koordinat $5^{\circ}05'14.7''$ - $6^{\circ}28'50''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}58'18.2''$ - $108^{\circ}14'40.9''$ Bujur Timur. Kabupaten Bekasi memiliki luas wilayah sebesar 127.388 hektar atau 1273,88 Km² yang menjadikannya sebagai kabupaten terbesar ke-13 di Provinsi Jawa Barat (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat, 2022). Kabupaten Bekasi secara administratif memiliki 23 kecamatan yang terdiri dari 7 kelurahan, dan 179 desa.

Adapun batas wilayah Kabupaten Bekasi adalah sebagai berikut:

- Bagian Barat : Kota Bekasi dan Provinsi DKI Jakarta (Kota Jakarta Utara dan Jakarta Timur),
- Bagian Utara : Laut Jawa,
- Bagian Timur : Kabupaten Karawang,
- Bagian Selatan : Kabupaten Bogor

Adapun pada penelitian ini, unit analisis yang digunakan adalah wilayah administrasi kecamatan dengan pengelompokan sesuai dengan pembagian wilayah pengembangan pada Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bekasi Tahun 2011 – 2031, yakni sebagai berikut.

Tabel 3.1 Keterangan Wilayah Pengembangan di Kabupaten Bekasi

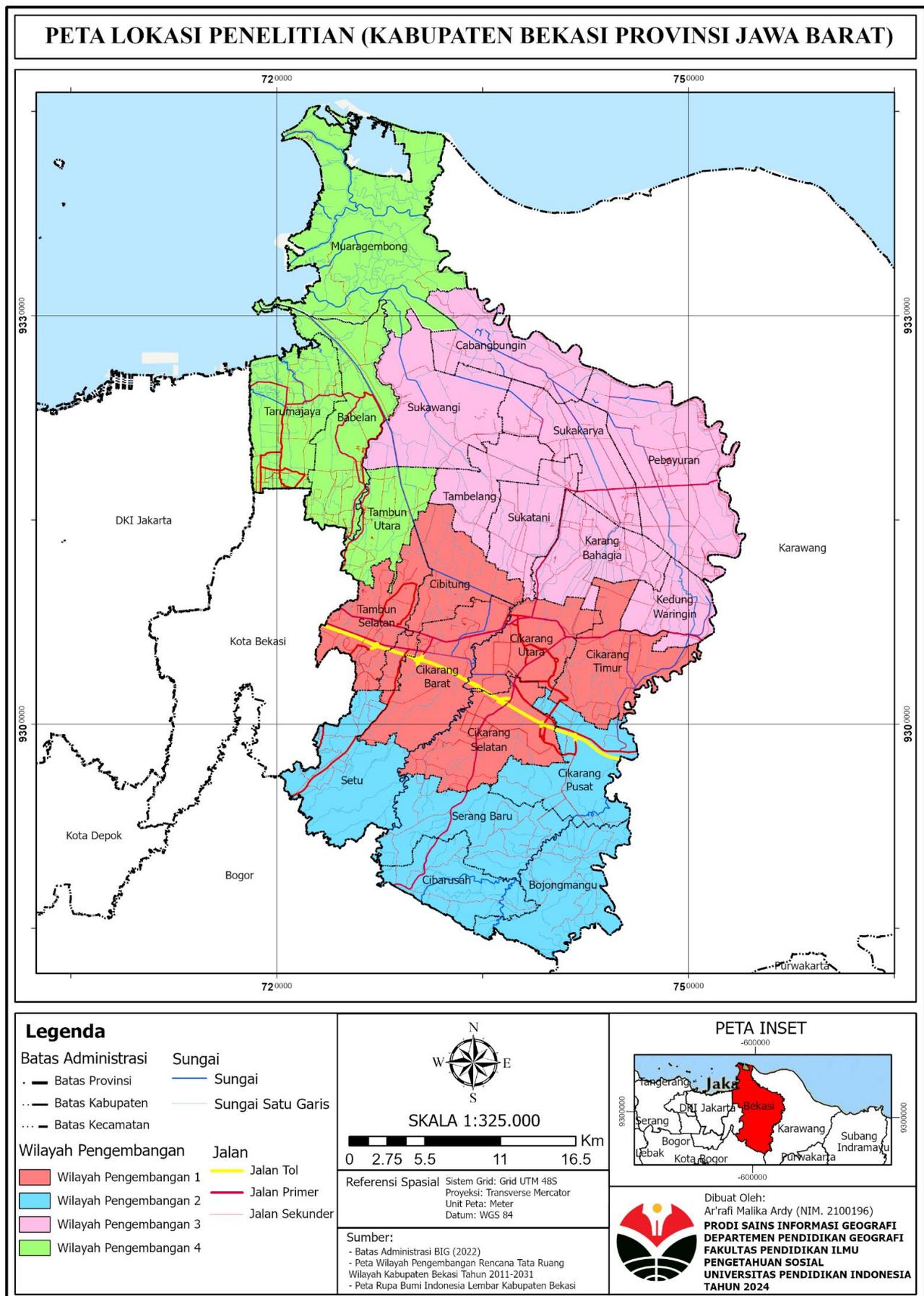
Wilayah Pengembangan	Kecamatan	Pusat WP	Fungsi WP	Luas (Ha)	Lokasi
WP I	Tambun Selatan		dominasi permukiman, perdagangan dan jasa, industri	26.625	wilayah bagian tengah koridor timur barat
	Cibitung				
	Cikarang Timur				
	Cikarang Barat				

	Cikarang Utara				Kabupaten Bekasi
	Cikarang Selatan				
WP II	Cikarang Pusat		Pusat pemerintahan, permukiman suburban, pengembangan industri serta pariwisata	17.014	wilayah bagian selatan Kabupaten Bekasi
	Cibarusah				
	Bojongmangu				
	Setu				
	Serang Baru				
WP III	Sukatami		Produksi hasil-hasil pertanian	47.020	wilayah bagian timur Kabupaten Bekasi
	Pebayuran				
	Sukakarya				
	Tambelang				
	Sukawangi				
	Cabangbungin				
	Karang Bahagia				
	Kedungwaringin				
WP IV	Tarumajaya		pertanian lahan basah dan pelestarian kawasan hutan lindung mangrove	25.028	wilayah bagian utara Kabupaten Bekasi
	Muaragembong				
	Babelan				
	Tambun Utara				

Sumber: RTRW Kabupaten Bekasi Tahun 2011 – 2031

3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal dikeluarkannya izin penelitian dalam waktu kurang lebih 5 (lima) bulan. Satu bulan pertama diisi oleh kegiatan kompilasi dan pengumpulan data, tiga bulan kedua dilakukan pengolahan data, dan satu bulan terakhir diisi oleh penyusunan dan penyajian data dalam bentuk skripsi dan berlangsungnya proses bimbingan.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

Ar'rafi Malika Ardy, 2025
PEMODELAN SPASIAL UNTUK PREDIKSI EFISIENSI EKSPANSI PERKOTAAN DI KABUPATEN BEKASI
TAHUN 2031 MENGGUNAKAN LAND CONSUMPTION RATE POPULATION GROWTH RATE
(LCRPGR) DAN LANDSCAPE EXPANSION INDEX (LEI)
 Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Tabel 3.2 Linimasa Penelitian

Kegiatan	Oktober				November				Desember				Januari				Februari			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pra-Penelitian																				
Penentuan Tema																				
Studi Literatur																				
Pengurusan Izin Administrasi																				
Pengumpulan Data Citra Satelit																				
Pengumpulan Data Statistik dari Instansi																				
Penelitian																				
Pengolahan Data Satelit																				
Pembuatan Peta Penggunaan Lahan																				
Uji Akurasi (<i>Groundcheck</i>)																				
Analisis Data																				
Pasca Penelitian																				
Pembuatan Peta Hasil Penelitian																				
Penyusunan Laporan																				

Sumber: Peneliti (2024)

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

Tabel 3.3 Alat Penelitian

No.	Alat	Spesifikasi	Kegunaan
1	Perangkat Keras (Laptop)	Lenovo Ideapad Gaming 3: CPU AMD Ryzen 5 4600H, VGA NVIDIA GTX 1650 Ti 4GB, RAM 16GB, Storage 1TB SSD NVME. 64-bit operating system (windows 11)	Membantu untuk proses pengumpulan data sekunder dan primer, analisis data, dan laporan akhir hasil penelitian.
2	Perangkat Lunak	Google Earth Engine	Melakukan klasifikasi penggunaan lahan dan change detection
		ArcGIS Pro 3.0	Untuk melakukan pengolahan data, pembuatan peta serta perhitungan analisis efisiensi ekspansi perkotaan menggunakan model LCRPGR
		Microsoft Word 2019	Membantu dalam pembuatan proposal penelitian dan penulisan laporan hasil akhir.
		Microsoft Excel 2019	Membantu dalam proses analisis data,
		QGIS 3.22.0	Membantu dalam analisis spasial prediksi konsumsi lahan tahun 2031 menggunakan plugin MOLUSCE
		Plugin MOLUSCE	Melakukan analisis prediksi penggunaan lahan masa depan (tahun 2031)

Sumber: Hasil Analisis (2024)

3.3.2 Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

Tabel 3.4 Bahan Penelitian

No.	Bahan	Spesifikasi	Sumber	Kegunaan
1	Citra Satelit Penginderaan Jauh	Landsat 8 OLI tahun 2013, dan 2023 Landsat 7 ETM+ tahun 2007	<i>United States Geological Survey</i> (USGS)	Digunakan sebagai data primer untuk analisis perubahan penggunaan lahan dalam kurun waktu 16 tahun sebagai variabel LCR (Laju Konsumsi Lahan)
2	Batas Administrasi Kabupaten Bekasi	Tahun 2023	Badan Informasi Geospasial (BIG)	Sebagai pembatas wilayah penelitian berdasarkan administrasi kabupaten
3	Data Jumlah Penduduk Per Kecamatan	Tahun 2007, 2015, dan 2023	Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil (Disdukcapil)	Sebagai data untuk variabel PGR (Laju Pertumbuhan Penduduk) dalam analisis efisiensi ekspansi perkotaan
4	Data Kemiringan Lereng	SRTM	<i>United States Geological Survey</i> (USGS)	Sebagai data faktor pendorong prediksi penggunaan lahan menggunakan model <i>Celullar Automata-Markov Chain</i> di tahun 2031
5	Data Survei Uji Akurasi	Foto Lapangan (2024) dan Screenshoot	Survei Lapangan dan	Sebagai data untuk menguji akurasi peta penggunaan lahan tahun

	Penggunaan Lahan	Citra Satelit Google Earth (Perekaman 2007 & 2015)	Citra Google Earth	2007, 2015, 2023, serta kelayakan prediksi penggunaan lahan
6	Data Vektor Pusat Kegiatan Ibukota Kecamatan	Titik Pusat Kegiatan di Ibukota Kecamatan (termasuk, PKN, PKL, dan PKLp)	Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Bekasi	Sebagai data faktor pendorong prediksi penggunaan lahan menggunakan model <i>Celullar Automata-Markov Chain</i> di tahun 2031
7	Data Vektor Jaringan Sungai	Jaringan Sungai di Kabupaten Bekasi	Peta Rupa Bumi Indonesia (BIG)	Sebagai data faktor pendorong prediksi penggunaan lahan menggunakan model <i>Celullar Automata-Markov Chain</i> di tahun 2031
8	Data Indikator Sekunder model LCRPGR	Lahan Terbuka per Kapita (LTK) dan Intensitas Ekspansi Perkotaan (IEP)	Diturunkan dari data lahan terbangun hasil ekstraksi data penggunaan lahan	Sebagai data pendukung untuk interpretasi hasil pemodelan efisiensi ekspansi perkotaan (indikator sekunder)

Sumber: Hasil analisis peneliti(2024)

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Pra Penelitian

Tahapan pra-penelitian merupakan langkah awal dalam suatu penelitian, yang dimana tahapan pra-penelitian terdiri dari beberapa langkah, sebagai berikut:

1) Penentuan tema permasalahan

Pada tahap ini dilakukan analisis penentuan tema untuk penelitian penulis, yang diangkat dari permasalahan yang terjadi di sekitar daerah peneliti. Tema yang diangkat pada penelitian ini adalah "Efisiensi Ekspansi Perkotaan" yang dilatar belakangi oleh fenomena konsumsi lahan yang tidak proporsional terhadap pertumbuhan penduduk, terutama di Kabupaten Bekasi yang menjadi sasaran suburbanisasi.

2) Pencarian sumber literatur terkait permasalahan yang akan diangkat

Pada tahap ini dilakukan pencarian berbagai sumber literatur yang relevan dengan permasalahan yang diangkat, baik dari buku, artikel jurnal, skripsi, tesis, dan lainnya untuk memperkaya informasi terkait penelitian yang akan dibahas. Adapun berikut merupakan beberapa literatur yang menjadi acuan dalam penelitian ini. 1) Buku "*Peri-Urban Dynamics Geospatial Linkages of Population, Development and Land in Gujarat, India*" yang ditulis oleh Sikarwar & Chattopadhyay (2023b). Buku ini menjadi acuan karena melakukan penelitian dengan metode dan rumusan masalah yang serupa. Hal tersebut berupa penelitian mengenai efisiensi ekspansi perkotaan menggunakan model *Land Consumption Rate/Population Growth Rate (LCRPGR)*. 2) Artikel Ilmiah berjudul "*Dynamic Expansion of Urban Land in China's Coastal Zone since 2000*" karya Du et al (2022). Artikel ini menjadi acuan karena memiliki rumusan masalah dan metode yang serupa, yakni pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk klasifikasi tipe ekspansi perkotaan menggunakan metode *Landscape Expansion index (LEI)* dan kaitannya dengan efisiensi ekspansi perkotaan. 3) Pedoman (*Metadata*) Indikator SDG 11.3.1 yang dipublikasi oleh Persatuan Bangsa-Bangsa Divisi Statistik (2021) yang akan menjadi acuan dalam upaya pemutakhiran SDG 11.3.1 dari hasil penelitian ini.

3) Penentuan objek kajian penelitian serta analisis isu yang akan diangkat dalam penelitian

Pada tahap ini dilakukan penentuan objek kajian serta analisis isu yang akan diangkat dalam penelitian secara lebih mendalam berdasarkan dari sumber literatur yang telah dibaca. Analisis permasalahan ini dilakukan dengan membandingkan

beberapa penelitian yang sudah dilakukan dan relevan terhadap permasalahan peneliti. Bagian ini juga bertujuan agar ruang lingkup penelitian memiliki batasan yang jelas, dan tidak terlalu luas maupun terlalu sempit.

Adapun objek yang dikaji dalam penelitian ini adalah efisiensi ekspansi perkotaan di Kabupaten Bekasi selama tahun 2007-2023 yang dianalisis pada tingkat kecamatan melalui rasio Laju Konsumsi Lahan (LCR) dan Laju Pertumbuhan Penduduk (PGR) (LCRPGR). Isu yang diangkat dalam penelitian ini adalah Efisiensi Ekspansi Perkotaan. Berdasarkan studi literatur, isu tersebut kemudian dikembangkan lagi untuk melihat kaitannya dengan sebaran tipe ekspansi perkotaan serta untuk mencari faktor yang mempengaruhi perubahan nilai LCR dan PGR dalam konteks efisiensi ekspansi perkotaan. Selain itu, hasil dari perhitungan model LCRPGR untuk efisiensi ekspansi perkotaan ini akan menjadi rekomendasi terhadap upaya pemutakhiran indikator SDG 11.3.1 di Indonesia, khususnya di Kabupaten Bekasi.

4) Menentukan judul penelitian yang akan diangkat

Tahapan ini mulai dilakukan setelah mendapatkan tema permasalahan dan judul yang ingin diangkat oleh peneliti, serta objek kajian yang ingin dikaji. Proses penentuan judul ini disesuaikan dengan tema yang ingin diambil agar judul bersifat relevan dengan tema. Berdasarkan tema permasalahan, objek kajian, dan analisis isu yang diangkat maka judul penelitian yang diajukan adalah "PEMODELAN SPASIAL UNTUK PREDIKSI EFISIENSI EKSPANSI PERKOTAAN DI KABUPATEN BEKASI TAHUN 2031 MENGGUNAKAN *LAND CONSUMPTION RATE POPULATION GROWTH RATE* (LCRPGR) DAN *LANDSCAPE EXPANSION INDEX* (LEI)"

5) Menyusun proposal penelitian

Tahapan ini merupakan proses penyusunan proposal yang dilakukan sesuai kaidah penulisan proposal penelitian yang telah ditentukan oleh pihak universitas. Penyusunan proposal meliputi bagian pendahuluan, tinjauan pustaka, dan metode penelitian.

6) Pembuatan instrumen penelitian

Pada tahapan ini mulai dilakukan penyusunan instrumen penelitian yang bertujuan untuk menentukan dan membantu dalam proses pengumpulan data penelitian. Adapun instrument yang dimaksud merupakan instrument uji akurasi data penggunaan lahan berupa *Confusion Matrix*. Instrumen tersebut akan digunakan dalam proses survey hasil klasifikasi penggunaan lahan untuk mengetahui akurasi peta penggunaan lahan yang dinilai dari *Overall Accuracy dan Kappa Accuracy*.

3.4.2 Penelitian

Secara keseluruhan, tahap penelitian ini terbagi menjadi empat dengan rincian sebagai berikut:

1) Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data primer didapatkan dari Badan Pusat Statistik untuk data kepadatan penduduk, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah untuk batas administrasi kota, USGS untuk citra Landsat 8 OLI dan Landsat 7 ETM+, BIG untuk data SRTM, Dinas PUPR untuk data Pusat Kegiatan serta data hasil survey lapangan untuk uji validitas penelitian. Sementara data sekunder didapatkan dari Open Street Map, serta berbagai kajian sumber literatur, baik dari artikel jurnal, undang-undang dan peraturan, buku, dan lainnya.

2) Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dilaksanakan setelah keseluruhan data untuk penelitian sudah terkumpul. Tahap pengolahan data dilakukan pada software SIG, yakni ArcGIS Pro. Tahap pengolahan data terdiri dari klasifikasi penggunaan lahan menggunakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan algoritma *Random Forest* untuk mendapatkan penggunaan lahan terbangun (pemukiman, industri, jalan raya, bangunan) dan menghitung laju konsumsi lahan tahun 2007-2023. Setelah itu, dilakukan analisis menggunakan *tools euclidean distance* pada variabel independen, seperti jarak terhadap kawasan industri, jalan raya, dan pusat kegiatan. selanjutnya adalah perhitungan efisiensi ekspansi penggunaan lahan

menggunakan model *Land Consumption Rate/Population Growth Rate* (LCRPGR) dengan tambahan data pertumbuhan penduduk tahun 2007-2023. Setelah melakukan perhitungan LCRPGR maka dihasilkan data efisiensi ekspansi perkotaan pada tingkat kecamatan dengan klasifikasi dari nilai LCRPGR yang sudah ditentukan sebelumnya. Setelah dilakukan pengolahan data, kemudian dilakukan proses layouting peta menggunakan aplikasi ArcGIS Pro 3.0. Terakhir, dilakukan perhitungan indikator sekunder, yakni nilai Lahan Terbangun per Kapita (LTK) dan Intensitas Ekspansi Perkotaan (IEP) sebagai data pendukung untuk analisis hasil pemodelan efisiensi ekspansi perkotaan.

3) Tahap Uji Akurasi Data

Tahap uji akurasi data dilakukan untuk menjamin kualitas dan validitas data berdasarkan tingkat akurasi sesuai peraturan yang ada. Uji akurasi dilakukan menggunakan matriks kesalahan atau confusion matrix yang digunakan untuk melakukan perbandingan perubahan penggunaan lahan dari hasil interpretasi peneliti dengan kondisi sebenarnya dilapangan. Kemudian dilakukan overall accuracy dan perhitungan menggunakan indeks kappa (*Kappa Accuracy*) yang akan menghasilkan persentase akurasi dengan menggunakan semua elemen dalam matriks.

4) Tahap Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan proses prediksi penggunaan lahan tahun 2031 menggunakan model CA-Markov. Selanjutnya, dilakukan perbandingan melalui teknik penginderaan jauh *change detection* antara penggunaan lahan pada 10 tahun yang berbeda, yakni tahun 2007, 2015, 2023 dan tahun 2031 untuk menghasilkan peta penggunaan lahan dan peta ekspansi kota yang akan menjadi data laju konsumsi lahan (LCR) yang kemudian akan dipadukan dengan data jumlah penduduk kecamatan untuk melihat pertumbuhan pada tiap tahun analisisnya, yakni tahun 2007, 2015, dan 2023. Adapun data konsumsi lahan akan di-*overlay* untuk melihat arah ekspansinya dan mengetahui luas ekspansi yang terjadi selama periode pengamatan (2007-2023), Selanjutnya, akan dilakukan perhitungan dengan model LCRPGR.

Selanjutnya, dilakukan pengolahan *Landscape Expansion Index* (LEI) untuk melihat tipe ekspansi perkotaan yang terjadi pada wilayah penelitian. Setelah itu, dilakukan analisis *euclidean distance* terhadap terhadap kawasan industri, jaringan jalan, dan pusat kegiatan serta keseluruhan data kemudian dibuat *output* berupa peta. Adapun hasil perhitungan efisiensi ekspansi perkotaan model LCRPGR akan menjadi data untuk indikator SDG 11.3.1.

3.4.3 Pasca Penelitian

Pada tahapan ini mulai dilakukan penyusunan laporan dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan. Adapun hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah analisis prediksi konsumsi lahan, perubahan penggunaan lahan, analisis laju konsumsi lahan (LCR) dan Laju Pertumbuhan Penduduk (PGR), analisis hubungan laju konsumsi lahan (LCR) dan Laju Pertumbuhan Penduduk (PGR), analisis efisiensi ekspansi perkotaan (LCRPGR), analisis tipe ekspansi perkotaan menggunakan metode *Landscape Expansion Index* (LEI), serta faktor apa saja yang mempengaruhi laju konsumsi lahan (LCR) dan laju pertumbuhan penduduk (PGR) di Kabupaten Bekasi. Selain itu, terdapat peta-peta yang akan dihasilkan dalam penelitian ini, yakni:

1. Peta Efisiensi Ekspansi Perkotaan (LCRPGR) Kabupaten Bekasi Tahun 2007-2023
2. Peta Prediksi Efisiensi Ekspansi Perkotaan (LCRPGR) Kabupaten Bekasi Tahun 2023-2031
3. Peta Laju Konsumsi Lahan (LCR) Kabupaten Bekasi Tahun 2007-2031
4. Peta Laju Pertumbuhan Penduduk (PGR) Kabupaten Bekasi Tahun 2007-2031
5. Peta Tipe Ekspansi Perkotaan di Kabupaten Bekasi Tahun 2007-2031
6. Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Bekasi Tahun 2007, 2015, dan 2023
7. Peta Prediksi Penggunaan Lahan Kabupaten Bekasi Tahun 2023, dan 2031
8. Peta Perkembangan Lahan Terbangun Tahun 2007-2031
9. Peta Jarak Euclidean Jaringan Sungai Kabupaten Bekasi
10. Peta Jarak Euclidean Pusat Kegiatan Kota di Kabupaten Bekasi
11. Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Bekasi

3.5 Populasi dan Sampel

3.5.1 Populasi

Menurut (Margono, 2004), populasi adalah seluruh data yang menjadi perhatian peneliti dalam suatu ruang lingkup dan waktu yang ditentukan. Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah populasi wilayah, populasi penduduk, dan populasi penggunaan lahan. Populasi wilayah meliputi seluruh Kabupaten Bekasi yang terdiri atas 4 wilayah pengembangan yang terbagi dalam 23 kecamatan. Populasi penduduk adalah jumlah penduduk berdasarkan unit administrasi kecamatan.

Tabel 3.5 Populasi Wilayah dan Penduduk
(Kecamatan di Kabupaten Bekasi)

Kecamatan	Jumlah Penduduk
Tambun Selatan	433.710
Cibitung	255.947
Tambun Utara	193.581
Cikarang Utara	239.769
Babelan	256.183
Cikarang Barat	211.039
Cikarang Selatan	171.742
Karangbahagia	133.153
Sukatani	102.679
Setu	165.907
Kedungwaringin	76.652
Serang Baru	152.783
Tarumajaya	123.032
Cikarang Timur	110.191
Cibarusah	102.578
Cikarang Pusat	68.445
Sukakarya	56.989
Cabangbungin	60.214
Tambelang	43.986
Pebayuran	110.356
Sukawangi	54.097
Bojongmangu	30.251
Muaragembong	43.722
Kabupaten Bekasi	3.197.006

Sumber: Disdukcapil (2023)

Adapun populasi penggunaan lahan meliputi seluruh poligon pada masing-masing kelas penggunaan lahan di Kabupaten Bekasi, berupa Pemukiman, Industri, Lahan Terbuka, Sawah, Vegetasi, Tambak, dan Badan Air.

3.5.2 Sampel

Menurut Siregar (2018), Sampel adalah sebagian atau wakil populasi yang diteliti. Pada penelitian ini, untuk populasi wilayah dan populasi penduduk menggunakan sampel jenuh. Artinya, seluruh populasi dijadikan sampel. Adapun populasi penggunaan lahan menggunakan teknik *stratified random sampling*. Metode *stratified random sampling* merupakan teknik pengambilan sampel yang membagi populasi menjadi beberapa kelompok (strata) berdasarkan kesamaan karakteristik tertentu yang relevan dengan penelitian. Dalam konteks penggunaan lahan, strata dipilih dari kelas-kelas berdasarkan karakteristiknya pada Skala 1:250.000 menurut klasifikasi SNI 7645-2010, yakni pemukiman, pertanian, bangunan industri, badan air, vegetasi, lahan terbuka, dan tambak. Kelas-kelas tersebut adalah kelompok yang berbeda dalam hal karakteristik spasial dan fungsional, sehingga mereka bisa dianggap sebagai strata (Iliyasu & Etikan, 2021; Wulansari, 2017).

Metode *stratified random sampling* digunakan dengan dasar pertimbangan jumlah titik sampel setiap kelas penggunaan lahan proporsional dengan luas lahan (ha) tiap kelas penggunaan lahan. Adapun cara pemilihan sampelnya dilakukan menggunakan *tool create random points* pada aplikasi ArcGIS. *Tool Create Random Points* merupakan alat untuk menghasilkan sebaran titik sampel secara acak untuk setiap kelas penggunaan lahan. Selain itu, jarak maksimal antar titik dibatasi untuk mencegah konsentrasi titik, yakni 100 m.

3.5.3 Penentuan Jumlah Titik Sampel

Penentuan jumlah titik sampel dilakukan menggunakan Persamaan Slovin. Persamaan Slovin merupakan sebuah rumus atau formula untuk menghitung jumlah sampel minimal jika perilaku dari sebuah populasi tidak diketahui secara pasti (Crystle Rampen & Sihotang, 2021). Berikut merupakan Persamaan Slovin:

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

Keterangan:

n = Jumlah Sampel

N = Jumlah piksel

e = Persen kelonggaran ketidaktelitian yang masih dapat ditoleransi, yaitu (10%).

Jumlah total piksel pada citra Landsat 8 dan 7 (30 m) di Kabupaten Bekasi menjadi penentu populasi pada penelitian ini. Kabupaten Bekasi memiliki wilayah seluas 1273,88 Km², maka dari itu populasinya adalah 42.463 piksel, sehingga jumlah titik sampel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{42.463}{1 + 42.463(0.1)^2}$$

$$n = \frac{42.463}{425,63}$$

$$n = 99,76505 \approx \mathbf{100}$$

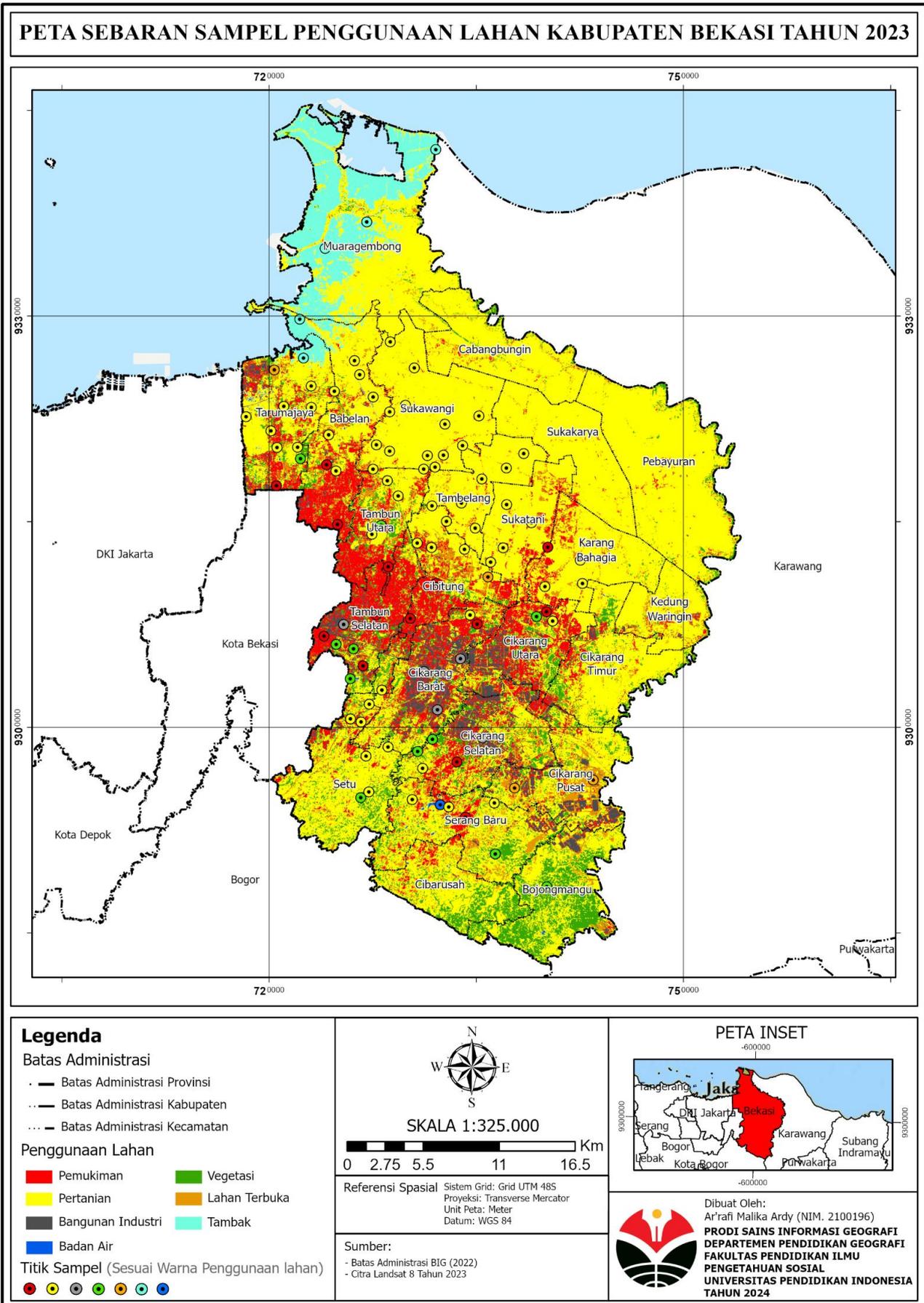
Pada penelitian ini tingkat kepercayaan adalah 90% sehingga taraf signifikasinya sebesar 0,1 atau dengan kata lain hasil dari sampel memiliki kemungkinan kesalahan 10% pada saat generalisasi. Dengan menggunakan rumus di atas untuk menghitung besar sampel dari total populasi dan taraf signifikansi 0,1 maka jumlah sampel yang dibutuhkan minimal 99,76505, kemudian dibulatkan menjadi 100 sampel. Adapun jenis penggunaan lahan beserta luas dan jumlah sampel dapat dilihat pada **tabel 3.6**.

Tabel 3.6 Distribusi Sampel Uji Akurasi Penggunaan Lahan

No.	Kelas Penggunaan Lahan	Luas Area (ha) Tahun 2023	Persentase terhadap luas wilayah (%)	Jumlah Sampel
1	Pemukiman	16908,7	13,51	14
2	Pertanian	76302,3	60,97	60
3	Bangunan Industri	5742,1	4,59	5
4	Badan Air	147,0	0,12	1
5	Vegetasi	13458,1	10,75	11
6	Lahan Terbuka	5604,0	4,48	4
7	Tambak	6976,4	5,57	5
Jumlah		125138,5	100	100

Sumber: Hasil Analisis Klasifikasi Penggunaan Lahan, 2024

Adapun peta penggunaan lahan kabupaten bekasi pada tahun 2023 beserta sebaran sampel uji akurasi dapat dilihat pada **gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Peta Sebaran Sampel Penggunaan Lahan Kabupaten Bekasi Tahun 2023

Ar'rafi Malika Ardy, 2025

PEMODELAN SPASIAL UNTUK PREDIKSI EFISIENSI EKSPANSI PERKOTAAN DI KABUPATEN BEKASI TAHUN 2031 MENGGUNAKAN LAND CONSUMPTION RATE POPULATION GROWTH RATE (LCRPGR) DAN LANDSCAPE EXPANSION INDEX (LEI)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.6 Variabel Penelitian

Menurut Hatch dan Farhady dalam Sugiyono (2013), secara teoritis variabel dapat didefinisikan sebagai atribut seseorang, atau obyek, yang mempunyai "variasi" antara satu orang dengan yang lain atau satu obyek dengan obyek yang lain. Berdasarkan pengertian yang telah dipaparkan, variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.7 Variabel Penelitian

Variabel Penelitian	Sub-Variabel	Parameter
Efisiensi Ekspansi Perkotaan (LCRPGR)	Laju Konsumsi Lahan (LCR)	Perkembangan Lahan Terbangun Tahun 2007-2015
		Perkembangan Lahan Terbangun Tahun 2015-2023
	Laju Pertumbuhan Penduduk (PGR)	Perubahan Jumlah Penduduk Tahun 2007-2015
		Perubahan Jumlah Penduduk Tahun 2015-2023
Tipe Ekspansi Perkotaan	Data Perkembangan Lahan Terbangun	Tipe Ekspansi <i>Infilling</i> (Pengisian ke dalam)
		Tipe Ekspansi <i>Edge-Expansion</i> (Ekspansi Tepi Perkotaan)
		Tipe Ekspansi <i>Leapfrog</i> (Pembangunan Lompatan)
Prediksi Efisiensi Ekspansi Perkotaan (LCRPGR) Tahun 2031	Prediksi Laju Konsumsi Lahan (LCR)	Prediksi Perkembangan Lahan Terbangun Tahun 2023-2031
	Prediksi Laju Pertumbuhan Penduduk (PGR)	Proyeksi Perubahan Jumlah Penduduk Tahun 2023-2031

Prediksi Tipe Ekspansi Perkotaan Tahun 2031	Faktor Pendorong	Jarak dari Pusat Kegiatan Kota
	Prediksi Penggunaan Lahan	Jarak dari Jaringan Sungai
		Kemiringan Lereng
	Data Prediksi Perkembangan Lahan Terbangun	Prediksi Perkembangan Lahan Terbangun Tahun 2023-2031

Sumber: Hasil Analisis Peneliti (2024)

3.7 Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa metode, yakni sebagai berikut:

3.7.1 Studi Literatur

Metode studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian (Zed, 2008). Teknik ini dilakukan dengan tujuan untuk mengungkapkan berbagai teori-teori yang relevan dengan permasalahan yang sedang dihadapi/diteliti sebagai bahan rujukan dalam pembahasan hasil penelitian. Studi literatur pada penelitian kali ini dilakukan dengan mencari sumber dari artikel jurnal, skripsi, thesis, serta dokumen yang memuat undang-undang atau peraturan yang berkaitan dengan topik berupa pemanfaatan SIG untuk analisis efisiensi ekspansi perkotaan, analisis perubahan penggunaan lahan, pemanfaatan perhitungan model LCRPGR menggunakan SIG dalam kajian ekspansi perkotaan, serta variabel yang digunakan dalam kajian SDG 11.3.1 (efisiensi ekspansi perkotaan).

3.7.2 Observasi

Menurut Hasanah (2017), observasi merupakan suatu proses yang kompleks yang terdiri dari proses-proses pengamatan dan ingatan. Observasi dilakukan dengan mengunjungi langsung ke wilayah sampel. Data yang dikumpulkan melalui observasi berupa pengambilan data fisik (penggunaan lahan), yakni uji akurasi berdasarkan sampel penggunaan lahan yang tersebar di Kabupaten Bekasi. Pengumpulan data lapangan dilakukan pada pengamatan titik-titik sampel yang

akan diteliti mengenai perubahan penggunaan lahan serta faktor yang dapat diidentifikasi berkaitan dengan konsumsi lahan untuk parameter Laju Konsumsi Lahan (LCR). Hasil observasi lapangan berupa data penggunaan lahan lapangan di berbagai titik sampel yang menjadi acuan serta perbandingan untuk uji akurasi hasil klasifikasi penggunaan lahan menggunakan tabel *confusion matrix*.

3.7.3 Studi Dokumentasi

Dokumentasi merupakan suatu teknik pengumpulan data dengan menghimpun dan menganalisis dokumen-dokumen, baik dokumen tertulis, gambar maupun elektronik. Adapun studi dokumentasi pada penelitian ini mengacu kepada pengumpulan data, seperti data statistik dari Badan Pusat Statistik berupa jumlah penduduk per kecamatan di Kabupaten Bekasi pada tahun 2007, 2015, 2023 dan data spasial yang digunakan untuk penelitian. Selain itu, studi dokumentasi juga dilakukan pada dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bekasi 2011-2031 untuk mengetahui sebaran spasial titik pusat kegiatan kota di Kabupaten Bekasi sebagai faktor pendorong prediksi penggunaan lahan.

3.8 Teknik Pengolahan Data

3.5.4 Klasifikasi Penggunaan Lahan

Klasifikasi terbimbing dalam penginderaan jauh adalah klasifikasi digital dimana pengkelasan pola-pola penutup penggunaan lahan pada citra didasarkan masukan dari operator (Kushardono, 2017). Adapun algoritma klasifikasi terbimbing yang digunakan pada penelitian ini adalah algoritma *Random Forest* (RF). Algoritma Random Forest adalah metode klasifikasi yang populer dalam ilmu penginderaan jauh, terutama untuk memetakan penggunaan lahan (Lary et al., 2016a; Rudiyanto et al., 2016). Metode ini bekerja dengan membangun banyak pohon keputusan (*decision tree*). Kekuatan *Random Forest* terletak pada penggabungan keputusan dari banyak pohon, sehingga hasil klasifikasi menjadi lebih akurat dan stabil.

3.5.5 Uji Akurasi Data

Uji akurasi hasil pengolahan data citra satelit sangat penting dalam konteks analisis citra dan interpretasi informasi spasial. Uji akurasi merupakan komponen

kunci dalam memvalidasi penelitian yang dilakukan menggunakan citra satelit. Validitas penelitian sangat tergantung pada sejauh mana hasil pengolahan citra mencerminkan keadaan yang sebenarnya di lapangan. Uji akurasi data dilakukan menggunakan *Confusion Matrix*.

Tabel 3.8 Confusion Matrix

Penggunaan Lahan	Data Acuan			Total Baris	Omisi Pikel
	A	B	C		
I					
II					
III					
Total Kolom					
Komisi Pikel					
<i>Overall Accuracy</i>					
Koefisien Kappa					

Sumber: Nawangwulan, Sudarsono, dan Sasminito (2013)

A,B,C = jumlah piksel benar dari hasil interpretasi dan cek lapangan.

I,II,III= objek yang diteliti

Selanjutnya, hasil pengolahan matriks konfusi akan menghasilkan koefisien kappa yang kemudian diklasifikasikan dengan tabel klasifikasi akurasi berdasarkan *kappa value* oleh Kranjčić et al. (2019). Tabel klasifikasi dapat dilihat pada gambar di bawah.

Tabel 3.9 Klasifikasi Kappa Value untuk Uji Akurasi

<i>Kappa Value</i>	Akurasi Klasifikasi
41 – 60%	Sedang
61 – 80 %	Tinggi
> 80%	Sangat Tinggi

Sumber: Kranjčić et al. (2019)

3.5.6 *Euclidean Distance*

Jarak Euclidean atau *Euclidean Distance* adalah alat yang sederhana namun efektif untuk mengukur kedekatan spasial. Pada penelitian ini, *Euclidean distance* digunakan untuk menghitung nilai dari jarak setiap lokasi terhadap pusat kegiatan

kota, jaringan jalan, kawasan industri, dan jaringan sungai. Lebih lanjut, penerapannya dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor-faktor pendorong untuk prediksi penggunaan lahan di tahun 2031. Semakin dekat suatu daerah dengan objek, maka skor atau nilai spasialnya akan lebih besar.

3.5.7 Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk dilakukan untuk mendapatkan data dasar berupa jumlah penduduk dalam pengolahan laju pertumbuhan penduduk pada model LCRPGR masa depan (tahun 2031).

Model proyeksi penduduk yang digunakan adalah proyeksi penduduk geometrik dengan asumsi bahwa laju pertumbuhan penduduk sama setiap tahunnya (Begawatsari & Ayuningtyas, 2020). Adapun rumus proyeksi penduduk geometrik adalah sebagai berikut.

$$P_n = P_o(1 + r)^n$$

Keterangan:

P_n : Jumlah penduduk tahun ke-n

P_o : Jumlah penduduk tahun awal

R : Laju pertumbuhan penduduk per tahun

N : Jumlah interval tahun

3.5.8 Indikator Sekunder (Data Pendukung)

Indikator sekunder digunakan sebagai data pendukung dalam menginterpretasikan hasil pemodelan efisiensi ekspansi perkotaan (LCRPGR). Hasil pengolahan ini bukan merupakan temuan utama, melainkan alat bantu analisis untuk memahami lebih lanjut hasil pemodelan efisiensi ekspansi perkotaan. Dua indikator yang digunakan adalah Lahan Terbangun per Kapita (LTK) dan Intensitas Ekspansi Perkotaan (IEP).

a) Lahan Terbangun per Kapita (LTK)

Indikator ini mengukur luas lahan terbangun yang tersedia bagi setiap individu dalam suatu kawasan perkotaan pada tahun analisis tertentu (*United Nations Statistics Division, 2021*). Indikator ini membantu mengidentifikasi apakah suatu wilayah mengalami kepadatan yang berlebihan atau justru terlalu rendah, sehingga penggunaan lahannya menjadi kurang efisien dan

menyebabkan penyebaran kota yang tidak terkendali (*urban sprawl*). Perhitungannya dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Lahan Terbangun per Kapita (m}^2\text{/orang)} = \left(\frac{\text{UrBU}_t}{\text{Pop}_t} \right)$$

Keterangan:

UrBU_t = luas lahan terbangun suatu wilayah pada tahun t (dalam m^2)

Pop_t = jumlah populasi dalam suatu area pada tahun t

Hasil perhitungan LTK akan diklasifikasikan ke dalam tiga kuartil (Q1, Q2, dan Q3). Semakin tinggi kuartil, semakin rendah kepadatan penduduk. Sebagai acuan, SNI 03-1733-2004 menetapkan standar luas ruang per kapita berdasarkan daya dukung lingkungan pemukiman, yakni minimal 26 m^2 . Adapun *input data* yang digunakan hanya luas pemukiman karena menilai kelayakan sosial dari segi kepadatan tempat tinggal. Jika nilai LTK berada di bawah standar ini, maka kecamatan tersebut mengalami *overcrowding*, yang dapat berdampak negatif pada lingkungan dan sosial, seperti tekanan terhadap infrastruktur, penurunan kualitas udara, dan dampak buruk lainnya.

b) Intensitas Ekspansi Perkotaan (IEP)

Indikator ini mengukur peningkatan luas lahan terbangun dalam suatu wilayah dari waktu ke waktu (*United Nations Statistics Division, 2021*). Ketika diterapkan dalam pemodelan efisiensi ekspansi perkotaan, indikator ini dapat membantu menilai apakah ekspansi perkotaan berlangsung secara terkendali atau tidak. Jika perubahan luas lahan terbangun terjadi terlalu cepat dibandingkan pertumbuhan penduduk, maka ada indikasi bahwa *urban sprawl* semakin meluas, yang berpotensi menyebabkan pemanfaatan ruang yang tidak efisien. Indikator ini dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Intensitas Ekspansi Perkotaan (\%)} = \left(\frac{\text{UrBU}_{t+n} - \text{UrBU}_t}{\text{UrBU}_t} \right) \times 100$$

Keterangan:

UrBU_{t+n} = luas lahan terbangun dalam suatu wilayah pada tahun final

UrBU_t = luas lahan terbangun dalam suatu wilayah pada tahun awal

3.9 Teknik Analisis Data

3.9.1 Pemodelan Spasial Efisiensi Ekspansi Perkotaan Menggunakan Model *Land Consumption Rate/Population Growth Rate* (LCRPGR) (SDG 11.3.1)

Model ini merupakan metode resmi dari Persatuan Bangsa-Bangsa (PBB) yang digunakan untuk mengukur indikator SDG 11.3.1 (United Nations Statistics Division, 2021). Model ini merupakan indikator utama dari Efisiensi Ekspansi Perkotaan (EEP) karena memperhitungkan perbandingan antara masuknya penduduk dan lahan perkotaan yang terbangun selama periode analisis. Adapun persamaan dalam model ini terdiri dari *Land Consumption Rate* dan *Population Growth Rate*.

$$LCRPGR = \frac{LCR}{PGR}$$

Dimana masing-masing nilai LCR dan PGR ditentukan dengan persamaan berikut:

$$LCR = \frac{\text{LN}\left(\frac{Urb_{t+n}}{Urb_t}\right)}{y}$$

LN : Nilai logaritma natural

Urb_t : Luasan lahan perkotaan pada tahun sebelumnya/tahun awal

Urb_{t+n} : Luasan lahan perkotaan pada tahun sekarang/tahun final

y : Selisih tahun antara dua periode analisis

Berikut merupakan klasifikasi dari nilai laju konsumsi lahan (LCR):

Tabel 3.10 Klasifikasi Nilai LCR

Nilai LCR	Kategori
< 0	Penyusutan Kota
0 – 0,015	LCR Rendah
0,0151 – 0,050	LCR Sedang
0,051 – 0,153	LCR Tinggi

Sumber: Li, Cai, & Du (2021)

$$PGR = \frac{\text{LN}\left(\frac{Pop_{t+n}}{Pop_t}\right)}{y}$$

Pop_t : Total populasi di satuan analisis pada tahun sebelumnya/tahun awal

Pop_{t+n} : Total populasi di satuan analisis pada tahun sekarang/tahun final

Berikut merupakan klasifikasi dari nilai laju pertumbuhan penduduk (PGR):

Tabel 3.11 Klasifikasi Nilai PGR

Nilai PGR	Kategori
< 0	Depopulasi
0 – 0,02	PGR Rendah
0,021 – 0,040	PGR Sedang
0,041 – 0,061	PGR Tinggi

Sumber: Li, Cai, & Du (2021)

Adapun klasifikasi nilai hasil perhitungan model LCRPGR diklasifikasikan menjadi lima jenis, yakni:

Tabel 3.12 Klasifikasi Nilai LCRPGR untuk Interpretasi Efisiensi Ekspansi Perkotaan

Kategori	Syarat	Nilai LCRPGR
Ekspansi Perkotaan Sangat Tidak Efisien	LCR (+), PGR (-)	< (-5)
	Tidak Ada Syarat	> 5
Ekspansi Perkotaan Tidak Efisien	Tidak Ada Syarat	1 - 5
Ekspansi Perkotaan Efisien	Tidak Ada Syarat	0 - 1
Penyusutan Kota	LCR (-), PGR (+)	(-5) - 0
	LCR (-) < PGR (-)	1 - 5
Penyusutan Kota Tingkat Tinggi	LCR (-), PGR (+)	< (-5)
	LCR (-) < PGR (-)	> 5

Sumber: (Li, Cai, & Du, 2021).

3.9.2 Pemodelan Spasial Tipe Ekspansi Perkotaan Menggunakan Model *Landscape Expansion Index (LEI)*

LEI (*Landscape Expansion Index*) adalah sebuah metrik yang digunakan untuk mengukur dan mengklasifikasikan pola pertumbuhan perkotaan. Indeks ini

sangat berguna untuk memahami bagaimana sebuah kota meluas dari waktu ke waktu. Berikut merupakan rumus dari LEI:

$$LEI = \frac{A_0}{A_0 + A_v} \times 100$$

di mana A_0 adalah irisan zona buffer antara lahan terbangun baru dan lahan terbangun lama, dan A_v adalah irisan zona buffer antara lahan terbangun baru dengan lahan non terbangun. Berdasarkan hasil LEI, pertumbuhan perkotaan dapat diklasifikasikan menjadi tiga tipe, yakni:

Tabel 3.13 Klasifikasi Nilai LEI

Rentang Nilai LEI	Tipe Ekspansi Perkotaan
50 - 100	Pengisian (<i>infilling</i>)
0 - 50	Ekspansi tepi (<i>edge expansion</i>)
0	Lompatan (<i>leapfrog</i>)

Sumber: (Svoboda et al., 2022)

3.9.3 Prediksi Penggunaan Lahan Menggunakan Pemodelan *Cellular Automata-Markov Chain* (CA-MC)

Simulasi perubahan penggunaan dalam penelitian ini merupakan integrasi antara probabilitas transisi berdasarkan Markov's chain dan model CA. Model Cellular automata terdiri dari empat komponen yang saling berinteraksi dalam dimensi waktu, dan dapat dituliskan dengan notasi:

(U, S, N, T)

U (*universe*) : dimensi ruang dari sel (*cell space*)

S (*states*) : keadaan-keadaan (nilai) yang mungkin dicapai oleh suatu sel

N (*neighborhood*) : jumlah sel tetangga yang dipertimbangkan dalam penentuan nilai dari suatu sel

T (*transition*) : Seperangkat aturan (prinsip) yang digunakan dalam penentuan nilai dari suatu sel

Perubahan sel (S) dari keadaan awal (S_t) pada waktu t menjadi (S_{t+1}) pada waktu $t+1$ merupakan fungsi dari kondisi sekitarnya (N) dan prinsip transisi

tertentu (T). Secara matematis fungsi perubahan tersebut dapat dituliskan dengan notasi:

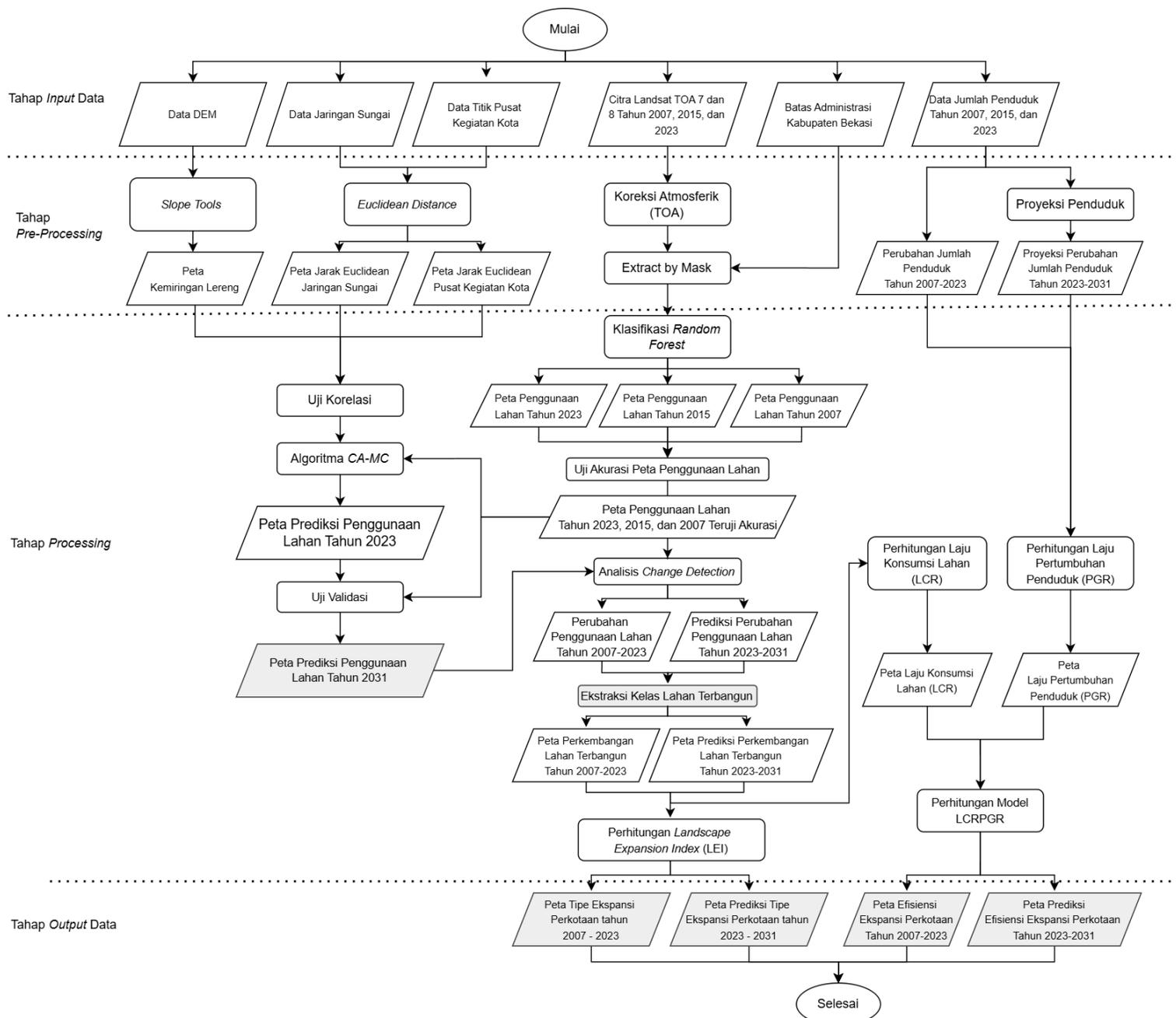
$$St+1 = f (St, N, T)$$

Hasil dari pemodelan CA-Markov merupakan prediksi penggunaan lahan tahun 2023 yang akan digunakan untuk memvalidasi faktor pendorong prediksi penggunaan lahan. Setelah dilakukan validasi faktor pendorong, prediksi dilanjutkan untuk menghasilkan prediksi penggunaan lahan tahun 2031 yang akan digunakan sebagai bahan (data) proyeksi efisiensi ekspansi perkotaan dan tipe ekspansi perkotaan melalui ekstraksi lahan terbangun.

Adapun faktor pendorong dari prediksi penggunaan lahan yang akan digunakan adalah:

- Jarak Euclidean dengan Jaringan Sungai
- Jarak Euclidean Pusat Kegiatan
- Kemiringan Lereng

3.10 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian

Ar'rafi Malika Ardy, 2025
PEMODELAN SPASIAL UNTUK PREDIKSI EFISIENSI EKSPANSI PERKOTAAN DI KABUPATEN BEKASI TAHUN 2031 MENGGUNAKAN LAND CONSUMPTION RATE POPULATION GROWTH RATE (LCRPGR) DAN LANDSCAPE EXPANSION INDEX (LEI)
 Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu