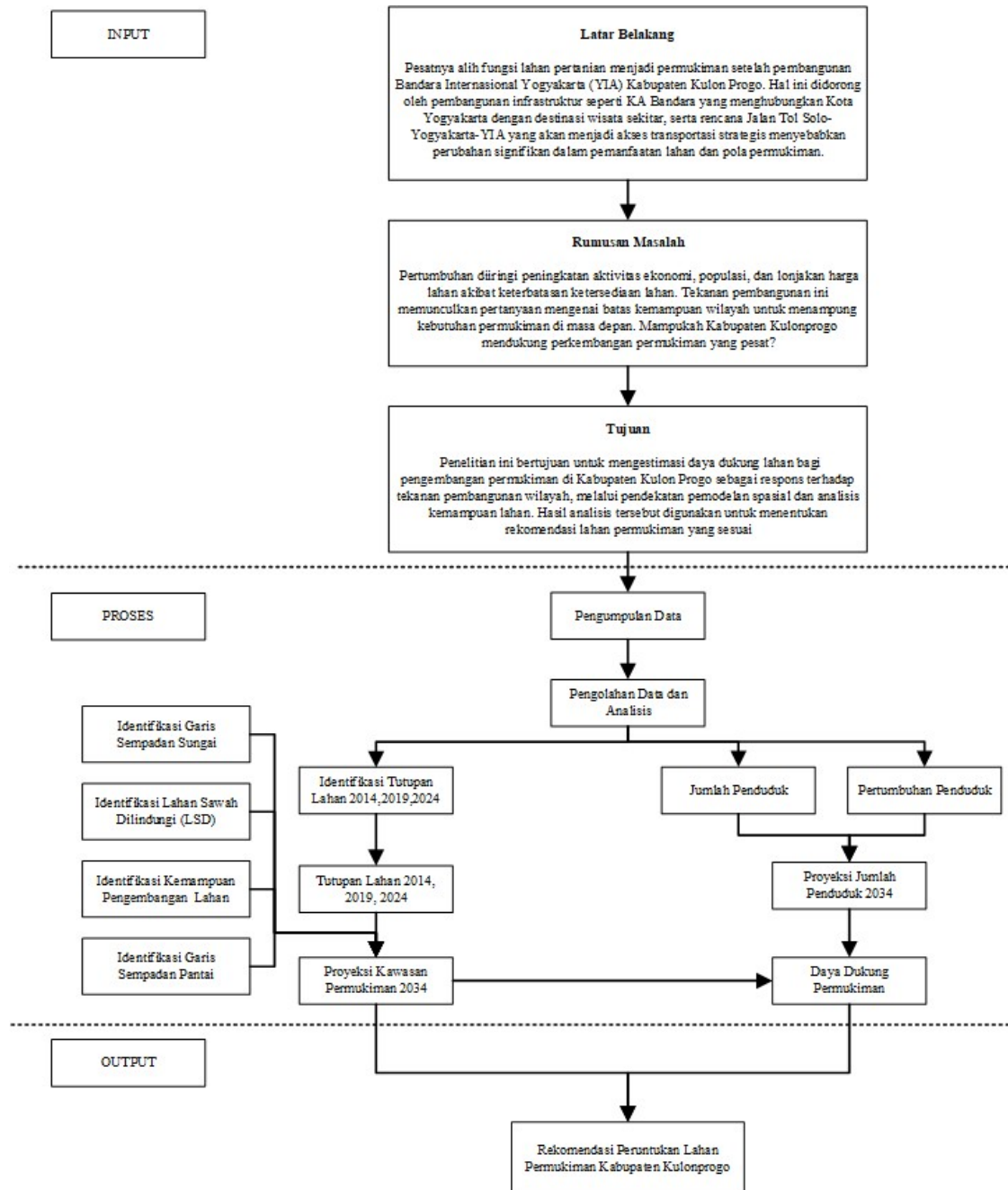


BAB 2

KONSEP PERENCANAAN

2.1 Kerangka Pikir



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 2. 1 Flowchart Kerangka Berpikir

Penelitian ini berawal dari meningkatnya alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan terbangun pasca-pembangunan Yogyakarta International Airport (YIA) dan rencana kawasan aerotropolis, yang memunculkan kekhawatiran terhadap alihfungsi lahan di Kabupaten Kulon Progo. Rumusan masalahnya berfokus pada sejauh mana estimasi kebutuhan permukiman dapat disesuaikan dengan daya dukung lahan permukiman yang tersedia. Dengan demikian, penelitian ini menetapkan tujuan untuk mengestimasi daya dukung lahan permukiman bagi pengembangan permukiman di Kabupaten Kulon Progo sebagai respons terhadap tekanan pembangunan wilayah, melalui pendekatan pemodelan spasial dan analisis kemampuan lahan sebagai dasar rekomendasi peruntukan lahan permukiman.

2.2 Kajian Pustaka

2.2.1 Permukiman

Berdasarkan UU Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1992 tentang Perumahan dan Permukiman, Permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan. Pengertian permukiman sebagai hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan sendiri adalah kumpulan rumah dengan fasilitas pendukungnya, seperti jalan, taman, sekolah, pusat kesehatan, tempat ibadah, dan fasilitas umum lainnya dalam mendukung kehidupan. Pembangunan perumahan dan permukiman sebagai bagian dari pembangunan nasional perlu terus ditingkatkan dan dikembangkan secara terpadu, terarah, berencana dan berkesinambungan.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan rumah sebagai salah satu kebutuhan dasar manusia, dan mewujudkan permukiman yang layak, pemerintah sebagai pemangku kebijakan perlu memberi arahan pada pertumbuhan wilayah dan persebaran penduduk yang rasional. Pertumbuhan penduduk yang terus bertambah, dengan ketersediaan lahan yang terbatas menyebabkan semakin tingginya kepadatan penduduk di Kabupaten Kulon Progo. Sehingga Rumah menjadi kebutuhan primer dan dianggap penting karena memiliki dampak langsung pada kualitas hidup dan kesejahteraan pada tiap individu. Hal ini menyebabkan tingginya kebutuhan akan lahan permukiman, jika tidak diantisipasi, ketimpangan antara pertumbuhan permukiman dan daya dukung lahan berpotensi memicu ketimpangan lahan di Kabupaten Kulon Progo.

2.2.2 Daya Dukung Permukiman (DDPm)

Daya dukung lingkungan hidup merupakan kemampuan lingkungan untuk mendukung perikehidupan manusia, makhluk hidup lain, serta menjaga keseimbangan antar keduanya, sementara penentuan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup adalah proses kajian ilmiah untuk menilai kemampuan suatu wilayah dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya secara berkelanjutan (Kementrian Lingkungan Hidup, 2014). Faktor demografi menjadi peran utama dalam menilai daya dukung permukiman, selain jumlah penduduk variabel pertumbuhan penduduk menjadi penting untuk melihat seberapa besar kebutuhan lahan permukiman nantinya dan seberapa layak suatu lahan untuk ditempati.

Hal ini dilakukan melalui penetapan batas optimal pemanfaatan sumber daya agar keseimbangan ekosistem tetap terjaga, sebab penetapan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup bertujuan memastikan bahwa pembangunan suatu wilayah tidak melampaui kapasitas alamnya, sehingga kebutuhan hidup generasi saat ini dan mendatang dapat terpenuhi tanpa merusak kelestarian lingkungan. Adapun formula untuk menentukan daya dukung permukiman berdasarkan Pedoman Penentuan Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup tahun 2014 sebagai berikut:

$$DDPm = \frac{\left(\frac{LPm}{JP}\right)}{\alpha}$$

Dimana:

$DDPm$ = Daya Dukung Permukiman

LPm = Luas Permukiman (m^2)

JP = Jumlah Penduduk (Jiwa)

α = Koefisien luas kebutuhan ruang (m^2 /kapita) $26m^2$ /jiwa

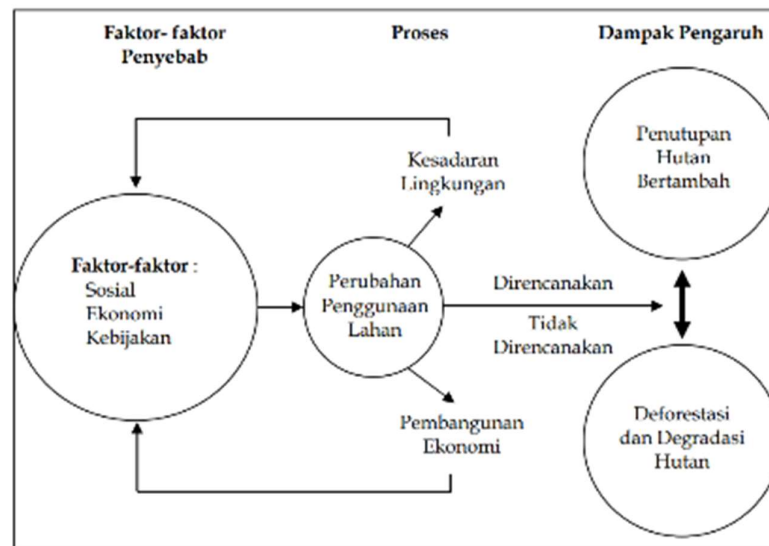
Terdapat beberapa ketentuan dalam daya dukung permukiman, sebagai berikut:

1. $DDP > 1$, sangat mendukung kebutuhan permukiman.
2. $DDP = 1$, cukup dapat mendukung kebutuhan permukiman.
3. $DDP < 1$, sudah tidak dapat mendukung kebutuhan permukiman.

2.2.3 Tutupan Lahan

Tutupan lahan adalah atribut biofisik dari permukaan bumi pada suatu wilayah, seperti rumput, tanaman, dan bangunan. Tutupan lahan sendiri umumnya didapatkan dari hasil klasifikasi citra satelit dan hasil klasifikasi tersebut banyak digunakan sebagai dasar

penelitian untuk analisis penggunaan lahan atau dinamika perubahan lahan di suatu area (Al Mukmin dkk., 2016). Fenomena urbanisasi dan peningkatan jumlah penduduk adalah faktor penggerak utama perubahan bentuk tutupan lahan, pertumbuhan penduduk seringkali menyebabkan pertumbuhan kawasan permukiman dan kawasan komersial yang mengorbankan lahan hijau (Hasna dkk., 2023). Faktor lain penyebab terjadinya alihfungsi lahan didasari oleh faktor sosial, ekonomi dan kebijakan, jika tidak direncanakan dengan baik alihfungsi lahan yang terjadi akan semakin besar (Dwiprabowo dkk., 2014). Faktor-faktor penyebab, proses, dan hubungan-hubungan pengaruhnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Sumber: (Dwiprabowo dkk., 2014)

Gambar 2. 2 Faktor Perubahan Penggunaan Lahan

Dengan adanya faktor faktor yang menyebabkan perubahan tutupan lahan, perubahan tutupan lahan dapat dilihat menggunakan aplikasi GIS dan dilakukan klasifikasi. Klasifikasi tutupan lahan adalah proses pengelompokan berbagai jenis tutupan lahan berdasarkan karakteristik tertentu seperti vegetasi, penggunaan lahan, dan kondisi fisik. Klasifikasi ini penting untuk pemantauan lingkungan, perencanaan tata ruang, dan pengelolaan sumber daya alam. Klasifikasi tutupan lahan yang biasa digunakan adalah klasifikasi berbasis algoritma Maximum Likelihood, klasifikasi tutupan lahan dapat mencakup beberapa kategori utama, antara lain hutan, lahan pertanian, badan air, dan kawasan terbangun (Agus dkk., 2023). Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Fauzi & Arifin, 2025), dengan menggunakan algoritma maximum likelihood dan citra satelit Landsat 8 serta 7 kelas tutupan lahan menghasilkan tingkat akurasi hingga 83,33%.

2.2.4 Sempadan Sungai

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 28/PRT/M/2015, sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan yang berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu hingga hilir yang dibatasi kanan dan kirinya oleh garis sempadan sungai. Garis sempadan sungai sendiri adalah garis khayal yang berada pada tepi kanan dan kiri sungai, sebagai batas perlindungan sungai. Adanya garis sempadan sungai bertujuan untuk perlindungan, penggunaan dan pengendalian atas sumber daya yang ada pada sungai agar sesuai dengan peruntukannya.



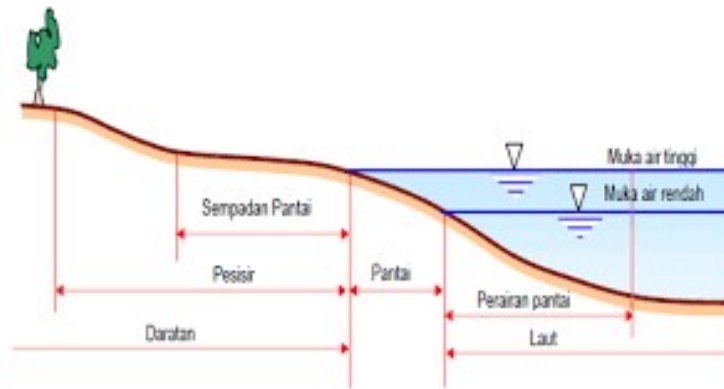
Sumber: DISTARU Provinsi Bali, 2023

Gambar 2. 3 Kawasan Sungai

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 28 Tahun 2015 sendiri, untuk sempadan sungai bertanggung diatur dengan jarak minimum 3 meter dari tepi sungai, sedangkan untuk sungai tidak bertanggung diatur dengan jarak minimum 50 meter dari tepi sungai. Dengan adanya kebijakan yang mengatur garis sempadan sungai diharapkan fungsi sungai tidak terganggu oleh aktifitas yang berkembang disekitarnya, serta kegiatan dan pemanfaatan sumber daya yang ada di daerah aliran sungai dapat memberikan hasil secara optimal sekaligus menjaga fungsi sungai dari daya rusak air terhadap lingkungan.

2.2.5 Sempadan Pantai

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 07/PRT/M/2015, pantai adalah daerah yang merupakan pertemuan antara laut dan daratan yang diukur pada saat pasang tertinggi dan surut terendah. Sempadan pantai termasuk satuan wilayah pantai untuk melindungi dan mengamankan daerah pantai dari kerusakan oleh erosi, abrasi dan akresi. Sempadan pantai memiliki lebar proporsional dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, dengan minimal 100 meter dari titik pasang tertinggi ke arah darat.



Sumber: DISTARU Provinsi Bali, 2023

Gambar 2. 4 Kawasan Pantai

Pengamanan pantai ini juga bertujuan untuk melakukan perlindungan dan pemngamanan terhadap masyarakat yang tinggal di sepanjang pantai dari ancaman gelombang dan genangan pasang tinggi (rob), erosi serta abrasi.

2.2.6 Lahan Sawah Dilindungi (LSD)

Menurut Peraturan Menteri ATR/BPN No. 2 Tahun 2024, Lahan Sawah yang Dilindungi yang selanjutnya disingkat LSD adalah Lahan Sawah yang dipertahankan fungsinya dalam rangka ketahanan pangan nasional. Lahan Sawah Dilindungi adalah lahan sawah yang secara resmi ditetapkan agar tidak dialihfungsikan ke penggunaan lain. Konsep LSD juga diatur dalam Peraturan Presiden No. 59 Tahun 2019 dalam rangka memenuhi dan menjaga ketersediaan lahan sawah untuk mendukung kebutuhan pangan nasional, mengendalikan alih fungsi lahan sawah yang semakin pesat, memberdayakan petani agar tidak mengalihfungsikan lahan sawah dan menyediakan data dan informasi lahan sawah untuk bahan penetapan lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B). LSD tidak dapat dialihfungsikan menjadi penggunaan lain selain untuk, Proyek Strategis Nasional (PSN), Kepentingan Umum (Jalan, Jembatan, Fasilitas Pendidikan, Kesehatan, Kawasan Industri, Bandara dan fasilitas lain untuk masyarakat luas), dan bencana alam atau kondisi darurat yang menyebabkan LSD tidak dapat digunakan lagi sebagai peruntukannya sebagai lahan pertanian.

2.2.7 Satuan Kemampuan Lahan (SKL)

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20 tahun 2007 mengatur tentang pedoman teknik analisis fisik dan lingkungan, dalam penyusunan rencana tata ruang hal ini dilakukan untuk melihat seberapa besar lahan mampu mendukung upaya pemanfaatan lahan. Analisis

ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran tingkat kemampuan suatu lahan untuk dikembangkan yang selanjutnya dijadikan acuan dalam pengembangan kota berkelanjutan. Berikut adalah ketentuan dan kriteria satuan kemampuan lahan yang ditentukan oleh Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20/PRT/M/2007:

1. Satuan Kemampuan Lahan Morfologi

Satuan Kemampuan Lahan Morfologi adalah pengelompokan bentuk bentang alam (landforms) berdasarkan kemiringan lereng dan ketinggiannya. Morfologi sendiri dibagi menjadi beberapa klasifikasi, contohnya morfologi dataran yang bentuknya didominasi oleh daerah yang relatif datar dengan kemiringan lereng 0% - 5%, morfologi perbukitan yang didominasi oleh daerah dengan kemiringan lereng yang bervariasi.

Tabel 2. 1 Satuan Kemampuan Lahan Morfologi

No.	Kemiringan (%)	Nilai	Morfologi	Nilai	SKL Morfologi	Nilai
1.	0 – 2	5	Dataran	5	Tinggi (9-10)	5
2.	2 – 5	4	Perbukitan Rendah	4	Cukup (7-8)	4
3.	5 – 15	3	Perbukitan	3	Sedang (5-6)	3
4.	15 – 40	2	Perbukitan Tinggi	2	Kurang (3-4)	2
5.	>40	1	Pegunungan	1	Rendah (1-2)	1

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20/PRT/M/2007

2. Satuan Kemampuan Lahan Kemudahan Dikerjakan

Satuan kemampuan lahan kemudahan dikerjakan, adalah salah satu analisis yang dilakukan untuk menganalisis tingkat kemudahan suatu lahan atau kawasan untuk digali/dimatangkan dalam proses pembangunan atau pengembangan kawasan.

Tabel 2. 2 Satuan Kemampuan Lahan Kemudahan Dikerjakan

No.	Ketinggian (m)	Nilai	Kemiringan (%)	Nilai	Jenis Tanah	Nilai	SKL Kemudahan Dikerjakan	Nilai
1.	<500	5	0 – 2	5	Alluvial	5	Tinggi (11-15)	5
2.	500 – 1500	4	2 – 5	4	Latosol	4	Sedang (7-10)	4
3.	1500 – 2500	3	5 – 15	3	Brown Forest, Mediteran	3	Kurang (3-6)	3
4.			15 – 40	2	Podsol Merah	2	Rendah (1-2)	2
5.			>40	1	Kuning			

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20/PRT/M/2007

3. Satuan Kemampuan Lahan Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng digunakan untuk mengetahui tingkat kekuatan suatu kelerengan di suatu wilayah dan/atau kawasan dalam menerima beban saat adanya pengembangan, selain itu perlu dilakukan analisis kestabilan lereng untuk mengetahui kawasan yang berlereng cukup aman untuk dikembangkan dan batasan pengembangan yang dapat dilakukan di tiap klasifikasi kelerengan.

Tabel 2. 3 Satuan Kemampuan Lahan Kestabilan Lereng

No.	Ketinggian (m)	Nilai	Kemiringan (%)	Nilai	Morfologi	Nilai	SKL Kestabilan Lereng	Nilai
1.	<500	5	0 – 2	5	Dataran	5	Tinggi (14-15)	5
2.	500 – 1500	4	2 – 5	4	Perbukitan Rendah	4	Cukup (12-13)	4
3.	1500 – 2500	3	5 – 15	3	Perbukitan	3	Sedang (9-11)	3
4.			15 – 40	2	Perbukitan Tinggi	2	Kurang (6-8)	2
5.			>40	1	Pegunungan	1	Rendah (4-5)	1

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20/PRT/M/2007

4. Satuan Kemampuan Lahan Kestabilan Pondasi

Satuan kemampuan lahan kestabilan pondasi digunakan untuk melihat tingkat kemampuan lahan dalam mendukung bangunan berat dalam pengembangan perkotaan, serta jenis-jenis pondasi yang sesuai untuk setiap klasifikasi.

Tabel 2. 4 Satuan Kemampuan Lahan Kestabilan Pondasi

No.	Ketinggian (m)	Nilai	Kemiringan (%)	Nilai	Morfologi	Nilai	Jenis Tanah	Nilai	SKL Kestabilan Pondasi	Nilai
1.	<500	5	0 – 2	5	Dataran	5	Alluvial	5	Tinggi (18-20)	5
2.	500 – 1500	4	2 – 5	4	Perbukitan Rendah	4	Latosol	4	Cukup (15-17)	4
3.	1500 – 2500	3	5 – 15	3	Perbukitan	3	Brown Forest, Mediteran	3	Sedang (11-14)	3
4.			15 – 40	2	Perbukitan Tinggi	2	Podsol Merah	2	Kurang (8-10)	2
5.			>40	1	Pegunungan	1	Kuning		Rendah (5-7)	1

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20/PRT/M/2007

5. Satuan Kemampuan Lahan Ketersediaan Air Bersih

Satuan kemampuan lahan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat ketersediaan air untuk pengembangan kawasan, dan mengetahui wilayah dengan sumber-sumber air yang bisa dimanfaatkan tanpa mengganggu keseimbangan, sehingga tidak menimbulkan adanya eksploitasi air tanah atau *overpumping*.

Tabel 2. 5 Satuan Kemampuan Lahan Ketersediaan Air Bersih

No.	DAS	Nilai	Curah Hujan (mm)	Nilai	Tata Guna Lahan	Nilai	SKL Ketersediaan Air	Nilai
1.	Baik Merata	5	4000 – 4500	5	Terbangun	2	Tinggi (11-12)	5
2.	Baik Tidak Merata	4	3500 – 4000	4	Tidak Terbangun	1	Cukup (9-10)	4
3.	Setempat	3	3000 – 3500	3			Sedang (7-8)	3
4.	Terbatas		2500 – 3500	2			Kurang (5-6)	2

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20/PRT/M/2007

6. Satuan Kemampuan Lahan Drainase

Analisis kemampuan lahan drainase digunakan untuk mengetahui tingkat kemampuan lahan dalam mengalirkan air hujan secara alami, sehingga mengurangi kemungkinan adanya genangan yang mengakibatkan terjadinya banjir.

Tabel 2. 6 Satuan Kemampuan Lahan Drainase

No.	Ketinggian (m)	Kemiringan (%)	Nilai	Curah Hujan (mm)	Nilai	SKL Drainase	Nilai
1.	<500	0 – 2	5	4000 – 4500	5	Tinggi (12-14)	3
2.	500 – 1500	2 – 5	4	3500 – 4000	4	Cukup (6-11)	2
3.	1500 – 2500	5 – 15	3	3000 – 3500	3	Sedang (3-5)	1
4.		15 – 40	2	2500 – 3500	2		
5.		>40	1				

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20/PRT/M/2007

7. Satuan Kemampuan Lahan Terhadap Erosi

Satuan kemampuan lahan terhadap erosi digunakan untuk mengetahui tingkat terjadinya kikisan tanah di suatu wilayah, dan mengetahui tingkat ketahanan lahan terhadap erosi.

Tabel 2. 7 Satuan Kemampuan Lahan Terhadap Erosi

No.	Curah Hujan (mm)	Nilai	Jenis Tanah	Nilai	Morfologi	Nilai	Kemiringan (%)	Nilai	SKL Terhadap Erosi	Nilai
1.	4000 – 4500	5	Alluvial	5	Perbukitan	3	0 – 2	5	Tinggi (7-10)	5
2.	3500 – 4000	4	Latosol	4	Perbukitan Tinggi	2	2 – 5	4	Cukup (11-15)	4
3.	3000 – 3500	3	Brown Forest, Mediteran	3	Pegunungan	1	5 – 15	3	Sedang (16-20)	3
4.	2500 – 3500	2	Podsol Merah Kuning	2			15 – 40	2	Kurang (21-24)	2
5.			>40				1			

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20/PRT/M/2007

8. Satuan Kemampuan Lahan Pembuangan Limbah

Satuan kemampuan lahan pembuangan limbah dilakukan untuk mengetahui daerah-daerah yang mampu untuk ditempati sebagai lokasi penampungan akhir dan pengolahan limbah, baik limbah padat maupun limbah cair, untuk selanjutnya disiapkan sebagai lokasi pembuangan air limbah.

Tabel 2. 8 Satuan Kemampuan Lahan Pembuangan Limbah

No.	Ketinggian (m)	Kemiringan (%)	Nilai	Curah Hujan (mm)	Nilai	Tata Guna Lahan	Nilai	SKL Drainase	Nilai
1.	<500	0 – 2	5	4000 – 4500	5	Terbangun	2	Tinggi (4-6)	5
2.	500 – 1500	2 – 5	4	3500 – 4000	4	Tidak Terbangun	1	Cukup (7-8)	4
3.	1500 – 2500	5 – 15	3	3000 – 3500	3			Sedang (9-10)	3
4.		15 – 40	2	2500 – 3500	2			Kurang (11- 12)	2
5.		>40	1					Rendah (13- 14)	1

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20/PRT/M/2007

9. Satuan Kemampuan Lahan Terhadap Bencana Alam

Satuan kemampuan lahan terhadap bencana alam dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan lahan dalam menerima bencana alam khususnya dari sisi geologi, untuk menghindari dan mengurangi kerugian akibat adanya bencana alam.

Tabel 2. 9 Satuan Kemampuan Lahan Terhadap Bencana Alam

No.	Gerakan Tanah	Nilai	Rawan Gempa	Nilai	SKL Terhadap Bencana	Nilai
1.	Tinggi	5	Zona Tinggi > 0,4g	5	Tinggi (9-10)	5
2.	Menengah	4	Zona Sedang 0,3-0,4g	4	Sedang (7-8)	4
3.	Rendah	3	Zona Rendah 0,1-0,2g	3	Rendah (5-6)	3
4.	Sangat Rendah	2				

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20/PRT/M/2007

Dari pembuatan masing-masing SKL menghasilkan klasifikasi suatu kawasan yang sesuai dengan satuan kemampuan lahannya, selanjutnya dilakukan pembobotan pada setiap satuan kemampuan lahannya. Berikut pada **Tabel 2. 10**, rincian bobot pada setiap SKL diantaranya:

Tabel 2. 10 Bobot Satuan Kemampuan Lahan

No.	Satuan Kemampuan Lahan	Bobot
1.	Satuan Kemampuan Lahan Morfologi	5
2.	Satuan Kemampuan Lahan Mudah Dikerjakan	1
3.	Satuan Kemampuan Lahan Kestabilan Lereng	5
4.	Satuan Kemampuan Lahan Kestabilan Pondasi	3
5.	Satuan Kemampuan Lahan Ketersediaan Air	5
6.	Satuan Kemampuan Lahan Terhadap Erosi	3
7.	Satuan Kemampuan Lahan Drainase	5
8.	Satuan Kemampuan Lahan Pembuangan Limbah	0
9.	Satuan Kemampuan Lahan Terhadap Bencana Alam	5

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20/PRT/M/2007

Klasifikasi pengembangan lahan dapat menjadi acuan untuk arahan peruntukan kawasan. Dimana klasifikasi kemampuan lahan dibagi menjadi 5 seperti pada **Tabel 1. 4.** Analisis kemampuan lahan ini bermaksud untuk mengkaji tingkatan kemampuan lahan untuk mengkaji tingkatan kemampuan lahan pada daerah studi berdasarkan aspek fisik dasar. Aspek fisik dasar merupakan salah satu materi yang diperlukan dalam rencana pengembangan suatu kota (Pertiwi dkk., 2021).

2.2.8 Proyeksi Penduduk

Penduduk adalah semua orang yang berdomisili di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia selama 1 tahun atau lebih dan atau mereka yang berdomisili kurang dari 1 tahun tetapi bertujuan untuk menetap selama 1 tahun atau lebih. Proyeksi penduduk merupakan perhitungan ilmiah yang didasarkan pada asumsi dari komponen-komponen laju pertumbuhan penduduk, yaitu kelahiran, kematian, dan migrasi (Badan Pusat Statistik, 2020). Menurut Badan Pusat Statistik didalam buku yang berjudul “Pedoman Penghitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja”, ada beberapa cara untuk memproyeksikan jumlah penduduk masa yang akan datang diantaranya menggunakan metode matematik dan metode komponen. Metode ini merupakan estimasi dari total penduduk dengan menggunakan tingkat pertumbuhan penduduk secara matematik, atau untuk tingkat lanjutnya melalui fitting kurva yang menyajikan gambaran matematis dari perubahan jumlah penduduk, seperti kurva logistik. Proyeksi berdasarkan tingkat pertumbuhan penduduk mengasumsikan pertumbuhan yang konstan, baik untuk model aritmatika, geometrik, atau eksponensial untuk mengestimasi jumlah penduduk. Metode-metode ini sering disebut juga dengan metode tingkat pertumbuhan penduduk (*Growth Rates*) (Badan Pusat Statistik, 2015). Berikut adalah tiga metode yang dapat digunakan untuk proyeksi penduduk:

a. Metode Aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk di masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Formula yang digunakan adalah:

$$P_t = P_0(1 + rt) \quad \text{dengan} \quad r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_t}{P_0} - 1 \right)$$

Dimana:

P_t = Jumlah penduduk pada tahun t	t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam Tahun)
P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar	r = Laju pertumbuhan penduduk

b. Metode Geometrik

Proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk. Formula yang digunakan adalah:

$$P_t = P_0(1 + r)^t \quad \text{dengan } r = \left(\frac{P_t}{P_0}\right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Dimana:

P_t = Jumlah penduduk pada tahun t

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar

r = Laju pertumbuhan penduduk

t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam Tahun)

c. Metode Eksponensial

Metode Eksponensial menggambarkan pertambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometrik yang mengasumsikan pertambahan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu. Formula yang digunakan adalah:

$$P_t = P_0 e^{rt} \quad \text{dengan} \quad r = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{P_t}{P_0} \right)$$

Dimana:

P_t = Jumlah penduduk pada tahun t

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar

r = Laju pertumbuhan penduduk

t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam Tahun)

e = Bilangan pokok dari sistem logaritma natural ($\ln$) yang besarnya adalah 2,7182818

2.2.9 Landsat 8

Penginderaan jauh adalah teknik untuk memperoleh informasi tentang objek atau fenomena di permukaan bumi tanpa kontak langsung dengan objek tersebut. Teknik ini menggunakan sensor yang dipasang pada platform seperti satelit atau pesawat terbang untuk mengumpulkan data yang kemudian dianalisis untuk berbagai aplikasi, termasuk pemantauan lingkungan, pemetaan, dan klasifikasi tutupan lahan (Ridwan dkk., 2018). Citra satelit seperti Landsat dan Sentinel sering digunakan untuk memetakan tutupan lahan, dengan kemampuan menangkap data multispektral yang memungkinkan untuk

mengidentifikasi berbagai jenis tutupan lahan (Nurda dkk., 2020). Landsat 8 diluncurkan oleh NASA di awal tahun 2013 bertujuan untuk memantau perubahan lingkungan dan penggunaan lahan. Citra Landsat 8 memiliki resolusi spasial 30m untuk band RGB dan 15m untuk pankromatik, satelit Landsat 8 dilengkapi dengan 2 sensor diantaranya, Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS) (Ridwan dkk., 2018). Kedua sensor tersebut digunakan untuk memetakan tutupan lahan dan suhu permukaan bumi/land surface temperature (LST), penelitian yang dilakukan oleh (Indarto dkk., 2022) dengan menggunakan citra satelit Landsat 8 OLI untuk memetakan tutupan lahan dan metode klasifikasi terbimbing mendapatkan nilai akurasi sebesar 96%.

2.2.10 Matriks Konfusi (Confusion Matrix)

Uji akurasi klasifikasi tutupan lahan seringkali dilakukan menggunakan matriks konfusi, yang mengukur kesesuaian antara hasil klasifikasi seperti digitasi dengan kondisi eksisting. Melalui metode matriks konfusi dapat diperoleh indikator akurasi dan kesalahan pada hasil klasifikasi (Wafdan, 2020). Menurut (Aronoff, 1989; dalam Wafdan, 2020), tingkat akurasi hasil klasifikasi berdasarkan nilai *overall accuracy* dalam matriks konfusi minimal sebesar 80%. Persamaan untuk menghitung *overall accuracy* sebagai berikut:

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\text{Jumlah lahan yang terkoreksi dengan benar}}{\text{Jumlah lahan keseluruhan}}$$

Menurut (Congalton & Green, 2008) dalam bukunya yang berjudul “Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data”, dalam perhitungan multinomialnya, sampel yang digunakan untuk luas <1.000.000 Are adalah 50 sampel, sedangkan untuk luas >1.000.000 Are bisa menggunakan 75-100 sampel untuk uji akurasi. Dilain sisi, koefisien Kappa juga memberikan nilai tambah yang mencerminkan tingkat akurasi klasifikasi, koefisien kappa merupakan perbandingan nilai akurasi keseluruhan dengan akurasi yang diharapkan (Wafdan, 2020). Nilai koefisien kappa berada di angka 0,1 s.d. 1,0, semakin angkanya mendekati 1 artinya hasil klasifikasi semakin akurat (Miranda dkk., 2018). Kategori kualitas uji akurasi dapat dilihat pada **Tabel 1. 2**. Persamaan koefisien kappa menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum x_{ii} x_{i+}}$$

Keterangan:

K : Nilai Kappa

r	: Jumlah baris dalam matriks konfusi
x_{ii}	: Jumlah piksel dalam baris i dan kolom i
x_{i+}	: Total piksel dalam baris i
x_{+1}	: Total piksel dalam kolom i
N	: Total piksel dalam contoh

2.2.11 Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Metode *supervised classification*/klasifikasi terbimbing dalam analisis perubahan tutupan lahan adalah teknik yang digunakan untuk mengklasifikasikan citra satelit berdasarkan data sampel yang telah ditentukan sebelumnya. Teknik ini sangat berguna untuk memantau perubahan penggunaan lahan dari waktu ke waktu, terutama di daerah yang mengalami urbanisasi cepat atau alih fungsi lahan yang besar. Metode supervised dalam analisis perubahan tutupan lahan telah terbukti efektif. Teknik ini memungkinkan pemantauan yang akurat terhadap perubahan penggunaan lahan, yang sangat penting untuk perencanaan dan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Dengan akurasi yang tinggi, metode ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik terkait perubahan penggunaan lahan, dan perencanaan yang berkelanjutan (Setiawan dkk., 2025).

2.2.12 Cellular Automata (CA)

Dalam hal perencanaan wilayah, pemodelan prediktif perubahan penggunaan lahan menjadi instrumen yang sangat krusial. Urbanisasi yang pesat dan seringkali tidak terencana menimbulkan berbagai tantangan, seperti konversi lahan pertanian produktif menjadi kawasan terbangun, peningkatan tekanan terhadap infrastruktur, dan degradasi lingkungan. Model prediktif berfungsi sebagai alat yang memungkinkan para perencana dan pengambil kebijakan untuk mengantisipasi perubahan ini. Dengan menghasilkan skenario berbasis data mengenai kondisi lahan di masa depan, para pemangku kepentingan dapat merumuskan kebijakan yang lebih efektif, mengarahkan pembangunan secara berkelanjutan, dan memitigasi dampak negatif dari pertumbuhan yang tidak terkendali.

Metode *Cellular Automata* (CA), adalah metode simulasi dengan komputasi sederhana dan mampu berkembang sesuai dengan aturan yang dibuat, sehingga dapat mengestimasi adanya perubahan. Metode CA telah banyak digunakan untuk mensimulasikan perubahan penggunaan lahan (Okwuashi & Ndehedehe, 2021). Modul MOLUSCE (Modules for Land Use Change Simulation) dalam QGIS adalah suatu alat yang digunakan untuk mengimplementasikan estimasi perubahan penggunaan lahan. Modul

MOLUSCE memerlukan data raster multi-temporal untuk bisa mensimulasikan perubahan penggunaan lahan yang terjadi (Isinkaralar dkk., 2022). MOLUSCE menyediakan beberapa metode diantaranya Artificial Neural Network (ANN), Weight of Evidence (WoE), dan Multi Criteria Evaluation (MCE), masing-masing metode ini menggunakan variabel tutupan lahan dan variabel spasial sebagai input untuk mengestimasi potensi perubahan tutupan lahan pada setiap pikselnya. Modul ini juga perlu faktor pendorong/*driving factors* untuk mensimulasikan perkembangan tutupan lahan, variabel seperti jarak dengan jalan, fasilitas umum, dan jarak ke wilayah dengan kawasan permukiman eksisting diikutsertakan sebagai *driving factors* tutupan lahan yang mengalami perubahan.

Faktor pendorong ditentukan berdasarkan justifikasi dari Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 41/PRT/M/2007, seperti pada **Tabel 1.3** disajikan justifikasi faktor pendorong. Perhitungan dengan *driving factors* tersebut ditentukan menurut jarak dengan objek yang selanjutnya dihitung dengan perhitungan jarak lurus dari objek menggunakan tools *euclidian distance* yang ada di software ArcGIS.