

**PREDIKSI PERTUMBUHAN KOTA BANDAR LAMPUNG
MENGUNAKAN MODEL *CELLULAR AUTOMATA***

(Tesis)

**M. PANJI AGUSTRI
NPM. 2220051005**



**MAGISTER PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

**PREDIKSI PERTUMBUHAN KOTA BANDAR LAMPUNG
MENGUNAKAN MODEL *CELLULAR AUTOMATA***

Oleh:

M. PANJI AGUSTRI

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA**

Pada

**Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota
Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

PREDIKSI PERTUMBUHAN KOTA BANDAR LAMPUNG MENGUNAKAN MODEL *CELLULAR AUTOMATA*

ABSTRAK

Oleh

M. PANJI AGUSTRI

Pertumbuhan Kota Bandar Lampung sebagai pusat kegiatan di Provinsi Lampung menyebabkan peningkatan kebutuhan ruang yang mendorong perubahan lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun. Perubahan tersebut berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian pemanfaatan ruang apabila tidak dikendalikan sesuai arahan tata ruang. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi pola dan distribusi spasial pertumbuhan Kota Bandar Lampung, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhinya, serta menganalisis kesesuaian hasil pemodelan terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041.

Penelitian menggunakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui kuesioner kepada pakar yang mewakili unsur akademisi, pemerintah, dan peneliti geospasial untuk menentukan bobot faktor pendorong dan pembatas menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Data sekunder meliputi data penutup lahan, jaringan jalan, pusat kegiatan, kawasan lindung, KP2B, dan RTRW Kota Bandar Lampung. Pemodelan pertumbuhan kota dilakukan menggunakan *Cellular Automata* dengan dua skenario, yaitu optimis dan pesimis. Kesesuaian hasil pemodelan terhadap RTRW dianalisis menggunakan metode overlay.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hingga tahun 2041 luas lahan terbangun diproyeksikan meningkat dari 12.981,98 ha menjadi 14.510,54 ha pada skenario optimis dan 14.933,96 ha pada skenario pesimis. Pola pertumbuhan kota cenderung mengikuti koridor jalan utama dan pusat-pusat aktivitas serta berkembang ke wilayah pinggiran yang masih memiliki cadangan lahan. Tingkat kesesuaian lahan terbangun terhadap RTRW pada tahun 2041 mencapai 94,71% pada skenario optimis dan 91,05% pada skenario pesimis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan faktor pembatas berupa kawasan lindung dan Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan (KP2B) efektif mengarahkan pertumbuhan kota agar tetap selaras dengan RTRW dan mendukung pembangunan perkotaan yang berkelanjutan.

Kata kunci: Pertumbuhan Kota, *Cellular Automata*, Penutup Lahan, RTRW.

PREDICTION OF BANDAR LAMPUNG CITY GROWTH USING CELLULAR AUTOMATIC MODEL

ABSTRACT

By

M. PANJI AGUSTRI

The growth of Bandar Lampung City as a center of activity in Lampung Province has led to an increased demand for space, driving the conversion of undeveloped land into built-up land. These changes have the potential to lead to inconsistencies in spatial use if not controlled in accordance with spatial planning guidelines. This study aims to predict the spatial patterns and distribution of Bandar Lampung City's growth, identify influencing factors, and analyze the suitability of the modeling results with the Bandar Lampung City Spatial Plan (RTRW) for 2021–2041.

The study used primary and secondary data. Primary data were obtained through questionnaires with experts representing academics, government, and geospatial researchers to determine the weighting of driving and limiting factors using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. Secondary data included data on land cover, road networks, activity centers, protected areas, KP2B (National Development Planning Agency), and the Bandar Lampung City RTRW. The city's growth modeling was performed using Cellular Automata with two scenarios: optimistic and pessimistic. The suitability of the modeling results to the RTRW was analyzed using the overlay method.

The research results show that by 2041, the built-up area is projected to increase from 12,981.98 ha to 14,510.54 ha in the optimistic scenario and 14,933.96 ha in the pessimistic scenario. Urban growth patterns tend to follow main road corridors and activity centers, expanding into outlying areas with remaining land reserves. The level of built-up land suitability to the Spatial Plan (RTRW) in 2041 reached 94.71% in the optimistic scenario and 91.05% in the pessimistic scenario. The research results indicate that the implementation of limiting factors in the form of protected areas and Sustainable Food Agriculture Areas (KP2B) effectively directs urban growth to remain aligned with the RTRW and supports sustainable urban development.

Keywords: *Urban Growth, Cellular Automata, Land Cover Change, Regional Spatial Plan (RTRW)*

Judul Tesis : PREDIKSI PERTUMBUHAN KOTA
BANDAR LAMPUNG
MENGUNAKAN MODEL *CELLULAR
AUTOMATA*

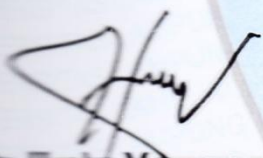
Nama Mahasiswa : M. Panji Agustri

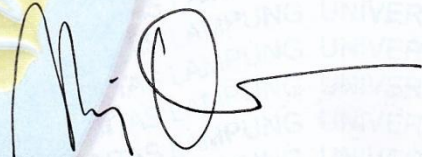
Nomor Pokok Mahasiswa : 2220051005

Program Studi : Magister Perencanaan Wilayah dan Kota

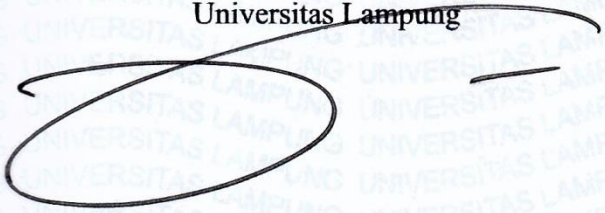
Fakultas : Program Pascasarjana Multidisiplin




Dr. Benny Mayaguez, S.Pi., M.T.
NIP. 197505152002121007


Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Si.
NIP. 197901072008011009

2. Ketua Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota
Universitas Lampung


Prof. Dr.Ir. Muhammad Irfan Affandi, M.Si.
NIP. 19640724 198902 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T.

Sekretaris : Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Si.

Penguji Bukan Pembimbing : Dr. Dedy Miswar, S.Si., M.Pd.

Anggota : Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.



2. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung




Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 2 Juni 2026

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul **“PREDIKSI PERTUMBUHAN KOTA BANDAR LAMPUNG MENGGUNAKAN MODEL *CELLULAR AUTOMATA*”** adalah karya saya sendiri serta tidak melakukan penjiplakan ataupun pengutipan atas karya penulisan lain dengan cara tidak sesuai etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik ataupun yang biasa disebut *plagiarism*.
2. Hak intelektual atas karya ini akan diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang akan diberikan kepada saya, serta saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2026

Penulis,



M. Panji Agustri
NPM. 2220051005

RIWAYAT HIDUP

Segala puji hanya milik Allah SWT, penulis dilahirkan di Lubuklingau, 20 Agustus 1997. Penulis adalah anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Ayahanda Drs. Taufik dan Ibunda Dra. Leni Marlina, M.Pd. Penulis menyelesaikan studi pendidikan dasar di SD Negeri 45 pada tahun 2009 dan pendidikan menengah pertama di selesaikan pada tahun 2012 di SMP Negeri 02 Lubuklingau. Pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Lubuklingau pada tahun 2015. Penulis menyelesaikan masa studi sarjana di Jurusan Teknologi, Infrastruktur, dan Kewilayahan, Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Sumatera (ITERA) pada tahun 2020. Selanjutnya, penulis melanjutkan studi magister di Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Pascasarjana, Universitas Lampung pada Tahun 2022. Saat ini dapat dihubungi pada email : panji.agustri@gmail.com

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim,

Assalamuallaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah *rabbi 'alamin*, puji syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“Prediksi Pertumbuhan Kota Bandar Lampung Menggunakan Model *Cellular Automata*”**. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat Penulis harapkan sebagai bahan evaluasi dan pembelajaran untuk perbaikan di masa mendatang. Pada kesempatan ini, Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., sebagai Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ir. M. Irfan Affandi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota Program Pascasarjana Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan arahan selama Penulis menempuh pendidikan dan menyelesaikan tesis ini.
4. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., MT., selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta motivasi kepada Penulis sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Si., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta berbagai masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan tesis ini..

6. Dr. Dedy Miswar, S.Si., M.Pd., selaku Dosen Pembahas 1 yang telah memberikan kritik, saran, masukan, dan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penyempurnaan tesis ini.
7. Dr. Fajriyanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembahas 2 yang telah memberikan kritik, saran, masukan, dan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penyempurnaan tesis ini.
8. Segenap dosen Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota Program Pascasarjana Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu pengetahuan, inspirasi, motivasi, dan pengalaman berharga kepada Penulis selama menempuh pendidikan, serta seluruh staf dan tenaga kependidikan yang telah membantu kelancaran proses administrasi dan kegiatan akademik Penulis.
9. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Drs. Taufik dan Ibunda Dra. Leni Marlina, yang senantiasa memberikan kasih sayang, dukungan, perhatian, doa, dan pengorbanan yang tiada henti kepada Penulis. Terima kasih atas segala cinta, kepercayaan, serta semangat yang selalu mengiringi setiap langkah Penulis hingga dapat menyelesaikan tesis ini. Tidak lupa kepada seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, perhatian, dan dukungan selama ini..
10. Kakak-kakak tersayang, Shella Fikriani, S.T., Anisa Dwi Oktariani, S.Si., dan Sigit Nur Cahyo, S.Si., M.PWK, yang selalu memberikan semangat, motivasi, dukungan, serta perhatian kepada Penulis selama menempuh pendidikan dan menyelesaikan tesis ini. Terima kasih atas kebersamaan, nasihat, dan dorongan yang selalu diberikan..
11. Rekan-rekan Angkatan 2022 Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Lampung, yang telah menjadi teman berbagi cerita, pengalaman, dan perjuangan selama masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, semangat, bantuan, serta kenangan berharga yang telah diberikan selama proses penyelesaian studi ini.
12. Bang Viktor, Mba Ida, Mba Uci, dan Saskia, teman seperjuangan yang menemani Penulis dalam menyelesaikan studi di penghujung perjalanan akademik ini. Terima kasih atas kebersamaan, diskusi, kerja keras, serta

waktu yang banyak dihabiskan bersama untuk saling mendukung dan menyelesaikan tesis masing-masing. Berjuang bersama hingga garis akhir membuat proses yang berat ini menjadi lebih ringan dan penuh makna.

13. Semua pihak yang tidak penulis sebutkan sebelumnya atas dukungan kepada penulis hingga tesis ini dapat terselesaikan.

Bandar Lampung, 2026

M. Panji Agustri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan dan Sasaran.....	5
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.4.1 Ruang Lingkup Materi	5
1.4.2 Ruang Lingkup Wilayah	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	9
1.5.1 Manfaat Secara Akademis.....	9
1.5.2 Manfaat Secara Praktis.....	9
II. TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA PEMIKIRAN	10
2.1. Pertumbuhan dan Perkembangan Kota.....	10
2.1.1. Penutup Lahan dan Penggunaan Lahan	10
2.1.2. <i>Land Use and Cover Change</i> (LUCC).....	14
2.1.3. Perkembangan Lahan Terbangun di Perkotaan.....	15
2.2. Permodelan Prediksi Pertumbuhan dan Perkembangan Kota	17
2.2.1. <i>Cellular Automata</i>	18
2.2.2. <i>Cellular Automata</i> Sebagai Prediksi Pertumbuhan dan Perkembangan Kota	20
2.2.3. Uji Akurasi Matriks Kesalahan (<i>Confusion Matrix</i>).....	28
2.2.4. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Kota	29
2.3. Kajian Penelitian Terdahulu	33
2.4. Kerangka Pikir	38
III. METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1. Definisi operasional	40
3.2. Metode Pengumpulan Data	43
3.2.1. Pengumpulan Data Primer	44
3.2.2. Pengumpulan Data Sekunder	44
3.3. Metode Analisis Data	45
3.3.1. Identifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Kota.....	45
3.3.2. Identifikasi Arah dan Pola Pertumbuhan Kota.....	46
3.3.3. Identifikasi Kesesuaian Hasil Permodelan Pertumbuhan Kota terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah	50
IV. GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN	54

4.1. Karakteristik Fisik	54
4.1.1. Kondisi Geografis dan Administrasi	54
4.1.2. Kondisi Topografi dan Kelerengan	58
4.1.3. Kondisi Penggunaan Lahan	62
4.2. Karakteristik Kependudukan	63
4.2.1. Jumlah dan Kepadatan Penduduk	63
4.2.2. Struktur Penduduk	67
4.3. Karakteristik Ekonomi	69
4.4. Karakteristik Pertumbuhan Kota Bandar Lampung	74
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	78
5.1. Faktor – Faktor yang mempengaruhi Pertumbuhan Kota	78
5.1.1. Faktor Pendorong Pertumbuhan Kota	78
5.1.2. Faktor Pembatas Pertumbuhan Kota	88
5.1.3. Perubahan Penutupan Lahan	96
5.1.4. Analisis AHP Faktor yang Memengaruhi Perkembangan Lahan Terbangun	98
5.2. Pola dan Distribusi Spasial Pertumbuhan Kota Bandar Lampung	107
5.2.1. Sumber Data	107
5.2.2. Uji Akurasi Model Pertumbuhan Kota	110
5.2.3. Pertumbuhan Kota Tahun 2017-2023	113
5.2.4. Pertumbuhan Kota Bandar Lampung Tahun 2023-2041 (Skenario Optimis)	115
5.2.5. Pertumbuhan Kota Bandar Lampung Tahun 2023-2041 (Skenario Pesimis)	122
5.3. Kesesuaian Hasil Pemodelan Pertumbuhan Kota terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bandar Lampung	130
5.4. Keterbatasan Penelitian	137
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	138
6.1. Kesimpulan	138
6.2. Saran	140
DAFTAR PUSTAKA	143
LAMPIRAN	147

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Pengelompokan data Matriks Kesalahan	28
2. Penelitian Terdahulu	34
3. Confusion matrix (Fitriyanto, 2018)	48
4. Identifikasi Kesesuaian Penutup Lahan terhadap RTRW	53
5. Wilayah Administrasi Kota Bandar Lampung	55
6. Luasan Guna Lahan Kota Bandar Lampung	62
7. Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Bandar Lampung Tahun 2020-2024 ...	66
8. Jumlah Penduduk Kota Bandar Lampung Berdasarkan Jenis Kelamin Tahun 2024.....	68
9. PDRB Kota Bandar Lampung Menurut Lapangan Usaha Tahun 2020-2024...	72
10. Bobot Faktor Pendorong Pertumbuhan Kota di Kota Bandar Lampung	99
11. Bobot Faktor Pembatas Pertumbuhan Kota di Kota Bandar Lampung	102
12. Bobot Kemudahan Konversi Penutup Lahan di Kota Bandar Lampung	105
13. Hasil Uji Akurasi Model Pertumbuhan.....	111
14. Perubahan Lahan Tahun 2017 – 2023.....	114
15. Perubahan Lahan tahun 2023-2041 (Skenario Optimis).....	119
16. Perubahan Lahan Tahun 2023 – 2041 (Skenario Pesimis)	125
17. Hasil analisis kesesuaian skenario optimis	131
18. Hasil analisis kesesuaian skenario pesimis	132

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Simulasi Sederhana <i>Game of Life Conway</i>	20
Gambar 2. Ilustrasi berbagai ukuran ketetanggaan dalam model <i>Cellular Automata</i> menggunakan bobot peluruhan jarak berdasarkan invers jarak Euclidean.	27
Gambar 3. Kerangka Pikir Penelitian.....	39
Gambar 4. Peta Administrasi Kota Bandar Lampung.....	57
Gambar 5. Peta Topografi Kota Bandar Lampung	60
Gambar 6. Peta Kelereng Kota Bandar Lampung.....	61
Gambar 7. Piramida Penduduk Kota Bandar Lampung Tahun 2024.....	69
Gambar 8. Pertumbuhan Kota Bandar Lampung Periode Tahun 1982-2000	76
Gambar 9. Pertumbuhan Kota Bandar Lampung Periode Tahun 2005-2019	77
Gambar 10. Peta Sebaran Faktor Pendorong	87
Gambar 11. Peta Sebaran Faktor Pembatas	95
Gambar 12. Peta Tutupan Lahan Tahun 2017	108
Gambar 13. Peta Tutupan Lahan Tahun 2023	109
Gambar 14. Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2029	119
Gambar 15. Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2035	120
Gambar 16. Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2041	121
Gambar 17. Prediksi Tutupan Lahan (Skenario Pesimis) Tahun 2029.....	127
Gambar 18. Prediksi Tutupan Lahan (Skenario Pesimis) Tahun 2035.....	128
Gambar 19. Prediksi Tutupan Lahan (Skenario Pesimis) Tahun 2041	129
Gambar 20. Kesesuaian Hasil Permodelan (Optimis) dengan RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021 – 2041	135
Gambar 21. Kesesuaian Hasil Permodelan (Pesimis) dengan RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021 – 2041	136

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil AHP	148
Lampiran 2. Peta Sebaran titik uji sampel	149
Lampiran 3. Kuisisioner	150

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu isu hangat yang hampir selalu dibahas dalam perencanaan pembangunan saat ini adalah daerah perkotaan. Daerah perkotaan menjadi salah satu isu utama karena menjadi tempat domisili lebih dari setengah populasi dunia. *United Nations* (2018) mencatat bahwa sekitar 55% populasi tinggal di daerah perkotaan, dimana daerah perkotaan yang memiliki pertumbuhan penduduk paling cepat adalah kota-kota yang berada di negara-negara berkembang seperti di Indonesia. Dalam beberapa literatur, kota-kota yang berada di negara berkembang cenderung lebih cepat tumbuh karena dua hal. Pertama karena ada perpindahan penduduk atau urbanisasi, dan yang kedua karena angka kelahiran yang tinggi. Seperti yang dikemukakan oleh Budiarmo dan Sudanti (1993), salah satu penyebab pertumbuhan kota yang begitu cepat adalah karena penambahan penduduk kota yang drastis, baik secara alami maupun migrasi sehingga menyebabkan perkembangan dan pertumbuhan kota yang diikuti dengan perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan, khususnya dari lahan yang tidak terbangun menjadi lahan terbangun merupakan suatu konsekuensi pertumbuhan dari suatu kota, dan hal ini terjadi di Kota Bandar Lampung selama kurun waktu dua dekade terakhir.

Kota Bandar Lampung yang merupakan ibukota dari Provinsi Lampung telah menunjukkan pertumbuhan kota yang cukup cepat. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Sari (2023), pertumbuhan Kota Bandar Lampung yang ditunjukkan dengan perubahan lahan dari yang tidak terbangun menjadi lahan terbangun dalam kurun waktu tahun 1982-2019 sebesar 91,26 Km² atau sekitar 2,46 Km²/tahun. Lebih lanjut, Sari (2023) mengungkapkan bahwa

kecamatan yang mengalami perubahan lahan terbangun cenderung tinggi adalah kecamatan yang berada di wilayah pinggiran kota seperti Kecamatan Kedamaian, Kemiling, Rajabasa, Sukabumi, Sukarame, Tanjung Senang dan Way Halim. Salah satu alasan paling kuat yang menyebabkan pertumbuhan Kota Bandar Lampung terjadi cukup cepat dikarenakan Kota Bandar Lampung merupakan ibukota dari Provinsi Lampung yang menjadi pintu gerbang Pulau Sumatra. Ditambah, Kota Bandar Lampung yang dalam RTRWN ditetapkan sebagai salah satu Pusat Kegiatan Nasional di Pulau Sumatra, menjadikan kota ini sebagai kota yang sangat strategis dan diprediksi akan terus mengalami pertumbuhan yang dinamis. Namun pada saat yang sama, pertumbuhan kota yang dinamis tidak selalu sejalan dengan rencana tata ruang. Karena itu, pertumbuhan kota harus diantisipasi agar sejalan dan selaras dengan arahan tata ruang yang telah ditetapkan dengan cara mengetahui bagaimana arah pertumbuhan kota yang akan terjadi.

Studi tentang pertumbuhan kota pada umumnya melihat fenomena perubahan penggunaan lahan sebagai suatu konsekuensi perkembangan suatu wilayah. Wilayah yang semakin berkembang akan meningkatkan kebutuhan akan lahan untuk tempat tinggal serta fasilitas-fasilitas pendukung untuk beraktivitas. Dalam konteks pertumbuhan kota, perubahan penggunaan lahan berarti perubahan dari lahan yang tidak terbangun menjadi lahan terbangun. Salah satu model untuk memprediksi pertumbuhan kota adalah dengan menggunakan *Cellular Automata*. Pemodelan ini memungkinkan peneliti untuk mengkaji arah pertumbuhan kota berdasarkan faktor-faktor yang memengaruhinya dengan melihat kondisi penggunaan lahan pada masa sebelumnya dan kondisi saat ini, sehingga dapat diketahui besaran, arah, dan laju pertumbuhannya. Karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melihat perubahan dinamika pertumbuhan daerah perkotaan atau kawasan perkotaan berdasarkan faktor pendorong dan kawasan terbangun. Melalui kajian ini dapat diketahui tekanan pada jenis penggunaan lahan pada suatu wilayah dan juga arah perubahannya, sehingga perencana dapat memiliki antisipasi yang baik dalam perencanaan, pemanfaatan maupun pengendalian ruang. Seperti

yang disampaikan oleh Hasyim (2021), hasil dari prediksi pertumbuhan kota dapat digunakan untuk melihat dampak dari suatu kebijakan seperti kawasan yang dilindungi dan pembangunan infrastruktur, serta dapat dijadikan sebagai evaluasi kesesuaian rencana tata ruang.

Merujuk pada uraian di atas, pemodelan pertumbuhan kota penting dilakukan dalam rangka untuk mengetahui sejauh mana pertumbuhan kota yang akan terjadi agar dapat diantisipasi dan sejalan dengan rencana tata ruang yang telah ditetapkan. Kota Bandar Lampung sebagai wilayah penelitian memiliki nilai historis yang sangat panjang sebagai kota terbesar di Lampung. Tidak hanya sebagai kota terbesar, tetapi juga sebagai kota terpadat kedua di Sumatra (BPS, 2022). Pemodelan menggunakan *Cellular Automata* dinilai tepat karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu mudah diterapkan, mempunyai struktur model yang terbuka, dan dapat diintegrasikan dengan pemodelan lain (Clarke dkk., 1997; He dkk., 2006) dalam Hasyim (2021). Penelitian ini diharapkan menjadi masukan yang baik bagi pemerintah daerah dalam perencanaan tata ruang atau sebagai bahan evaluasi rencana tata ruang yang berlaku saat ini.

1.2 Rumusan Masalah

Perkembangan dan pertumbuhan yang terjadi di Kota Bandar Lampung tergolong cepat. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Sari, AR (2020), menunjukkan perkembangan lahan terbangun di Kota Bandar Lampung mengalami peningkatan hampir lima kali lipat sejak tahun 1982 sampai tahun 2019. Rata-rata pertumbuhan lahan terbangun sebesar 2,46 Km²/tahun atau tumbuh sebesar 91,26 Km² sejak tahun 1982 sampai dengan tahun 2019. Pertumbuhan kota yang terjadi juga merupakan sebab dan akibat dari pertumbuhan penduduk. Dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir jumlah penduduk yang tinggal di Kota Bandar Lampung terus bertambah. Hal ini dibuktikan dari rata-rata laju pertumbuhan penduduk Kota Bandar Lampung yang tergolong tinggi yakni di atas 2 % (BPS, 2023). Bukan hanya itu, jumlah penduduk Kota Bandar Lampung yang terus bertambah, menjadikan kota ini

sebagai kota terpadat ketiga di pulau Sumatra setelah Kota Medan dan Kota Sibolga di Sumatra Utara.

Salah satu alasan kuat yang menyebabkan jumlah penduduk Kota Bandar Lampung terus bertambah dikarenakan Bandar Lampung merupakan ibukota Provinsi Lampung yang merupakan pintu gerbang Pulau Sumatra sekaligus sebagai Pusat Kegiatan Nasional di Pulau Sumatra. Bertambahnya jumlah penduduk tentu akan berdampak pada peningkatan kebutuhan akan tempat tinggal dan sarana prasarana pendukungnya sehingga terjadilah perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi secara terus-menerus, menjadikan kawasan tersebut semakin memikat untuk terus bertumbuh menjadi kawasan terbangun.

Uraian-uraian yang disampaikan diatas pada intinya adalah Kota Bandar Lampung akan selalu tumbuh dan pertumbuhan tersebut tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, penelitian ini akan memprediksi pertumbuhan kota, memodelkan bentuk kota, dan kawasan yang mengalami pertumbuhan padat di Kota Bandar Lampung. Dengan demikian, pertumbuhan Kota Bandar Lampung dapat dikendalikan sesuai dengan arahan pada rencana tata ruang serta dapat dijadikan acuan dalam perencanaan pembangunan ke depan. Berdasarkan uraian di atas, dapat ditarik pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Faktor-faktor apa saja yang memengaruhi pertumbuhan Kota Bandar Lampung?
2. Bagaimana pola dan distribusi spasial pertumbuhan Kota Bandar Lampung?
3. Bagaimana kesesuaian hasil pemodelan pertumbuhan kota terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041?

1.3 Tujuan dan Sasaran

Tujuan penelitian ini adalah memprediksi arah dan pola pertumbuhan Kota Bandar Lampung dengan menggunakan pendekatan *Cellular Automata*. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka tujuan penelitian ini diturunkan menjadi beberapa sasaran yang akan terjawab pada akhir penelitian. Adapun sasaran tersebut adalah sebagai berikut.

1. Identifikasi faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan Kota Bandar Lampung.
2. Identifikasi pola dan distribusi spasial pertumbuhan Kota Bandar Lampung
3. Identifikasi kesesuaian hasil pemodelan pertumbuhan kota terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk mencapai tujuan dan sasaran penelitian, diperlukan suatu batasan terhadap ruang lingkup penelitian. Ruang lingkup penelitian dibagi menjadi dua, yakni ruang lingkup materi dan ruang lingkup wilayah penelitian.

1.4.1 Ruang Lingkup Materi

Sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu memprediksi arah dan pola pertumbuhan Kota Bandar Lampung dengan menggunakan pendekatan *Cellular Automata*, maka lingkup materi penelitian ini dibatasi pada definisi, data, analisis, dan ruang lingkup waktu sebagai berikut :

- a. Pertumbuhan kota : Istilah pertumbuhan kota pada umumnya melihat fenomena perubahan penggunaan lahan sebagai suatu konsekuensi perkembangan suatu wilayah. Wilayah yang semakin berkembang akan meningkatkan kebutuhan akan lahan untuk tempat tinggal

serta fasilitas-fasilitas pendukung untuk beraktivitas. Dalam konteks penelitian ini, pertumbuhan kota diartikan sebagai perubahan penggunaan lahan dari lahan yang tidak terbangun menjadi lahan terbangun.

- b. Penutup lahan : Istilah penutup lahan berkaitan dengan kenampakan yang terlihat di permukaan bumi, sedangkan penggunaan lahan berkaitan dengan aktivitas manusia atau fungsi ekonomi yang berkaitan dengan lahan tersebut (Lillesand dkk, 2015 dalam Hasyim 2021). Pada penelitian ini, data penutup lahan yang digunakan adalah data penutup lahan tahun 2017 dan 2023 yang merupakan hasil interpretasi visual citra satelit dan bersumber dari Dinas Perumahan dan Permukiman Kota Bandar Lampung. Skala yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1:25.000.
- c. Perubahan penggunaan lahan : Perubahan penggunaan lahan adalah bertambahnya suatu penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe penggunaan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda (Martin, 1993 dalam Wahyunto dkk., 2001). Namun dalam kajian ekonomi, perubahan penggunaan lahan diartikan sebagai proses perubahan atau alih fungsi lahan pertanian atau perdesaan ke

penggunaan non pertanian atau perkotaan (Pierce, 1981). Perubahan penggunaan lahan dalam penelitian ini adalah perkembangan lahan terbangun dan dampaknya terhadap lahan lain yang terkonversi oleh lahan terbangun.

- d. Lahan terbangun : Menurut Wijaya dan Susilo (2013) lahan terbangun merupakan segala sesuatu yang berupa bentuk fisik dan menutupi muka bumi yang dibatasi kenampakan fisik terbangun. Pada penelitian ini, lahan terbangun yang dimaksud yaitu penutup lahan dan bangunan perumahan, industri, perdagangan dan jasa, perkantoran, serta bangunan-bangunan lainnya dalam mendukung aktivitas manusia dan perkotaan.
- e. *Cellular automata* : Menurut Wolfram (1984) dalam Hasyim (2021), *Cellular Automata* adalah sistem dinamika diskrit, yaitu ruang dibagi ke dalam bentuk sel-sel spasial yang teratur dan waktu berjalan dalam tahapan tertentu. Setiap sel dalam sistem ini memiliki kondisi yang dapat berubah mengikuti aturan lokal, waktu, kondisi sel itu sendiri, serta kondisi sel-sel tetangganya pada tahap sebelumnya. *Cellular Automata* yang dimaksud dalam penelitian ini adalah metode pemodelan spasial berbasis sel yang digunakan untuk memprediksi perubahan penutup lahan Kota Bandar Lampung pada masa mendatang dengan mempertimbangkan faktor

pendorong, faktor pembatas, dan tahapan waktu tertentu melalui perangkat lunak TerrSet.

Ruang lingkup waktu dalam penelitian ini adalah 24 tahun, dimulai dari tahun 2017 sebagai data dasar penutup lahan hingga tahun 2041 sebagai akhir tahun prediksi. Tahun 2041 digunakan karena sesuai dengan akhir periode perencanaan RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041.

1.4.2 Ruang Lingkup Wilayah

Lingkup wilayah dalam penelitian ini adalah Kota Bandar Lampung, yang merupakan ibu kota Provinsi Lampung dan memiliki luas wilayah daratan ± 19.722 ha atau $197,22$ km², dengan panjang garis pantai $27,01$ km serta wilayah perairan kurang lebih $\pm 39,82$ km² yang terdiri atas Pulau Kubur dan Pulau Pasaran. Secara geografis Kota Bandar Lampung terletak pada $5^{\circ} 20' - 5^{\circ} 30'$ Lintang Selatan dan $105^{\circ} 28' - 105^{\circ} 37'$ Bujur Timur. Secara administratif Kota Bandar Lampung terdiri dari 20 Kecamatan dan 126 Kelurahan dan berbatasan langsung dengan:

- a. Sebelah utara : Kecamatan Natar (Kabupaten Lampung Selatan)
- b. Sebelah selatan : Kecamatan Padang Cermin (Kabupaten Pesawaran), Kecamatan Katibung (Kabupaten Lampung Selatan), serta Teluk Lampung
- c. Sebelah barat : Kecamatan Gedong Tataan dan Kecamatan Padang Cermin (Kabupaten Pesawaran)
- d. Sebelah timur : Kecamatan Tanjung Bintang (Kabupaten Lampung Selatan)

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat secara akademis dan praktis.

1.5.1 Manfaat Secara Akademis

Penelitian ini bermanfaat bagi pihak-pihak yang bergerak di bidang penelitian, seperti peneliti dan akademisi. Kajian pada penelitian ini dapat dijadikan masukan dalam penelitian yang berhubungan dengan pertumbuhan Kota Bandar Lampung dan sebagai sumber informasi bagi penelitian selanjutnya. Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan kontribusi dalam menambah wawasan keilmuan bagi sivitas akademika di bidang perencanaan wilayah dan kota.

1.5.2 Manfaat Secara Praktis

Bagi pemerintah daerah, penelitian ini dapat menjadi masukan yang baik bagi perencanaan tata ruang atau sebagai bahan evaluasi rencana tata ruang yang berlaku saat ini. Selain itu, masyarakat umum juga dapat mengetahui kondisi atau gambaran Kota Bandar Lampung di masa yang akan datang untuk berbagai keperluan.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA PEMIKIRAN

2.1. Pertumbuhan dan Perkembangan Kota

Kota tidak akan pernah lepas dari dua aspek penting yang saling mengisi yaitu aspek fisik sebagai wujud ruang dengan elemen-elemen pembentuk didalamnya, serta aspek manusia sebagai subyek dan pengguna ruang kota (Soetomo, 2002). Menurut Surhayadi (2010) dalam Zahrotunisa dan Wicaksono (2017), perkembangan perkotaan yang sering terjadi adalah perkembangan lahan terbangun akibat proses ekspansi yakni perubahan tutupan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Adapun menurut Tan, et al. (2014), pertumbuhan kota merupakan proses tumbuhnya fisik spasial dan jumlah demografi sebagai akibat dari adanya peningkatan fungsi perkotaan. Berdasarkan beberapa pendapat tersebut, perkembangan dan pertumbuhan kota dapat dipahami sebagai perubahan penggunaan lahan berupa penambahan luas lahan terbangun sebagai konsekuensi dari perkembangan wilayah dan pertambahan jumlah penduduk. Oleh karena itu, pengetahuan tentang pertumbuhan dan perkembangan kota akan dijabarkan dalam dua kata kunci utama yaitu penggunaan lahan/penutup lahan serta perubahan penggunaan lahan/penutup lahan untuk memahami konteks penelitian.

2.1.1. Penutup Lahan dan Penggunaan Lahan

Penutup lahan (*land cover*) dan penggunaan lahan (*land use*) merupakan dua konsep penting dalam kajian geografi, penginderaan jauh, dan perencanaan wilayah yang sering digunakan untuk menggambarkan kondisi permukaan bumi. Meskipun keduanya sering dianggap sama dalam praktik pemetaan, secara konseptual keduanya memiliki perbedaan mendasar. Lillesand dan Kiefer (1993)

menjelaskan bahwa penggunaan lahan berkaitan erat dengan aktivitas manusia dalam memanfaatkan suatu lahan untuk berbagai kepentingan, seperti pertanian, permukiman, industri, dan kegiatan ekonomi lainnya. Sementara itu, penutup lahan mengacu pada kondisi fisik yang tampak di permukaan bumi, seperti vegetasi, badan air, tanah terbuka, maupun bangunan, tanpa mempertimbangkan fungsi atau aktivitas manusia di dalamnya.

Perbedaan konsep tersebut menunjukkan bahwa penutup lahan lebih bersifat deskriptif terhadap kondisi biofisik, sedangkan penggunaan lahan bersifat fungsional dan berkaitan dengan tujuan pemanfaatan lahan oleh manusia. Hal ini juga sejalan dengan pendapat Junaidi (2017) yang menyatakan bahwa penggunaan lahan merupakan bentuk campur tangan manusia terhadap lahan, baik secara permanen maupun sementara, untuk memenuhi kebutuhan hidup, baik yang bersifat material maupun non-material. Dengan demikian, penggunaan lahan tidak hanya menggambarkan kondisi fisik lahan, tetapi juga mencerminkan aspek sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat yang memanfaatkannya.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7645:2010, penutup lahan didefinisikan sebagai tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati secara langsung, baik berupa vegetasi alami maupun buatan, badan air, maupun permukaan terbangun. Definisi ini menegaskan bahwa penutup lahan lebih menitikberatkan pada aspek visual dan fisik yang dapat diidentifikasi secara langsung, terutama melalui teknik penginderaan jauh. Oleh karena itu, dalam analisis spasial, penutup lahan sering digunakan sebagai dasar dalam interpretasi citra satelit karena sifatnya yang dapat diamati secara langsung. Namun demikian, dalam praktiknya sering terjadi kerancuan dalam penggunaan istilah penutup lahan dan penggunaan lahan. Hasyim (2021) menyatakan bahwa penggunaan kedua istilah

tersebut secara bergantian tanpa pemahaman yang jelas justru dapat mengaburkan makna masing-masing konsep. Kerancuan ini biasanya muncul karena adanya kesamaan dalam klasifikasi, misalnya kategori seperti “permukiman”, “perkebunan”, atau “lahan pertanian” yang dapat diinterpretasikan baik sebagai penutup lahan maupun penggunaan lahan. Akibatnya, dalam beberapa kasus, peta penggunaan lahan sering disebut sebagai peta penutup lahan, atau sebaliknya.

Dalam konteks penginderaan jauh, perbedaan antara kedua konsep tersebut juga terlihat dari cara perolehannya. Informasi mengenai penutup lahan relatif lebih mudah diperoleh karena dapat diinterpretasikan langsung dari citra berdasarkan karakteristik spektral, tekstur, dan pola visual objek di permukaan bumi. Hal ini didukung oleh pendapat Lillesand dkk. (2015) dalam Hasyim (2021) yang menyatakan bahwa penutup lahan dapat diidentifikasi secara langsung dari citra penginderaan jauh karena bersifat fisik dan tampak secara visual. Sebaliknya, penggunaan lahan yang berkaitan dengan aktivitas manusia tidak selalu dapat diketahui hanya dari tampilan visual citra, sehingga memerlukan data tambahan seperti survei lapangan, data statistik, atau informasi sosial ekonomi.

Akan tetapi, perkembangan teknologi penginderaan jauh yang semakin pesat telah membawa perubahan signifikan dalam kemampuan interpretasi penggunaan lahan. Dengan meningkatnya resolusi spasial, temporal, dan spektral citra satelit, informasi penggunaan lahan kini dapat diidentifikasi dengan lebih akurat dan detail. Hasyim (2021) menjelaskan bahwa citra resolusi tinggi memungkinkan analisis untuk membedakan jenis penggunaan lahan berdasarkan pola, bentuk, dan konteks spasialnya, sehingga batas antara penutup lahan dan penggunaan lahan menjadi semakin kabur. Misalnya, area permukiman dapat dikenali tidak hanya dari

keberadaan bangunan (penutup lahan), tetapi juga dari pola tata ruangnya yang mencerminkan fungsi sebagai kawasan hunian (penggunaan lahan).

Selain itu, dalam kajian perubahan lingkungan, kedua konsep ini sering dikaji secara bersamaan karena saling berkaitan erat. Perubahan penutup lahan umumnya merupakan hasil dari perubahan penggunaan lahan oleh manusia. Sebagai contoh, konversi hutan menjadi lahan pertanian atau permukiman akan menyebabkan perubahan penutup lahan sekaligus perubahan penggunaan lahan. Oleh karena itu, dalam banyak penelitian, kedua konsep ini digabungkan dalam istilah *Land Use/Land Cover Change* (LULCC) yang menggambarkan dinamika perubahan lahan akibat interaksi antara faktor alam dan aktivitas manusia. Dalam penelitian ini, konsep penutup lahan digunakan sebagai dasar analisis spasial karena data yang digunakan berasal dari interpretasi kondisi fisik permukaan lahan. Kategori penutup lahan tersebut kemudian dianalisis untuk melihat perubahan lahan non-terbangun menjadi lahan terbangun sebagai indikator pertumbuhan Kota Bandar Lampung.

Penggunaan istilah LULCC menjadi penting dalam memahami proses perubahan lingkungan, terutama dalam konteks pembangunan berkelanjutan. Perubahan penggunaan dan penutup lahan memiliki dampak yang signifikan terhadap berbagai aspek lingkungan, seperti perubahan iklim, degradasi lahan, kehilangan keanekaragaman hayati, serta perubahan hidrologi. Oleh karena itu, analisis LULCC tidak hanya penting dalam bidang geografi dan penginderaan jauh, tetapi juga dalam perencanaan wilayah, pengelolaan sumber daya alam, serta kebijakan lingkungan. Meskipun demikian, pemahaman yang jelas mengenai perbedaan antara penutup lahan dan penggunaan lahan tetap diperlukan agar tidak terjadi kesalahan

interpretasi dalam analisis spasial. Penutup lahan sebaiknya digunakan untuk menggambarkan kondisi fisik permukaan bumi yang dapat diamati secara langsung, sedangkan penggunaan lahan digunakan untuk menjelaskan fungsi dan aktivitas manusia pada lahan tersebut. Dengan demikian, kedua konsep ini dapat saling melengkapi dalam memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi dan dinamika lahan.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa penutup lahan dan penggunaan lahan merupakan dua konsep yang berbeda namun saling berkaitan. Penutup lahan menitikberatkan pada aspek biofisik yang dapat diamati secara langsung, sedangkan penggunaan lahan menekankan pada aspek aktivitas manusia dan fungsi lahan. Perkembangan teknologi penginderaan jauh telah mempersempit perbedaan antara keduanya, sehingga dalam banyak kajian modern keduanya sering dianalisis secara bersamaan dalam kerangka LULCC. Oleh karena itu, pemahaman yang baik terhadap kedua konsep ini sangat penting dalam mendukung analisis dan pengambilan keputusan yang berkaitan dengan pengelolaan lahan dan lingkungan.

2.1.2. *Land Use and Cover Change (LUCC)*

Perubahan pada lahan terjadi karena perubahan penggunaannya. Terdapat berbagai istilah yang digunakan untuk menggambarkan perubahan penggunaan lahan tersebut, contohnya *land use and cover change* (LUCC). Proses perubahan penggunaan lahan/penutup lahan dari satu fungsi ke fungsi lain merupakan dinamika tata ruang kota yang diakibatkan oleh perkembangan dan dinamika penduduk disamping kekuatan potensi yang dimiliki oleh lahan tersebut. Potensi terbesar yang paling berpengaruh terhadap perubahan guna lahan adalah potensi ekonomi, meskipun banyak faktor lain yang berpengaruh terhadap perubahan tersebut. Terdapat empat proses

utama yang menyebabkan terjadinya perubahan guna lahan di perkotaan (Bourne, 1982), yaitu: perluasan batas kota, peremajaan di pusat kota, perluasan jaringan infrastruktur terutama jaringan transportasi, serta tumbuh dan hilangnya aktivitas tertentu, misalnya tumbuh aktivitas industri.

Dari berbagai literatur, beberapa penelitian menyimpulkan terdapat faktor yang dibedakan menjadi faktor internal dan eksternal yang menyebabkan alih fungsi lahan. Ridwan (2016) berpendapat bahwa faktor internal yang menyebabkan alih fungsi lahan meliputi faktor teknis, ekonomi, dan sosial. Kemudian menurut Ridwan (2016), faktor eksternal meliputi laju pertumbuhan penduduk, kebijakan pemerintah daerah, dan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Kondisi tersebut juga meliputi bagaimana perkembangan kawasan terbangun, pertumbuhan penduduk serta pertumbuhan dan pergeseran struktur ekonomi. (Irawan (2003) menyatakan jika alih fungsi lahan terjadi disuatu kawasan, maka fenomena ini akan segera meluas ke lahan disekitarnya. Hal ini disebabkan oleh dua faktor, pertama dengan alih fungsi lahan untuk pembangunan perumahan atau industri, maka aksesibilitas di kawasan tersebut akan semakin baik seiring perkembangan sarana dan prasarana. Perbaikan ini justru mendorong peningkatan permintaan lahan oleh investor atau spekulan lain sehingga lahan di sekitar lahan yang terkonversi akan semakin meningkat harganya. Kedua, seiring peningkatan harga lahan, dapat mendorong petani atau pemilik lahan di sekitarnya untuk menjual lahannya. Dengan kata lain permintaan yang meningkat kemudian meanaikkan harga lahan, dan kemudian ikut direspon oleh peningkatan penawaran lahan.

2.1.3. Perkembangan Lahan Terbangun di Perkotaan

Perkembangan lahan terbangun dalam konteks perkembangan kota merupakan fenomena yang rumit. Hal ini disebabkan oleh interaksi

yang kompleks antara berbagai variabel dalam sistem perkotaan, yang tercermin dalam perkembangan lahan terbangun. Dalam sistem ini terdapat faktor pendorong, yaitu faktor-faktor yang mendorong perkembangan lahan terbangun sebagai salah satu indikator pertumbuhan kota, dan faktor pembatas, yaitu faktor-faktor yang membatasi perkembangan lahan terbangun akibat kondisi atau regulasi tertentu seperti penetapan kawasan lindung atau daerah dengan kemiringan yang curam. Mohamadi dkk. (2013) meneliti berbagai literatur tentang pertumbuhan kota dan menemukan bahwa berbagai faktor memengaruhi proses pertumbuhan perkotaan, seperti faktor fisik (kemiringan dan ketinggian), faktor lingkungan, faktor sosial (kepadatan penduduk dan layanan sosial), faktor politik (kebijakan zonasi), faktor lingkungan, serta faktor konektivitas (jarak dari jalan raya dan jalan tol).

Beberapa penelitian menggunakan faktor pendorong dan pembatas dalam pemodelan perkembangan kota. Seperti yang dilakukan oleh Hasyim (2021), pada penelitiannya terhadap perkembangan lahan terbangun di Kabupaten Bogor dengan kriteria pendorong: aksesibilitas (terdiri dari jarak terhadap jalan, simpul transportasi, dan pusat kegiatan) serta keberadaan lahan terbangun saat ini. Adapun Septawicaksono dan Pratomoatmojo (2019) melakukan penelitian mengenai perkembangan permukiman di Kabupaten Bojonegoro dan menemukan bahwa faktor kedekatan dengan jalan dan permukiman yang sudah ada memiliki bobot pengaruh yang lebih tinggi dibandingkan dengan kriteria lain seperti fasilitas umum.

Hal ini menunjukkan bahwa aksesibilitas merupakan faktor yang sangat penting, serta pola perkembangan permukiman cenderung menyebar dari permukiman yang telah ada sebelumnya. Selain itu, Thapa dan Murayama (2010) dalam Hasyim (2021), meneliti perkembangan kota di Kathmandu, Nepal dengan menggunakan

kriteria yang lebih kompleks, termasuk kondisi fisik dan sosial ekonomi. Kriteria ini mencakup kondisi fisik, aksesibilitas fasilitas umum, kesempatan ekonomi, harga tanah, pertumbuhan ekonomi, kondisi politik, dan kebijakan tata ruang. Kriteria tersebut diterapkan pada kawasan pusat kota, pinggiran, dan perdesaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di kawasan pusat kota, faktor yang paling berpengaruh adalah kesempatan ekonomi; di kawasan pinggiran, pertumbuhan penduduk menjadi faktor dominan; sedangkan di wilayah perdesaan, kondisi politik menjadi faktor yang paling berpengaruh.

Berdasarkan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa kota memiliki sistem yang sangat kompleks. Pemodelan penutup lahan hanya mampu menggambarkan sebagian dari fenomena yang terjadi. Dalam memodelkan perkembangan lahan terbangun, peneliti dapat menggunakan berbagai kriteria, baik yang kompleks seperti faktor sosial ekonomi dan fisik, maupun kriteria yang lebih sederhana. Faktor aksesibilitas memiliki peran penting dalam perkembangan kota dan dapat dijelaskan lebih lanjut dengan mempertimbangkan jarak terhadap jalan atau simpul transportasi. Selain itu, faktor pembatas perkembangan lahan terbangun bisa beragam, seperti kemiringan lereng, kerawanan bencana, atau kebijakan pemanfaatan ruang.

2.2. Permodelan Prediksi Pertumbuhan dan Perkembangan Kota

Pemodelan prediksi pertumbuhan kota bertujuan untuk mempelajari kemungkinan perubahan sistem perkotaan pada masa mendatang. Dalam konteks perencanaan wilayah dan kota, pemodelan berkaitan dengan dimensi ruang dan waktu sehingga dapat digunakan untuk menggambarkan kecenderungan perubahan spasial secara dinamis. Pemodelan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan karena mampu merepresentasikan kondisi spasial wilayah, sedangkan pendekatan *Cellular*

Automata (CA) digunakan karena mampu menggambarkan perubahan lahan secara bertahap berdasarkan kondisi sel, aturan transisi, dan hubungan ketetanggaan. Dengan demikian, integrasi SIG dan *Cellular Automata* dapat menghasilkan prediksi spasial pertumbuhan kota berdasarkan periode waktu tertentu.

2.2.1. *Cellular Automata*

Cellular Automata merupakan model diskrit yang terdiri atas kumpulan sel atau grid. Setiap sel memiliki kondisi tertentu yang dapat berubah pada periode waktu berikutnya berdasarkan aturan transisi, kondisi sel itu sendiri, serta kondisi sel-sel tetangganya. Dalam konteks perkotaan, *Cellular Automata* dapat digunakan untuk mensimulasikan perubahan lahan dan memprediksi perkembangan kota secara spasial dari waktu ke waktu.

Menurut Wolfram (1984) dalam Pratomoatmojo (2014), *Cellular Automata* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi perubahan penggunaan lahan berdasarkan tren dan target perubahan tertentu. Menurut Liu dan He (2009), terdapat 5 elemen dasar dari *Cellular Automata* antara lain:

- a. Sel, yang merupakan suatu unit paling mendasar dari spasial, sel tersebut merupakan grid yang menjadi dasar analisis suatu pemodelan penggunaan lahan atau perubahan penggunaan lahan.
- b. Kondisi, merupakan setiap sel yang memiliki suatu kondisi pada waktu tertentu, seperti pada jenis penggunaan lahan.
- c. Ketetanggaan, merupakan sel-sel yang saling berinteraksi untuk menghasilkan suatu nilai sel yang baru.
- d. Aturan transisi, merupakan aturan sel yang menanggapi sel dengan kondisi sel tersebut dengan kondisi tetangganya, yaitu bagaimana perubahan suatu jenis penggunaan lahan dengan

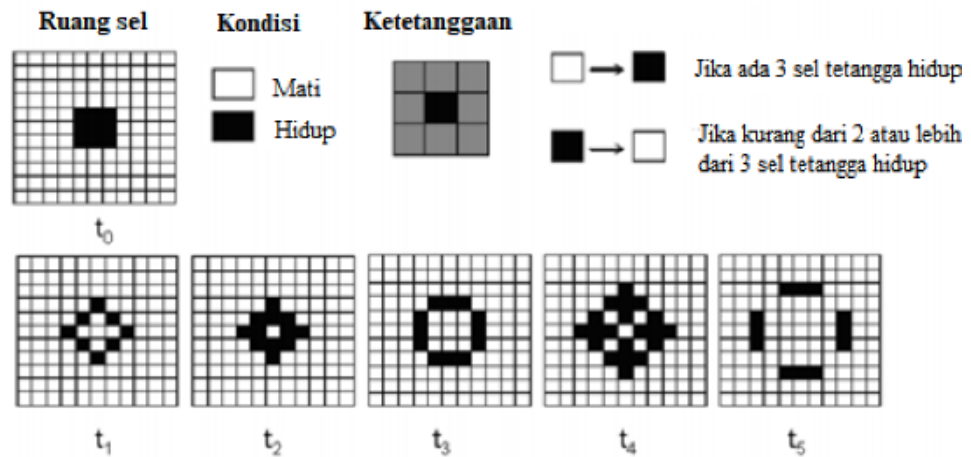
mempertimbangkan kondisi saat ini dengan kondisi sel tetangganya.

- e. Waktu, digunakan untuk menentukan dimensi waktu dalam suatu proses perhitungan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Hasyim (2021), bahwa penerapan penting pertama dari *Cellular Automata* yakni dilakukan oleh John Conway, yang dikenal dengan "*Game of Life*" (Gardner, 1972). "Kehidupan" dari suatu sel dibangun dari grid dua dimensi dengan kondisi dua sel dan delapan sel tetangga. Dua kemungkinan kondisi sel adalah mati atau hidup. Delapan sel tetangga mencakup sel-sel di arah Timur, Selatan, Barat, Utara, Barat Daya, Tenggara, Timur Laut, dan Barat Laut. Jenis ketetanggaan ini disebut *Moore Neighborhood*. Dalam "*Game of Life*" Conway, sel dapat bertahan hidup, mati, atau lahir berdasarkan aturan berikut:

- Hidup : sel hidup dengan dua atau tiga tetangga hidup bertahan hingga generasi berikutnya.
- Mati : sel hidup dengan kurang dari dua atau lebih dari tiga tetangga hidup akan mati karena terisolasi atau berdesakan.
- Lahir : sel mati dengan tepat tiga tetangga hidup menjadi hidup di generasi berikutnya.

Berdasarkan aturan sederhana tersebut, model dapat menjalankan struktur yang sangat kompleks. Melalui penemuan ini, kemudian *Cellular Automata* banyak dikembangkan dan diteliti. Simulasi model sederhana dari *Game of Life* yang dikemukakan oleh Conway adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Simulasi Sederhana *Game of Life Conway*

Salah satu fitur yang paling menarik dari *Cellular Automata* adalah kemampuannya untuk memodelkan perilaku yang rumit dan pola global yang kompleks meskipun modelnya sederhana. Ini menunjukkan bahwa model sederhana seperti *Cellular Automata* memiliki potensi untuk mereproduksi fenomena yang kompleks (Wolfram, 1994).

Perkembangan kota mencerminkan perilaku serupa dengan *Cellular Automata* dalam banyak aspek. Ruang perkotaan digambarkan melalui kumpulan sel, dimana setiap sel mewakili tingkat perkembangan kota saat ini. Kondisi ini kemudian berubah seiring waktu berdasarkan aturan lokal yang diterapkan. Inilah yang menjadikan *Cellular Automata* penting dalam pemodelan perkembangan kota (Liu, 2009).

2.2.2. *Cellular Automata* Sebagai Prediksi Pertumbuhan dan Perkembangan Kota

Seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, perkembangan dan pertumbuhan kota merupakan perubahan penggunaan lahan berupa penambahan luas lahan terbangun sebagai konsekuensi dari perkembangan wilayah dan penambahan jumlah penduduk. Salah satu model yang dapat digunakan untuk memprediksi pertumbuhan kota adalah *Cellular Automata*.

Menurut Darmawan dan Tsuyuki, (2015), pemodelan perubahan tutupan lahan penting untuk memahami kecenderungan perubahan pada masa depan serta membantu penyusunan kebijakan pengelolaan ruang yang lebih antisipatif. Pemodelan ini memungkinkan analisis arah pertumbuhan berdasarkan faktor-faktor yang memengaruhi perubahan lahan, dengan membandingkan kondisi penggunaan atau penutup lahan pada masa sebelumnya dan kondisi saat ini. Dengan demikian, hasil pemodelan dapat digunakan untuk mengetahui besaran, arah, dan laju pertumbuhan kota.

Penggunaan *Cellular Automata* dalam studi mengkaji wilayah dimulai oleh Tobler (1975), yang memperkenalkan konsep aturan ketetangaan dan aturan transisi dalam model geografis perubahan penggunaan lahan. Pendekatan ini sejalan dengan Hukum Pertama Geografi Tobler yang menyatakan bahwa "*segala sesuatu saling berkaitan, tetapi hal-hal yang dekat lebih berkaitan daripada yang jauh.*"

Perkembangan lebih lanjut seperti yang dikemukakan oleh Batty (1997) yang mengaitkan *Cellular Automata* dengan bentuk kota dan mensimulasikan pertumbuhan kota berdasarkan faktor-faktor yang mendorong dan menghambat perkembangan kota. *Penggunaan Cellular Automata* terus berkembang karena fleksibilitas dan kemampuannya untuk dimodifikasi. Sebagai contoh, Clarke dkk. (1997) tidak hanya menggunakan faktor pendorong dan penghambat, tetapi juga mengembangkan model yang lebih kompleks, yang mampu memodelkan pertumbuhan kota dengan kurva yang kompleks dan dapat disesuaikan.

Sejak akhir 1980-an, perkembangan teknologi komputer, sistem informasi geografis, fraktal, dan teori sistem kompleks telah mendorong penggunaan *Cellular Automata* dalam pemodelan

perkotaan, sehingga dengan cepat mendapatkan dukungan dari para peneliti di bidang perkotaan. *Cellular Automata* memiliki sifat intrinsik yang spasial dan mampu menghasilkan bentuk yang sangat kompleks dengan aturan yang sederhana, menjadikannya menarik untuk diterapkan pada masalah geografis (Ackers and White, 1993). Selain dua keunggulan tersebut, Liu (2009) dalam Hasyim (2021) juga mencatat beberapa keunggulan lain dari pendekatan *Cellular Automata*, yaitu:

a. Konstruksi model yang sederhana

Model *Cellular Automata* dapat dibentuk sebagai kumpulan sel dua dimensi sederhana, misalnya dengan dua kondisi yang mungkin: perkotaan atau pedesaan. Transisi sel dari kondisi pedesaan ke kondisi perkotaan didasarkan pada sejumlah aturan sederhana yang dapat diterapkan dalam model sebagai sekumpulan pernyataan "jika maka" sederhana. Namun, berkat sifat organisasi mandiri dan reproduksi otomatis *Cellular Automata*, desain sederhana ini dapat menghasilkan pola spasial yang sangat kompleks ketika sistem berkembang dari waktu ke waktu. Kesederhanaan dan sifat intuitif *Cellular Automata* tidak hanya memudahkan proses konstruksi model, tetapi juga membantu pemodel dalam memahami perkembangan sistem dan menafsirkan hasil model.

b. Mampu memodelkan berbagai macam skenario

Berbeda dengan sebagian besar model perkotaan konvensional yang cenderung berfokus pada pola spasial pertumbuhan perkotaan, model perkotaan berbasis *Cellular Automata* lebih menitikberatkan pada simulasi proses dinamis perkembangan kota dan identifikasi faktor atau aturan yang mendorong perkembangan tersebut. Dengan menerapkan aturan transisi yang berbeda, model ini mengeksplorasi bagaimana sistem perkotaan berkembang dan berubah berdasarkan aturan atau kekuatan tertentu. Ini memungkinkan pengguna untuk

mengeksplorasi berbagai kemungkinan masa depan dan memperoleh wawasan yang berguna dalam perencanaan kota (White dan Engelen, 1997). Fokus utama model *Cellular Automata* adalah pada aturan yang mendorong pengembangan sistem dan eksperimen tentang bagaimana aturan tersebut memengaruhi perilaku sistem. Pola atau struktur spasial dari sistem ini dihasilkan dari proses pemodelan spasial yang dinamis.

c. Terintegrasi dengan SIG berbasis raster

Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat dimanfaatkan untuk mempersiapkan data awal dalam pemodelan berbasis *Cellular Automata*, dan hasil simulasinya dapat dikembalikan ke SIG untuk diproses lebih lanjut, seperti untuk visualisasi dan penyimpanan data. Penggunaan *Cellular Automata* dalam pemodelan perkembangan kota "hampir tidak mungkin tanpa kemampuan manajemen data SIG" (Clarke dan Gaydos, 1998). Oleh karena itu, *Cellular Automata* dalam geografi sebagian besar terintegrasi dengan SIG. Integrasi antara SIG dan model *Cellular Automata* tidak hanya mencakup pertukaran data, penyimpanan, dan visualisasi, tetapi juga karena kesamaan antara keduanya memiliki potensi yang kuat untuk saling terintegrasi.

Aplikasi *Cellular Automata* dalam pemodelan perkembangan kota sangat cocok untuk menggambarkan morfologi perkotaan dengan memasukkan interaksi spasial dalam aturan transisinya (Clarke dkk., 1997; White dan Engelen, 1993). *Cellular Automata* telah berhasil mereplikasi aturan transisi pada skala mikro penggunaan lahan perkotaan dan memperjelas hubungan antar elemen dalam sistem perkotaan.

Salah satu kekurangan *Cellular Automata* dalam memodelkan perkembangan kota adalah ketidakmampuannya mengakomodasi faktor-faktor aspasial, seperti pertumbuhan ekonomi, perkembangan penduduk, dan kebijakan di tingkat lokal, regional, maupun nasional. Hal ini terjadi karena pemodel harus mentransformasikan informasi aspasial menjadi spasial. Namun, karena struktur pemodelan bersifat terbuka, peneliti dapat mengintegrasikan *Cellular Automata* dengan metode lain, termasuk yang aspasial, seperti sistem dinamis, model berbasis agen, atau analisis keputusan multi-kriteria (MCDA) (Hasyim, 2021). Penggunaan SIG juga dapat mendukung pengambilan keputusan berbasis ruang karena mampu memvisualisasikan lokasi, kondisi kawasan, tren, rute, dan pola pemanfaatan sumber daya. Hal ini sejalan dengan penelitian Zusan et al., (2024) yang mengembangkan sistem pendukung keputusan berbasis *WebGIS* untuk pemilihan wisata pantai.

Penggunaan *Cellular Automata* (CA) semakin meluas dalam beberapa dekade terakhir untuk menganalisis perubahan wilayah perkotaan secara spasial dan temporal, khususnya pada wilayah yang mengalami urbanisasi cepat (Li dan Gong, 2020).

CA dianggap efektif untuk mensimulasikan sistem kota karena mampu menggambarkan dinamika perubahan penggunaan lahan dalam satu kerangka model spasial (Santitamnont, 2016). Dalam pemodelan CA, wilayah kajian direpresentasikan ke dalam bentuk grid atau sel-sel diskrit, dimana setiap sel menggambarkan unit spasial tertentu dan memiliki status sesuai dengan kategori tutupan atau penggunaan lahan. Status setiap sel dapat berubah dari satu kategori ke kategori lain berdasarkan aturan transisi, kondisi sel itu sendiri, serta pengaruh sel-sel di sekitarnya.

Menurut Darmawan dan Tsuyuki menjelaskan bahwa model CA dalam simulasi perubahan tutupan lahan terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu ruang sel, keadaan sel, langkah waktu, dan hubungan ketetanggaan antar sel. Pada kajian perubahan tutupan lahan, sel dapat merepresentasikan beberapa kategori, seperti hutan alami, hutan terdegradasi, semak atau padang rumput, dan lahan terbuka. Selain itu, model CA juga dapat memasukkan faktor pendorong spasial, seperti elevasi, kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, jarak terhadap jalan, jarak terhadap sungai, dan jarak terhadap permukiman.

Hasil dari pemodelan CA berupa representasi dinamika pertumbuhan wilayah secara spasial, sehingga dapat digunakan untuk memproyeksikan arah perkembangan dan pola perubahan tutupan lahan di masa mendatang. Salah satu pengembangan dari model ini adalah *Spatial Cellular Automata-Markov chain (SpaCA-Markov)*, yaitu integrasi antara prinsip CA dan rantai Markov untuk pemodelan spasial (Wu dan Webster, 2018).

Metode *SpaCA-Markov* bekerja dengan memodelkan perubahan penggunaan lahan berdasarkan interaksi antar sel dan probabilitas transisi antar status. Dalam model ini, wilayah studi dibagi menjadi grid sel diskrit, dimana setiap sel merepresentasikan unit spasial tertentu (Clarke dan Gaydos, 2019). Probabilitas transisi dalam *SpaCA-Markov* menunjukkan kemungkinan suatu sel berubah status pada periode berikutnya, yang dipengaruhi oleh kondisi sel itu sendiri, kondisi historis perubahan lahan, serta konfigurasi sel-sel tetangga di sekitarnya.

Konsep ketetanggaan menjadi aspek penting dalam model CA karena perubahan suatu sel tidak hanya ditentukan oleh karakteristik internalnya, tetapi juga oleh kondisi ruang di sekitarnya. Sel yang

berdekatan umumnya memiliki pengaruh lebih besar dibandingkan sel yang lokasinya lebih jauh. Oleh karena itu, dalam pemodelan CA digunakan ukuran ketetanggaan tertentu, seperti 3×3 , 5×5 , 7×7 , hingga ukuran yang lebih besar, untuk mengetahui sejauh mana pengaruh lingkungan sekitar terhadap perubahan suatu sel.

Prinsip ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan cenderung berkembang mengikuti pola kedekatan spasial, sehingga suatu kategori lahan memiliki peluang lebih besar untuk meluas di sekitar wilayah yang sebelumnya telah memiliki kategori serupa. Saat simulasi berjalan, model *SpaCA-Markov* memperbarui status setiap sel secara berulang pada setiap iterasi waktu berdasarkan status sel sebelumnya, probabilitas transisi, dan konfigurasi sel tetangga sesuai aturan transisi yang telah ditetapkan. Dengan demikian, CA maupun *SpaCA-Markov* relevan digunakan dalam kajian prediksi tutupan lahan karena mampu menggambarkan proses perubahan secara spasial, mempertimbangkan faktor pendorong, serta menunjukkan arah perkembangan lahan dari waktu ke waktu.

Dalam model *Cellular Automata*, konsep ketetanggaan atau *neighborhood* menjadi bagian penting karena perubahan suatu sel tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi sel itu sendiri, tetapi juga oleh kondisi sel-sel di sekitarnya. Karakteristik ketetanggaan dalam model CA umumnya dihitung melalui proses konvolusi, penyaringan spasial, atau fungsi fokal. Menurut Darmawan dan Tsuyuki (2015) menjelaskan bahwa ukuran ketetanggaan dapat dibuat secara fleksibel karena aktivitas manusia dan perubahan penggunaan lahan tidak selalu hanya dipengaruhi oleh sel yang berdekatan secara langsung, tetapi juga oleh ruang yang lebih luas.

Oleh karena itu, dalam pemodelan perubahan tutupan lahan dapat digunakan beberapa ukuran ketetanggaan, seperti 3×3 , 5×5 , 7×7 , 11×11 , 15×15 , hingga 21×21 . Selain itu, pengaruh sel tetangga dapat dihitung menggunakan prinsip *distance decay*, yaitu semakin jauh posisi suatu sel dari sel pusat, maka semakin kecil pengaruhnya terhadap perubahan sel tersebut.

0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07
0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07
0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08
0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08
0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09
0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.20	0.20	0.20	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.25	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17	0.20	0.24	0.28	0.32	0.33	0.32	0.28	0.24	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.19	0.22	0.28	0.35	0.45	0.50	0.45	0.35	0.28	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.20	0.24	0.32	0.45	0.71	1.00	0.71	0.45	0.32	0.24	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
0.10	0.11	0.12	0.14	0.17	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00	0.00	1.00	0.50	0.33	0.25	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.10
0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.20	0.24	0.32	0.45	0.71	1.00	0.71	0.45	0.32	0.24	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.19	0.22	0.28	0.35	0.45	0.50	0.45	0.35	0.28	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17	0.20	0.24	0.28	0.32	0.33	0.32	0.28	0.24	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.25	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.20	0.20	0.20	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09
0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08
0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08
0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07
0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07

Sumber: Darmawan dan Tsuyuki (2015)

Gambar 2. Ilustrasi berbagai ukuran ketetanggaan dalam model *Cellular Automata* menggunakan bobot peluruhan jarak berdasarkan invers jarak Euclidean.

2.2.3. Uji Akurasi Matriks Kesalahan (*Confusion Matrix*)

Uji akurasi dilakukan untuk memperoleh informasi tingkat ketelitian hasil klasifikasi. Metode yang digunakan adalah menggunakan matriks kesalahan (*confusion matrix*) sehingga diperoleh nilai akurasi overall dan *Kappa*. *Overall accuracy* merupakan persentase jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar (terdapat di diagonal matriks) dibagi dengan jumlah total piksel. Menurut US. *Geological Survey* (2019), syarat dapat diterimanya hasil klasifikasi adalah akurasi *Kappa* yang lebih dari 80%. Perhitungan akurasi *Kappa* dapat dilakukan setelah menyusun matriks kesalahan.

Tabel 1. Pengelompokan data Matriks Kesalahan

<i>Data Referensi</i>	<i>Data Diklasifikasikan ke Kelas</i>			<i>Total</i>
	<i>Tinggi</i>	<i>Sedang</i>	<i>Rendah</i>	
<i>Tinggi</i>	X_{ii}			X_{bi}
<i>Sedang</i>				
<i>Rendah</i>			X_{ii}	
<i>Total</i>	X_{ki}			N

Perhitungan akurasi overall dan *Kappa* disajikan berikut

$$Kappa\ Accuracy = \frac{N \sum_t^n x_{ii} - \sum_t^n V_{bi} X_{ki}}{N^2 \sum_t^n x_{ii} X_{bi} X_{ki}} \times 100\%$$

$$Overall\ Accuracy = \frac{\sum_t^n x_{ii}}{N} \times 100\%$$

Keterangan :

N = banyaknya piksel

X_{ii} = nilai diagonal matriks pada kolom ke-i dan baris ke-i

X_{bi} = jumlah piksel pada baris ke-i

X_{ki} = jumlah piksel pada kolom ke-i

Hasil prediksi tutupan lahan kemudian dibandingkan dengan data eksisting untuk proses validasi, menggunakan metode statistik seperti *Kappa Index* dan *ROC Curve* untuk mengukur akurasi model.

Validasi model perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi hasil prediksi penutup lahan. Dalam penelitian ini, tingkat akurasi

model dievaluasi menggunakan *overall accuracy* dan indeks *Kappa*, sehingga dapat diketahui sejauh mana hasil pemodelan mendekati kondisi aktual (Krisnawati et al., 2024; Murdiyarso et al., 2023). Validasi model perlu dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari prediksi yang telah dibuat. Tingkat akurasi model dievaluasi menggunakan statistik *Kappa*.

Berdasarkan klasifikasi Landis dan Koch (1977), nilai *Kappa* sebesar 0,81–1,00 termasuk dalam kategori kesesuaian sangat tinggi (*almost perfect*), nilai *Kappa* 0,61–0,80 termasuk dalam kategori tinggi (*substantial*), nilai *Kappa* 0,41–0,60 termasuk dalam kategori sedang (*moderate*), nilai *Kappa* 0,21–0,40 termasuk dalam kategori cukup (*fair*), nilai *Kappa* 0,00–0,20 termasuk dalam kategori rendah (*slight*), dan $< 0,00$ termasuk dalam kategori sangat buruk (*poor*).

2.2.4. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Kota

Pertumbuhan kota merupakan suatu proses dinamis yang dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berinteraksi dalam sistem perkotaan. Dalam konteks kajian perubahan penggunaan lahan dan Pemodelan pertumbuhan kota, faktor-faktor tersebut umumnya dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori utama, yaitu faktor pendorong (*driving factors*), faktor pembatas (*constraint factors*), dan faktor penghambat (*inhibiting factors*). Ketiga faktor ini memiliki peran yang berbeda namun saling berkaitan dalam menentukan arah, pola, serta intensitas pertumbuhan kota, khususnya dalam perubahan lahan dari kondisi non-terbangun menjadi lahan terbangun (Hasyim, 2021).

Faktor pendorong merupakan faktor-faktor yang meningkatkan peluang terjadinya perubahan penggunaan lahan menjadi kawasan terbangun. Faktor ini umumnya berkaitan dengan aspek aksesibilitas, ekonomi, serta dinamika kependudukan. Salah satu faktor pendorong

utama adalah aksesibilitas, yang mencakup kedekatan terhadap jaringan jalan, simpul transportasi, dan pusat kegiatan. Wilayah yang memiliki aksesibilitas tinggi cenderung berkembang lebih cepat karena memudahkan mobilitas manusia dan distribusi barang. Hal ini didukung oleh penelitian Septawicaksono dan Pratomoatmojo (2019) yang menunjukkan bahwa kedekatan dengan jaringan jalan dan permukiman eksisting memiliki pengaruh besar terhadap perkembangan kawasan permukiman. Selain itu, Hasyim (2021) juga menegaskan bahwa aksesibilitas yang terdiri dari jarak terhadap jalan, pusat kegiatan, dan simpul transportasi merupakan faktor dominan dalam perkembangan lahan terbangun.

Selain aksesibilitas, faktor pendorong lainnya adalah keberadaan lahan terbangun eksisting. Dalam konteks spasial, pertumbuhan kota cenderung mengikuti pola ekspansi dari kawasan yang sudah berkembang sebelumnya. Hal ini sejalan dengan konsep dalam model *Cellular Automata*, dimana perubahan suatu lokasi sangat dipengaruhi oleh kondisi di sekitarnya. Liu dan He (2009) menjelaskan bahwa perkembangan kota bersifat menyebar dari pusat pertumbuhan menuju wilayah sekitarnya, sehingga keberadaan lahan terbangun eksisting akan meningkatkan kemungkinan konversi lahan di sekitarnya menjadi kawasan terbangun.

Faktor ekonomi juga menjadi pendorong utama dalam pertumbuhan kota. Aktivitas ekonomi seperti perdagangan, industri, dan jasa mendorong peningkatan kebutuhan lahan untuk mendukung berbagai kegiatan tersebut. Tan et al. (2014) menyatakan bahwa pertumbuhan kota merupakan hasil dari peningkatan fungsi ekonomi yang berdampak pada pertumbuhan fisik dan spasial wilayah. Selain itu, peningkatan nilai lahan akibat aktivitas ekonomi juga mendorong terjadinya alih fungsi lahan, dimana lahan dengan nilai ekonomi rendah cenderung dikonversi menjadi penggunaan yang lebih produktif (Irawan, 2003). Di samping itu, faktor demografi juga

berperan sebagai faktor pendorong pertumbuhan kota. Pertambahan jumlah penduduk, baik secara alami maupun akibat urbanisasi, akan meningkatkan kebutuhan ruang untuk permukiman dan fasilitas pendukung. Budihardjo dan Sudanti (1993) menyatakan bahwa pertumbuhan kota yang pesat sangat dipengaruhi oleh peningkatan jumlah penduduk, yang pada akhirnya mendorong perubahan penggunaan lahan secara signifikan.

Berbeda dengan faktor pendorong, faktor pembatas merupakan faktor yang berfungsi membatasi atau mengendalikan perkembangan kota. Faktor ini umumnya berkaitan dengan kebijakan tata ruang, kondisi lingkungan, serta karakteristik fisik wilayah. Salah satu bentuk utama faktor pembatas adalah kebijakan pemerintah melalui Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), yang menetapkan kawasan lindung, kawasan hutan, sempadan perairan, serta Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B) sebagai area yang tidak diperuntukkan bagi pembangunan. Ridwan (2016) menyatakan bahwa kebijakan pemerintah merupakan faktor eksternal yang berperan penting dalam mengendalikan perubahan penggunaan lahan, terutama dalam mencegah konversi lahan yang tidak sesuai dengan peruntukannya. Selain kebijakan, kondisi fisik wilayah juga menjadi faktor pembatas dalam pertumbuhan kota.

Wilayah dengan kemiringan lereng yang tinggi, kondisi topografi yang sulit, atau rawan bencana cenderung memiliki keterbatasan dalam pengembangan. Mohamadi et al. (2013) menyebutkan bahwa faktor fisik seperti ketinggian dan kemiringan lereng merupakan faktor penting yang memengaruhi perkembangan kota, karena berkaitan dengan tingkat kesulitan dan biaya pembangunan. Oleh karena itu, wilayah dengan kondisi fisik yang tidak mendukung umumnya dijadikan sebagai kawasan pembatas dalam pengembangan perkotaan.

Faktor penghambat merupakan faktor yang tidak secara langsung melarang perkembangan, tetapi dapat memperlambat atau mengurangi intensitas pertumbuhan kota. Faktor ini biasanya berkaitan dengan keterbatasan aksesibilitas, jarak terhadap pusat kegiatan, serta kondisi sosial ekonomi yang kurang mendukung.

Wilayah yang memiliki aksesibilitas rendah atau jauh dari pusat aktivitas ekonomi cenderung berkembang lebih lambat dibandingkan wilayah yang strategis. Dalam beberapa model pertumbuhan kota, faktor penghambat diakomodasi sebagai variabel yang mengurangi probabilitas perubahan lahan, sehingga tetap memungkinkan terjadinya perkembangan namun dengan tingkat yang lebih rendah. Dalam kajian pemodelan pertumbuhan kota, khususnya menggunakan pendekatan *Cellular Automata*, keberadaan faktor pendorong, pembatas, dan penghambat menjadi sangat penting dalam menentukan hasil simulasi.

Menurut Batty (1997) serta Clarke et al. (1997) menjelaskan bahwa model pertumbuhan kota dapat dibangun dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mendorong dan menghambat perkembangan, sehingga mampu menggambarkan dinamika pertumbuhan kota secara lebih realistis. Dengan demikian, ketiga kelompok faktor tersebut tidak dapat dipisahkan, melainkan harus dipahami sebagai satu kesatuan yang saling memengaruhi dalam membentuk pola pertumbuhan kota.

Dalam penelitian ini, faktor pendorong digunakan untuk menunjukkan peluang perkembangan lahan terbangun, sedangkan faktor pembatas digunakan untuk mengendalikan arah pertumbuhan kota agar tidak masuk ke kawasan yang memiliki fungsi perlindungan. Perbedaan penerapan faktor pembatas tersebut menjadi dasar penyusunan skenario optimis dan skenario pesimis dalam pemodelan pertumbuhan Kota Bandar Lampung. Skenario

optimis mempertimbangkan faktor pembatas, sedangkan skenario pesimis menggambarkan kondisi pertumbuhan tanpa penerapan faktor pembatas secara efektif.

2.3. Kajian Penelitian Terdahulu

Dalam rangka memperkuat landasan teori dan mendukung analisis penelitian, keberadaan teori serta temuan-temuan dari hasil penelitian sebelumnya menjadi sangat penting sebagai acuan penelitian.

Kajian terhadap penelitian terdahulu diperlukan untuk memberikan referensi yang relevan dan kontekstual, sekaligus menjadi dasar pembandingan dalam memahami permasalahan yang diteliti. Beberapa hasil penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Penelitian Terdahulu

No	Judul, Peneliti, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan	
						Penelitian Sebelumnya	Penelitian Saat Ini
1	Analisis Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2033 Menggunakan Metode <i>Cellular Automata</i> dan Logistic Regression (Laksmana et al., 2024)	Menganalisis dinamika perubahan tutupan lahan dan faktor-faktor pendorongnya di Kecamatan Kemiling pada tahun 2013, 2018, dan 2023, serta memproyeksikan kondisi tutupan lahan pada tahun 2033.	<i>Cellular Automata</i> (CA) dan Logistic Regression (LR).	Terjadi perubahan tutupan lahan yang signifikan, terutama peningkatan kawasan permukiman sebesar 47,24% pada tahun 2023. Hasil prediksi tahun 2033 menunjukkan bahwa lahan terbangun akan terus meningkat, sedangkan lahan pertanian dan lahan terbuka akan berkurang. Model memiliki nilai <i>Kappa</i> dalam kategori baik.	Sama-sama menggunakan <i>Cellular Automata</i> untuk memprediksi perubahan tutupan lahan dan mempertimbangkan faktor pendorong perubahan lahan.	Wilayah penelitian hanya mencakup Kecamatan Kemiling, menggunakan Logistic Regression, dan prediksi dilakukan sampai tahun 2033. Penelitian berfokus pada dinamika perubahan tutupan lahan.	Penelitian saat ini mencakup seluruh Kota Bandar Lampung dengan periode prediksi sampai tahun 2041. Analisis menggunakan AHP, <i>Cellular Automata</i> , skenario optimis dan pesimis, serta menguji kesesuaian hasil prediksi terhadap RTRW.
2	Model Pertumbuhan Lahan Terbangun Kota Semarang Tahun 2023 dan Tahun 2028 dengan Metode <i>Cellular Automata</i> (Hilmansyah dan Marshush, 2023)	Melakukan simulasi pertumbuhan lahan terbangun di Kota Semarang pada tahun 2023 dan 2028.	<i>Cellular Automata</i> .	Simulasi tahun 2023 menunjukkan perubahan lahan terbangun sebanyak 85.000 sel atau sekitar 8.200 hektare. Pada tahun 2028, perubahan diperkirakan mencapai 100.000 sel atau sekitar 9.500 hektare.	Sama-sama menggunakan <i>Cellular Automata</i> untuk memodelkan dan memprediksi pertumbuhan lahan terbangun di kawasan perkotaan.	Penelitian dilakukan di Kota Semarang dan hanya berfokus pada simulasi pertambahan luas lahan terbangun tahun 2023 dan 2028.	Penelitian saat ini dilakukan di Kota Bandar Lampung, mengidentifikasi faktor pendorong dan pembatas, menganalisis pola dan distribusi pertumbuhan, menggunakan dua skenario, serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan RTRW.
3	Prediksi Perubahan Tutupan Lahan di Kota Bandar	Memprediksi perubahan tutupan lahan Kota Bandar Lampung pada	<i>Cellular Automata</i> (CA).	Perubahan tutupan lahan dari tahun 2021 sampai 2030 diperkirakan tidak	Memiliki lokasi penelitian yang sama, yaitu Kota Bandar	Prediksi hanya dilakukan sampai tahun 2030 dan lebih	Penelitian saat ini memproyeksikan pertumbuhan sampai

No	Judul, Peneliti, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan	
						Penelitian Sebelumnya	Penelitian Saat Ini
	Lampung Tahun 2030 Menggunakan Metode <i>Cellular Automata</i> (2022)	tahun 2030 menggunakan metode <i>Cellular Automata</i> .		terlalu signifikan dibandingkan periode sebelumnya, yaitu seluas 556,09 hektare. Pada tahun 2030 terdapat potensi pengurangan luas hutan yang dikonversi menjadi lahan terbangun sebesar 9,52%.	Lampung, serta sama-sama menggunakan <i>Cellular Automata</i> untuk memprediksi perubahan tutupan lahan.	menitikberatkan pada perubahan luas tutupan lahan serta konversi kawasan hutan.	tahun 2041, mengidentifikasi bobot faktor pendorong dan pembatas, membandingkan skenario optimis dan pesimis, serta menganalisis kesesuaian hasil pemodelan dengan RTRW 2021–2041.
4	Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Berbasis <i>Cellular Automata</i> di Kota Batam Tahun 2041 (Ado, 2022)	Menganalisis faktor pendorong dan penghambat perubahan penggunaan lahan serta memprediksi perkembangan penggunaan lahan, khususnya permukiman, di Kota Batam tahun 2041.	<i>Cellular Automata</i> dan <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).	Lahan permukiman diprediksi meningkat menjadi 15.872 hektare. Sebaliknya, tanah terbuka berkurang 1.366 hektare, lahan pertanian berkurang 1.195 hektare, dan kawasan hutan berkurang 656 hektare.	Sama-sama menggunakan <i>Cellular Automata</i> dan AHP serta mempertimbangkan faktor pendorong dan pembatas dalam memprediksi perubahan penggunaan lahan sampai tahun 2041.	Penelitian dilakukan di Kota Batam dan berfokus pada pertumbuhan kawasan permukiman serta konversi beberapa jenis penggunaan lahan.	Penelitian saat ini dilakukan di Kota Bandar Lampung dan mengkaji pertumbuhan kota secara lebih luas, meliputi faktor pertumbuhan, pola dan distribusi spasial, dua skenario pemodelan, serta kesesuaian dengan RTRW.
5	Analisis Spasial Perkembangan Wilayah Kabupaten Pati Tahun 2030 Menggunakan Model <i>Cellular Automata</i> Markov (Sudarso dan Amarrohman, 2020)	Menganalisis pengaruh pembangunan Jalan Lingkar Selatan terhadap perkembangan wilayah Kabupaten Pati, memprediksi perkembangan wilayah tahun 2030, serta	<i>Cellular Automata</i> -Markov dan Global Moran's Index.	Kesesuaian prediksi penggunaan lahan tahun 2030 terhadap RTRW mencapai 21.144,98 hektare atau 95,41%. Pola perkembangan wilayah setelah pembangunan Jalan Lingkar Selatan membentuk pola mengelompok atau	Sama-sama menggunakan pemodelan berbasis <i>Cellular Automata</i> untuk memprediksi perkembangan wilayah dan membandingkan hasil prediksi dengan RTRW.	Penelitian dilakukan di Kabupaten Pati, berfokus pada pengaruh Jalan Lingkar Selatan, dan menggunakan Global Moran's Index untuk mengidentifikasi pola spasial.	Penelitian saat ini dilakukan di Kota Bandar Lampung, menggunakan AHP untuk menentukan bobot faktor pertumbuhan, menerapkan skenario optimis dan pesimis,

No	Judul, Peneliti, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan	
						Penelitian Sebelumnya	Penelitian Saat Ini
		mengetahui pola perkembangannya.		<i>clustered</i> , terutama di Kecamatan Margorejo dan Kecamatan Jakenan.			serta menguji kesesuaian masing-masing skenario terhadap RTRW.
6	Prediksi Perkembangan Lahan Terbangun Kota Pekalongan dengan Model <i>Cellular Automata</i> Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Rizkyanto et al., 2020)	Memprediksi perkembangan lahan terbangun dan menggambarkan perkembangan fisik lahan terbangun di Kota Pekalongan.	<i>Cellular Automata</i> dan analisis deskriptif berbasis Sistem Informasi Geografis.	Lahan terbangun mengalami peningkatan menjadi 2.565,46 hektare atau 55,9% dari wilayah penelitian. Validasi peta proyeksi terhadap penggunaan lahan tahun 2019 menghasilkan nilai <i>Kappa</i> sebesar 0,90712, sehingga model memiliki tingkat kesesuaian yang sangat baik.	Sama-sama menggunakan <i>Cellular Automata</i> dan Sistem Informasi Geografis untuk memprediksi pertumbuhan lahan terbangun serta melakukan pengujian akurasi model.	Penelitian dilakukan di Kota Pekalongan, menggunakan analisis deskriptif, dan berfokus pada perkembangan fisik serta validasi lahan terbangun.	Penelitian saat ini menambahkan analisis AHP, faktor pendorong dan pembatas, dua skenario pertumbuhan, pola distribusi spasial, dan analisis overlay terhadap RTRW Kota Bandar Lampung.
7	Pemodelan Spasial Prediksi Perkembangan Kawasan Permukiman Berbasis <i>Cellular Automata</i> dengan Pendekatan Kependudukan di Surabaya Timur (Lestari dan Pratomoatmojo, 2019)	Merumuskan model spasial untuk memprediksi perkembangan kawasan permukiman di Surabaya Timur tahun 2034 menggunakan pendekatan kependudukan.	<i>Cellular Automata</i> , Delphi, dan <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).	Model memiliki tingkat akurasi sebesar 91,83%. Kawasan permukiman diprediksi bertambah seluas 1.602,2 hektare. Pertumbuhan dipengaruhi oleh jalan, jaringan listrik, jaringan air bersih, permukiman eksisting, serta fasilitas perdagangan, pendidikan, dan perkantoran. Pertumbuhan tersebut mengonversi lahan kosong, tambak, dan lahan pertanian.	Sama-sama menggunakan <i>Cellular Automata</i> dan AHP, mengidentifikasi faktor yang memengaruhi perkembangan kawasan terbangun, serta menghasilkan prediksi perubahan lahan secara spasial.	Penelitian dilakukan di Surabaya Timur, berfokus pada kawasan permukiman, menggunakan pendekatan kependudukan dan metode Delphi, serta memprediksi kondisi tahun 2034.	Penelitian saat ini mencakup seluruh wilayah Kota Bandar Lampung, berfokus pada pertumbuhan kota secara keseluruhan, mempertimbangkan faktor pembatas, menggunakan skenario optimis dan pesimis, serta mengevaluasi kesesuaian dengan RTRW tahun 2041.

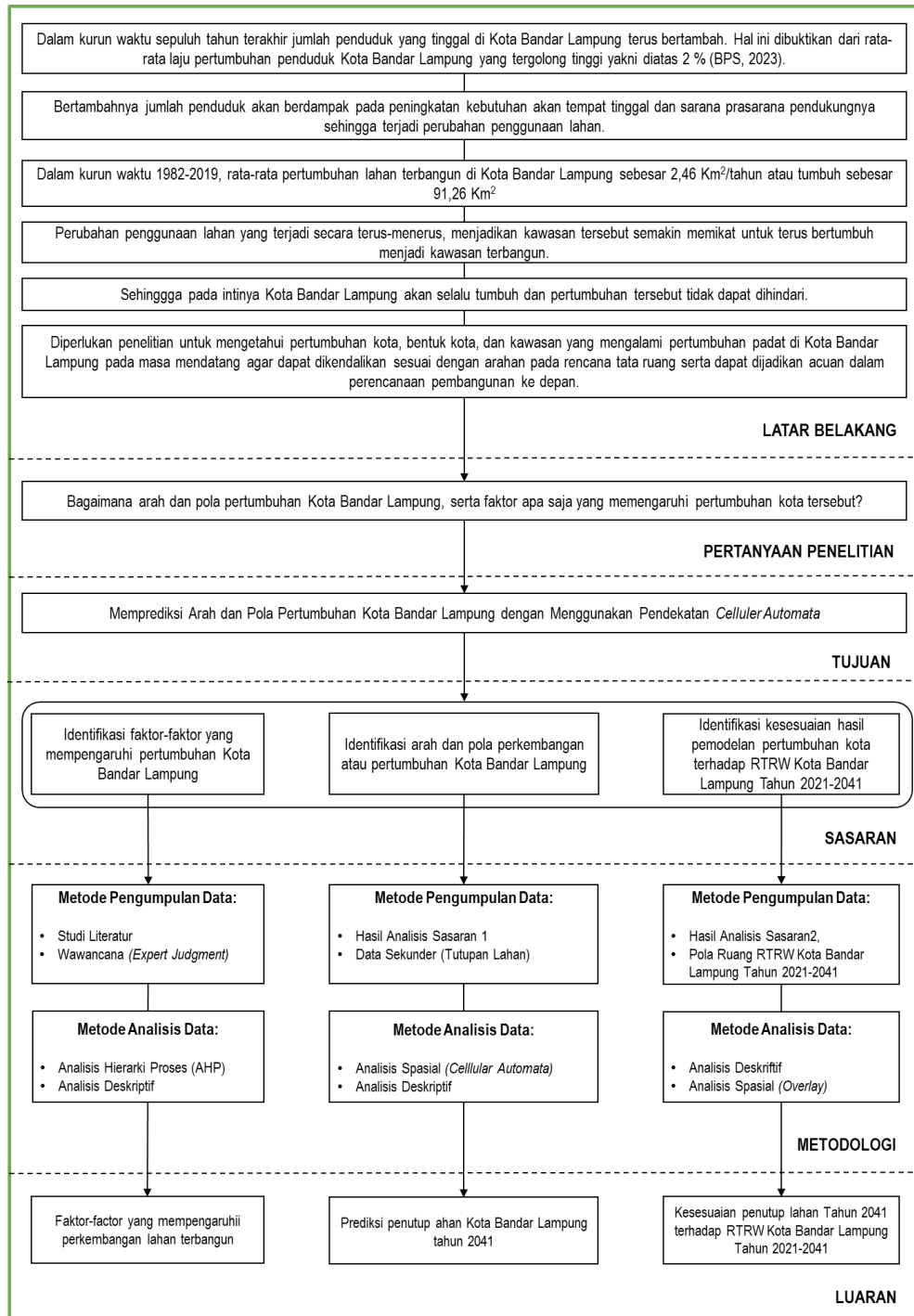
No	Judul, Peneliti, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan	
						Penelitian Sebelumnya	Penelitian Saat Ini
8	Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan– <i>Cellular Automata</i> di Kecamatan Asemrowo, Kota Surabaya (Widodo dan Imaduddina, 2018)	Memprediksi penggunaan lahan dengan mempertimbangkan genangan pasang air laut sebagai faktor penghambat dan Pelabuhan Pelindo III sebagai faktor pendorong perubahan lahan.	Markov– <i>Cellular Automata</i> .	Genangan pasang air laut memiliki korelasi positif terhadap perubahan penggunaan lahan menjadi kawasan industri dan pergudangan sebesar 21%, permukiman desa sebesar 20%, serta tambak sebesar 22%.	Sama-sama menggunakan pemodelan <i>Cellular Automata</i> dan mempertimbangkan faktor pendorong serta faktor penghambat dalam perubahan penggunaan lahan.	Wilayah penelitian hanya mencakup Kecamatan Asemrowo dan menggunakan faktor khusus berupa genangan pasang air laut serta keberadaan Pelabuhan Pelindo III.	Penelitian saat ini mencakup seluruh Kota Bandar Lampung dengan faktor pendorong dan pembatas yang lebih beragam, menggunakan pembobotan AHP, dua skenario pertumbuhan, dan analisis kesesuaian terhadap RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041.

Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026.

2.4. Kerangka Pikir

Berdasarkan fenomena pertumbuhan penduduk dan perubahan penggunaan lahan yang terus terjadi di Kota Bandar Lampung, diperlukan suatu kerangka penelitian yang mampu menjelaskan hubungan antara faktor pendorong perkembangan kota, arah dan pola pertumbuhan lahan terbangun, serta kesesuaiannya terhadap rencana tata ruang yang berlaku. Pertumbuhan kota yang berlangsung secara terus-menerus tidak hanya menunjukkan dinamika perkembangan wilayah, tetapi juga menimbulkan kebutuhan untuk mengendalikan pemanfaatan ruang agar tetap sesuai dengan arahan perencanaan pembangunan. Kerangka pikir penelitian ini disusun dengan menempatkan faktor pendorong dan faktor pembatas sebagai dasar pemodelan *Cellular Automata*.

Hasil pemodelan kemudian dikembangkan melalui skenario optimis dan skenario pesimis untuk melihat arah pertumbuhan lahan terbangun serta tingkat kesesuaiannya terhadap RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041. Oleh karena itu, penelitian ini disusun melalui beberapa tahapan analisis, mulai dari identifikasi faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan kota, pemodelan arah dan pola pertumbuhan menggunakan pendekatan *Cellular Automata*, hingga evaluasi kesesuaian hasil prediksi terhadap RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041. Adapun kerangka pemikiran dan alur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada gambar berikut.



Gambar 3. Kerangka Pikir Penelitian

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Definisi operasional

Definisi operasional dalam penelitian ini digunakan untuk memberikan batasan yang jelas terhadap istilah, konsep, dan variabel yang digunakan, sehingga setiap aspek penelitian dapat dipahami secara terukur dan sesuai dengan tujuan penelitian. Penelitian ini berfokus pada prediksi pertumbuhan Kota Bandar Lampung dengan menggunakan model *Cellular Automata*, sehingga konsep-konsep utama yang perlu didefinisikan meliputi pertumbuhan kota, penutup lahan, perubahan penggunaan lahan, lahan terbangun, faktor pendorong, faktor pembatas, kemudahan konversi lahan, model *Cellular Automata*, pola distribusi spasial, serta kesesuaian hasil pemodelan terhadap RTRW Kota Bandar Lampung.

1. Pertumbuhan Kota

Pertumbuhan kota dalam penelitian ini didefinisikan sebagai perubahan penggunaan lahan dari lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun. Pertumbuhan tersebut terjadi karena adanya peningkatan kebutuhan ruang untuk permukiman, perdagangan dan jasa, industri, fasilitas umum, serta aktivitas perkotaan lainnya. Secara operasional, pertumbuhan Kota Bandar Lampung diukur melalui perubahan luas dan persebaran lahan terbangun pada periode tahun 2017, 2023, dan hasil prediksi hingga tahun 2041.

2. Penutup Lahan

Penutup lahan adalah kenampakan fisik yang tampak di permukaan bumi, seperti lahan terbangun, vegetasi, badan air, lahan terbuka, semak belukar, dan jenis tutupan lahan lainnya. Dalam penelitian ini, penutup lahan

digunakan sebagai data dasar untuk mengetahui kondisi eksisting wilayah serta menjadi input dalam proses pemodelan pertumbuhan kota.

3. Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan adalah proses berubahnya suatu jenis penggunaan atau penutup lahan menjadi jenis lahan lainnya dalam kurun waktu tertentu. Dalam penelitian ini, perubahan penggunaan lahan difokuskan pada konversi lahan non-terbangun menjadi lahan terbangun. Perubahan ini menjadi indikator utama untuk melihat arah dan besaran pertumbuhan Kota Bandar Lampung.

4. Lahan Terbangun

Lahan terbangun adalah kawasan yang telah mengalami pembangunan fisik dan digunakan untuk menunjang aktivitas manusia. Lahan terbangun dalam penelitian ini mencakup kawasan permukiman, industri, perdagangan dan jasa, perkantoran, fasilitas umum, serta bangunan lain yang mendukung kegiatan perkotaan. Secara operasional, lahan terbangun diukur berdasarkan luas, sebaran, dan pertumbuhannya dari waktu ke waktu.

5. Faktor Pendorong Pertumbuhan Kota

Faktor pendorong pertumbuhan kota adalah faktor-faktor spasial yang meningkatkan peluang suatu lahan berubah menjadi lahan terbangun. Faktor ini dapat berupa kedekatan terhadap jalan utama, jalan nonutama, pusat kegiatan, permukiman eksisting, kawasan industri, serta simpul aktivitas perkotaan lainnya. Dalam penelitian ini, faktor pendorong digunakan sebagai salah satu dasar dalam menentukan arah pertumbuhan lahan terbangun melalui pemodelan spasial.

6. Faktor Pembatas Pertumbuhan Kota

Faktor pembatas pertumbuhan kota adalah faktor yang menghambat atau membatasi perkembangan lahan terbangun pada wilayah tertentu. Faktor pembatas dapat berupa kawasan lindung, hutan lindung, sempadan, kawasan

pertanian pangan berkelanjutan, serta kawasan yang menurut arahan tata ruang tidak diperuntukkan bagi pembangunan. Faktor ini digunakan agar hasil prediksi pertumbuhan kota tetap memperhatikan batasan fisik, ekologis, dan kebijakan tata ruang.

7. Kemudahan Konversi Penutup Lahan

Kemudahan konversi penutup lahan adalah tingkat kemungkinan suatu jenis penutup lahan berubah menjadi lahan terbangun. Setiap jenis penutup lahan memiliki peluang konversi yang berbeda, bergantung pada karakteristik fisik lahan, fungsi lahan, serta tekanan pembangunan di sekitarnya. Dalam penelitian ini, kemudahan konversi digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam menentukan lahan yang berpotensi berkembang menjadi kawasan terbangun.

8. *Cellular Automata*

Cellular Automata adalah model spasial dinamis berbasis sel yang digunakan untuk memprediksi perubahan penutup lahan dari waktu ke waktu. Dalam penelitian ini, model *Cellular Automata* digunakan untuk memprediksi pertumbuhan Kota Bandar Lampung hingga tahun 2041 berdasarkan kondisi awal penutup lahan, faktor pendorong, faktor pembatas, aturan transisi, serta pengaruh ketetanggaan antar-sel.

9. Pola dan Distribusi Spasial Pertumbuhan Kota

Pola dan distribusi spasial pertumbuhan kota adalah bentuk, arah, dan persebaran perkembangan lahan terbangun di Kota Bandar Lampung. Pola tersebut dapat menunjukkan apakah pertumbuhan kota cenderung memusat, menyebar, mengikuti jaringan jalan, atau berkembang ke wilayah pinggiran. Secara operasional, pola dan distribusi spasial dianalisis melalui peta hasil pemodelan pertumbuhan kota pada tahun prediksi.

10. Kesesuaian terhadap RTRW

Kesesuaian terhadap RTRW adalah tingkat kecocokan antara hasil prediksi pertumbuhan lahan terbangun dengan arahan pola ruang dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041. Dalam penelitian ini, kesesuaian dianalisis dengan cara melakukan *overlay* antara peta hasil prediksi pertumbuhan kota dan peta RTRW. Hasil analisis ini menunjukkan wilayah yang sesuai dan tidak sesuai dengan arahan tata ruang.

11. Skenario Pertumbuhan Kota

Skenario pertumbuhan kota adalah gambaran kemungkinan perkembangan lahan terbangun pada masa mendatang. Dalam penelitian ini, skenario digunakan untuk membandingkan kemungkinan pertumbuhan kota berdasarkan kondisi tertentu. Skenario optimis menggambarkan pertumbuhan kota yang lebih terkendali dengan mempertimbangkan faktor pembatas dan arahan tata ruang, sedangkan skenario pesimis menggambarkan pertumbuhan kota yang lebih bebas mengikuti tekanan pembangunan sehingga berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian terhadap RTRW.

3.2. Metode Pengumpulan Data

Ada dua hal utama yang memengaruhi kualitas data hasil penelitian yaitu kualitas instrumen penelitian dan kualitas pengumpulan data (Sugiyono, 2014). Metode pengumpulan data dilakukan sebagai sumber informasi dasar yang digunakan dalam penelitian. Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan dalam studi ini meliputi 2 tahapan, yaitu pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder.

Metode analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap sesuai dengan sasaran penelitian. Tahap pertama adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan Kota Bandar Lampung melalui analisis AHP. Tahap kedua adalah memodelkan pola dan distribusi spasial

pertumbuhan kota menggunakan pendekatan *Cellular Automata*. Tahap ketiga adalah menganalisis kesesuaian hasil pemodelan terhadap RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041 melalui analisis overlay. Selain itu, pemodelan pertumbuhan kota dikembangkan ke dalam dua skenario, yaitu skenario optimis dan skenario pesimis, untuk melihat pengaruh faktor pembatas terhadap arah pertumbuhan lahan terbangun.

3.2.1. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bobot faktor pendorong dan pembatas perkembangan lahan terbangun, serta tingkat kepatuhan terhadap penetapan faktor pembatas. Data dikumpulkan melalui kuesioner yang disebarakan kepada narasumber *stakeholder* terkait. Pada penelitian ini, narasumber yang direncanakan berjumlah 3 narasumber yang mewakili: akademisi di bidang pemetaan atau perencanaan wilayah dan kota, pemerintah daerah yang membidangi urusan penataan ruang, dan peneliti dalam bidang informasi geospasial. Hasil dari kuesioner terhadap 3 narasumber tersebut akan menghasilkan bobot terhadap variabel untuk diolah menggunakan AHP. Ketiga narasumber merupakan sampel yang dipilih secara *purposive (non-probabilistik sampling)* untuk menggali bobot faktor yang memengaruhi perkembangan lahan terbangun dengan kriteria sebagai berikut:

1. Memiliki latar belakang ahli dalam bidang perencanaan wilayah dan kota, informasi geospasial (pemetaan), atau pertanahan.
2. Mewakili kelompok akademisi, pemerintahan, atau swasta.
3. Memiliki kedekatan dengan wilayah penelitian, baik secara domisili, pengalaman penelitian, atau pekerjaan.

3.2.2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder didapatkan dari instansi pemerintah Kota Bandar Lampung dan tinjauan literatur yang dibutuhkan. Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Penelitian terdahulu tentang pemodelan pertumbuhan kota / permodelan perubahan penggunaan lahan. Penelitian terdahulu digunakan untuk mengetahui faktor yang memengaruhi perkembangan lahan terbangun, perkembangan kota, dan perubahan penutup/penggunaan lahan.
2. Data spasial penutup lahan sebagai *input* pemodelan.
3. Data spasial faktor pendorong perkembangan lahan terbangun, meliputi: data jaringan jalan, jaringan kereta api, pusat ibukota dan kecamatan, sebaran *transit generator*, serta lahan terbangun saat ini.
4. Data spasial faktor pembatas perkembangan lahan terbangun, meliputi: kawasan lindung, kawasan hutan, sempadan perairan, dan penetapan LP2B.
5. Data pendukung lainnya, meliputi: data fisik dasar, kependudukan, perekonomian, dan penataan ruang.

3.3. Metode Analisis Data

Agar tujuan penelitian ini tercapai, maka metode analisis disesuaikan dengan sasaran penelitian. Berikut adalah langkah-langkah analisis yang akan dilakukan dalam penelitian.

3.3.1. Identifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Kota

Dalam proses menemukan faktor yang memengaruhi pertumbuhan kota di Kota Bandar Lampung, dilakukan proses pengujian variabel-variabel yang telah diolah dalam bentuk sintesa pustaka, variabel – variabel tersebut diujikan untuk mengetahui tingkat kesesuaiannya untuk menjadi faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kota di wilayah penelitian. Setelah didapatkan faktor – faktor yang berpengaruh selanjutnya faktor tersebut dilakukan pembobotan sebagai input pada tahap analisa selanjutnya. Adapun cara dalam menemukan faktor – faktor tersebut adalah menggunakan analisis

Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan sasaran analisisnya adalah *stakeholders* yang telah dianggap sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Hasil pembobotan AHP digunakan untuk mengetahui tingkat pengaruh masing-masing faktor terhadap pertumbuhan lahan terbangun. Faktor dengan bobot yang lebih tinggi menunjukkan pengaruh yang lebih besar terhadap peluang perubahan lahan menjadi lahan terbangun. Dengan demikian, hasil AHP menjadi dasar dalam memahami faktor dominan yang mendorong maupun membatasi pertumbuhan Kota Bandar Lampung.

3.3.2. Identifikasi Arah dan Pola Pertumbuhan Kota

Analisis prediksi arah dan pola perkembangan lahan terbangun dilakukan melalui pemodelan menggunakan *Cellular Automata*. Tahapan yang dilakukan dalam pemodelan yaitu:

a. Tahap Persiapan Data

Pada tahapan ini data yang diperlukan adalah data penutup lahan dengan minimal dua periode waktu, untuk menggambarkan kondisi masa lalu dan saat ini dan variabel pertumbuhan lahan terbangun (*growth*). Selain itu diperlukan data spasial faktor pendorong, pembatas, dan elastisitas perubahan penutup lahan yang telah dibobotkan pada analisis sebelumnya.

b. Tahap Simulasi

Pada tahap simulasi, pertama dilakukan perhitungan jarak dari masing-masing faktor pendorong menggunakan *euclidian distance*. *Euclidean distance* merupakan jarak horizontal yang diukur dengan basis raster dari pusat piksel satu ke pusat piksel yang lain (Setiady dan Danoedoro, 2016). Selanjutnya dilakukan standarisasi kelas faktor pendorong perubahan penutup lahan, proses standarisasi dilakukan melalui konversi nilai jarak faktor pendorong menjadi bilangan riil (antara 0 dan 1), nilai 0 untuk jarak terjauh dan nilai 1 untuk jarak terdekat. Semakin mendekati 1, maka semakin tinggi

kemungkinan untuk terkonversi. Selanjutnya adalah melakukan *input* aturan transisi yang terdiri dari: variabel pertumbuhan (*growth*), nilai kemudahan konversi penutup lahan (*elasticity*), pengaturan waktu pemodelan (*time steps*), dan aturan ketetanggaan (*neighborhood filter*). Selain itu perlu diatur pula faktor pembatas perubahan penutup lahan (*constraint*), untuk kemudian model dapat dijalankan.

Dalam penelitian ini menggunakan aturan ketetanggaan 3x3, karena dapat memberikan hasil perubahan lahan yang lebih kompak dibandingkan 5x5 atau 7x7 (Pratomoatmojo, 2012). Skenario pemodelan dilakukan dalam dua kondisi, dengan pengaturan pada faktor pembatas. Pertama dengan menerapkan faktor pembatas secara mutlak, dengan asumsi faktor pembatas yang ditetapkan dipatuhi sepenuhnya oleh pengguna ruang, hal ini dilakukan untuk mengetahui arah perkembangan lahan terbangun apabila kebijakan diterapkan. Kedua yaitu dengan tetap menerapkan faktor pembatas, tetapi tingkat kepatuhan ditentukan berdasarkan masukan dari narasumber, hal ini dilakukan untuk melihat kondisi *bussines as usual*, yaitu adanya faktor pembatas yang diterapkan tetapi tetap masih ada potensi pelanggaran tata ruang. Skenario tanpa faktor pembatas tidak dilakukan karena kondisi tersebut tidak mungkin terjadi dalam kondisi saat ini, dimana pemanfaatan ruang sudah diatur dengan berbagai perangkat perundang-undangan.

c. Tahap Visualisasi Data

Pada tahap visualiasi data, hasil prediksi perubahan penutup lahan dapat ditampilkan baik secara peta maupun data tabular. Hasil prediksi penutup lahan masih berupa data raster, sehingga perlu dikonversi kedalam format vektor untuk proses visualisasi peta, dan perlu dikonversi luas untuk ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik. Aspek akurasi merupakan hal yang penting dari sebuah model yang dibangun. Nilai akurasi model yang tinggi memberikan

jaminan bahwa model yang dibangun dapat diterima karena hasilnya mendekati kondisi sebenarnya. Uji akurasi pada penelitian ini dilakukan menggunakan *Confusion Matrix* dan *Kappa Accuracy*. *Confusion Matrix* atau matriks kesalahan merupakan matriks yang berisi jumlah *piksel* yang diperbandingkan, yaitu antara data hasil pemodelan dibandingkan dengan data yang dianggap benar (yaitu data penutup lahan hasil interpretasi citra satelit) pada lokasi terpilih. Pada penelitian ini semua *piksel* dalam pemodelan diikuti dalam perhitungan, sehingga menghasilkan nilai akurasi keseluruhan (*overall accuracy*). *Kappa Accuracy* didasarkan pada konsistensi penilaian dengan mempertimbangkan semua aspek seperti akurasi pembuat (*producer's accuracy*) dan akurasi pengguna (*user's accuracy*) yang diperoleh dari *confusion matrix* (Simamora M dkk., 2015). Perhitungan *Confusion Matrix* dan *Kappa Accuracy* dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. *Confusion matrix* (Fitriyanto, 2018)

		Penutup Lahan Referensi			
		1	2	3	Jumlah
Penutup Lahan Model	1	X11	X12	X13	X1i
	2	X21	X22	X23	X2i
	3	X31	X32	X33	X3i
	Jumlah	X1j	X2j	X3j	XT
Overall Accuracy		$= \frac{X11 + X22 + X33}{100\%} \times 100$			

Dalam penelitian ini juga menggunakan perhitungan uji akurasi *Kappa*, dengan formula sebagai berikut:

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

- K : koefisien *Kappa*
 N : jumlah total pengamatan pada matriks
 r : jumlah baris dalam matriks kesalahan
 X_{ii} : jumlah observasi pada baris i dan lajur i (diagonal utama)
 X_{i+} : jumlah observasi pada baris i
 X_{+i} : jumlah observasi pada lajur i

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Spatial Cellular Automata–Markov (SpaCA-Markov)*. Metode ini merupakan gabungan antara *Cellular Automata (CA)* dan *Markov chain* yang digunakan untuk memodelkan perubahan spasial suatu wilayah dari waktu ke waktu.

Cellular Automata digunakan untuk menggambarkan perubahan penggunaan lahan berdasarkan kondisi setiap sel dan pengaruh sel-sel di sekitarnya. Sementara itu, *Markov chain* digunakan untuk menghitung peluang atau probabilitas perubahan suatu jenis penggunaan lahan menjadi jenis penggunaan lahan lainnya pada masa mendatang. Dalam metode *SpaCA-Markov*, wilayah penelitian direpresentasikan dalam bentuk grid atau sel-sel spasial. Setiap sel menunjukkan satu lokasi tertentu dengan status penggunaan lahan tertentu. Status tersebut dapat berubah berdasarkan data perubahan penggunaan lahan sebelumnya, aturan transisi, serta pengaruh lingkungan sekitarnya.

Proses pemodelan dilakukan secara bertahap dan berulang. Pada setiap tahap, status setiap sel diperbarui sesuai dengan probabilitas perubahan dan kondisi sel tetangganya. Hasil dari metode ini berupa peta prediksi perubahan spasial yang dapat menunjukkan arah dan pola perkembangan wilayah pada masa mendatang.

Dalam penelitian ini, pemodelan pertumbuhan Kota Bandar Lampung dilakukan melalui dua skenario, yaitu skenario optimis dan skenario pesimis. Skenario optimis menggambarkan kondisi pertumbuhan kota yang lebih terkendali dengan mempertimbangkan faktor pembatas, seperti kawasan lindung, KP2B, kawasan imbuhan air tanah, taman hutan raya, badan air, dan kawasan perlindungan setempat. Sementara itu, skenario pesimis menggambarkan kondisi pertumbuhan kota tanpa penerapan faktor pembatas secara efektif, sehingga perkembangan

lahan terbangun lebih bebas mengikuti tekanan pembangunan. Perbandingan kedua skenario ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana faktor pembatas berperan dalam mengendalikan arah dan luas pertumbuhan lahan terbangun.

Output dari pemodelan ini berupa peta prediksi penutup lahan Kota Bandar Lampung pada tahun 2029, 2035, dan 2041. Hasil prediksi tersebut kemudian digunakan untuk menghitung perubahan luas masing-masing kelas penutup lahan, terutama perubahan luas lahan terbangun sebagai indikator utama pertumbuhan kota.

3.3.3. Identifikasi Kesesuaian Hasil Pemodelan Pertumbuhan Kota terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah

Analisis kesesuaian penutup lahan terhadap rencana tata ruang dilakukan untuk mengidentifikasi sejauh mana hasil prediksi perubahan penutup lahan, khususnya lahan terbangun pada tahun 2041, selaras dengan arahan pola ruang dalam RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui potensi terjadinya ketidaksesuaian pemanfaatan ruang pada akhir tahun perencanaan, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kemungkinan konflik antara perkembangan kawasan terbangun dengan kebijakan penataan ruang yang telah ditetapkan.

Metode yang digunakan adalah analisis tumpang susun (*overlay*) antara peta penutup lahan hasil prediksi tahun 2041 dengan peta pola ruang RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041.

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui potensi terjadinya ketidaksesuaian pemanfaatan ruang pada akhir tahun perencanaan, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kemungkinan konflik antara perkembangan kawasan terbangun dengan kebijakan penataan ruang yang telah ditetapkan.

Analisis kesesuaian dilakukan dengan membandingkan peta lahan terbangun hasil pemodelan terhadap peta pola ruang RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041. Proses overlay dilakukan pada hasil pemodelan skenario optimis dan skenario pesimis. Dengan cara ini, dapat diketahui luas lahan terbangun yang sesuai dan tidak sesuai dengan arahan RTRW pada masing-masing skenario.

Metode yang digunakan adalah analisis tumpang susun (*overlay*) antara peta penutup lahan hasil prediksi tahun 2041 dengan peta pola ruang RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041. Hasil *overlay* menunjukkan lokasi-lokasi dimana lahan terbangun hasil prediksi berada pada berbagai peruntukan ruang yang telah ditetapkan dalam RTRW. Selanjutnya, setiap area lahan terbangun tersebut dievaluasi untuk menentukan apakah keberadaannya pada masing-masing pola ruang tergolong sesuai atau tidak sesuai dengan ketentuan pemanfaatan ruang. Analisis kesesuaian dilakukan dengan membandingkan hasil pemodelan pertumbuhan kota terhadap arahan RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041. Uji kesesuaian dilakukan pada dua skenario, yaitu skenario optimis dan skenario pesimis. Perbandingan kedua skenario ini digunakan untuk mengetahui efektivitas faktor pembatas dalam menjaga perkembangan lahan terbangun agar tidak masuk ke kawasan yang tidak sesuai dengan peruntukan ruang.

Penentuan kriteria kesesuaian mengacu pada Pemerintah Kota Bandar Lampung melalui Peraturan Daerah Kota Bandar Lampung Nomor 4 Tahun 2021 tentang RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041, khususnya ketentuan mengenai kegiatan yang diperbolehkan pada setiap pola ruang. Dalam peraturan tersebut, pemanfaatan ruang diklasifikasikan ke dalam kategori diizinkan, diizinkan bersyarat, dan tidak diizinkan. Untuk memudahkan analisis, kategori diizinkan dan diizinkan bersyarat dikelompokkan

sebagai “sesuai”, sedangkan kategori tidak diizinkan dikelompokkan sebagai “tidak sesuai”. Penilaian kesesuaian tidak hanya mempertimbangkan karakter fisik dari pola ruang, yaitu apakah secara umum peruntukan tersebut memang diwujudkan dalam bentuk kawasan terbangun, tetapi juga mempertimbangkan ketentuan mengenai kemungkinan perubahan fungsi lahan pada akhir tahun perencanaan. Dengan demikian, suatu lahan terbangun hasil prediksi dinyatakan sesuai apabila pada pola ruang tersebut pembangunan diperbolehkan atau masih dimungkinkan untuk berkembang menjadi kawasan terbangun.

Sebaliknya, lahan terbangun dinyatakan tidak sesuai apabila berada pada pola ruang yang secara tegas ditetapkan untuk dilindungi atau dipertahankan sehingga tidak diperkenankan mengalami alih fungsi menjadi kawasan terbangun. Sebagai contoh, lahan terbangun hasil prediksi yang berada pada kawasan hutan lindung dikategorikan sebagai tidak sesuai, karena kawasan tersebut berfungsi sebagai kawasan lindung yang tidak diperbolehkan untuk pembangunan. Sebaliknya, lahan terbangun yang berada pada kawasan peruntukan industri dikategorikan sebagai sesuai, karena kegiatan industri pada umumnya diwujudkan dalam bentuk bangunan dan infrastruktur terbangun.

Pada kawasan pertanian, penilaian dilakukan secara lebih rinci. Lahan terbangun yang berada pada kawasan pertanian non-Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan (non-KP2B) dapat dikategorikan sebagai sesuai apabila ketentuan tata ruang masih memungkinkan terjadinya alih fungsi lahan. Namun, apabila lahan terbangun berada pada kawasan Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan (KP2B), maka dikategorikan sebagai tidak sesuai karena kawasan tersebut harus dipertahankan keberadaannya untuk mendukung ketahanan pangan.

Berdasarkan pendekatan tersebut, analisis kesesuaian mampu memberikan gambaran mengenai distribusi spasial lahan terbangun yang sejalan maupun yang bertentangan dengan rencana tata ruang pada tahun 2041. Hasil analisis ini selanjutnya menjadi dasar untuk mengevaluasi efektivitas RTRW dalam mengendalikan perkembangan kota serta untuk merumuskan strategi pengendalian pemanfaatan ruang di masa mendatang. Adapun kriteria penentuan kesesuaian lahan terbangun terhadap pola ruang RTRW Kota Bandar Lampung disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Identifikasi Kesesuaian Penutup Lahan terhadap RTRW

No.	Jenis Pola Ruang	Lahan Terbangun
1	Badan Air	Tidak Sesuai
2	Jalur Hijau	Tidak Sesuai
3	Kawasan Cagar Budaya	Sesuai
4	Kawasan Ekosistem Mangrove	Tidak Sesuai
5	Kawasan Hutan Lindung	Tidak Sesuai
6	Kawasan Imbuan Air Tanah	Tidak Sesuai
7	Kawasan Perlindungan Setempat	Tidak Sesuai
8	Pemukaman	Tidak Sesuai
9	Taman Hutan Raya	Tidak Sesuai
10	Taman Kecamatan	Tidak Sesuai
11	Taman Kota	Tidak Sesuai
12	Kawasan Fasilitas Umum dan Fasilitas Sosial	Sesuai
14	Kawasan Infrastruktur Perkotaan	Sesuai
15	Kawasan Pariwisata	Sesuai
16	Kawasan Perdagangan dan Jasa	Sesuai
17	Kawasan Perikanan Budi Daya	Sesuai
18	Kawasan Perkantoran	Sesuai
19	Kawasan Pertahanan dan Keamanan	Sesuai
20	Kawasan Perumahan	Sesuai
21	Kawasan Peruntukan Industri	Sesuai
22	Kawasan Peruntukan Pertambangan Batuan	Tidak Sesuai
23	Kawasan Ruang Terbuka Non Hijau	Sesuai
24	Kawasan Tanaman Pangan	
	KP2B	Tidak Sesuai
	Bukan KP2B	Sesuai
25	Kawasan Transportasi	Sesuai

IV. GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN

4.1. Karakteristik Fisik

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai kondisi fisik Kota Bandar Lampung yang meliputi geografis, keadaan iklim, topografi dan kelerengan serta penggunaan lahan. Gambaran umum Kota Bandar Lampung berdasarkan karakteristik fisik diperoleh dari dokumen RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021-2041.

4.1.1. Kondisi Geografis dan Administrasi

Kota Bandar Lampung merupakan Ibukota Provinsi Lampung. Oleh karena itu selain merupakan pusat kegiatan pemerintahan, sosial, politik, pendidikan dan kebudayaan, kota ini juga merupakan pusat kegiatan perekonomian daerah Lampung. Kota Bandar Lampung memiliki letak yang strategis karena merupakan daerah transit kegiatan perekonomian antar Pulau Sumatra dan Pulau Jawa sehingga menguntungkan bagi pertumbuhan dan pengembangan Kota Bandar Lampung sebagai pusat perdagangan, industri, dan pariwisata. Secara geografis Kota Bandar Lampung terletak pada $5^{\circ}20'$ sampai dengan $5^{\circ}30'$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}28'$ sampai dengan $105^{\circ}37'$ Bujur Timur. Kota Bandar Lampung memiliki luas wilayah $183,77 \text{ Km}^2$ yang terdiri dari 20 Kecamatan dan 126 Kelurahan.

Secara administratif Kota Bandar Lampung bebatasan langsung dengan beberapa wilayah Kabupaten di Provinsi Lampung, yaitu:

- a. Kecamatan Natar (Kabupaten Lampung Selatan) di sebelah Utara.
- b. Kecamatan Padang Cermin (Kabupaten Pesawaran) dan Katibung (Kabupaten Lampung Selatan) serta Teluk Lampung di sebelah Selatan.
- c. Kecamatan Gedong Tataan dan Padang Cermin (Kabupaten Pesawaran) di sebelah Barat.
- d. Kecamatan Tanjung Bintang (Kabupaten Lampung Selatan) di sebelah Timur.

Berikut adalah pembagian wilayah Kota Bandar Lampung berdasarkan kecamatan.

Tabel 5. Wilayah Administrasi Kota Bandar Lampung

No.	Kecamatan	Luas (Km ²)
1	Kecamatan Bumi Waras	4,52
2	Kecamatan Enggal	2,78
3	Kecamatan Kedamaian	8,34
4	Kecamatan Kedaton	3,77
5	Kecamatan Kemiling	21,33
6	Kecamatan Labuhan Ratu	6,10
7	Kecamatan Langkapura	5,30
8	Kecamatan Panjang	13,65
9	Kecamatan Rajabasa	12,90
10	Kecamatan Sukabumi	25,10
11	Kecamatan Sukarame	10,68
12	Kecamatan Tanjung Senang	9,28
13	Kecamatan Tanjungkarang Barat	11,54
14	Kecamatan Tanjungkarang Pusat	3,45
15	Kecamatan Tanjungkarang Timur	2,07
16	Kecamatan Telukbetung Barat	18,26
17	Kecamatan Telukbetung Selatan	3,49
18	Kecamatan Telukbetung Timur	10,59
19	Kecamatan Telukbetung Utara	4,38
20	Kecamatan Way Halim	6,25
Kota Bandar Lampung		183,77

Sumber: Perda Kota Bandar Lampung No.4/2021 tentang RTRW Tahun 2021-2041

Kota Bandar Lampung memiliki peran strategis sebagai gerbang utama Pulau Sumatra bagian selatan, menjadikannya pusat penting dalam arus transportasi dan perdagangan antara Sumatra dan Jawa. Secara geografis, kota ini terletak di pesisir Teluk Lampung, memberikan akses langsung ke Selat Sunda dan memperkuat konektivitas laut melalui Pelabuhan Panjang, yang berfungsi sebagai simpul distribusi barang dan jasa. Selain itu, keberadaannya di jalur utama Jalan Lintas Sumatra menjadikan Bandar Lampung sebagai titik temu jaringan transportasi darat yang menghubungkan berbagai provinsi di Sumatra.

Kombinasi faktor geografis dan infrastruktur ini mendorong pertumbuhan kawasan terbangun secara signifikan, terutama di sekitar koridor transportasi utama dan pusat ekonomi. Sebagai pusat perdagangan, pendidikan, dan layanan jasa di Provinsi Lampung, Kota Bandar Lampung terus mengalami ekspansi perkotaan yang dipengaruhi oleh mobilitas tinggi, investasi infrastruktur, serta peningkatan aktivitas ekonomi regional. Peta administrasi Kota Bandar Lampung dapat dilihat pada Gambar 4.

4.1.2. Kondisi Topografi dan Kelerengan

Topografi Kota Bandar Lampung sangatlah beragam, mulai dari dataran pantai sampai kawasan perbukitan hingga bergunung, dengan ketinggian permukaan antara 0 sampai 550 MDPL. Daerah dengan topografi perbukitan hingga bergunung membentang dari arah barat ke timur dengan puncak tertinggi pada Gunung Betung sebelah barat dan Gunung Dibalau serta perbukitan Batu Serampok disebelah timur. Topografi tiap-tiap wilayah di Kota Bandar Lampung adalah sebagai berikut :

- a. Wilayah pantai terdapat disekitar Teluk Betung dan Panjang dan pulau dibagian selatan
- b. Wilayah landai/dataran terdapat disekitar Kedaton dan Sukarame dibagian utara
- c. Wilayah perbukitan terdapat disekitar Telukbetung bagian utara
- d. Wilayah dataran tinggi dan sedikit bergunung terdapat disekitar Tanjung Karang bagian barat yaitu wilayah Gunung Betung, dan Gunung Dibalau serta perbukitan Batu Serampok dibagian timur.

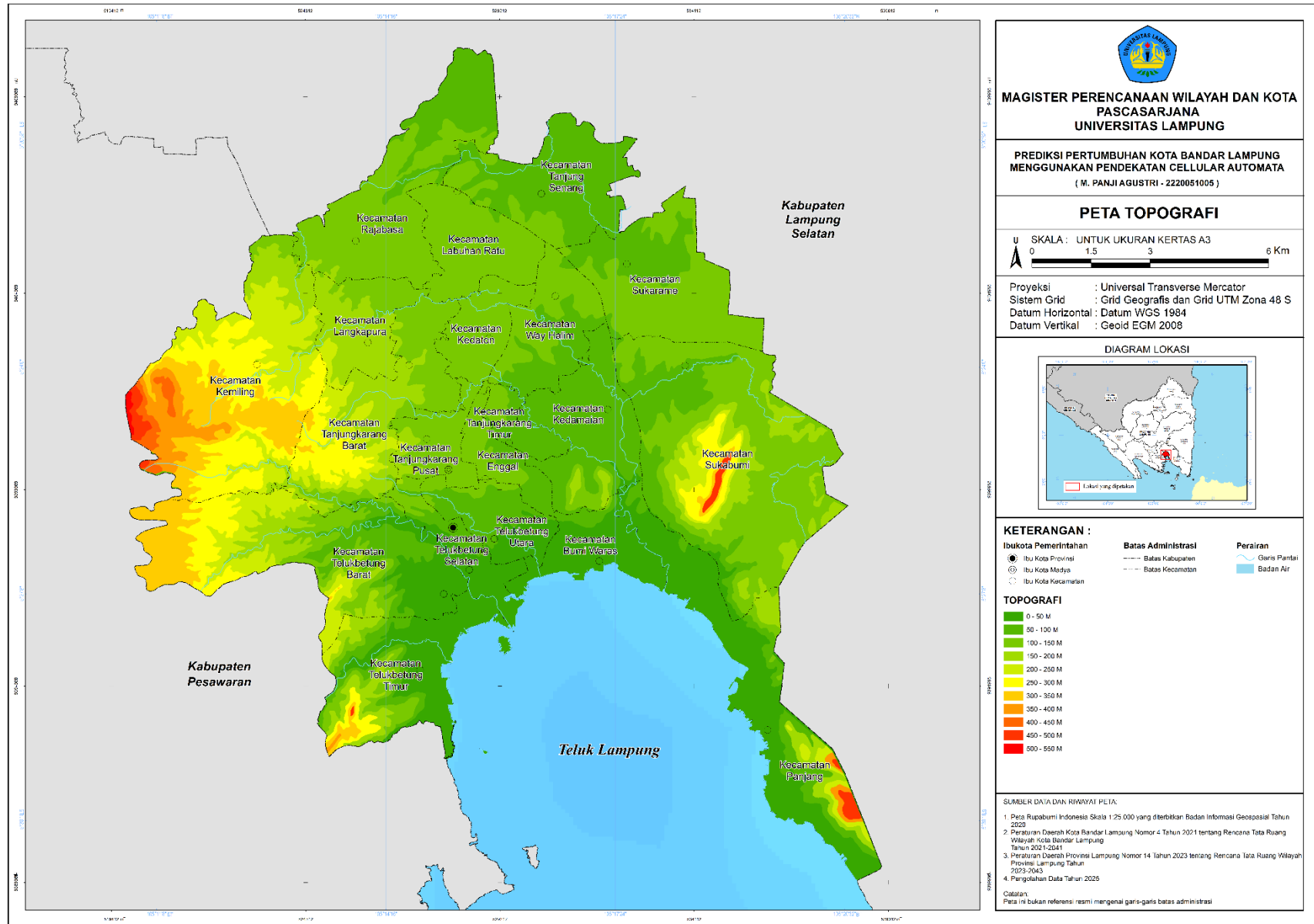
Dilihat dari ketinggian yang dimiliki, Kecamatan Kedaton dan Rajabasa merupakan wilayah dengan ketinggian maksimum 550 MDPL, ketinggian 2 Kecamatan tersebut lebih tinggi dibanding Kecamatan lainnya. Kondisi kelerengan Kota Bandar Lampung juga sangat beragam, kondisi geografis wilayah yang berbukit serta berada di kaki Gunung Betung merupakan faktor pembentuk kelerengan di Kota Bandar Lampung.

Tingkat kemiringan lereng rata-rata wilayah di Kota Bandar Lampung berada pada kisaran 0 – 20 % dan secara umum kelerengan wilayah Kota Bandar Lampung berada pada 0 – 40 %, wilayah yang memiliki kemiringan lereng 0 % diantaranya berada di wilayah Kecamatan Sukarame, Tanjung Karang Pusat, Tanjung Seneng, Panjang, Teluk

Betung Selatan dan Kecamatan Kedaton. Adapun wilayah yang memiliki tingkat kemiringan lereng mencapai 40 % diantaranya adalah Kecamatan Panjang, Teluk Betung Barat, Kemiling, dan Tanjung Karang Timur.

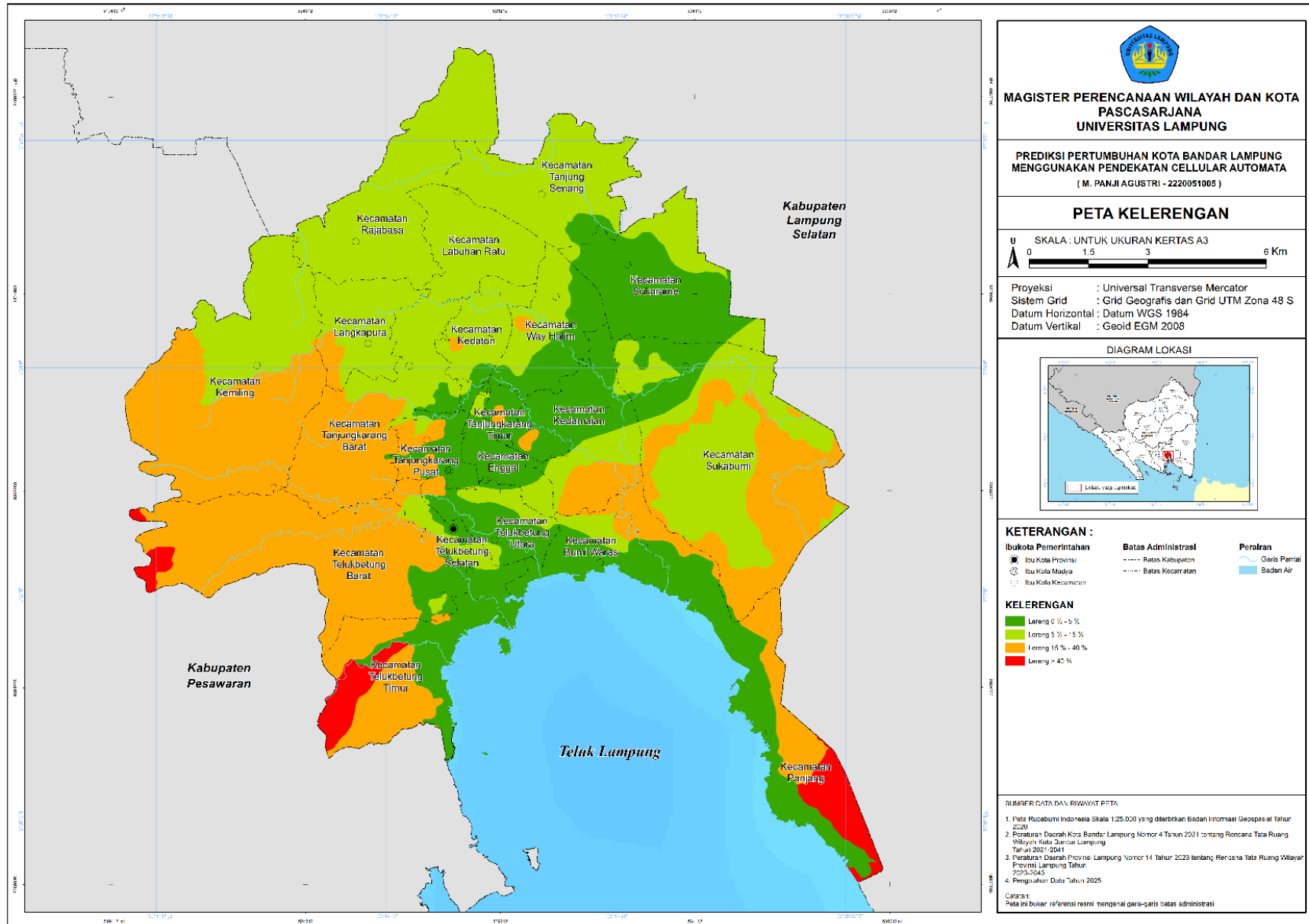
Keberagaman topografi Kota Bandar Lampung berperan penting dalam dinamika perubahan lahan, dimana wilayah dataran rendah dan landai cenderung mengalami urbanisasi lebih cepat dibandingkan kawasan berbukit dan bergunung. Secara teori, kawasan dengan kemiringan rendah, seperti Kecamatan Sukarame dan Kecamatan Tanjung Seneng, menjadi pusat pertumbuhan permukiman, komersial, serta pengembangan infrastruktur karena aksesibilitas yang lebih baik dan biaya pembangunan yang lebih rendah.

Sementara itu, wilayah dengan topografi perbukitan dan dataran tinggi, seperti Kecamatan Kemiling, meskipun menghadapi keterbatasan fisik dalam pembangunan, tetap mengalami tekanan konversi lahan akibat meningkatnya kebutuhan ruang perkotaan. Hal ini mendorong perubahan fungsi lahan dari lahan tidak terbangun menjadi kawasan terbangun, terutama untuk permukiman baru dan infrastruktur pendukung. Untuk melihat topografi dan kelerengan Kota Bandar Lampung dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Sumber: Perda Kota Bandar Lampung No.4/2021 tentang RTRW Tahun 2021-2041

Gambar 5. Peta Topografi Kota Bandar Lampung



Sumber: Perda Kota Bandar Lampung No.4/2021 tentang RTRW Tahun 2021-2041

Gambar 6. Peta Kelerengan Kota Bandar Lampung

4.1.3. Kondisi Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan di Kota Bandar Lampung didominasi oleh kawasan permukiman yang mencakup bangunan permukiman kota dan permukiman desa dengan luas total mencapai 8.960,40 ha atau sekitar 48,76% dari luas wilayah kota. Dominasi penggunaan lahan untuk permukiman menunjukkan tingginya tingkat urbanisasi dan perkembangan kawasan perkotaan di Kota Bandar Lampung. Kondisi ini tidak terlepas dari peran Kota Bandar Lampung sebagai pusat kegiatan nasional (PKN) yang berfungsi sebagai pusat pertumbuhan ekonomi, perdagangan, jasa, serta berbagai aktivitas perkotaan lainnya. Peran tersebut mendorong peningkatan kebutuhan ruang untuk kegiatan hunian maupun kegiatan pendukung lainnya.

Secara keseluruhan, komposisi penggunaan lahan di Kota Bandar Lampung mencerminkan karakter wilayah perkotaan yang berkembang pesat dengan dominasi kawasan terbangun, namun masih memiliki sejumlah kawasan non-terbangun yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan mendukung keberlanjutan pembangunan wilayah. Rincian luas penggunaan lahan di Kota Bandar Lampung disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Luasan Guna Lahan Kota Bandar Lampung

No	Guna Lahan	Luas (ha)
1	Bangunan Industri, Perdagangan dan Perkantoran	850,62
2	Bangunan Permukiman Desa	230,22
3	Bangunan Permukiman Kota	8.730,18
4	Hutan Lahan Rendah Primer Kerapatan Sedang	4.987,45
5	Hutan, Jalur Hijau dan Taman Kota	81,03
6	Jalan	99,61
7	Kolam Air Tawar Lain	9,22
8	Ladang/Tegalan dengan Palawija	221,06
9	Lahan Terbuka Lain	68,26
10	Lapangan diperkeras	9,56
11	Padang Golf	42,87
12	Pelabuhan	41,53
13	Pemakaman Umum	15,46
14	Penambangan Terbuka Lain	156,83
15	Perkebunan Lain	14,79
16	Sawah dengan padi terus menerus	914,50

No	Guna Lahan	Luas (ha)
17	Semak dan Belukar	1.864,99
18	Stadion dan Sarana Olahraga	6,72
19	Stasiun	5,05
20	Sungai	11,71
21	Tambak Ikan	6,21
22	Terminal Bus	9,17
Total		18.377,04

Sumber: Perda Kota Bandar Lampung No.4/2021 tentang RTRW Tahun 2021-2041

4.2. Karakteristik Kependudukan

Kependudukan merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi perubahan penggunaan lahan di suatu wilayah. Pertumbuhan jumlah penduduk, serta sebaran penduduk menjadi faktor pendorong perubahan penggunaan lahan dari waktu ke waktu. Meningkatnya permintaan lahan untuk perumahan, kegiatan ekonomi, dan infrastruktur perkotaan sering kali menjadi konsekuensi dari perkembangan jumlah penduduk yang pesat. Perubahan ini tidak hanya berdampak pada alih fungsi lahan dari lahan pertanian menjadi pemukiman atau kawasan komersial, tetapi juga berpengaruh pada karakteristik fisik dan sosial kota. Oleh karena itu, memahami gambaran umum kependudukan Kota Bandar Lampung menjadi hal yang penting untuk memahami tren perubahan penggunaan lahan yang terjadi.

4.2.1. Jumlah dan Kepadatan Penduduk

Jumlah dan kepadatan penduduk merupakan indikator penting dalam memahami kondisi demografis suatu wilayah. Kedua faktor ini tidak hanya mencerminkan besaran populasi, tetapi juga memberikan gambaran mengenai distribusi penduduk di suatu wilayah. Jumlah penduduk yang terus bertambah, terutama di kawasan perkotaan, umumnya berimplikasi pada peningkatan kebutuhan lahan untuk perumahan, infrastruktur, dan pelayanan publik. Selain itu, kepadatan penduduk yang tinggi dapat menimbulkan tekanan terhadap lingkungan serta memengaruhi struktur ruang dan arah perkembangan kota. Oleh karena itu, kajian mengenai jumlah dan kepadatan penduduk di Kota Bandar Lampung menjadi penting untuk memahami

keterkaitan antara perkembangan demografis dan dinamika perubahan penggunaan lahan.

Pada tahun 2024, Kecamatan Kemiling tercatat sebagai kecamatan dengan jumlah penduduk tertinggi di Kota Bandar Lampung, yaitu sebanyak 86.300 jiwa. Sebaliknya, Kecamatan Enggal memiliki jumlah penduduk terendah dengan total populasi sebanyak 25.752 jiwa. Secara keseluruhan, jumlah penduduk Kota Bandar Lampung menunjukkan tren peningkatan dari tahun ke tahun. Hingga tahun 2024, jumlah penduduk Kota Bandar Lampung mencapai 1.100.109 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,87% per tahun. Kondisi ini mengindikasikan adanya peningkatan kebutuhan ruang untuk kawasan permukiman, sarana prasarana, serta berbagai aktivitas ekonomi yang pada akhirnya berpengaruh terhadap perubahan penggunaan lahan di wilayah kota.

Meskipun laju pertumbuhan penduduk Kota Bandar Lampung secara agregat berada pada angka 1,87% per tahun, beberapa kecamatan menunjukkan tingkat pertumbuhan yang lebih tinggi, yaitu di atas 2% per tahun. Kecamatan-kecamatan tersebut meliputi Kemiling, Langkapura, Rajabasa, Teluk Betung Barat, Teluk Betung Timur, Sukabumi, dan Tanjung Senang. Secara spasial, kecamatan-kecamatan tersebut umumnya berada pada kawasan pinggiran Kota Bandar Lampung yang masih memiliki ketersediaan lahan relatif lebih luas dibandingkan kawasan pusat kota.

Tingginya pertumbuhan penduduk di wilayah tersebut mengindikasikan terjadinya proses ekspansi perkotaan (*urban expansion*), yaitu penyebaran pembangunan dan konsentrasi penduduk dari kawasan inti kota menuju wilayah pinggiran. Fenomena ini sejalan dengan kecenderungan perkembangan kota yang ditandai oleh meningkatnya konversi lahan non-terbangun menjadi kawasan

terbangun, khususnya untuk fungsi permukiman dan kegiatan pendukungnya. Dengan demikian, pertumbuhan penduduk yang relatif tinggi pada kecamatan-kecamatan pinggiran tersebut dapat menjadi salah satu faktor pendorong terjadinya perubahan tata guna lahan di Kota Bandar Lampung. Untuk lebih jelasnya, jumlah dan kepadatan penduduk Kota Bandar Lampung tahun 2020–2024 disajikan pada Tabel 5.

Tabel 7. Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Bandar Lampung Tahun 2020-2024

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)					Laju Pertumbuhan (%)	Luas Wilayah (Km ²)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²)
		2020	2021	2022	2023	2024			
1	Teluk Betung Barat	32.002	41.096	41.761	42.642	38.527	2,28	18,26	2.110
2	Teluk Betung Timur	44.727	53.874	54.746	55.901	49.926	2,01	10,39	4.805
3	Teluk Betung Selatan	42.262	42.870	43.564	44.483	39.359	1,52	3,49	11.278
4	Bumi Waras	60.939	63.166	64.189	65.542	58.169	1,55	4,52	12.869
5	Panjang	79.800	80.811	82.120	83.851	74.858	1,61	13,64	5.488
6	Tanjung Karang Timur	39.855	43.076	43.774	44.697	38.542	1,62	2,07	18.619
7	Kedamaian	56.482	57.905	58.843	60.084	53.457	1,68	8,34	6.410
8	Teluk Betung Utara	54.337	53.552	54.419	55.567	50.587	1,54	4,38	11.550
9	Tanjung Karang Pusat	54.906	55.925	56.831	58.029	50.326	1,43	3,50	14.379
10	Enggal	30.164	28.649	29.113	29.727	25.752	1,38	2,78	9.263
11	Tanjung Karang Barat	58.754	65.554	66.616	6.802	63.194	1,90	11,54	5.476
12	Kemiling	70.491	88.574	90.007	91.907	86.300	2,31	21,33	4.046
13	Langkapura	36.454	43.569	44.275	45.208	43.372	2,30	5,30	8.183
14	Kedaton	52.685	57.336	58.264	59.493	52.388	1,71	3,77	13.896
15	Rajabasa	51.578	57.589	58.522	59.756	55.958	2,10	12,93	4.328
16	Tanjung Senang	49.160	62.168	63.175	64.507	62.402	2,33	9,24	6.753
17	Labuhan Ratu	48.159	52.393	53.241	54.364	48.208	1,82	6,10	7.903
18	Sukarame	61.130	67.725	68.822	70.273	67.138	1,87	10,92	6.148
19	Sukabumi	61.574	75.870	77.099	78.724	73.178	2,22	25,04	2.922
20	Way Halim	66.041	74.364	75.568	77.162	68.468	1,91	6,25	10.955
Total		1.051.500	1.166.066	1.184.949	1.209.937	1.100.109	1,87	183,77	5.986

Sumber: BPS Kota Bandar Lampung, Tahun 2025

Selain jumlah penduduk, kepadatan penduduk juga bervariasi antar kecamatan di Kota Bandar Lampung. Kecamatan Tanjung Karang Timur memiliki kepadatan penduduk terbesar dengan 18.619 jiwa/km², yang mencerminkan tingginya konsentrasi penduduk di wilayah tersebut. Hal ini umumnya disebabkan oleh peran Tanjung Karang Timur sebagai pusat kegiatan perdagangan dan jasa, sehingga menarik lebih banyak penduduk untuk tinggal di kawasan tersebut. Di sisi lain, Kecamatan Teluk Betung Barat mencatatkan kepadatan penduduk terendah dengan hanya 2.110 jiwa/km². Kepadatan yang rendah ini disebabkan oleh kondisi geografis kecamatan yang lebih luas dengan karakteristik lahan yang masih banyak berupa kawasan hijau dan perbukitan. Perbedaan signifikan dalam kepadatan penduduk ini menunjukkan bahwa distribusi penduduk di Kota Bandar Lampung belum merata.

4.2.2. Struktur Penduduk

Struktur kependudukan merupakan salah satu aspek penting dalam memahami dinamika sosial, ekonomi, dan pembangunan suatu wilayah. Gambaran umum terhadap komposisi penduduk, seperti jenis kelamin dan kelompok umur, dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik demografi serta potensi sumber daya manusia yang dimiliki. Di Kota Bandar Lampung, pola distribusi penduduk berdasarkan jenis kelamin dan kelompok umur mencerminkan kondisi sosial yang berpengaruh pada kebutuhan layanan dasar, seperti pendidikan dan kesehatan. Oleh karena itu, gambaran umum mengenai struktur kependudukan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif terkait dengan kondisi demografi dan implikasinya terhadap pertumbuhan Kota Bandar Lampung.

1. Menurut Jenis Kelamin

Struktur penduduk Kota Bandar Lampung berdasarkan jenis kelamin menunjukkan komposisi yang seimbang antara penduduk

laki-laki dan perempuan. Data terbaru menunjukkan bahwa jumlah penduduk laki-laki dan perempuan masing-masing kurang lebih sekitar 50% dari total populasi. Komposisi yang setara ini mencerminkan keseimbangan gender yang baik di Kota Bandar Lampung, sehingga tidak ada dominasi satu jenis kelamin tertentu dalam berbagai aspek kehidupan sosial dan ekonomi. Keseimbangan ini dapat berpengaruh positif terhadap kesetaraan dalam peluang kerja, pendidikan, dan partisipasi dalam kegiatan pembangunan kota. Kondisi ini juga penting untuk dipertimbangkan dalam perumusan kebijakan publik agar dapat memenuhi kebutuhan seluruh masyarakat secara adil dan merata, baik bagi laki-laki maupun perempuan.

Tabel 8. Jumlah Penduduk Kota Bandar Lampung Berdasarkan Jenis Kelamin Tahun 2024

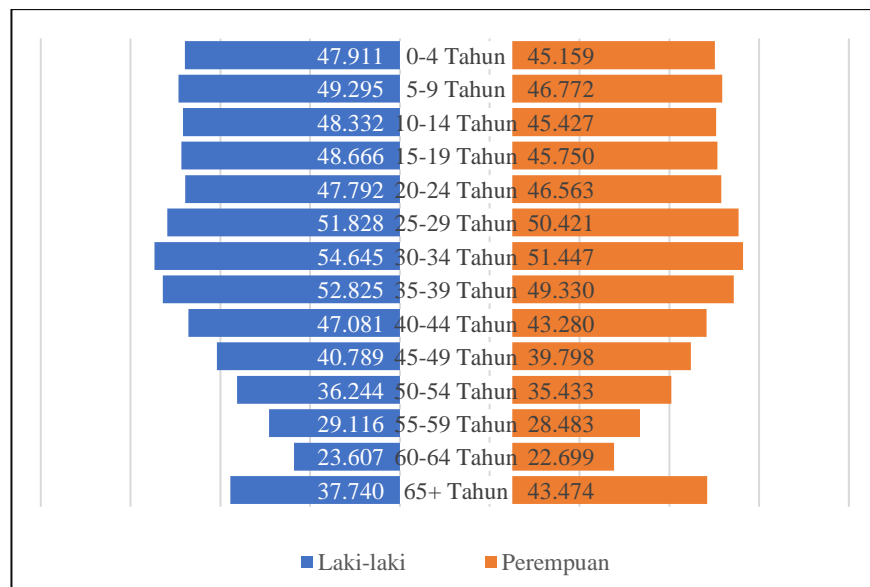
No	Kecamatan	Laki-laki	Perempuan	Jumlah (Jiwa)
1	Teluk Betung Barat	19.806	18.721	38.527
2	Teluk Betung Timur	25.730	24.196	49.926
3	Teluk Betung Selatan	19.903	19.456	39.359
4	Bumi Waras	29.896	28.273	58.169
5	Panjang	38.173	36.685	74.858
6	Tanjung Karang Timur	19.443	19.099	38.542
7	Kedamaian	26.962	26.495	53.457
8	Teluk Betung Utara	25.503	25.084	50.587
9	Tanjung Karang Pusat	25.574	24.752	50.326
10	Enggal	12.752	13.000	25.752
11	Tanjung Karang Barat	31.888	31.306	63.194
12	Kemiling	43.551	42.749	86.300
13	Langkapura	21.902	21.740	43.372
14	Kedaton	26.313	26.075	52.388
15	Rajabasa	28.379	27.579	55.958
16	Tanjung Senang	31.314	31.088	62.402
17	Labuhan Ratu	24.197	24.011	48.208
18	Sukarame	33.928	33.210	67.138
19	Sukabumi	37.183	35.995	73.178
20	Way Halim	34.384	34.084	68.468
Kota Bandar Lampung		556.781	543.328	1.100.109

Sumber: BPS Kota Bandar Lampung, Tahun 2025

2. Menurut Kelompok Umur

Struktur penduduk Kota Bandar Lampung berdasarkan kelompok umur menunjukkan dominasi pada penduduk usia produktif, khususnya pada rentang usia 30-34 tahun dan 24-29 tahun.

Kelompok usia ini mencakup sebagian besar populasi kota, yang mencerminkan bahwa Kota Bandar Lampung memiliki tenaga kerja potensial yang signifikan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi dan pembangunan daerah. Adapun struktur penduduk Kota Bandar Lampung menurut kelompok umur secara lebih rinci dapat dilihat pada gambar berikut.



Sumber: BPS Kota Bandar Lampung, Tahun 2025

Gambar 7. Piramida Penduduk Kota Bandar Lampung Tahun 2024

4.3. Karakteristik Ekonomi

Kondisi perekonomian suatu wilayah memiliki peran signifikan dalam memengaruhi perubahan penggunaan lahan, terutama di kawasan perkotaan seperti Kota Bandar Lampung. Perkembangan sektor ekonomi, baik dalam bentuk pertumbuhan industri, perdagangan, maupun jasa, sering kali mendorong terjadinya alih fungsi lahan untuk mendukung aktivitas ekonomi tersebut. Peningkatan kegiatan ekonomi biasanya diiringi dengan kebutuhan akan lahan yang lebih luas untuk pembangunan pusat-pusat bisnis,

perkantoran, industri, serta fasilitas penunjang lainnya. Di sisi lain, perubahan penggunaan lahan ini juga dapat merespons dinamika ekonomi dengan menyesuaikan alokasi lahan sesuai dengan prioritas pembangunan yang ditetapkan oleh pemerintah daerah. Oleh karena itu, memahami gambaran umum kondisi perekonomian Kota Bandar Lampung menjadi kunci untuk mengidentifikasi tren perubahan penggunaan lahan yang terjadi.

Salah satu indikator penting yang dapat menggambarkan perkembangan ekonomi adalah Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). PDRB tidak hanya mencerminkan kinerja ekonomi secara keseluruhan, tetapi juga memperlihatkan struktur ekonomi dan kontribusi sektor-sektor utama terhadap perekonomian kota. Dalam konteks Kota Bandar Lampung, pertumbuhan PDRB yang signifikan biasanya diikuti oleh peningkatan kebutuhan akan lahan untuk pembangunan kawasan bisnis, pusat perbelanjaan, serta fasilitas penunjang lainnya. Oleh karena itu, pemahaman terhadap PDRB Kota Bandar Lampung menjadi sangat penting untuk menganalisis bagaimana dinamika ekonomi berpengaruh pada tata ruang kota.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung, sektor Industri Pengolahan mencatatkan PDRB tertinggi di Kota Bandar Lampung pada tahun 2023 yang menunjukkan dominasi sektor ini dalam menyumbang pertumbuhan ekonomi kota. Sementara itu, terdapat perubahan signifikan dalam kontribusi sektor-sektor lainnya.

Pada periode 2019-2021, sektor Perdagangan Besar dan Eceran; Reparasi Mobil dan Sepeda Motor menjadi penyumbang terbesar kedua terhadap PDRB kota, namun pada tahun 2022-2023 posisinya digantikan oleh sektor Transportasi dan Pergudangan, yang mencerminkan adanya pergeseran dinamika ekonomi lokal. Sektor transportasi yang lebih dominan ini dapat dikaitkan dengan meningkatnya aktivitas logistik dan mobilitas barang serta jasa di Kota Bandar Lampung. Di sisi lain, sektor Pengadaan Listrik dan Gas

menjadi sektor dengan PDRB terendah di tahun 2023, diikuti oleh Jasa Perusahaan. Sektor Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan, yang seringkali berperan penting di wilayah perkotaan dengan pinggiran pedesaan, menempati urutan ke-9 dari total 17 lapangan usaha yang ada. Kondisi ini menunjukkan bahwa perekonomian Kota Bandar Lampung didominasi oleh sektor-sektor industri, perdagangan, dan jasa, sementara sektor primer seperti pertanian memiliki peran yang relatif lebih kecil dalam struktur ekonomi kota.

Tabel 9. PDRB Kota Bandar Lampung Menurut Lapangan Usaha Tahun 2020-2024

No.	Lapangan Usaha	Harga Berlaku					Harga Konstan				
		2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024
A.	Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan	2.180,13	2.213,98	2.256,44	2.383,27	2.541,71	1.504,75	1.494,25	1.486,58	1.493,48	1.515,20
B.	Pertambangan dan Penggalian	1.976,42	2.096,37	2.020,72	2.156,32	2.295,26	1.083,46	1.130,89	1.073,83	1.090,46	1.121,44
C.	Industri Pengolahan	12.594,05	12.268,10	13.035,41	13.565,90	13.867,88	8.031,86	7.682,01	8.005,00	8.056,83	8.133,41
D.	Pengadaan Listrik dan Gas	65,47	68,53	71,68	76,59	78,23	59,71	62,83	63,60	66,93	68,01
E.	Pengadaan Air, Pengelolaan Sampah, Limbah, dan Daur Ulang	158,99	168,09	185,48	194,68	200,84	103,74	109,23	117,85	122,34	124,08
F.	Konstruksi	6.482,85	6.466,41	6.961,00	7.649,96	8.166,39	4.419,90	4.420,18	4.574,36	4.755,95	4.943,58
G.	Perdagangan Besar dan Eceran; Reparasi Mobil dan Sepeda Motor	8.547,72	7.853,15	8.567,47	10.102,15	11.141,33	5.939,61	5.345,72	5.795,90	6.281,42	6.626,89
H.	Transportasi dan Pergudangan	8.016,24	7.821,85	8.047,93	10.343,05	13.252,47	5.278,98	5.054,29	5.155,18	6.078,43	7.026,29
I.	Penyediaan Akomodasi dan Makan Minum	1.714,61	1.515,11	1.524,67	1.762,22	1.987,19	1.006,81	882,20	882,32	997,09	1.106,40
J.	Informasi dan Komunikasi	3.491,19	3.782,84	3.879,90	3.954,49	4.222,56	2.882,79	3.135,21	3.291,93	3.316,80	3.493,72
K.	Jasa Keuangan dan Asuransi	2.943,19	3.011,42	3.126,45	3.256,83	3.375,56	1.809,59	1.848,43	1.850,29	1.804,54	1.828,91
L.	Real Estate	3.533,27	3.550,98	3.606,49	3.807,13	3.928,01	2.447,96	2.416,13	2.425,76	2.497,01	2.504,66
M,N.	Jasa Perusahaan	211,44	208,75	210,78	251,55	267,62	135,77	131,75	132,01	148,87	155,15

No.	Lapangan Usaha	Harga Berlaku					Harga Konstan				
		2020	2021	2022	2023	2024	2020	2021	2022	2023	2024
O.	Administrasi Pemerintahan, Pertahanan, dan Jaminan Sosial Wajib	3.262,63	3.482,25	3.535,94	3.590,25	3.649,54	1.995,38	2.099,07	2.140,42	2.111,52	2.120,41
P.	Jasa Pendidikan	1.893,30	2.156,16	2.196,50	2.319,01	2.398,49	1.212,33	1.303,22	1.315,98	1.350,26	1.378,04
Q.	Jasa Kesehatan dan Kegiatan Sosial	1.101,78	1.238,32	1.294,52	1.344,29	1.400,93	755,09	839,86	864,03	862,47	872,69
R,S,T,U.	Jasa Lainnya	1.030,68	967,14	959,19	1.123,98	1.329,67	705,50	676,94	663,11	766,73	868,56
TOTAL PDRB		59.203,98	58.869,44	61.480,56	67.881,67	74.103,68	39.373,24	38.632,20	39.838,17	41.801,13	43.887,42

**Ket:*

2023: Angka Sementara

2024: Angka Sangat Sementara

Sumber: BPS Kota Bandar Lampung, Tahun 2025

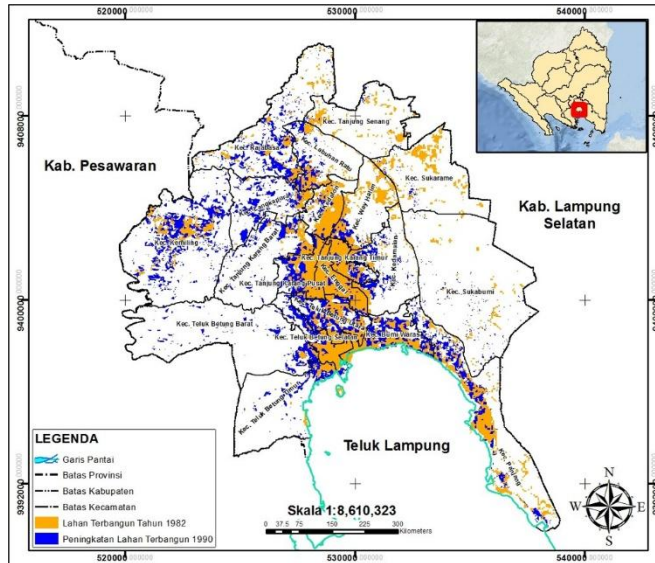
4.4. Karakteristik Pertumbuhan Kota Bandar Lampung

Pertumbuhan Kota Bandar Lampung selama periode 1982 hingga 2019 mengalami perubahan yang signifikan, terutama dari aspek alih fungsi lahan dari lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sari pada tahun 2020, perubahan ini dipengaruhi oleh pesatnya perkembangan ekonomi, peningkatan jumlah penduduk, serta kebutuhan infrastruktur yang semakin kompleks. Dalam kurun waktu tersebut, banyak lahan pertanian dan lahan kosong di pinggiran kota yang beralih fungsi menjadi kawasan pemukiman, perkantoran, dan pusat komersial, seiring dengan perkembangan kawasan perkotaan yang semakin meluas. Transformasi ini mencerminkan adanya ekspansi ruang perkotaan yang dipicu oleh urbanisasi dan kebutuhan pembangunan yang terus meningkat. Proses pertumbuhan kota yang cepat ini membawa implikasi besar terhadap struktur tata ruang Kota Bandar Lampung, serta mendorong perubahan fungsi dan pemanfaatan lahan di berbagai wilayah.

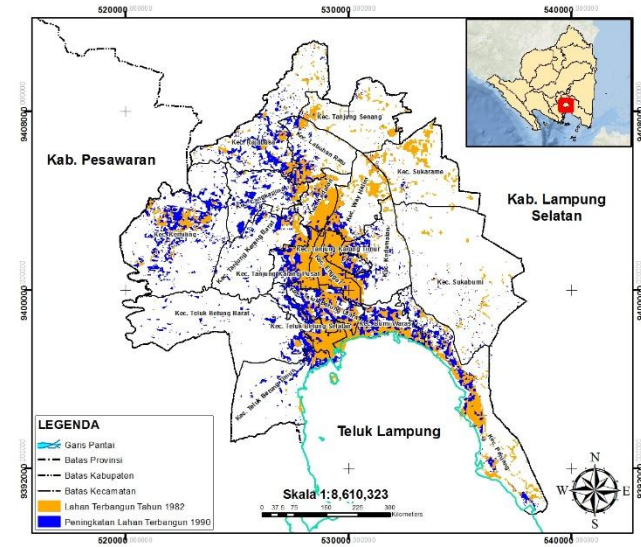
Hasil analisis spasial yang dilakukan Sari (2020), menunjukkan bahwa arah pertumbuhan Kota Bandar Lampung selama periode 1982 hingga 2019 cenderung berkembang dari pusat kota ke arah Utara, Barat Laut, Timur Laut, dan Timur, dengan sedikit ekspansi ke Tenggara. Pertumbuhan ini tidak terjadi ke arah Barat dan Barat Daya karena wilayah tersebut sejak lama telah ditetapkan sebagai kawasan lindung dan resapan air pada Rencana Tata Ruang Kota Bandar Lampung. Pada periode 1982 hingga 2000, pertumbuhan lebih banyak terkonsentrasi di wilayah Utara, Barat Laut, dan Tenggara. Sementara itu, pada periode 2005 hingga 2019, arah ekspansi pertumbuhan kota bergeser lebih dominan ke wilayah Timur dan Timur Laut. Lebih lanjut, Sari (2020) membagi pertumbuhan Kota Bandar Lampung dalam beberapa periode, dengan tingkat ekspansi yang signifikan, yaitu pada tahun 1982-1990, 2005-2010, dan 2010-2015. Selama periode 1982-1990, pertumbuhan lahan terbangun mencapai 19,47 km² atau meningkat sebesar 10,57% dari total luas Kota Bandar Lampung dalam jangka waktu delapan tahun.

Kemudian, pada periode 2005-2010, luas lahan terbangun bertambah sebesar 17,93 km² atau sekitar 9,73% dari luas wilayah kota dalam lima tahun.

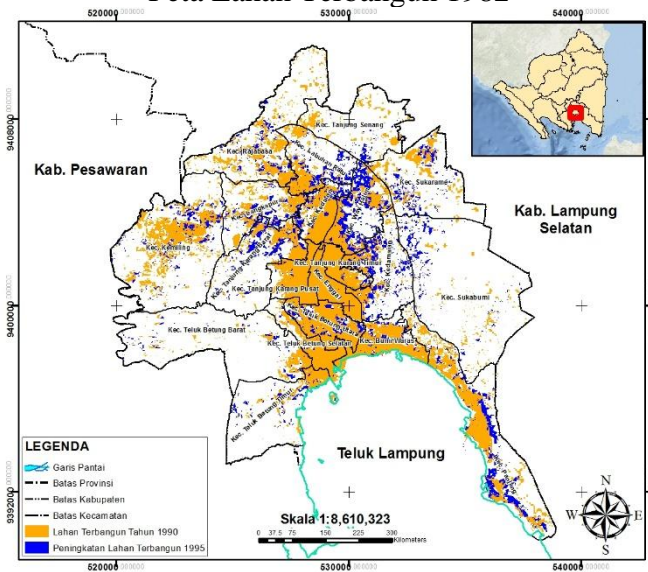
Peningkatan tertinggi terjadi pada periode 2010-2015, dengan penambahan luas lahan terbangun sebesar 21,79 km² atau 11,82% dari total luas Kota Bandar Lampung dalam lima tahun. Periode 2010-2015 merupakan masa dengan peningkatan lahan terbangun yang paling pesat, dimana total luas lahan terbangun bertambah dari 91,25 km² menjadi 113 km². Kecamatan yang menunjukkan pertumbuhan lahan terbangun paling signifikan pada periode tersebut meliputi Kecamatan Tanjung Senang, Rajabasa, Sukarame, Labuhan Ratu, dan Langkapura.



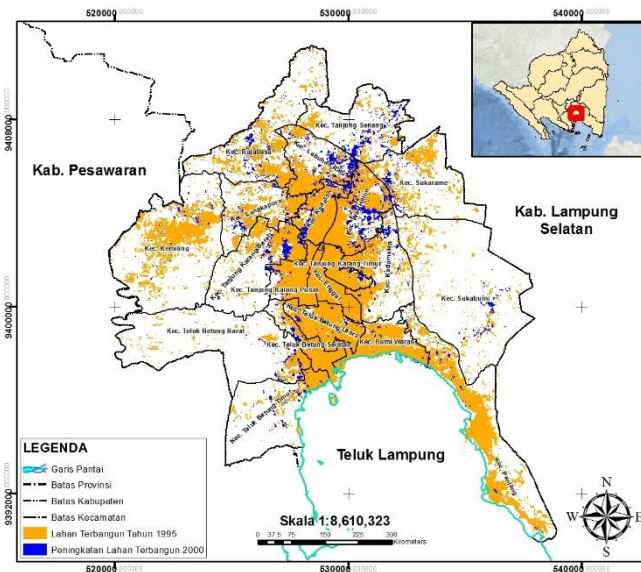
Peta Lahan Terbangun 1982



Peta Lahan Terbangun 1990



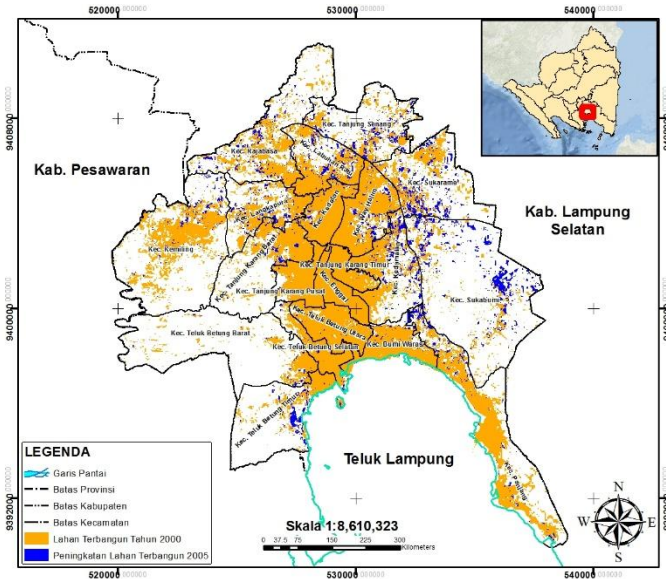
Peta Lahan Terbangun 1995



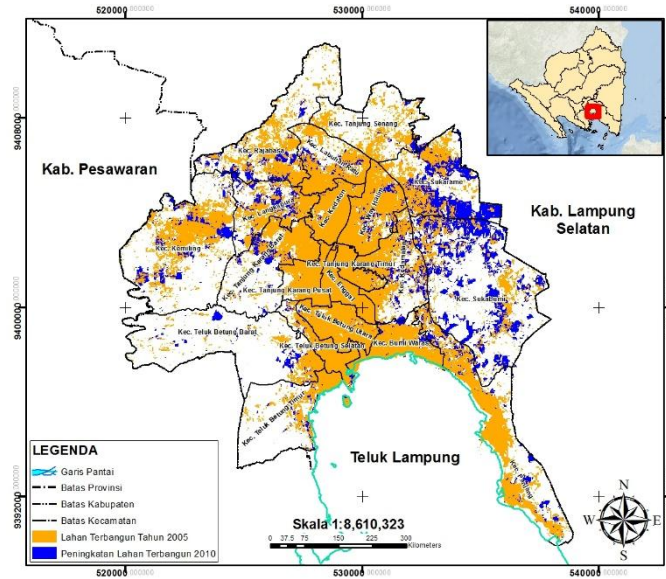
Peta Lahan Terbangun 2000

Sumber: Alifah Rahmah Sari, Tahun 2020

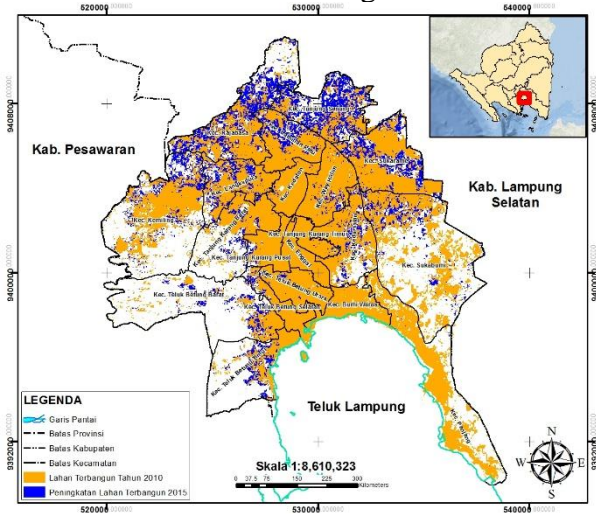
Gambar 8. Pertumbuhan Kota Bandar Lampung Periode Tahun 1982-2000



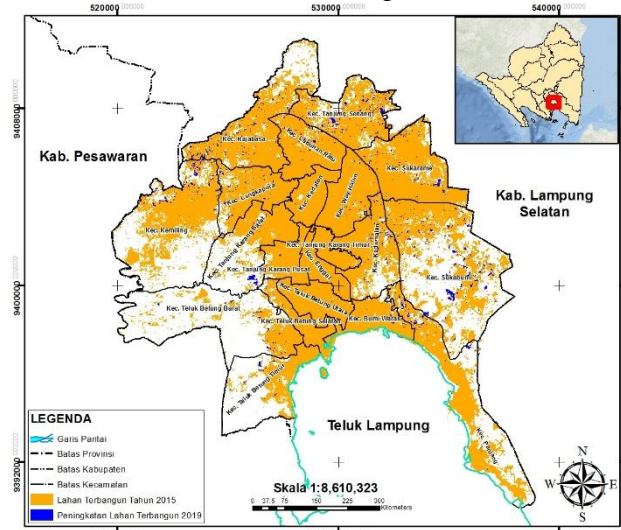
Peta Lahan Terbangun 2005



Peta Lahan Terbangun 2010



Peta Lahan Terbangun 2015



Peta Lahan Terbangun 2020

Sumber: Alifah Rahmah Sari, Tahun 2020

Gambar 9. Pertumbuhan Kota Bandar Lampung Periode Tahun 2005-2019

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pertumbuhan Kota Bandar Lampung dipengaruhi oleh faktor pendorong, faktor pembatas, dan karakteristik penutupan lahan. Berdasarkan hasil pembobotan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), faktor pendorong yang paling berpengaruh adalah kedekatan terhadap jalan utama (arteri dan kolektor) dengan bobot sebesar 0,281, diikuti oleh kedekatan terhadap industri eksisting (0,244), transit generator seperti universitas, pusat perkantoran, dan pusat perdagangan (0,159), serta pusat kegiatan kota (0,146). Hasil tersebut menunjukkan bahwa aksesibilitas dan kedekatan terhadap pusat aktivitas ekonomi merupakan faktor utama yang mendorong pertumbuhan kawasan terbangun di Kota Bandar Lampung. Sementara itu, faktor pembatas yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan kota adalah hutan lindung (0,229), Kawasan Pertanian Pangan Berkelanjutan (KP2B) (0,218), taman hutan raya (0,188), dan kawasan imbuhan air tanah (0,186). Faktor-faktor tersebut berfungsi membatasi ekspansi kawasan terbangun agar tetap memperhatikan aspek perlindungan lingkungan, ketahanan pangan, dan keberlanjutan sumber daya alam. Selain itu, kemudahan konversi penutupan lahan turut memengaruhi arah pertumbuhan kota, terutama pada lahan nonterbangun yang memiliki tingkat aksesibilitas tinggi dan berada dekat dengan kawasan yang telah berkembang.

2. Pola pertumbuhan Kota Bandar Lampung menunjukkan kecenderungan perkembangan kawasan terbangun yang mengikuti koridor jaringan jalan utama dan menyebar dari kawasan pusat kota menuju wilayah pinggiran (urban expansion). Pertumbuhan tersebut terutama terjadi pada kawasan yang memiliki aksesibilitas tinggi, dekat dengan pusat kegiatan, kawasan industri, serta kawasan permukiman yang telah berkembang sebelumnya. Secara spasial, pertumbuhan kawasan terbangun cenderung mengarah ke kecamatan-kecamatan pinggiran kota, seperti Kemiling, Langkapura, Rajabasa, Sukabumi, Tanjung Senang, Teluk Betung Barat, dan Teluk Betung Timur. Temuan ini sejalan dengan kondisi demografis Kota Bandar Lampung yang menunjukkan bahwa kecamatan-kecamatan tersebut memiliki laju pertumbuhan penduduk di atas rata-rata kota. Pola tersebut mengindikasikan terjadinya proses perluasan kota dari wilayah inti menuju kawasan pinggiran sebagai respons terhadap meningkatnya kebutuhan ruang untuk permukiman, kegiatan ekonomi, dan infrastruktur perkotaan. Selain itu, perubahan penutupan lahan menunjukkan bahwa pertumbuhan kawasan terbangun umumnya terjadi melalui konversi lahan semak belukar, lahan terbuka, ladang/tegalan, serta sebagian lahan pertanian yang berada pada lokasi strategis dan memiliki tingkat aksesibilitas yang tinggi. Dengan demikian, perkembangan Kota Bandar Lampung memperlihatkan pola pertumbuhan yang dipengaruhi oleh kombinasi faktor aksesibilitas, pusat aktivitas perkotaan, dan ketersediaan lahan yang masih dapat dikembangkan.
3. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian pertumbuhan kota terhadap RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041 sangat dipengaruhi oleh keberadaan faktor pembatas yang merepresentasikan fungsi pengendalian pemanfaatan ruang. Pada skenario optimis, seluruh tambahan kawasan terbangun seluas 1.541,83 ha berkembang pada kawasan yang sesuai dengan arahan RTRW sehingga tidak ditemukan pertumbuhan pada kawasan yang bertentangan dengan peruntukan ruang. Sebaliknya, pada skenario pesimis ditemukan sekitar 567,62 ha kawasan

terbangun berkembang pada ruang yang tidak sesuai dengan RTRW. Hasil ini menunjukkan bahwa tanpa penerapan faktor pembatas dan pengendalian pemanfaatan ruang yang efektif, pertumbuhan kota berpotensi mengarah pada peningkatan ketidaksesuaian pemanfaatan ruang. Temuan tersebut diperkuat oleh kondisi eksisting tahun 2023 yang menunjukkan bahwa masih terdapat ketidaksesuaian penggunaan lahan terhadap RTRW sebesar 5,92%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tantangan penataan ruang di Kota Bandar Lampung tidak hanya terletak pada penyusunan dokumen perencanaan, tetapi juga pada implementasi pengendalian, pengawasan, dan penegakan hukum pemanfaatan ruang. Oleh karena itu, keberhasilan RTRW sebagai instrumen penataan ruang sangat bergantung pada konsistensi penerapan kebijakan pengendalian pemanfaatan ruang sehingga pertumbuhan kota dapat berlangsung secara terarah, berkelanjutan, dan sesuai dengan rencana tata ruang yang telah ditetapkan.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan, dan kesimpulan yang telah diperoleh, maka saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi pemerintah

- a. Pemerintah Kota Bandar Lampung perlu memperkuat pengendalian pemanfaatan ruang, khususnya pada kawasan yang memiliki fungsi lindung dan kawasan yang tidak diperuntukkan sebagai lahan terbangun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada skenario pesimis, luas lahan terbangun yang tidak sesuai dengan RTRW meningkat menjadi 1.336,62 ha atau 8,95% pada tahun 2041. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanpa penerapan faktor pembatas yang konsisten, pertumbuhan lahan terbangun berpotensi masuk ke kawasan yang seharusnya dilindungi. Oleh karena itu, pengawasan dan pengendalian pemanfaatan ruang perlu diprioritaskan pada

kawasan hutan lindung, KP2B, taman hutan raya, kawasan imbuhan air tanah, badan air, kawasan perlindungan setempat, ekosistem mangrove, serta kawasan lindung lainnya.

- b. Pemerintah Kota Bandar Lampung perlu mengarahkan pertumbuhan kota agar tidak berkembang secara menyebar tanpa kendali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan lahan terbangun cenderung mengikuti koridor jalan utama dan berkembang ke wilayah pinggiran yang masih memiliki ketersediaan lahan non-terbangun. Oleh karena itu, pengembangan kawasan perkotaan perlu diarahkan pada pola pertumbuhan yang lebih kompak, terencana, dan sesuai dengan arahan RTRW. Penguatan pengendalian ruang di sekitar koridor jalan utama, kawasan industri, pusat kegiatan kota, dan wilayah pinggiran menjadi penting agar perkembangan kota tidak memperkuat gejala *urban sprawl*.
- c. Pemerintah daerah perlu menjadikan hasil pemodelan pertumbuhan kota sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam evaluasi dan pengendalian RTRW Kota Bandar Lampung Tahun 2021–2041. Hasil perbandingan antara skenario optimis dan skenario pesimis menunjukkan bahwa penerapan faktor pembatas mampu menjaga pertumbuhan lahan terbangun agar tetap lebih sesuai dengan arahan tata ruang. Dengan demikian, pemanfaatan model spasial seperti *Cellular Automata* dapat digunakan sebagai alat bantu dalam mengantisipasi arah pertumbuhan kota, mengidentifikasi kawasan yang berpotensi mengalami tekanan pembangunan, serta merumuskan kebijakan pengendalian pemanfaatan ruang yang lebih tepat.

2. Bagi penelitian selanjutnya

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan variabel yang lebih beragam dalam pemodelan pertumbuhan kota, seperti harga lahan, kepadatan penduduk, nilai ekonomi lahan, data perizinan pembangunan, jaringan transportasi yang lebih detail, serta kebijakan pembangunan wilayah. Selain itu, penelitian berikutnya juga dapat mengembangkan skenario pertumbuhan yang lebih rinci, misalnya skenario pengendalian ketat, skenario pertumbuhan sedang, dan skenario tanpa pengendalian. Penambahan variabel dan skenario tersebut diharapkan dapat menghasilkan prediksi pertumbuhan kota yang lebih mendekati kondisi nyata di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackers, P. and White, W.R. 1993. Sediment Transport in Open Channels: Ackers and White Update. *Proceeding of the Institution of Civil Engineers, Water, Maritime, and Energy*. Vol. 101, No. 4, hal. 247-249
- Ananda, E. A., Muchtar, A., dan Miswar, D. (2026). *Integration of Remote Sensing, Cellular Automata, and Carbon Modeling for Predicting Land Use Change and Carbon Stock Loss in Central Lampung Regency*. 23, 195–210.
- Aziz, W., Anisa, R., dan Dewi, C. (2025). *Model Spasial Perubahan Tutupan Lahan Dan Prediksi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Cellular Automata-Markov chain (Studi Kasus : Kecamatan Cijeruk, Caringin, Dan Cigombong, Kabupaten Bogor)*. 5(2), 19–31.
- Darmawan, A., dan Tsuyuki, S. (2015). *Simulating Future Land-cover Change A Probabilistic Cellular Automata Model approach*. University Of Tokyo Press.
- Daud, N., dan Fajriyanto. (2021). *Model Penataan Pemukiman Kumuh Di Bantaran Sungai Winongo Yogyakarta*. 372–382.
- Handoko, dan Darmawan, A. (2015). Perubahan Tutupan Hutan Di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Tahura War). *Jurnal Sylva Lestari*, 3(2), 43–52.
- Mayaguezz, H., Muhaemin, M., Gilang, M., dan Putra, A. (2023). *Analisis Aksesibilitas Evakuasi Tsunami Menggunakan Tools Network Analys Di Daerah Rawan Tsunami Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung Accessibility Of The Tsunami Evacuation Using Network Analys Tools In Tsunami Prone Area Of Tanggamus Regency, Lampung Province*. 6(April), 45–52.
- Ridwan, I. R. (2016). Faktor-Faktor Penyebab Dan Dampak Konversi Lahan Pertanian. In *Jurnal Geografi Gea* (Vol. 9, Nomor 2). <https://doi.org/10.17509/Gea.V9i2.2448>
- Sari, A. R. (2023). Kajian Perkembangan Lahan Terbangun Kota Bandar Lampung. *Journal Of Planning And Policy Development*.
- Wijaya, M. S., dan Susilo, B. (2013). Integrasi Model Spasial Cellular Automata Dan Regresi Logistik Biner Untuk Pemodelan Dinamika Perkembangan Lahan Terbangun (Studi Kasus Kota Salatiga). *Jurnal Bumi Indonesia*, 2(1), 125–133.
- Yuliasamaya, Darmawan, A., dan Hilmanto, R. (2014). Perubahan Tutupan Hutan Mangrove Di Pesisir Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 2(3), 111–124.
- Zusan, U. A., Mayaguezz, H., Damai, A. A., Effendi, N., Darmawan, A., Febryano, G., Manajemen, M., Pesisir, W., dan Lampung, U. (2024). *Sistem Pendukung Keputusan Untuk Pemilihan Lampung Selatan Decision Support System For Webgis-Based Coastal Tourism Selection In The Districtsouth Lampung*. 7(April), 45–56.

- Auwalu, F. K., Han, Z., Wu, Y., Zhang, S., Ding, N., dan Luo, J. (2023). *Spatiotemporal analysis and prediction of urban land use/land cover changes using a Cellular Automata and patch model*. *Land*, 12(8), 1525.
- Batty, Eric. 1987. *Coaching Modern Soccer Defence*. Pionir Jaya. Bandung.
- Bhattacharjee, S., Sharma, N., Salim, M., Garg, R. D., dan Sharma, K. (2025). *Predictive modeling of land cover changes in round-1 smart cities of India using Cellular Automata and GIS*. *Discover Cities*, 2, 6.
- Bourne, L.S., ed. 1982. *Internal Structure of the City: Readings on Urban Form, Growth, and Policy, 2nd edition*. Oxford University Press. Oxford.
- Brettnall, A., E., and Clarke, G., S. 1998. *Analytical profiles of drug substance and excipients. Vol 25*. Academic press. San Diego.
- Budihardjo, E dan Sudant, H. 1993. *Kota Berwawasan Lingkungan*. Bandung.
- Budihardjo, E, dan Sujarto, D. 1999. *Kota Berkelanjutan*. Penerbit Alumni. Bandung.
- Clarke, R.V. ed. 1997. *Situational Crime Prevention: Successful Case Studies, 2nd Edition*. Albany, NY, Harrow and Heston.
- Darmawan, A., dan Tsuyuki, S. (2015). *Simulating Future Land-Cover Change A Probabilistic Cellular Automata Model Approach*. University Of Tokyo Press.
- Daud, N., dan Fajriyanto. (2021). *Model Penataan Pemukiman Kumuh Di Bantaran Sungai Winongo Yogyakarta*. 372–382.
- Handoko, dan Darmawan, A. (2015). *Perubahan Tutupan Hutan Di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Tahura War)*. *Jurnal Sylva Lestari*, 3(2), 43–52.
- Hasyim, F. 2021. *Prediksi Perkembangan Lahan Terbangun Di Kabupaten Bogor Dengan Faktor Pembatas Kawasan Lindung Dan Lp2b Menggunakan Pendekatan Cellular Automata*. Tesis. ITB Press. Bandung
- Li, H., Liu, Z., Lin, X., Qin, M., Ye, S., dan Gao, P. (2024). *A novel spatiotemporal urban land change simulation model: Coupling transformer encoder, convolutional neural network, and Cellular Automata*. *Journal of Geographical Sciences*, 34, 2263–2287.
- Lillesand T.M, Kiefer FW. 1993. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Alih bahasa. R. Dubahri*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Liu, Y., dan He, J. 2009. *Developing A Web-Based Cellular Automata Model For Urban Growth Simulation*, 7492, 1–8.
<https://doi.org/10.1117/12.838657>
- Liu, Y., Batty, M., Wang, S., dan Corcoran, J. (2021). *Modelling urban change with Cellular Automata: Contemporary issues and future research directions*. *Progress in Human Geography*, 45(1).
- Mayaguezz, H., Muhaemin, M., Gilang, M., dan Putra, A. (2023). *Analisis*

- Aksesibilitas Evakuasi Tsunami Menggunakan Tools Network Analys Di Daerah Rawan Tsunami Kabupaten Tanggamus , Provinsi Lampung*
Accessibility Of The Tsunami Evacuation Using Network Analys Tools In Tsunami Prone Area Of Tanggamus Regency , Lampung Province. 6(April), 45–52.
- Pierce, J. T. 1981. Conversion of rural land to urban: A Canadian profile. *The Professional Geographer*, 33(2), 163–173.
- Pratomoatmojo, N. A. 2012. *Land Use Change Modelling Under Tidal Flood Scenario*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Ridwan, I. R. (2016). Faktor-Faktor Penyebab Dan Dampak Konversi Lahan Pertanian. In *Jurnal Geografi Gea* (Vol. 9, Nomor 2).
<https://doi.org/10.17509/Gea.V9i2.2448>
- Ronghui, Tan et al. 2014. Urban Growth and Its Determinants Across *The Wuhan Urban Agglomeration, Central China, Habitat International*. Vol. 44, October, hal 268-281.
- Sari, A. R. (2023). Kajian Perkembangan Lahan Terbangun Kota Bandar Lampung. *Journal Of Planning And Policy Development*.
- Septawicaksono, D dan Pratomoatmojo, N. 2019. Prediksi Perkembangan Permukiman Berbasis *Cellular Automata* dengan Batasan Kawasan Rawan Banjir di Perkotaan Kabupaten Bojonegoro *Jurnal Teknik Its Vol. 8, No. 2*,
- Setiady, Dicky, dan Projo Danoedoro. 2016. Prediksi Perubahan Lahan Pertanian Sawah Sebagian Kabupaten Klaten Dan Sekitarnya Menggunakan *Cellular Automata* Dan Data Penginderaan Jauh. *Jurnal Bumi Indonesia Vol. 5 No. 1*.
<http://lib.geo.ugm.ac.id/ojs/index.php/jbi/article/view/445>.
- Smith, J., Li, Y., dan Johnson, P. (2025). *Cellular Automata models for simulation and prediction of urban land use change: Development and prospects*. *AI in Geography*, 1(100142).
- Soetomo, S. 2002. *Dari Urbanisasi Ke Morfologi Kota. Mencari Konsep Pembangunan Tata Ruang Kota Yang Beragam*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Stevens, D., dan Dragičević, S. (2007). *A GIS-based irregular Cellular Automata model of land-use change*. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan RnD*. Alfabeta. Bandung.
- Tobler, W. R. 1975 . A Computer Movie Simulating Urban Growth In The Detroit Region. *Economic geography*, 46(sup1), 234-240.
- UNODC. World Health Statistics 2018 *Monitoring Health For The SDGs. Vol 7.; 2018*.
- Wahyunto dkk.,. 2001. Studi Perubahan Lahan di Sub DAS Citarik, Jawa Barat dan DAS Kaligarang Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah. Hal 39- 40. Bogor 1 Mei 2001*.

- Wang, L., Feng, C., Zhang, Z., dan Liu, H. (2022). *Landscape-driven patch-based Cellular Automata model for urban land use changes*. *Cities*, 132, 103906.
- Wang, X., Yang, J., Zhang, Y., dan Li, M. (2023). *Modeling gridded urban fractional change using context information in the urban Cellular Automata model*. *Cities*, 133, 104146.
- Wijaya, M. S., dan Susilo, B. (2013). Integrasi Model Spasial *Cellular Automata* Dan Regresi Logistik Biner Untuk Pemodelan Dinamika Perkembangan Lahan Terbangun (Studi Kasus Kota Salatiga). *Jurnal Bumi Indonesia*, 2(1), 125–133.
- Wolfram, S. 1984. *Cellular Automata As Models Of Complexity*. *Nature International Weekly Journal Of Science*, 311.
- Yuliasamaya, Darmawan, A., dan Hilmanto, R. (2014). Perubahan Tutupan Hutan Mangrove Di Pesisir Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 2(3), 111–124.
- Zahrotunisa, S., dan Wicaksono, P. 2017. Prediksi Spasial Perkembangan Lahan Terbangun Melalui Pemanfaatan Citra Landsat Multitemporal di Kota Bogor. *Jurnal Pengembangan Kota*, Vol. 5.1, hal. 58 – 68
- Zusan, U. A., Mayaguezz, H., Damai, A. A., Effendi, N., Darmawan, A., Febryano, G., Manajemen, M., Pesisir, W., dan Lampung, U. (2024). *Sistem Pendukung Keputusan Untuk Pemilihan Lampung Selatan Decision Support System For Webgis-Based Coastal Tourism Selection In The Districtsouth Lampung*. 7(April), 45–56.