

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

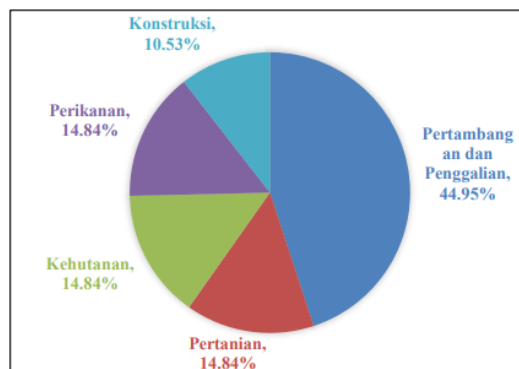
Perubahan penggunaan lahan adalah sebuah wujud dari proses interaksi yang memiliki dinamika antara aktivitas manusia dengan sumber daya alam (Fahad et al., 2021). Dimana, penggunaan lahan yang melampaui kemampuan lahan, sangat rentan mengakibatkan lahan tersebut terdegradasi, jika keadaan ini dibiarkan terus menerus maka akan memicu terjadinya lahan kritis (Kubangun et al., 2016). Akan tetapi, untuk pemenuhan kebutuhan, manusia membutuhkan ruang berupa lahan untuk melakukan berbagai aktivitas dalam melangsungkan hidup (Buchori et al., 2018). Maka dari itu, perencanaan pola ruang memegang peran penting dalam memastikan keseimbangan antara pembangunan dan pelestarian lingkungan. Hal ini diperjelas dalam Pasal 21 Undang-Undang Nomor 37 Tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air bahwa pembangunan yang dilakukan harus memperhatikan pelestarian tanah dan air, serta dilengkapi dengan analisis dampak lingkungan (Pemerintah Indonesia, 2014).

Perubahan penggunaan lahan yang semakin pesat dari waktu ke waktu di Kabupaten Luwu Timur dipengaruhi oleh aktivitas manusia, terutama pada daerah pertambangan. (Sela et al., 2023), menyatakan bahwa perubahan penggunaan lahan dapat disebabkan karena sudah tidak tersedianya lahan kosong pada daerah tersebut. Disamping itu, faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan lahan antara lain akses jalan, kepadatan permukiman, dan jarak sungai, dengan akses jalan menjadi faktor yang paling dominan (Ridha et al., 2023). Hal ini dipertegas lagi oleh pernyataan dari (Irsan & Soeryamssoeka, 2022), yang menyatakan bahwa perubahan penggunaan lahan dapat berdampak pada penurunan pemanfaatan lahan di daerah tersebut sehingga tidak dapat menunjang kebutuhan daya dukung lingkungan dan tidak dapat diimbangi dengan kebutuhan laju pertumbuhan penduduk, serta faktor lainnya.

Kabupaten Luwu Timur memainkan peran penting dalam mendukung pembangunan di sektor ekonomi Provinsi Sulawesi Selatan. Hal ini didasari oleh dokumen resmi dari Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI), bahwa Kabupaten Luwu Timur diposisikan sebagai pusat pertambangan dan pengelolaan nikel dalam Koridor Ekonomi Sulawesi. Berdasarkan data (Badan Pusat Statistik, 2023), Kabupaten Luwu Timur menempati peringkat ketiga dalam kontribusi terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Provinsi Sulawesi Selatan. Hal ini menunjukkan bahwa Kabupaten Luwu Timur memiliki peran penting dalam pembangunan ekonomi di Provinsi Sulawesi Selatan.

Pada tahun 2020, PDRB Kabupaten Luwu Timur tercatat sebesar 21,53 triliun rupiah. Sektor pertambangan dan penggalian menjadi penyumbang utama dengan kontribusi sebesar 44,95% dari total PDRB. Sementara itu, dari sektor non tambang, seperti pertanian, kehutanan, dan perikanan yang memberikan kontribusi masing-masing sebesar 14,84%, dan diikuti oleh sektor konstruksi menyumbang sebesar

10,54%. Berdasarkan data ini, dapat dilihat bahwa masyarakat Kabupaten Luwu Timur telah memanfaatkan potensi lahan secara maksimal untuk mendukung sektor ekonomi daerah (Badan Pusat Statistik, 2020). Adapun diagram kontribusi tiap bidang usaha dalam PDRB di Kabupaten Luwu Timur dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Kontribusi Bidang Usaha dalam PDRB Luwu Timur  
Sumber: Badan Pusat Statistik, 2020

Peningkatan sektor ekonomi daerah tersebut tentu sejalan dengan pemanfaatan potensi lahan yang ada di Kabupaten Luwu Timur. Salah satu contoh perubahan kawasan hutan menjadi pertambangan merupakan hubungan antara keduanya menghasilkan hubungan negatif. Sehingga untuk mengetahui sejauh mana perubahan penggunaan lahan, maka dilakukan pendekatan ilmiah melalui pemodelan proyeksi penggunaan lahan. Menurut (Asra et al., 2022), pemanfaatan pemodelan adalah sebuah cara dalam melakukan pengkajian suatu fenomena yang terjadi di dunia nyata. Pemodelan dapat menganalisis dan memprediksi pola perubahan penggunaan lahan.

Ajeeb et al., 2020, mengungkapkan bahwa terdapat berbagai model dan metode dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dan penginderaan jauh yang digunakan untuk memprediksi pola pertumbuhan perkotaan, seperti deteksi perubahan penggunaan lahan dan analisis matriks lanskap. Beberapa di antaranya meliputi model *Cellular Automata (CA)*, *Land Transformation Model (LTM)*, dan *Logistics Regression (LR)*. Menurut (Mohamed et al., 2020), penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan metode penginderaan jauh dapat berkontribusi dalam pengembangan sistem perencanaan kota di masa depan.

Model menyediakan peluang untuk mengeksplorasi kemungkinan masa depan untuk pembangunan pada lokasi yang berbeda, skala yang berbeda, dan kondisi yang berbeda (Osman et al., 2018). Sejalan dengan pendapat dari (Li et al., 2016) bahwa pemodelan perubahan penggunaan lahan adalah cara yang efektif untuk mensimulasikan dinamika sistem penggunaan lahan dan mengungkap interaksi antara perubahan penggunaan lahan dengan lingkungan. Model ini

tentunya memfasilitasi dan mendukung interpretasi dari dinamika penggunaan lahan dan membantu para pembuat kebijakan dalam mengambil keputusan (Rahnama, 2021). Perubahan penggunaan lahan dipercepat oleh dampak dari kekuatan sosial, ekonomi, dan biofisik sehingga manusia memanfaatkan sektor-sektor tersebut seperti vegetasi, sumber daya air, dan keanekaragaman hayati demi keberlanjutan kehidupan mereka (Hyandye & Martz, 2017).

Penelitian ini menggunakan pemodelan *Cellular Automata Markov Chains* (CA-Markov) untuk menganalisis dan mendapatkan dinamika perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Kabupaten Luwu Timur serta melakukan analisis daya dukung lingkungan dengan pendekatan satuan kemampuan lahan. Menurut (Septory et al., 2023), metode *Cellular Automata* merupakan sebuah metode yang dipercaya sangat baik untuk memprediksi pola perubahan spasial ke depan. Pemodelan ini menggambarkan perubahan penggunaan lahan dari satu periode ke periode selanjutnya dan menggunakannya sebagai dasar untuk memproyeksikan perubahan penggunaan lahan di masa mendatang (Leta et al., 2021). Metode CA-Markov dipilih karena mampu memodelkan perubahan penggunaan lahan secara spasial dan temporal dengan menggabungkan probabilitas transisi dan simulasi spasial, yang tidak sepenuhnya dapat dilakukan oleh metode LTM dan Logistic Regression.

Untuk memahami dinamika perubahan penggunaan lahan, penelitian ini akan melakukan proyeksi perubahan penggunaan lahan yang dirancang dalam dua rentang waktu, yaitu periode 2033 dan 2043. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Fouad et al., 2024), di mana penelitian tersebut juga melakukan proyeksi perubahan penggunaan lahan menggunakan metode CA-Markov dengan rentang waktu 20 tahun. Pemilihan dua rentang waktu proyeksi ini dilakukan dengan pertimbangan untuk menyesuaikan target waktu Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Luwu Timur Tahun 2043, sehingga hasil proyeksi dapat menjadi bahan masukan dalam mendukung perencanaan ruang.

Sejumlah penelitian tentang perubahan penggunaan lahan pada masa lalu, sekarang, dan masa depan telah dilakukan di berbagai wilayah dengan menggunakan CA-Markov (Hyandye & Martz, 2017; Osman et al., 2018). Sebagian penelitian menekankan model untuk memprediksi tren spasial-temporal pada pola lanskap perkotaan. Model ini juga menekankan hilangnya vegetasi dan lahan pertanian jika tidak dilindungi (Padonou et al., 2017). CA-Markov telah menjadi salah satu model dinamis utama yang digunakan oleh sebagian besar peneliti dalam beberapa tahun terakhir, hal ini terutama disebabkan oleh kemudahan penggunaan dan kesederhanaan implementasinya, serta kemampuan untuk memperluas dan menambah variabel yang mempengaruhi dalam proses simulasi (Ajeeb et al., 2020).

Seiring dengan pesatnya perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Luwu Timur akibat aktivitas manusia, keberadaan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Luwu Timur menjadi sangat penting. Rencana pola ruang wilayah

Kabupaten Luwu Timur adalah rencana distribusi peruntukan ruang wilayah yang meliputi peruntukan ruang untuk fungsi lindung dan fungsi budidaya (Bappelitbangda, 2022). Dalam RTRW, pemerintah daerah berupaya untuk mengintegrasikan antara kebutuhan pembangunan ekonomi, terutama dari sektor unggulan seperti pertambangan dan pertanian, dengan prinsip konservasi sumber daya alam. Upaya ini dilakukan untuk memastikan pembangunan yang berkelanjutan, menjaga keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya alam dan pelestariannya, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat tanpa merusak lingkungan (Indriyani dkk, 2024).

Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 menjelaskan bahwa daya dukung lingkungan adalah kemampuan lingkungan untuk mendukung kehidupan manusia, makhluk hidup lain, dan keseimbangan antarkeduanya (Pemerintah Indonesia, 2009). Dalam melakukan perencanaan pembangunan, penting untuk memahami bagaimana suatu wilayah dapat dimanfaatkan secara optimal tanpa merusak keseimbangannya. Dalam penelitian ini, analisis daya dukung lingkungan dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai variabel yang mempengaruhi kemampuan lahan. Dimana berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 17 Tahun 2009 tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah, kemampuan lahan adalah karakteristik lahan yang mencakup sifat-sifat tanah, topografi, drainase, dan kondisi lingkungan hidup lain dalam mendukung kehidupan pada suatu wilayah (Peraturan Menteri, 2009).

## 1.2 Rumusan Masalah

Maraknya konversi lahan yang terjadi di suatu daerah disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan pengembangan sektor ekonomi di daerah tersebut. Kedua permasalahan ini menyebabkan kebutuhan lahan yang semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Seiring dengan hal tersebut, banyak perubahan penggunaan lahan yang tidak selaras dengan rencana pola ruang yang sudah ditetapkan oleh suatu daerah. Dimana hal tersebut dapat dipengaruhi oleh ketidaktahuan masyarakat terkait dengan perencanaan pola ruang karena tidak tersosialisasikan dengan baik (Arsyad et al., 2017).

Hasil proyeksi perubahan penggunaan lahan ini selanjutnya akan dianalisis daya dukung lingkungannya dengan mengidentifikasi satuan kemampuan lahan (SKL). Kemampuan lahan ini mengacu pada kapasitas alami suatu wilayah untuk mendukung penggunaan tertentu berdasarkan karakteristik biofisiknya, seperti kelerengan, jenis tanah, ketersediaan air, dan vegetasi. Berdasarkan uraian di atas, adapun rumusan masalah yang dapat dikemukakan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Kabupaten Luwu Timur pada tahun 2003 sampai 2023?
2. Bagaimana proyeksi perubahan penggunaan lahan tahun 2043 di Kabupaten Luwu Timur berdasarkan data historis?

3. Bagaimana arahan pemanfaatan ruang berbasis daya dukung lingkungan pada tahun 2043 di Kabupaten Luwu Timur?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari uraian rumusan masalah dan pertanyaan penelitian, tujuan umum dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis perubahan penggunaan lahan pada tahun 2003, 2013, dan 2023 di Kabupaten Luwu Timur.
2. Menganalisis proyeksi perubahan penggunaan lahan tahun 2043 berdasarkan data historis di Kabupaten Luwu Timur.
3. Membuat arahan pemanfaatan ruang berbasis daya dukung lingkungan pada tahun 2043 di Kabupaten Luwu Timur.

### 1.4 Kegunaan Penelitian

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun dan merevisi dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Luwu Timur.
2. Dengan adanya analisis perubahan penggunaan lahan dan proyeksinya, sektor ekonomi seperti pertambangan, pertanian, permukiman, dll, dapat diarahkan agar lebih bijak dalam mengelola tata ruang, sehingga dapat mendukung pertumbuhan ekonomi tanpa merusak lingkungan
3. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan metode analisis perubahan penggunaan lahan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dengan pemodelan *Cellular Automata Markov Chains*. Hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi penelitian-penelitian serupa di bidang perencanaan tata ruang dan pengelolaan lahan.

### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah penggunaan lahan di Kabupaten Luwu Timur yang akan menjadi fokus dalam perencanaan tata ruang sesuai dengan arahan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Luwu Timur Tahun 2024-2043. Lingkup kegiatan berfokus pada wilayah-wilayah strategis yang mengalami perubahan signifikan dalam penggunaan lahan, seperti kawasan permukiman, kawasan pertambangan, lahan pertanian, dan kawasan hutan. Perubahan ini dianalisis berdasarkan data historis dan proyeksi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh dan model prediktif. Sehingga melalui penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan proyeksi perubahan penggunaan lahan yang akurat dan berbasis data untuk mendukung perencanaan pola ruang di Kabupaten Luwu Timur.

Penelitian ini mencakup analisis kondisi penggunaan lahan tahun 2003, 2013, dan 2023 di Kabupaten Luwu Timur berdasarkan data citra satelit. Lalu, identifikasi wilayah yang mengalami perubahan signifikan akibat aktivitas manusia, seperti

pertambangan, ekspansi lahan pertanian, dan urbanisasi. Proyeksi perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh untuk membuat model dinamika perubahan penggunaan lahan dengan memanfaatkan data historis. Penggunaan model *Cellular Automata Markov Chains* untuk memproyeksikan pola perubahan penggunaan lahan di masa depan. Hasil proyeksi akan dianalisis daya dukung lingkungannya berbasis kemampuan lahan tahun 2043 di Kabupaten Luwu Timur.

Penelitian ini menggunakan data primer yang berasal dari wawancara beberapa responden dan instansi terkait di Kabupaten Luwu Timur untuk mengidentifikasi prioritas kebijakan tata ruang dan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan. Adapun data sekunder dari penelitian ini adalah data historis penggunaan lahan dari citra satelit, dokumen RTRW Kabupaten Luwu Timur, dan hasil penelitian terdahulu dalam menentukan variabel yang akan dianalisis.

### **1.6 State of The Art pada Penelitian**

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas terkait proyeksi perubahan penggunaan lahan di berbagai wilayah, baik di dalam maupun luar negeri, dengan menerapkan beragam pendekatan seperti teknologi penginderaan jauh, pemodelan spasial, dan analisis tren historis dari perubahan penggunaan lahan. Namun, kajian spesifik yang berfokus pada proyeksi perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Luwu Timur yang dikaitkan dengan perencanaan pola ruang masih belum ditemukan, terutama yang menggunakan teknologi penginderaan jauh sebagai metode utama. *State of The Art* dari penelitian ini adalah pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk memantau dan menganalisis perubahan penggunaan lahan secara spasial dan temporal, sehingga memungkinkan pemetaan tren perubahan penggunaan lahan yang lebih akurat. Analisis variabel-variabel yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Luwu Timur, termasuk faktor pertumbuhan penduduk, ekspansi pertambangan, konversi lahan pertanian, dan kebijakan tata ruang yang sedang diterapkan. Beberapa penelitian yang relevan dapat dilihat pada Tabel 1.

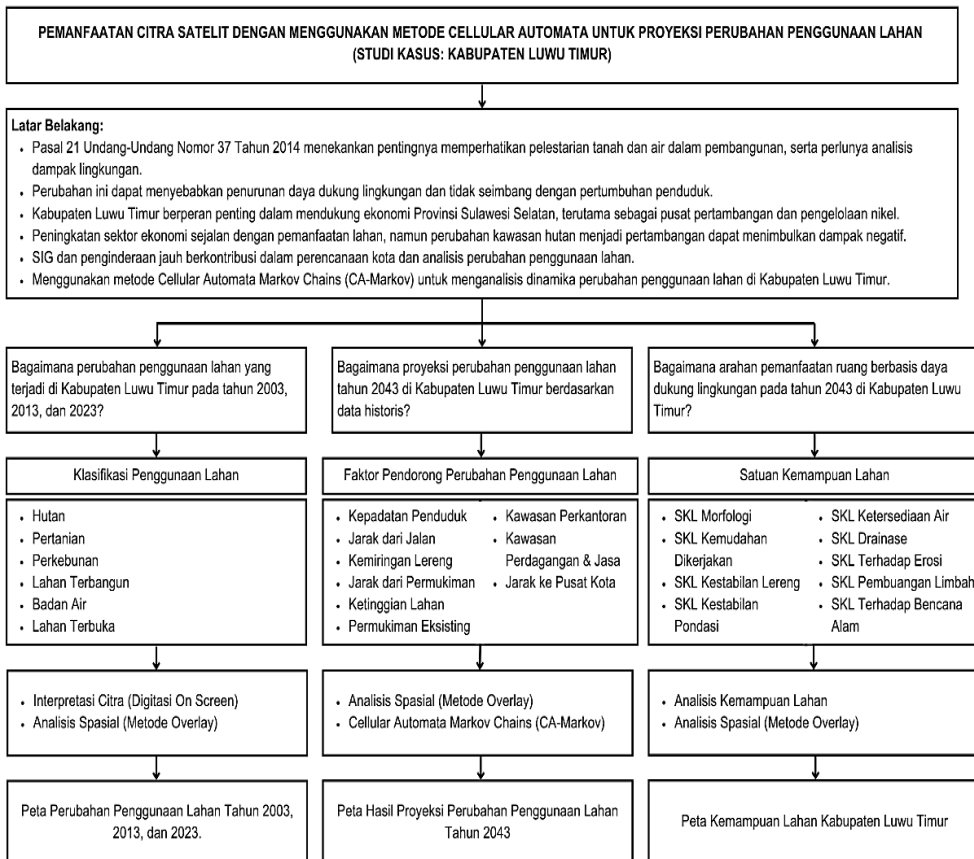
**Tabel 1. Daftar Penelitian Terdahulu**

No	Peneliti/ Publikasi	Judul, Tahun Penelitian	Metode	Topik Penelitian
1	Xiaorui Niu, Jianping Tang, Shuyu Wang, dan Congbin Fu	Impact of Future Land Use and Land Cover Change on Temperature Projections Over East Asia (Niu et al., 2019)	4 <sup>th</sup> regional climate model (RegCM4), Representative Concentration Pathway (RCP 4.5) scenario.	Memprediksi perubahan suhu ekstrem di Asia Timur yang disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan di masa mendatang.
2	Reinhard RD Prestele, Peter Alexander, Mark DA Rounsevell, Almut Arneht, Katherine Calvin, Jonathan Doelman, David A Eitelberg, Kerstin Engstrom.	Hotspot of Uncertainty in Land-Use and Land-Cover Change Projections: a Global-Scale Model Comparison (Prestele et al., 2016)	Shared Socioeconomic Pathways, Representative Concentration Pathways, Special Report on Emissions Scenarios, LandSHIFT	Mengidentifikasi titik panas dengan model perubahan penggunaan lahan dan mengaitkannya berdasarkan data, struktur, model skenario, dan residual dengan analisis regresi dan analisis varians.
3	Weilin Liao, Xiaoping Liu, Xiyun Xu, Guangzhao Chen, Xun Liang, Honghui Zhang, dan Xia Li	Projections of Land Use Changes Under the Plant Functional Type Classification in Different SSP-RCP Scenarios in China (Liao et al., 2020)	Shared Socioeconomic Pathways, Representative Concentration Pathways, Future Land Uses Simulation.	Mengidentifikasi perbedaan dinamika penggunaan lahan menggunakan skenario SSP-RCP. Penggambaran rincian distribusi penggunaan lahan dan menangkap heterogenitas spasial dengan lebih baik dengan berbagai jenis penggunaan lahan.
4	Eduardo Gomes, Miguel Inacio, Katazyna Bogdzevic, Marius Kalinauskas, Donalda Karnauskaite, dan Paulo Pereira	Future Land-Use Changes and its Impacts on Terrestrial Ecosystem Services: A review (Gomes et al., 2021)	Cellular Automata, CLUE-S model, Multi-criteria decision analysis, Land Change Modeler (LCM), FLUS Model, Agent-based Models.	Melakukan peninjauan bibliografi tentang perubahan penggunaan lahan di masa mendatang dan mengimplikasikan pada pasokan ES (penyediaan, pengaturan, dan layanan budaya).
5	Min Chen, Chris R Vernon, Neal T Graham, Mohamad Hejazi, Maoyi Huang, Yanyan Cheng, dan Katherine Calvin	Global Land Use for 2015-2100 at 0,05° Resolution Under Diverse Socioeconomic and Climate Scenarios. (Chen et al., 2020)	Global Change Analysis Model (GCAM), Shared Socioeconomic Pathways, Representative Concentration Pathways	Membandingkan hasil pemodelan dengan data dari Land Use Harmonization versi 2 (LUH2) dan menganalisis dampak perubahan penggunaan lahan berdasarkan sosial ekonomi.
6	Mohammad Rahim Rahnama	Forecasting Land-Use Changes in Mashhad Metropolitan Area Using Cellular Automata and Markov Chain Model for 2016-2030 (Rahnama, 2021)	Cellular Automata, Markov Chain Model, Maximum Likelihood Estimation, Kappa Coefficient, ROC Curve.	Melakukan simulasi perbahan penggunaan lahan di wilayah Metropolitan Mashhad yang diukur pada tahun 2016-2020 dan diprediksikan pada tahun 2020-2030.
7	Linfeng Xu, Xuan Liu, De Tong, Zhixin Liu, Lirong	Forecasting Urban Land Use Change Based on Cellular	PLUS Model, Cellular Automata, Land Use Expansion Analysis	Menafsirkan dan memprediksi perubahan penggunaan lahan di

No	Peneliti/ Publikasi	Judul, Tahun Penelitian	Metode	Topik Penelitian
	Yin, dan Wenfeng Zheng	Automata and the PLUS Model (Xu et al., 2022)	Strategy, CARS Model	wilayah studi, menggunakan PLUS Model yang digabung dengan LEAS dan CA, berdasarkan CARS.
8	Megersa Kebede Leta, Tamene Adugna Demissie, dan Jens Tranckner	Modeling and Prediction of Land Use Land Cover Change Dynamics Based on Land Change Modeler (LCM) in Nashe Watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. (Leta et al., 2021)	Land Change Modeler (LCM), Modeling System Assimilated, CA-Markov	Menilai dinamika temporal dan spasial terkait perubahan penggunaan lahan di masa lalu dan memprediksi masa depan menggunakan citra dengan mempertimbangkan pendorong dinamika perubahan penggunaan lahan.
9	Srishti Gaur, Ateeksha Mittal, Arnab Bandyopadhyay, Ian Holman, dan Rajendra Singh	Spatio-Temporal Analysis of Land Use and Land Cover Change: a Systematic Model Inter-comparison Driven by Integrated Modelling Techniques. (Gaur et al., 2020)	Multilayer perceptron-Markov Model (MLP-MC), Logistic Regression-Markov Model (LR-MC), and two hybrid models, i.e.	Melakukan perbandingan antar model dinamika perubahan penggunaan lahan (termasuk model hibrida dan nonhibrida) menggunakan beberapa metrik kinerja untuk mengidentifikasi pendekatan pemodelan terbaik untuk proyeksi perubahan penggunaan lahan mendatang.
10	George C Hurtt, Louise Chini, Ritvik Sahajpal, Steve Frolking, Benjamin L Bodirsky	Harmonization of Global Land Use Change and Management for the Period 850-2100 (LUH2) for CMIP6 (Hurtt et al., 2020)	Earth System Models (ESMs), Global Land Use Model	Mengidentifikasi efek aktivitas manusia terhadap sistem iklim global, termasuk perubahan biogeokimia dan biogeofisika yang diakibatkan oleh kegiatan perubahan penggunaan lahan.
11	Panji Nurul Achmadi, Muhammad Dimiyati, Masita Dwi Mandini Manesa, dan Heinrich Rakuasa	Model Perubahan Tutupan Lahan Berbasis CA-Markov; Studi Kasus Kecamatan Ternate Utara, Kota Ternate (Achmadi et al., 2023)	CA-Markov, Analisis SIG	Memprediksi perubahan tutupan lahan di Kecamatan Ternate Utara pada Tahun 2003, 2013, 2023, dan 2032 berbasis CA-Markov
12	Juan Steiven Imanuel Septory, Philia Christi Latue, dan Heinrich Rakuasa	Model Dinamika Spasial Perubahan Tutupan Lahan dan Daya Dukung Lahan Permukiman Kota Ambon Tahun 2031 (Septory et al., 2023)	Cellular Automata Markov Chain, Analisis SIG	Menganalisis perubahan tutupan lahan di Kota Ambon menggunakan Cellular Automata Markov Chain dan indeks daya dukung kawasan permukiman.

## 1.7 Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual penelitian disajikan dalam bagan berikut:

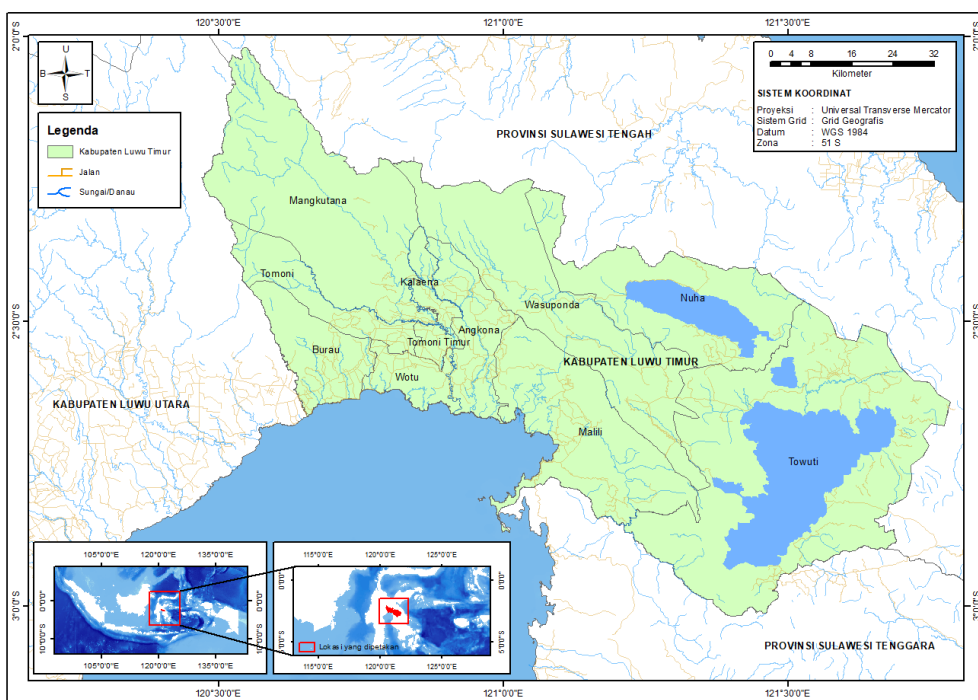


**Gambar 2.** Kerangka Konseptual Penelitian

## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan. Penelitian ini dilaksanakan selama 8 bulan yaitu pada bulan Mei 2025 hingga Februari 2026 dengan melalui tahapan pengumpulan data dan analisis data. Adapun peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Lokasi Penelitian

Secara geografis Kabupaten Luwu Timur berada pada posisi  $2^{\circ}03'00''$  sampai  $3^{\circ}03'25''$  Lintang Selatan, serta  $119^{\circ}28'56''$  sampai  $121^{\circ}47'27''$  Bujur Timur. Adapun luasan wilayah dari Kabupaten Luwu Timur adalah  $6.944,88 \text{ km}^2$ . Kabupaten Luwu Timur merupakan Kabupaten paling timur di Provinsi Sulawesi Selatan. Kabupaten Luwu Timur memiliki 11 kecamatan didalamnya, diantaranya adalah Kecamatan Angkona, Kecamatan Burau, Kecamatan Kalaena, Kecamatan Malili, Kecamatan Mangkutana, Kecamatan Nuha, Kecamatan Tomoni, Kecamatan Tomoni Timur, Kecamatan Towuti, Kecamatan Wasuponda, dan Kecamatan Wotu. Luas wilayah kabupaten luwu timur menurut kecamatan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Luas Wilayah Kabupaten Luwu Timur Menurut Kecamatan

<b>Kecamatan</b>	<b>Luas (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Persentase (%)</b>
Burau	256,23	3,69
Wotu	130,52	1,88
Tomoni	230,09	3,31
Tomoni Timur	43,91	0,63
Angkona	147,24	2,12
Malili	921,20	13,26
Towuti	1.820,48	26,21
Nuha	808,27	11,64
Wasuponda	1.244,00	17,91
Mangkutana	1.300,96	18,73
Kalaena	41,98	0,60
<b>Total</b>	<b>6.944,88</b>	<b>100,00</b>

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

## 2.2 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal dalam menganalisis dan memproyeksikan perubahan penggunaan lahan serta keterkaitannya dengan perencanaan pola ruang di Kabupaten Luwu Timur. Kedua pendekatan ini jika dikombinasikan maka akan memiliki tingkat validitas yang tinggi apabila data digali dengan berbagai instrumen dan metode (Romlah et al., 2021). Pendekatan kuantitatif pada penelitian ini diterapkan dalam pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengidentifikasi pola perubahan penggunaan lahan dan melakukan proyeksi berdasarkan data historis. Dimana, menurut (Darmawan et al., 2024), pendekatan kuantitatif adalah pendekatan penelitian yang mengidentifikasi proses dan penyebab beberapa pembahasan dalam sebuah permasalahan ataupun hal terkait lainnya dalam interpretasi dan interaksi satu sama lain.

Pendekatan kualitatif yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menganalisis kebijakan tata ruang dan studi dokumen perencanaan wilayah, untuk mendukung hasil penelitian. Penelitian kualitatif adalah penelitian yang berpangkal pada pola pikir induktif, yang didasarkan atas pengamatan objektif partisipatif terhadap suatu fenomena (Harahap, 2020). Dengan mengkombinasikan kedua pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi berbasis data yang tidak hanya akurat, melainkan juga dapat tersampaikan dengan baik dari segi kebijakan dan implementasinya di lapangan.

### 2.3 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini memiliki data yang akurat menjadi faktor utama dalam menghasilkan analisis yang baik. Untuk mendukung hal tersebut, penelitian ini memanfaatkan berbagai jenis data. Jenis data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang dikumpulkan dari berbagai institusi resmi, seperti lembaga pemerintah di Kabupaten Luwu Timur, serta citra satelit yang dapat mendukung analisis spasial. Adapun data yang dibutuhkan diuraikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Jenis dan Sumber Data

No.	Jenis Data	Nama Data	Sumber
1.	Data Sekunder	Citra Satelit Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 TIRS/OLI (Waktu perekaman citra dapat dilihat pada Tabel 4)	<i>USGS Earth Explorer</i>
		Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Luwu Timur	Badan Perencanaan Pembagunan Daerah Kabupaten Luwu Timur
		Data Kepadatan Penduduk Kabupaten Luwu Timur	Badan Pusat Statistik Kabupaten Luwu Timur
		Data Digital Elevation Model Nasional	Badan Informasi Geospasial (BIG)
		Data Rupa Bumi Indonesia (RBI) Kabupaten Luwu Timur	Badan Informasi Geospasial (BIG)
		Data Curah Hujan Kabupaten Luwu Timur	<i>Power Larc NASA</i>
		Data Kebencanaan Kabupaten Luwu Timur	Badan Nasional Penanggulangan Bencana
		Data Jenis Tanah Kabupaten Luwu Timur	Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional

Data citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan persentase tutupan awan (*cloud cover*) yang diminimalisir guna memastikan kualitas visual citra dan meningkatkan akurasi klasifikasi penggunaan lahan. Tingginya tutupan awan berpotensi menimbulkan kesalahan interpretasi, sehingga pemilihan citra dengan *cloud cover* rendah menjadi aspek penting

dalam analisis perubahan penggunaan lahan. Adapun tampilan citra satelit landsat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 1. Sedangkan, data citra satelit yang berisi tentang waktu perekaman, *Path/Row*, dan *Cloud Cover* dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data rekaman citra Landsat 7 dan Landsat 8

No.	Tahun	Image	Waktu Perekaman	Cloud Cover	Path/Row
1.	2003	Landsat 7	10 April 2003	31,00%	114/62
2.	2003	Landsat 7	10 April 2003	22,00%	114/61
3.	2003	Landsat 7	21 Mei 2003	25,00%	113/62
4.	2013	Landsat 8	27 April 2013	20,01%	114/62
5.	2013	Landsat 8	27 April 2013	9,79%	114/61
6.	2013	Landsat 8	20 April 2013	4,55%	113/62
7.	2023	Landsat 8	15 April 2023	18,26%	114/62
8.	2023	Landsat 8	01 Mei 2023	14,68%	114/61
9.	2023	Landsat 8	15 Maret 2023	10,88%	113/62

Sumber: *USGS Earth Explorer*, 2025

Penggunaan Landsat 7 dan Landsat 8 bertujuan untuk memperoleh data multitemporal yang konsisten secara spasial dan spektral dalam menganalisis perubahan penutupan lahan. Kedua satelit memiliki resolusi 30 meter yang sesuai dengan skala analisis kabupaten serta menyediakan band yang mendukung perhitungan indeks vegetasi. Selain itu, ketersediaan data historis yang panjang memungkinkan pembentukan matriks probabilitas transisi yang lebih representatif dalam model CA-Markov. Karakteristik citra yang digunakan memengaruhi ketelitian deteksi perubahan lahan, terutama dalam membedakan kelas vegetasi, lahan terbuka, dan kawasan terbangun. Resolusi spasial menentukan detail objek, sementara resolusi spektral berperan dalam akurasi perhitungan indeks vegetasi yang menjadi dasar analisis perubahan.

## 2.4 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan berbagai metode untuk memastikan kelengkapan dan keakuratan data yang diperoleh. Data ini akan digunakan untuk menganalisis proyeksi perubahan penggunaan lahan serta kesesuaiannya dengan perencanaan pola ruang di Kabupaten Luwu Timur. Adapun objek penelitian yang digunakan yaitu penggunaan lahan dan rencana pola ruang. Data yang dikumpulkan dalam bentuk data spasial, data statistik, dan data tabular sesuai dengan kebutuhan penelitian ini. Setelah data terkumpul, dilakukan analisis pengumpulan data yang dilakukan, sebagai berikut:

1. Analisis spasial dilakukan dalam penentuan perubahan penggunaan lahan dengan cara overlay data penggunaan lahan. Hasil overlay tersebut akan menunjukkan selama kurun waktu selama 10 tahun sejak tahun 2003 dan 2013 dan seterusnya telah terjadi perubahan luasan penggunaan lahan baik dalam bentuk peningkatan maupun penurunan. Perubahan penggunaan lahan tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor berbeda. Seperti hasil penelitian dari (Juniyanti et al., 2020) dimana perubahan penggunaan lahan disebabkan oleh semakin banyak orang yang melakukan konversi lahan yang disertai dengan ketidakjelasan kepemilikan lahan.
2. Analisis proyeksi penggunaan lahan tahun 2023 untuk melakukan validasi data hasil proyeksi menggunakan metode CA-Markov. Proses validasi ini menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang memadai dalam merepresentasikan dinamika perubahan lahan di wilayah studi. Setelah itu, melakukan proyeksi penggunaan lahan tahun 2043 untuk mendapatkan perubahan penggunaan lahan untuk masa depan.
3. Analisis kemampuan lahan pada Kabupaten Luwu Timur dilakukan dengan menggunakan pendekatan Satuan Kemampuan Lahan (SKL) untuk mengetahui potensi dan keterbatasan biofisik lahan dalam mendukung berbagai jenis pemanfaatan ruang. SKL disusun berdasarkan kombinasi beberapa faktor fisik utama, seperti kemiringan lereng, jenis tanah, kedalaman solum, tingkat erosi, drainase, dan kondisi batuan permukaan, sehingga mampu menggambarkan kapasitas alami lahan.
4. Evaluasi daya dukung lingkungan dengan menggunakan pendekatan kemampuan lahan yang dilakukan dengan mengoverlay peta RTRW, kemampuan lahan, dan proyeksi penggunaan lahan di Kabupaten Luwu Timur. Langkah ini dilakukan untuk melihat kemampuan maksimum lahan untuk mendukung aktivitas manusia atau makhluk hidup lainnya di Kabupaten Luwu Timur.

## **2.5 Analisis Data**

### **2.5.1 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan**

Pada analisis ini, dilakukan pendekatan kuantitatif, dengan melakukan analisis perubahan penggunaan lahan berdasarkan data historis di Kabupaten Luwu Timur. Analisis data dalam mengetahui perubahan penggunaan lahan ini dilakukan dengan penerapan berikut, yaitu:

#### **a. Interpretasi Citra**

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis Sistem Informasi Geografis untuk mendapatkan data historis pada wilayah kajian. Analisis dilakukan dengan

menginterpretasi citra satelit pada tiga titik waktu berbeda, yaitu 2003, 2013, dan 2023. Proses ini dilakukan untuk mengidentifikasi pola perubahan penggunaan lahan yang terjadi serta memahami dinamika pemanfaatan ruang di Kabupaten Luwu Timur. Klasifikasi penggunaan lahan merujuk pada SNI 7645-1:2014, dengan penyederhanaan beberapa kategori untuk menyesuaikan kebutuhan analisis dan kondisi wilayah penelitian. Setiap citra diolah untuk menghasilkan peta penggunaan lahan pada masing-masing tahun. Selanjutnya, dilakukan analisis spasial perubahan tutupan lahan melalui teknik *overlay* (tumpang tindih) peta untuk mengetahui besaran perubahan yang terjadi selama periode pengamatan.

b. Analisis Tren Perubahan Penggunaan Lahan

Analisis ini dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan data penggunaan lahan dalam *time series*. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola perubahan penggunaan lahan yang terjadi dari waktu ke waktu. Pada penelitian ini dilakukan analisis pada tahun 2003, 2013, dan 2023 untuk mendapatkan pola perubahan penggunaan lahan pada tahun tersebut. Grafik perubahan luas dari tiap penggunaan lahan akan disajikan berdasarkan jumlah penambahan maupun pengurangan luas dari tiap kelas penggunaan lahan (Kubangun et al., 2016).

## 2.5.2 Analisis Proyeksi Penggunaan Lahan

Pada analisis ini, masih dilakukan pendekatan kuantitatif, dengan melakukan analisis proyeksi perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Luwu Timur. Analisis data dalam mendapatkan hasil proyeksi perubahan penggunaan lahan dilakukan dalam beberapa tahapan, sebagai berikut:

a. Analisis Proyeksi Perubahan Penggunaan Lahan

Analisis ini dilakukan dengan pemodelan *Cellular Automata-Markov Chain*. Model ini dilakukan untuk mendapatkan hasil proyeksi perubahan penggunaan lahan tahun 2023 dan 2043 sesuai dengan rencana pola ruang di Kabupaten Luwu Timur. Input dalam model *cellular automata* adalah hasil dari analisis tren perubahan penggunaan lahan dalam *time series* sebelumnya (Sukamto & Buchori, 2018). Model ini memperhitungkan variabel-variabel yang merupakan faktor pendorong dari perubahan penggunaan lahan.

b. Validasi Model Proyeksi

Hasil proyeksi nantinya akan dibandingkan dengan data aktual dengan menggunakan K-standart (*Kappa Coefficient*) untuk mengukur tingkat akurasi hasil proyeksi. Hasil proyeksi tahun 2023 divalidasi dengan menggunakan data penggunaan lahan tahun 2023 eksisting. Jika nilai kappa <70% maka proses analisis diulangi dengan mengubah faktor pendorong (Septory et al., 2023). Jika nilai kappa  $\geq 70\%$  maka analisis dapat dilanjutkan

ke tahap selanjutnya untuk proyeksi perubahan penggunaan lahan pada tahun 2043.

### 2.5.3 Analisis Arah Pemanfaatan Ruang

Pada analisis data tujuan kedua ini, dilakukan pendekatan kualitatif, dengan melakukan analisis hasil proyeksi perubahan penggunaan lahan yang dapat digunakan untuk mendukung perencanaan pola ruang di Kabupaten Luwu Timur. Analisis data dalam menganalisis hasil proyeksi perubahan penggunaan lahan ini dilakukan dengan beberapa tahapan dalam penerapannya, yaitu:

a. Analisis Kemampuan Lahan

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif spasial dalam menganalisis kemampuan lahan. Menurut, Lasaiba (2024) analisis deskriptif spasial ini diterapkan guna memastikan bahwa pemanfaatan lahan sejalan dengan potensi lahan melalui teknik *overlay* pada peta dasar yang tersedia. Analisis kemampuan lahan dilakukan dengan menggunakan satuan kemampuan lahan (SKL). Analisis ini berpedoman pada Peraturan Menteri PUPR No 20 Tahun 2007 tentang Pedoman Analisis Aspek Fisik & Lingkungan, Ekonomi Serta Sosial Budaya Dalam Penyusunan Rencana Tata Ruang, dijelaskan bahwa Satuan Kemampuan Lahan (SKL) terdiri dari SKL morfologi, SKL kemudahan dikerjakan, SKL kestabilan lereng, SKL kestabilan pondasi, SKL ketersediaan air, SKL drainase, SKL erosi, SKL pembuangan limbah, dan SKL rawan bencana.

b. Analisis Daya Dukung Lingkungan berbasis Kemampuan Lahan

Analisis daya dukung lingkungan yang dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan pendekatan evaluasi kesesuaian antara kemampuan lahan, proyeksi penggunaan lahan, dan alokasi pola ruang RTRW. Metode sistem informasi geografis digunakan dengan cara *overlay* data tersebut.

c. Penyusunan Arah Pemanfaatan Ruang Berbasis Daya Dukung Lingkungan

Penyusunan arahan pemanfaatan ruang dengan pendekatan berbasis daya dukung lingkungan dilakukan untuk mengidentifikasi dan menetapkan wilayah yang layak dikembangkan sebagai kawasan lindung maupun kawasan budidaya sesuai dengan potensi serta keterbatasan fisik lahannya. Pendekatan ini bertujuan untuk menjamin bahwa setiap bentuk pemanfaatan ruang yang direncanakan tetap berada dalam batas kapasitas ekologis wilayah, sehingga kegiatan pembangunan dapat berjalan secara efisien, selaras dengan fungsi lingkungan, dan berkelanjutan dalam jangka panjang.

## 2.6 Prosedur Analisis Data

### 2.6.1 Prosedur Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

#### 2.6.1.1 Pengolahan Citra

Sebelum melakukan analisis perubahan penggunaan lahan perlu dilakukan pengolahan data citra satelit, berikut langkah-langkahnya, antara lain:

##### 1. Perbaikan Citra

Koreksi citra perlu dilakukan pada data citra satelit untuk menghilangkan kesalahan-kesalahan radiometrik. Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki kesalahan pada nilai digital piksel yang diakibatkan oleh gangguan atmosfer ataupun akibat kesalahan sensor pada citra. (Hakim Sinaga & Suprayogi, 2018) mengatakan bahwa proses koreksi radiometrik mencakup koreksi efek-efek yang berhubungan dengan sensor untuk meningkatkan kontras setiap piksel dari citra, sehingga objek yang terekam dapat dengan mudah dianalisis untuk menghasilkan data atau informasi yang benar sesuai dengan kondisi lapangan. Serta, hasil dari koreksi radiometrik ini nantinya akan mempermudah dalam proses interpretasi citra.

Citra satelit yang mengalami gangguan tutupan awan diproses melalui teknik *cloud masking* untuk menghilangkan piksel yang tidak merepresentasikan kondisi permukaan bumi. Selanjutnya, area yang tertutup awan dilengkapi menggunakan citra pengganti yang direkam pada waktu yang relatif berdekatan dan memiliki tingkat tutupan awan yang lebih rendah. Proses ini dilakukan melalui teknik *overlay* untuk menghasilkan citra komposit yang konsisten secara temporal dan spasial, sehingga dapat digunakan secara andal dalam analisis penggunaan lahan.

##### 2. Pemotongan Citra

Pemotongan citra dilakukan dengan memotong wilayah yang menjadi objek penelitian. Batas wilayah yang akan dipotong dibuat dengan *Area of Interest* (AOI) yaitu pada wilayah kajian penelitian Kabupaten Luwu Timur.

##### 3. Kombinasi Band

Kombinasi band ini merupakan perpaduan citra dari beberapa saluran yang dimasukkan untuk memperoleh gambaran visual yang lebih baik. Data Landsat 7 dapat diproses dengan menggunakan band 5, band 4, dan band 3 untuk mengacu pada daerah analisis vegetasi. Menurut Raditya Rendra et al., (2019) Kombinasi band citra Landsat 8 yang digunakan band 6, band 5, dan band 4 untuk menghasilkan warna vegetasi. Kombinasi band 543 pada citra Landsat 7 ETM+ dan kombinasi band 654 pada citra Landsat 8 OLI/TIRS baik dalam membedakan objek vegetasi dan non vegetasi. Objek vegetasi ditandai dengan warna hijau dan non vegetasi berwarna merah.

### 2.6.1.2 Klasifikasi Penggunaan Lahan

Klasifikasi penggunaan lahan yang digunakan pada penelitian ini adalah digitasi On Screen. Klasifikasi penggunaan lahan dengan digitasi *On Screen* dilakukan berdasarkan pengenalan karakteristik objek secara spasial menggunakan unsur interpretasi, yaitu warna/rona, bentuk, ukuran, pola, bayangan, tekstur, situs, dan asosiasi (Kosasih et al., 2019). Klasifikasi jenis penggunaan lahan didasarkan pada acuan (SNI) 7645-1:2014, dengan dilakukan proses generalisasi terhadap beberapa kategori penggunaan lahan untuk menyesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan analisis di wilayah penelitian. Klasifikasi ini dilakukan dengan delinasi setiap kelas penggunaan lahan di layar komputer menggunakan *software Geographic Information System (GIS)* pada skala 1:50.000. Sesuai dengan Permen ATR/BPN No 14 Tahun 2021 tentang Pedoman Penyusunan Basis Data dan Penyajian Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi, Kabupaten, dan Kota, serta Peta Rencana Detail Tata Ruang Kabupaten/Kota yang menyatakan bahwa tingkat ketelitian detail informasi dalam peta RTRW Kabupaten adalah skala 1:50.000 (Pemerintah Indonesia, 2021). Menurut Arunarwati Margono et al., (2016) mengatakan bahwa ukuran minimum poligon (*Minimal Mapping Unit/MMU*) yang delinasi adalah 6,25 hektar atau setara dengan 2,5 cm x 2,5 cm pada skala maksimal zoom screen 1:50.000.

### 2.6.1.3 Validasi Data

Validasi data bertujuan untuk memastikan hasil klasifikasi penggunaan lahan sudah sesuai dengan kondisi di lapangan. Validasi data dilakukan dengan metode *ground check* langsung di lokasi penelitian. Validasi data dimulai dengan menentukan titik koordinat perwakilan pada setiap kelas penggunaan lahan yang ada. Perhitungan jumlah titik sampel dilakukan dengan menggunakan rumus Slovin. Penentuan titik dilakukan dengan menggunakan metode *Purposive Random Sampling* dengan menggunakan kelas penggunaan lahan sebagai acuan penentuan titik. Setelah dilakukan validasi data di lapangan, maka dilakukan uji akurasi data.

Uji akurasi dilakukan untuk melihat tingkat kesalahan yang terjadi pada proses klasifikasi penggunaan lahan dengan menggunakan hasil validasi data sebagai acuan ketelitian klasifikasi sehingga dapat ditentukan seberapa besar persentase keakuratan dari klasifikasi tersebut. Uji akurasi yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah uji akurasi Kappa dengan bantuan *confusion matrix* (matriks kesalahan). Sejalan dengan pendapat (Rahman et al., 2022) dimana untuk mengukur ketelitian pemetaan dilakukan dengan perhitungan *overall accuracy* dan indeks kappa, dalam *confusion matrix* antara data hasil interpretasi dan data groundchecking. Adapun kategori kesesuaian akurasi Kappa dapat dilihat pada Tabel 5. Sedangkan, secara matematis akurasi kappa disajikan sebagai berikut (McHugh, 2012):

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}} 100\%$$

Keterangan:

K = Nilai Kappa

r = jumlah baris dalam matrik konfusi

X<sub>ii</sub> = Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

X<sub>+i</sub> = Jumlah piksel dalam kolom ke-i

X<sub>i+</sub> = Jumlah piksel dalam baris ke-i

N = Banyaknya piksel dalam contoh

**Tabel 5.** Kategori kesesuaian akurasi Kappa

Nilai Kappa	Akurasi
<0.2	<i>Poor Agreement</i>
0.21 – 0.40	<i>Fair agreement</i>
0.41 – 0.60	<i>Moderate agreement</i>
0.61 – 0.80	<i>Substantial agreement</i>
0.81 – 1.00	<i>Perfect</i>

Sumber: McHugh (2012)

#### 2.6.1.4 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Analisis perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Luwu Timur dilakukan menggunakan data hasil klasifikasi penggunaan lahan dari citra satelit, setelah melalui tahapan validasi data dan uji akurasi. Untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan, dilakukan proses overlay atau tumpang tindih antara hasil klasifikasi penggunaan lahan tahun 2003, 2013, dan 2023. Dimana proses overlay ini dilakukan untuk mengidentifikasi perubahan yang terjadi pada wilayah kajian baik berkaitan dengan jenis penggunaan lahan, luas perubahan penggunaan lahan, dan sebaran wilayah perubahan penggunaan lahan. Selanjutnya, menghitung luas perubahan setiap jenis penggunaan lahan untuk setiap periode waktu dengan teknik perhitungan atribut dalam Sistem Informasi Geografis. Menurut (A. Wijaya & Susetyo, 2017) dari data perubahan penggunaan lahan ini dapat diketahui statistik jenis, luasan, distribusi, dan kecenderungan perubahan penggunaan lahan.

#### 2.6.1.5 Analisis Faktor Pendorong Perubahan Penggunaan Lahan

Faktor pendorong perubahan penggunaan lahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kepadatan penduduk, jarak dari jalan, kemiringan lereng, jarak dari permukiman, ketinggian lahan, dan jarak dari sungai. Keenam faktor pendorong ini dipilih karena merupakan faktor penentu dalam perubahan

penggunaan lahan di Kabupaten Luwu Timur. Perubahan penggunaan lahan dianalisis berdasarkan jarak antara kelas penggunaan lahan dengan faktor-faktor pendorong tersebut. Jarak ini dihitung menggunakan *Euclidean Distance*, dimana ini berfungsi untuk menentukan jarak terdekat dari setiap titik (*cell/pixel*) ke sumber tertentu. Penelitian ini tidak memasukkan proyeksi penduduk sebagai variabel eksplisit karena fokus pada pendekatan spasial berbasis tren historis. Namun demikian, dinamika demografi diakui sebagai faktor eksternal yang berpotensi memengaruhi perubahan penggunaan lahan dan dapat menjadi pengembangan penelitian selanjutnya. Adapun faktor pendorong dari perubahan penggunaan lahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Faktor Pendorong Perubahan Penggunaan Lahan

No.	Faktor Pendorong	Sumber
1.	Kepadatan Penduduk	(Sukamto & Buchori, 2018), (Kubangun et al., 2016), (Ajeeb et al., 2020), (Hyandye & Martz, 2017)
2.	Jarak dari Jalan	(Sukamto & Buchori, 2018), (Kubangun et al., 2016), (Hyandye & Martz, 2017)
3.	Kemiringan Lereng	(Kubangun et al., 2016), (Ajeeb et al., 2020), (Hyandye & Martz, 2017)
4.	Jarak dari Permukiman	(Kubangun et al., 2016)
5.	Ketinggian Lahan	(Septory et al., 2023), (Hyandye & Martz, 2017)
6.	Jarak dari Sungai	(Sela et al., 2023)

## 2.6.2 Prosedur Analisis Proyeksi Penggunaan Lahan

### 2.6.2.1 Pemodelan Skenario Perubahan Penggunaan Lahan

Pemodelan skenario ini dilakukan menggunakan model *Markov chain cellular automata (CA-Markov)*. Secara umum, konsep *CA-Markov* berhipotesis bahwa pola perubahan penggunaan lahan di masa depan akan mengikuti pola perubahan yang sama seperti yang terjadi di masa lalu (Fajarini et al., 2015). Data yang digunakan dalam analisis ini merupakan data penggunaan lahan tahun 2003 dan 2013 untuk mendapatkan data proyeksi tahun 2023. Pemodelan skenario perubahan penggunaan lahan menggunakan *CA-Markov* pada dasarnya membutuhkan tiga jenis input data, yaitu citra tutupan lahan dasar, file area transisi Markov, dan koleksi gambar kesesuaian transisi (Hyandye & Martz, 2017). Terdapat beberapa tahapan dalam melakukan analisis ini, meliputi:

#### 1. Analisis *Markov Chain*

Metode Markov Chain digunakan untuk menghitung probabilitas transisi dari satu jenis penggunaan lahan ke jenis penggunaan lahan lainnya berdasarkan pola perubahan pada periode waktu sebelumnya. Hasil utama dari metode ini berupa matriks probabilitas transisi, yang menggambarkan peluang setiap kelas penggunaan lahan untuk tetap bertahan atau berubah menjadi kelas lain dalam interval waktu tertentu. Matriks ini mencerminkan kecenderungan perubahan penggunaan lahan secara kuantitatif dan menjadi dasar dalam memproyeksikan perubahan penggunaan lahan pada periode mendatang.

Selain menghasilkan matriks probabilitas transisi, metode Markov Chain juga menghasilkan peta probabilitas transisi yang menunjukkan distribusi spasial potensi perubahan penggunaan lahan. Peta ini menggambarkan lokasi-lokasi yang memiliki peluang lebih tinggi untuk mengalami perubahan, berdasarkan kombinasi nilai probabilitas transisi dan kondisi lingkungan sekitarnya. Informasi ini selanjutnya digunakan sebagai input dalam simulasi Cellular Automata, sehingga memungkinkan proyeksi perubahan penggunaan lahan tidak hanya mempertimbangkan aspek temporal, tetapi juga pola spasial perubahan yang terjadi di wilayah studi.

## 2. Pemodelan *Cellular Automata* (CA)

Metode Cellular Automata (CA) digunakan untuk mensimulasikan perubahan penggunaan lahan secara spasial dengan mengintegrasikan probabilitas transisi yang dihasilkan oleh metode Markov Chain. Pada metode ini, wilayah studi direpresentasikan dalam bentuk sel-sel raster, di mana setiap sel dapat mengalami perubahan kelas penggunaan lahan berdasarkan aturan transisi tertentu. Probabilitas perubahan setiap sel ditentukan oleh matriks dan peta probabilitas transisi Markov Chain yang dikombinasikan dengan pengaruh kondisi lingkungan sekitarnya.

Selain probabilitas transisi, pemodelan Cellular Automata juga mempertimbangkan faktor pendorong perubahan penggunaan lahan yang telah dianalisis sebelumnya, seperti jarak terhadap jalan, permukiman, sungai, serta karakteristik biofisik wilayah. Faktor-faktor tersebut digunakan untuk menentukan tingkat kesesuaian setiap lokasi terhadap kemungkinan terjadinya perubahan penggunaan lahan. Melalui penerapan aturan kedekatan (*neighbourhood rules*) dan *boundary condition*, model Cellular Automata mampu mensimulasikan pola perubahan penggunaan lahan yang lebih realistis, baik dari aspek spasial maupun dinamika pertumbuhan wilayah, sehingga menghasilkan proyeksi penggunaan lahan yang mencerminkan kondisi potensial di masa depan.

Representasi Cellular Automata dirumuskan berdasarkan matriks kemungkinan berbeda yang mendefinisikan kemungkinan substitusi berbeda antara klasifikasi penggunaan lahan. Bentuk umum representasinya diberikan sebagai berikut (Eastman, 2024):

$$S_{(t+1)} = P_{ij} * S_{(t)}$$

Dimana

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{bmatrix}$$

Probabilitas transisi  $P_{ij}$  memenuhi  $0 \leq P_{ij} < 1$  dan  $\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1$  untuk  $i, j = 1, 2, \dots, n$ . Model ini merepresentasikan probabilitas bahwa sel klasifikasi penggunaan lahan  $i$  menguji modifikasi ke klasifikasi  $j$  di dalam pemisahan keberlanjutan prasyarat. Evolusi representasi CA seiring waktu dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$S_{(t,t+1)} = f[S(t), N]$$

Dimana  $S_{(t)}$  dan  $S_{(t+1)}$  masing-masing menunjukkan keadaan transaksi pada waktu  $t$  dan  $t + 1$ , di mana  $N$  mewakili konfigurasi lingkungan, dan  $f$  menunjukkan fungsi transformasi yang mengatur transformasi apartemen di dalam keadaan spasial anestesi. Variabel  $S$  menunjukkan himpunan keadaan penggunaan lahan diskrit dan terbatas, sedangkan  $P_{ij}$  adalah matriks kemungkinan transformasi yang berbeda yang menengahi kemungkinan modifikasi yang berbeda antara keadaan-keadaan ini.

Secara metodologis, CA–Markov merupakan pendekatan mekanistik karena memodelkan perubahan penggunaan lahan berdasarkan probabilitas transisi historis dan aturan spasial. Model ini tidak secara eksplisit memasukkan variabel normatif seperti visi misi kepala daerah atau kebijakan baru. Oleh karena itu, hasil proyeksi dipahami sebagai kecenderungan perubahan jika pola historis berlanjut, sementara faktor idealis atau kebijakan dapat menjadi variabel eksternal yang berpotensi mengubah hasil proyeksi.

### 2.6.2.2 Validasi Model Proyeksi Perubahan Penggunaan Lahan

Pentingnya validasi model sebagai tahap penting dalam pengembangan model prediksi perubahan telah ditekankan oleh Eastman (Eastman, 2012). Dimana metode validasi model yang digunakan pada penelitian ini adalah koefisien Kappa. Tujuan validasi ini adalah untuk mengukur akurasi model dalam memprediksi perubahan penggunaan atau penutupan lahan. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil interpretasi atau aktual tahun 2023 dan hasil proyeksi tahun 2023. Validasi ini dibutuhkan untuk menjalankan model proyeksi penggunaan lahan tahun 2043. Apabila hasilnya saling mendekati, maka validasi dapat diterima untuk kemudian dilakukan proyeksi penggunaan lahan tahun

2043. Terdapat beberapa kategori kesepakatan validasi Kappa, dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Kategori kesepakatan validasi Kappa

Nilai Koefisien Kappa	Interpretasi Nilai Kappa
< 0,21	Rendah ( <i>Poor</i> )
0,21 - 0,40	Lumayan ( <i>Fair</i> )
0,41 – 0,60	Cukup ( <i>Moderate</i> )
0,61 – 0,80	Kuat ( <i>Good</i> )
> 0,81	Sangat Kuat ( <i>Very Good</i> )

Sumber: (Kunz, 2017)

### 2.6.2.3 Proyeksi Perubahan Penggunaan Lahan

Pada pemodelan proyeksi penggunaan lahan tahun 2043 menggunakan metode CA–Markov, diterapkan *boundary condition* sebagai batasan simulasi untuk mengontrol kemungkinan transisi penggunaan lahan agar tetap realistis. *Boundary condition* ini meliputi batas administratif Kabupaten Luwu Timur sebagai wilayah simulasi, serta penetapan kelas penggunaan lahan tertentu yang bersifat tetap, yaitu tubuh air, yang tidak diperkenankan mengalami perubahan selama proses simulasi. Sementara itu, kelas penggunaan lahan lainnya diperbolehkan mengalami transisi sesuai dengan probabilitas perubahan historis yang dihasilkan oleh model Markov Chain dan aturan kedekatan spasial Cellular Automata. Penerapan *boundary condition* ini bertujuan untuk mencegah terjadinya perubahan penggunaan lahan yang tidak rasional dan memastikan bahwa hasil proyeksi mencerminkan dinamika perubahan lahan yang sesuai dengan karakteristik wilayah studi.

Pengaplikasian peta penggunaan lahan tahun 2003 dan 2013 dalam penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pola dan probabilitas transisi perubahan penggunaan lahan sebagai dasar pemodelan CA–Markov. Metode Markov Chain memerlukan dua periode waktu historis untuk menghitung matriks probabilitas transisi yang merepresentasikan kecenderungan perubahan penggunaan lahan antar kelas. Probabilitas transisi hasil periode 2003 hingga 2013 selanjutnya digunakan dalam model Cellular Automata untuk memproyeksikan penggunaan lahan tahun 2023. Proyeksi tahun 2023 ini dilakukan sebagai tahap validasi model dengan membandingkannya terhadap peta penggunaan lahan aktual tahun 2023, sehingga tingkat akurasi dan kelayakan model dapat dievaluasi sebelum digunakan untuk memproyeksikan penggunaan lahan tahun 2043.

Algoritma CA–Markov diawali dengan pembentukan matriks probabilitas transisi dari data penggunaan lahan multitemporal. Matriks ini digunakan untuk mengontrol jumlah perubahan penggunaan lahan secara global, sementara

Cellular Automata mengatur distribusi spasial perubahan melalui aturan kedekatan, faktor pendorong, dan boundary condition. Proses simulasi dilakukan secara iteratif hingga mencapai tahun proyeksi yang ditentukan. Pemodelan CA–Markov berpotensi mengandung bias akibat kebijakan pemerintah pusat, seperti program cetak sawah, yang tidak sepenuhnya tercermin dalam data historis. Kebijakan tersebut dapat memicu perubahan penggunaan lahan secara cepat dan tidak mengikuti pola perubahan sebelumnya, sehingga hasil proyeksi perlu dipahami sebagai skenario berbasis tren historis dan bukan prediksi deterministik.

## 2.6.3 Prosedur Analisis Arahan Pemanfaatan Ruang

### 2.6.3.1 Analisis Satuan Kemampuan Lahan (SKL)

Analisis ini menggunakan pedoman dari Peraturan Menteri PUPR No 20 Tahun 2007 tentang Pedoman Analisis Aspek Fisik & Lingkungan, Ekonomi Serta Sosial Budaya Dalam Penyusunan Rencana Tata Ruang. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi kapasitas lahan berdasarkan aspek fisik dan lingkungan yang relevan dalam perencanaan ruang. Analisis kemampuan lahan dilakukan dengan mengidentifikasi dan menilai 9 komponen utama Satuan Kemampuan Lahan (SKL) sesuai Permen PUPR No. 20 Tahun 2007, yaitu:

#### 1. SKL Morfologi

Penilaian bentuk lahan dilakukan dengan mempertimbangkan faktor kemiringan lereng serta karakteristik morfologi wilayah yang mencerminkan proses geomorfologi dan dinamika pembentukan bentang alam. Pada analisis ini, pembobotan SKL morfologi dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Pembobotan SKL Morfologi

No	Kemiringan (%)	Nilai	Morfologi	Nilai	SKL Morfologi	Nilai
1	0-2	5	Daratan	5	Tinggi (9-10)	5
2	2-5	4	Landai	4	Cukup (7-8)	4
3	5-15	3	Perbukitan Sedang	3	Sedang (5-6)	3
4	15-40	2	Pegunungan/Perbukitan Terjal	2	Kurang (3-4)	2
5	>40	1	Pegunungan/Perbukitan Sangat Terjal	1	Rendah (1-2)	1

Sumber: (Permen PUPR No 20, 2007)

#### 2. SKL Kemudahan Dikerjakan

Mengkaji tingkat kesulitan dalam melakukan pekerjaan tanah seperti penggalian dan perataan, berdasarkan jenis tanah dan material permukaan. Pembobotan SKL kemudahan dikerjakan dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Pembobotan SKL Kemudahan Dikerjakan

Ketinggian	Nilai	Kemiringan (%)	Nilai	Jenis Tanah	Nilai	SKL Kemudahan dikerjakan	Nilai
<500	5	0-2	5	Alluvial	5	Tinggi	5
		2-5	4	Latosol	4	Sedang	4
500-1500	4	5-15	3	Mediteran	3	Kurang	3
		15-40	2				
1500-2500	3	>40	1	Podsol	2	Rendah	2

Sumber: (Permen PUPR No 20, 2007)

### 3. SKL Kestabilan Lereng

Penilaian potensi stabilitas lereng dilakukan dengan mempertimbangkan tiga parameter utama, yaitu ketinggian, kemiringan lereng, dan kondisi morfologi wilayah yang secara langsung memengaruhi tingkat kerentanan suatu area terhadap gangguan kestabilan tanah. Ketiga faktor tersebut dianalisis secara terpadu untuk mendapatkan gambaran yang lebih akurat. Pembobotan SKL kestabilan lereng dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Pembobotan SKL Kestabilan Lereng

Ketinggian	Nilai	Kemiringan (%)	Nilai	Morfologi	Nilai	SKL Kestabilan Lereng	Nilai
<500	5	0-2	5	Daratan	5	Tinggi	5
		2-5	4	Landai	4	Cukup	4
500-1500	4	5-15	3	Perbukitan Sedang	3	Sedang	3
		15-40	2	Pegunungan/Perbukitan Terjal	2	Kurang	2
1500-2500	3	>40	1	Pegunungan/Perbukitan Sangat Terjal	1	Rendah	1

Sumber: (Permen PUPR No 20, 2007)

### 4. SKL Kestabilan Pondasi

Penilaian SKL kestabilan pondasi dilakukan dengan mempertimbangkan parameter fisik dan geoteknik yang memengaruhi daya dukung tanah terhadap beban bangunan dan infrastruktur. Parameter tersebut meliputi jenis tanah, tekstur, kedalaman efektif, kemiringan lereng, serta kondisi drainase. Pembobotan dilakukan untuk mengintegrasikan kontribusi relatif masing-masing parameter dalam menentukan tingkat kestabilan lahan. Pembobotan SKL kestabilan pondasi dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Pembobotan SKL Kestabilan Pondasi

SKL Kestabilan Lereng	Nilai	Jenis Tanah	Nilai	SKL Kestabilan Pondasi	Nilai
Tinggi	5	Alluvial	5	Tinggi	5
Cukup	4	Latosol	4	Cukup	4
Sedang	3	Mediteran	3	Sedang	3
Kurang	2	Podsol	2	Kurang	2
Rendah	1			Rendah	1

Sumber: (Permen PUPR No 20, 2007)

#### 5. SKL Ketersediaan Air

Penilaian SKL ketersediaan air dilakukan dengan mempertimbangkan parameter hidrologis dan fisik wilayah yang memengaruhi potensi penyediaan air tanah maupun air permukaan. Parameter tersebut meliputi kepadatan jaringan sungai, curah hujan, kondisi topografi, jenis batuan, serta permeabilitas tanah. Pembobotan dilakukan untuk mengintegrasikan pengaruh relatif masing-masing parameter terhadap kapasitas wilayah dalam menyediakan sumber air. Hasil pembobotan kemudian diklasifikasikan untuk menentukan tingkat kemampuan lahan dalam mendukung pembangunan dan pemenuhan kebutuhan masyarakat secara berkelanjutan. Pembobotan SKL ketersediaan air dapat dilihat pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Pembobotan SKL Ketersediaan Air

Morfologi	Nilai	Curah Hujan (mm)	Nilai	Kelerengan	Nilai	SKL Ketersediaan Air	Nilai
Pegunungan/Perbukitan Sangat Terjal	1	>3000 mm/th	5	>45%	1	Tinggi	5
		2000-3000 mm/th	4				
Pegunungan/Perbukitan Terjal	2	1000-2000 mm/th	3	25-45%	2	Cukup	4
Perbukitan Sedang	3	<1000 mm/th	2	15-25%	3	Sedang	3
Landai	4			2-15%	4	Rendah	2
Dataran	5			0-2%	5	Sangat Rendah	1

Sumber: (Permen PUPR No 20, 2007)

## 6. SKL Drainase

Menganalisis tingkat kemampuan lahan dalam mengalirkan kelebihan air atau mencegah genangan. Pembobotan SKL drainase dapat dilihat pada Tabel 13.

**Tabel 13.** Pembobotan SKL Drainase

Ketinggian	Nilai	Kemiringan (%)	Nilai	Curah Hujan (mm)	Nilai	SKL Drainase	Nilai
<500	5	0-2	5	2500-3000	2	Tinggi	3
		2-5	4	3000-3500	3	Cukup	2
500-1500	4	5-15	3	3500-4000	4		
1500-2500	3	15-40	2	4000-4500	5	Kurang	1
		>40	1				

Sumber: (Permen PUPR No 20, 2007)

## 7. SKL Terhadap Erosi

Penilaian potensi erosi dilakukan dengan menganalisis kombinasi beberapa faktor utama yang berpengaruh terhadap tingkat kerentanan lahan terhadap kehilangan tanah, yaitu kondisi morfologi, kemiringan lereng, jenis tanah, serta intensitas curah hujan di wilayah penelitian. Pembobotan SKL terhadap erosi dapat dilihat pada Tabel 14.

**Tabel 14.** Pembobotan SKL Terhadap Erosi

Curah Hujan (mm)	Nilai	Jenis Tanah	Nilai	Morfologi	Nilai	Kemiringan (%)	Nilai	SKL Erosi	Nilai
2500-3000	1	Podsol	2	Perbukitan sangat terjal	1	0-2	5	Tinggi	5
3000-3500	2	Mediteran	3	Perbukitan terjal	2	2-5	4	Cukup	4
		Latosol	4			5-15	3	Kurang	3
3500-4000	3	Alluvial	5	Perbukitan Sedang	3	15-40	2	Rendah	2
						>40	1		

Sumber: (Permen PUPR No 20, 2007)

## 8. SKL Pembuangan Limbah

Penilaian SKL pembuangan limbah dilakukan dengan mempertimbangkan parameter fisik dan hidrologis yang memengaruhi kemampuan lahan dalam menerima dan menetralsir limbah tanpa mencemari lingkungan. Parameter yang dianalisis meliputi jenis dan permeabilitas tanah, kedalaman muka air tanah, kemiringan lereng, jarak terhadap badan air, serta kondisi geologi setempat. Pembobotan dilakukan untuk mengintegrasikan pengaruh relatif masing-masing

parameter terhadap tingkat kerentanan pencemaran. Pembobotan SKL pembuangan limbah dapat dilihat pada Tabel 15.

**Tabel 15.** Pembobotan SKL Pembuangan Limbah

Ketinggian	Nilai	Kemiringan (%)	Nilai	Curah Hujan (mm)	Nilai	Guna Lahan	Nilai	SKL Pembuangan Limbah	Nilai
<500	5	0-2	5	2500-3000	2	Non Terbangun	1	Tinggi	5
		2-5	4	3000-3500	3			Cukup	4
500-1500	4	5-15	3	3500-4000	4	Terbangun	2	Sedang	3
1500-2500	3	15-40	2	4000-4500	5			Kurang	2
		>40	1	4500				Rendah	1

Sumber: (Permen PUPR No 20, 2007)

#### 9. SKL Terhadap Bencana Alam

Penilaian SKL kerawanan bencana dilakukan dengan mengintegrasikan parameter topografi, hidrologi, dan geologi yang memengaruhi tingkat risiko terhadap banjir, longsor, dan gempa bumi. Parameter seperti kemiringan lereng, curah hujan, kedekatan dengan badan air, serta kondisi geologi dianalisis untuk menentukan tingkat kerentanan fisik lahan. Pembobotan dilakukan guna mengidentifikasi kontribusi relatif masing-masing faktor terhadap risiko bencana, sehingga diperoleh klasifikasi wilayah berdasarkan tingkat kerawanan. Pembobotan SKL pembuangan limbah dapat dilihat pada Tabel 16.

**Tabel 16.** Pembobotan SKL Terhadap Bencana Alam

Rawan Longsor	Nilai	Curah Hujan	Nilai	Ketinggian	Nilai	Kelerengan	Nilai	SKL Terhadap Bencana	Nilai
Sangat rawan	5	>3000 mm/thn	5	<500	2	>45%	5	Tinggi	5
									4
Rawan	4	2000-3000 mm/thn	4	500-1500	3	25-45%	4	Cukup	3
Agak Rawan	3	1000-2000 mm/thn	3	1500-2500	4	15-25%	3	Kurang	2
Aman	2					2-15%	2		
						0-2%	1		

Sumber: (Permen PUPR No 20, 2007)

#### 2.6.3.2 Analisis Kemampuan Lahan

Analisis kemampuan lahan dilakukan dengan menginput data dari hasil penilaian setiap satuan kemampuan lahan, lalu diproses lebih lanjut

menggunakan metode *overlay*. Kemampuan lahan ini diklasifikasikan berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No 20 Tahun 2007 tentang Pedoman Analisis Aspek Fisik & Lingkungan, Ekonomi Serta Sosial Budaya Dalam Penyusunan Rencana Tata Ruang. Adapun pembobotan satuan kemampuan lahan dapat dilihat pada Tabel 17.

**Tabel 17.** Bobot Penilaian Satuan Kemampuan Lahan

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

Sumber: (Permen PUPR No 20, 2007)

Nilai hasil pembobotan Satuan Kemampuan Lahan (SKL) selanjutnya diklasifikasikan menjadi beberapa kategori pengembangan lahan berdasarkan interval nilai tertentu. Klasifikasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kelayakan wilayah dalam mendukung aktivitas pembangunan dengan mempertimbangkan faktor fisik, hidrologi, geologi, dan kerentanan bencana. Klasifikasi pengembangan lahan berdasarkan kemampuan lahan dapat dilihat pada Tabel 18.

**Tabel 18.** Klasifikasi Kemampuan Lahan

Kelas Kemampuan Lahan	Klasifikasi Pengembangan	Total Nilai
A	Kemampuan Pengembangan Sangat Rendah	48 – 70
B	Kemampuan Pengembangan Rendah	71 – 92
C	Kemampuan Pengembangan Sedang	93 – 114
D	Kemampuan Pengembangan Tinggi	115 – 136
E	Kemampuan Pengembangan Sangat Tinggi	137 – 160

Sumber: (Permen PUPR No 20, 2007)

### 2.6.3.3 Analisis Daya Dukung Lingkungan Berbasis Kemampuan Lahan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membandingkan hasil analisis kemampuan lahan dengan data proyeksi penggunaan lahan serta alokasi pola ruang yang tertuang dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Analisis dilakukan dengan teknik overlay untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara kemampuan lahan, penggunaan lahan, dan rencana alokasi pola ruang. Hasil dari overlay ini akan diklasifikasikan ke dalam tiga kategori kesesuaian, yaitu (Widiatmaka et al., 2015):

#### 1. Sesuai

Pada kategori ini, tidak terdapat ketidaksesuaian antara fungsi ruang yang direncanakan maupun yang diproyeksikan dengan karakteristik fisik lahan. Wilayah yang tergolong sesuai memiliki kondisi biofisik yang mendukung, seperti kemiringan lereng yang stabil, risiko bencana rendah, ketersediaan air mencukupi, serta daya dukung tanah yang memadai.

#### 2. Sesuai Bersyarat

Kategori ini terjadi apabila proyeksi penggunaan lahan atau alokasi dalam RTRW sedikit melebihi daya dukung lingkungan berdasarkan kemampuan lahannya. Namun demikian, penggunaan tersebut masih diperbolehkan dengan syarat dilakukan perlakuan atau tindakan khusus untuk mengatasi faktor pembatas kemampuan lahannya.

#### 3. Tidak Sesuai

Kategori ini menunjukkan bahwa proyeksi penggunaan lahan atau alokasi pola ruang dalam RTRW melebihi daya dukung lingkungan yang dimilikinya, sehingga dapat menimbulkan degradasi atau kerusakan lingkungan.

**Tabel 19.** Kriteria penggunaan lahan yang diperkenankan pada setiap kelas kemampuan lahan

No	Kemampuan Lahan	Penggunaan Lahan yang diperkenankan
1	A	Cagar alam dan hutan lindung
2	B	Semua jenis hutan
3	C	Semua jenis hutan dan penggembalaan
4	D	Semua jenis penggunaan lahan kecuali pertanian
5	E	Semua jenis penggunaan lahan

Sumber: Fenton (2014)

Fenton (2014) menyatakan bahwa lahan dengan kelas kemampuan A hingga B dikategorikan sebagai lahan yang memiliki kemampuan terbatas, sehingga memerlukan upaya perlindungan dan konservasi yang ketat untuk mencegah terjadinya degradasi lingkungan. Dalam penelitian ini, kelas kemampuan tersebut didefinisikan sebagai lahan dengan tingkat kemampuan sangat rendah hingga

rendah, yang tidak direkomendasikan untuk kegiatan budidaya intensif. Sebaliknya, lahan dengan kelas kemampuan C hingga E termasuk dalam kategori lahan yang masih layak untuk kegiatan budidaya, karena memiliki potensi dan daya dukung yang relatif lebih tinggi terhadap aktivitas pemanfaatan lahan. Oleh karena itu, lahan dengan kelas kemampuan tersebut diklasifikasikan sebagai lahan dengan tingkat kemampuan sedang hingga sangat tinggi, yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip pengelolaan lahan yang bijaksana.

#### **2.6.3.4 Penyusunan Arah Pemanfaatan Ruang Berbasis Daya Dukung Lingkungan**

Penyusunan arahan pemanfaatan ruang berbasis daya dukung lingkungan bertujuan menentukan wilayah yang layak diarahkan sebagai kawasan lindung maupun budidaya berdasarkan potensi dan keterbatasan fisik lahan. Pendekatan ini memastikan bahwa pemanfaatan ruang tidak melampaui kapasitas ekologis wilayah, sehingga pembangunan dapat berlangsung secara berkelanjutan. Prinsip dasarnya adalah bahwa alokasi ruang harus selaras dengan kemampuan lahan dan karakteristik biofisik wilayah, sebagaimana konsep daya dukung lingkungan (PP No. 21, 2021).

Arahan pemanfaatan ruang disusun dengan mengintegrasikan tiga komponen utama, yaitu kelas kemampuan lahan, penggunaan lahan proyeksi tahun 2043, dan pola ruang RTRW Kabupaten Luwu Timur. Kelas kemampuan lahan menunjukkan tingkat kelayakan fisik wilayah, penggunaan lahan proyeksi menggambarkan kecenderungan perubahan spasial, sedangkan RTRW menjadi acuan legal-formal dalam penetapan peruntukan ruang (Sadesmesli, 2017).

Penentuan arahan ruang dilakukan berdasarkan kombinasi kelas kemampuan lahan dan tingkat kesesuaian proyeksi penggunaan lahan. Wilayah dengan kemampuan rendah (kelas A–B) dan tergolong tidak sesuai diarahkan sebagai kawasan lindung karena memiliki keterbatasan fisik dan risiko tinggi. Sebaliknya, wilayah dengan kemampuan sedang hingga tinggi (kelas C–D) yang tergolong sesuai diarahkan sebagai kawasan budidaya untuk mendukung aktivitas ekonomi secara berkelanjutan. Kriteria penetapan kawasan lindung dan budidaya disajikan pada Tabel 20.

**Tabel 20.** Kriteria Penetapan Kawasan Lindung dan Kawasan Budidaya

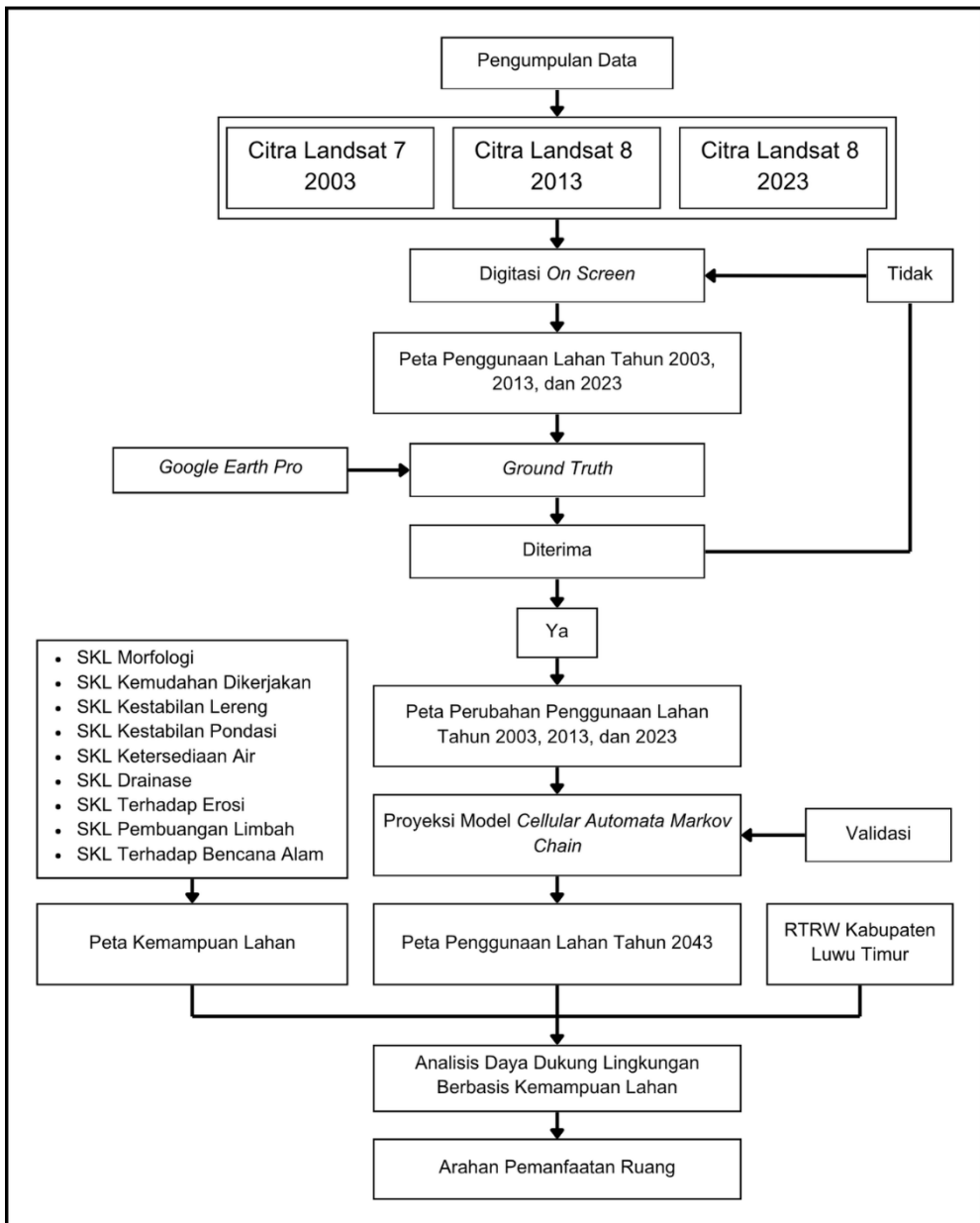
Kawasan	Kriteria Teknis	Penggunaan Lahan	Kemampuan Lahan
Kawasan Lindung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kelas lereng <math>\geq 40\%</math> (lereng curam – sangat curam)</li> <li>- Elevasi tinggi kawasan pegunungan</li> <li>- Kawasan resapan air</li> <li>- Kawasan rawan bencana (longsor, banjir, erosi)</li> <li>- Kawasan sekitar mata air (radius 200 m)</li> <li>- Sempadan sungai, danau, dan pantai sesuai ketentuan Kawasan hutan lindung/hutan konservasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hutan primer</li> <li>- Hutan sekunder</li> <li>- Mangrove</li> <li>- Semak belukar di lereng curam</li> <li>- Daerah rawa dan perairan permanen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kelas kemampuan lahan I–III jika berfungsi ekologis penting</li> <li>- Kelas kemampuan lahan IV–VIII (rentan terhadap erosi, solum dangkal, lereng curam)</li> <li>- Daerah dengan batuan permukaan dominan</li> <li>- Area dengan drainase buruk (fungsi lindung hidrologis)</li> </ul>
Kawasan Budidaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lereng <math>&lt; 25\%</math></li> <li>- Tanah subur &amp; mudah diolah</li> <li>- Kawasan pengembangan permukiman</li> <li>- Kawasan industri</li> <li>- Kawasan pertanian, perkebunan, peternakan, dan tambak</li> <li>- Kawasan pertambangan sesuai izin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permukiman</li> <li>- Pertanian lahan kering</li> <li>- Sawah</li> <li>- Perkebunan</li> <li>- Pertambangan</li> <li>- Lahan terbuka yang dapat dikembangkan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kelas kemampuan lahan I–III (sangat sesuai untuk budidaya pertanian)</li> <li>- Kelas kemampuan lahan III–IV untuk perkebunan dan permukiman terbatas</li> <li>- Lahan datar hingga landai (<math>&lt; 15\%</math>)</li> <li>- Solum tanah dalam, risiko erosi rendah</li> </ul>

Sumber: PP No. 21 Tahun 2021

Hasil akhir dari proses ini berupa peta arahan pemanfaatan ruang berbasis daya dukung lahan tahun 2043, yang menggambarkan pembagian wilayah Kabupaten Luwu Timur ke dalam dua kategori utama, yaitu kawasan lindung dan kawasan budidaya. Peta ini dihasilkan melalui integrasi analisis spasial dan interpretasi deskriptif terhadap hasil overlay tiga lapisan utama (kemampuan lahan, penggunaan lahan proyeksi, dan pola ruang RTRW). Peta tersebut menjadi dasar dalam merumuskan strategi pengelolaan ruang yang berkelanjutan, dengan menekankan keseimbangan antara kepentingan pembangunan dan pelestarian lingkungan hidup di Kabupaten Luwu Timur.

Keberadaan peta arahan ini tidak hanya berfungsi sebagai representasi visual hasil analisis, tetapi juga sebagai instrumen pengambilan keputusan dalam perencanaan pembangunan jangka panjang. Dengan memadukan pendekatan prediktif dan evaluatif, peta tersebut mampu mengidentifikasi potensi konflik pemanfaatan ruang sekaligus memberikan rekomendasi penyesuaian kebijakan apabila ditemukan ketidaksesuaian antara proyeksi perkembangan wilayah dan kapasitas biofisiknya. Oleh karena itu, peta arahan pemanfaatan ruang berbasis daya dukung lahan tahun 2043 menjadi landasan strategis dalam mendukung perencanaan adaptif yang responsif terhadap dinamika perubahan lahan dan tetap berorientasi pada prinsip keberlanjutan.

## 2.7 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 4.** Diagram Alir Penelitian