

**PREDIKSI PERUBAHAN TUTUPAN/PENGGUNAAN LAHAN TAHUN 2036
DI KECAMATAN KOTABUMI UTARA MENGGUNAKAN
MODEL *CELLULAR AUTOMATA***

(Skripsi)

Oleh

**EKA HARIYATI
NPM 2013034013**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PREDIKSI PERUBAHAN TUTUPAN/PENGGUNAAN LAHAN TAHUN 2036 DI KECAMATAN KOTABUMI UTARA MENGGUNAKAN MODEL *CELLULAR AUTOMATA*

Oleh

EKA HARIYATI

Permasalahan angka pertumbuhan penduduk yang tinggi tentunya akan diikuti dengan meningkatnya kebutuhan, termasuk kebutuhan akan lahan baik untuk permukiman maupun fasilitas pendukung lainnya. Indonesia, berdasarkan BPS 2022, mencatat angka laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,13%. Sedangkan berdasarkan data, banyak wilayah di Indonesia yang memiliki angka laju pertumbuhan lebih tinggi dari angka nasional, salah satunya terdapat di Provinsi Lampung, yaitu Kecamatan Kotabumi Utara, dengan angka laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,3%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perubahan tutupan lahan dan meramalkan perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara pada tahun 2036 menggunakan model *Cellular Automata* (CA). Citra yang digunakan meliputi data Landsat pada tahun 2008, 2015, dan 2022. Metode klasifikasi yang diterapkan adalah *Maximum Likelihood*. Variabel yang menjadi fokus penelitian ini mencakup kemiringan lereng, jaringan jalan, pola permukiman, serta jenis tanah yang ada di wilayah tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara pada tahun 2036 salah satunya pengurangan luas tutupan lahan jenis pertanian lahan kering yaitu sebesar 146,95 hektar atau sebesar 1,58%. Pemodelan tutupan lahan menggunakan model LG menunjukkan hasil yang cukup baik, dibuktikan dengan indeks nilai validasi yaitu nilai *kappa* menunjukkan angka 0,67622.

Kata kunci: Tutupan lahan, *Cellular Automata*, *Logistic Regression*.

ABSTRACT

PREDICTION OF CHANGES IN LAND COVER/USE IN 2036 IN NORTH KOTABUMI DISTRICT USING THE CELLULAR AUTOMATA MODEL

By

EKA HARIYATI

High population growth will of course be followed by increasing needs, including the need for land, both for housing and other supporting facilities. Based on BPS 2022, Indonesia recorded a population growth rate of 1.13%, whereas according to data, many regions in Indonesia have a growth rate higher than the national figure, one of which is in Lampung Province, namely North Kotabumi District with a population growth rate of 1.3%. This research aims to find out how land cover changes occur and predict changes in land cover/use in North Kotabumi District in 2036 using the Cellular Automata (CA) model. The images used in this research are Landsat images from 2008, 2015 and 2022. The classification method used in this research is Maximum Likelihood. The variables used in this research are slope, road, settlement and soil type. The research results show that there will be changes in land cover/use in North Kotabumi District in 2036, one of which is a reduction in the area of land cover for dry land agricultural types, namely 146.95 hectares or 1.58%. Land cover modeling using the LG model shows quite good results, as evidenced by the validation value index, namely the kappa value shows 0.67622.

Keywords: Land cover, Cellular Automata, *Logistic Regression*.

**PREDIKSI PERUBAHAN TUTUPAN/PENGGUNAAN LAHAN TAHUN 2036
DI KECAMATAN KOTABUMI UTARA MENGGUNAKAN
MODEL *CELLULAR AUTOMATA***

Oleh

EKA HARIYATI

Skripsi

**Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Pendidikan Geografi
Jurusan Pendidikan dan Ilmu Pengetahuan Sosial
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : PREDIKSI PERUBAHAN
TUTUPAN/PENGGUNAAN LAHAN TAHUN
2036 DI KECAMATAN KOTABUMI UTARA
MENGUNAKAN MODEL *CELLULAR*
AUTOMATA

Nama Mahasiswa : Eka Hariyati

Nomor Pokok Mahasiswa : 2013034013

Program Studi : Pendidikan Geografi

Jurusan : Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Pembantu

Dr. Dedy Miswar, S.Si., M.Pd.
NIP 19741108 200501 1 003

Dr. Rahma Kurnia SU, S.Si., M.Pd.
NIP 19820905 200604 2 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Pendidikan
Ilmu Pengetahuan Sosial,

Ketua Program Studi
Pendidikan Geografi,

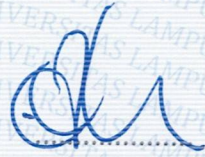
Dr. Dedy Miswar, S.Si., M.Pd.
NIP 19741108 200501 1 003

Dr. Sugeng Widodo, M.Pd.
NIP 19750517 200501 1 002

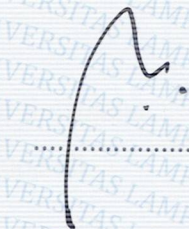
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

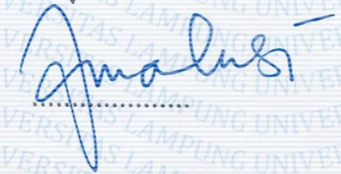
Ketua : **Dr. Dedy Miswar, S.Si., M.Pd.**



Sekretaris : **Dr. Rahma Kurnia SU, S.Si., M.Pd.**



Penguji : **Irma Lusi Nugraheni, S.Pd., M.Si.**



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Prof. Dr. Sunyono, M.Si.
NIP 19651230 199111 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 Februari 2024**

SURAT PERNYATAAN


Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Eka Hariyati
NPM : 2013034013
Program Studi : Pendidikan Geografi
Jurusan/Fakultas : Pendidikan IPS/FKIP
Alamat : Jalan Letjen Marmukiyat 98, Desa Sawojajar,
Kecamatan Kotabumi Utara, Kabupaten
Lampung Utara, 34552

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Prediksi Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan Tahun 2036 Di Kecamatan Kotabumi Utara Menggunakan Model *Cellular Automata*”** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis yang diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 25 Maret 2024
Pemberi Pernyataan




Eka Hariyati
NPM 2013034013

RIWAYAT HIDUP



Nama lengkap penulis yaitu Eka Hariyati, lahir di Kotabumi Kabupaten Lampung Utara Provinsi Lampung pada hari Senin tanggal 21 Januari 2002 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Ibunda Wagiyem dan Ayahanda Sarmo.

Pendidikan yang pernah ditempuh penulis diantaranya yaitu:

1. TK *Istiqomah Guppi* pada tahun 2008-2009.
2. Sekolah Dasar di SDN 2 Madukoro pada tahun 2009-2014.
3. SMPN 6 Kotabumi pada tahun 2014-2017.
4. SMAN 2 Kotabumi pada tahun 2017-2020.
5. Pada tahun 2020. Penulis diterima menjadi Mahasiswa S-1 Program Studi Pendidikan Geografi Jurusan Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif bergabung dalam organisasi Ikatan Mahasiswa Geografi Indonesia (IMAHAGI) pada tahun 2022/2023. Pada tahun 2022 penulis juga ikut bergabung dalam organisasi Ikatan Mahasiswa Geografi (IMAGE) pada divisi Penelitian dan Pengembangan.

Tahun 2022 bulan April penulis mengikuti ajang perlombaan LCT Siaga Bencana Tingkat Nasional di Universitas Sriwijaya dan berhasil mendapatkan juara 3, kemudian pada Tahun 2023 penulis aktif mengikuti kegiatan magang di Puspa *tour and travels* di Kota Bandar Lampung.

PERSEMBAHAN

Penulis mempersembahkan karya kecil ini untuk :

Kedua Orang tua-ku (Ibu Wagiyem & Bapak Sarmo)

Untuk dua orang terhebat dalam hidupku, jutaan kata terima kasih tidak akan cukup untuk miliaran bahkan triliunan cinta kasih, keringat dan pengorbananmu.

Terima kasih telah menjadi orang tua yang luar biasa yang telah mendidik, menjaga dan memberikan penulis kehidupan yang indah, selalu mendukung dan mempercayai semua keputusan dan cita-cita penulis. Ya Allah, jika Engkau memberiku kesempatan untuk terlahir kembali, izinkanlah aku menjadi putri kecil mereka sekali lagi.

Adik – Adik-ku (Mei Safitri & Mila Susanti)

Untuk kedua adik – adikku tercinta, semoga kalian menjadi anak hebat yang akan mengangkat derajat orang tua baik di dunia maupun akhirat.

Almamaterku Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

MOTTO

“Selalu merendah, karena yang tinggi itu hanya Do’a seorang ibu”.

(Eka Hariyati)

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik untuk dirimu sendiri. Dan jika kamu berbuat jahat, maka (kerugian kejahatan) itu untuk dirimu sendiri”.

(Q.S Al-Isra-7)

“Membenci seseorang itu melelahkan jadi jangan membenci siapa pun meskipun mereka menyakitimu”.

(Al Habib Umar Bin Hafidz)

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan hidayahnya skripsi dapat terselesaikan. Skripsi dengan judul “ **Prediksi Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan Tahun 2036 Di Kecamatan Kotabumi Utara Menggunakan Model *Cellular Automata***” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Ilmu Pendidikan di Universitas Lampung.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa pengetahuan dan kemampuan penulis dalam menyusun skripsi masih sangat terbatas, namun atas bimbingan Bapak Dr. Dedy Miswar S.Si., M.Pd. selaku dosen pembimbing I serta pembimbing akademik yang dengan sabar telah membimbing serta memberikan saran dan kritik dalam penyusunan skripsi ini. Ibu Dr. Rahma Kurnia Sri Utami, S.Si., M.Pd. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis, memberi motivasi, saran dan kritik dalam menyusun skripsi ini serta Ibu Irma Lusi Nugraheni, S.Pd., M.Si., selaku dosen penguji yang telah membimbing, menyumbang banyak ilmu, kritik dan saran selama penyusunan skripsi ini. Dalam kesempatan ini diucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Riswandi, M.Pd. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerjasama Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
3. Bapak Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.

4. Bapak Hermi Yanzi, S.Pd., M.Pd. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
5. Bapak Dedy Miswar, S.Si., M.Pd. selaku ketua Jurusan Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Sugeng Widodo, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Geografi Jurusan Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
7. Dosen Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung khususnya Dosen Program Studi Pendidikan Geografi, yang telah mendidik dan membimbing penulis selama menyelesaikan studi.
8. Pemerintah Kabupaten Lampung Utara yang telah memberikan izin penulis untuk melakukan penelitian di Kecamatan Kotabumi Utara.
9. Kedua orang tua tercinta, Ibu Wagiyem dan Bapak Sarmo yang selalu memberikan kasih sayang, membimbing, mendidik, mendukung baik secara material dan emosional serta tak hentinya mendoakan dan mengusahakan keberhasilanku. Terima kasih atas ketulusan cinta kasih, kesabaran hati tiada henti dan pengorbanan waktu dan segalanya untuk penulis.
10. Kepada Bapak Slamet, Ibu Iryani dan Ibu Rahma Suciati serta Bapak Totok Noch Samsi yang selalu mendukung dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan proses perkuliahan dari awal hingga akhir.
11. Adik - adik tercinta penulis Mei Safitri dan Mila Susanti yang selalu memotivasi dan mendoakanku dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga kalian berdua selalu sehat, semangat dan berprestasi dalam mengenyam pendidikan yang lebih tinggi.
12. Sahabat – sahabat terbaik penulis Salsabilla Hani Septika Sari, Nikita Ajeng Dwi Zulfi, Yasmin Intiyaz Artic, Ani Septia Hapsari, Indah Sabela Handayani, Linda Yunita dan Tri Winarti yang selalu memberikan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

13. Teman – teman seperjuangan Pendidikan Geografi Angkatan 2020 yang telah kebersamai penulis dalam menempuh pendidikan sarjana di Universitas Lampung.
14. Puspa *Tour & Travels*, yang telah memberikan banyak pengalaman baru dalam dunia kerja serta memberikan banyak dukungan dalam penyusunan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.
15. Semua pihak yang telah membantu, memberi doa dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga amal dan ibadah dari semua pihak yang membantu dalam penyusunan skripsi ini mendapatkan imbalan pahala dari Allah SWT. Amiin.
16. Teruntuk diri sendiri Eka Hariyati, tepuk tangan dan apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab menyelesaikan apa yang telah di mulai. Terima kasih selalu bertahan dari berbagai tekanan di setiap keadaan dan tak pernah memutuskan menyerah sesulit apa pun proses penyusunan skripsi ini dengan menyelesaikan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri. Terima kasih sudah bertahan.
17. Terakhir untuk seseorang yang pernah bersama, terima kasih atas dukungan dari awal kelas 11 sampai semester 4 dunia perkuliahan juga atas patah hati yang telah diberikan, sekarang menjadi pengingat untuk penulis sehingga dapat membuktikan bahwa anda akan tetap menjadi alasan untuk berproses menjadi lebih baik. Terima kasih telah menjadi bagian menyenangkan dan menyakitkan dari proses pendewasaan penulis.

Bandar Lampung, 25 Maret 2024

Penulis

Eka Hariyati
NPM. 2013034013

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	6
1.3. Rumusan Masalah.....	6
1.4. Tujuan Penelitian	6
1.5. Kegunaan Penelitian	7
1.6. Ruang Lingkup Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Pengertian Geografi dan Geografi Teknik.....	9
2.2. Klasifikasi Tutupan/Penggunaan Lahan	9
2.2.1. Pengertian Tutupan/Penggunaan Lahan	9
2.2.2. Klasifikasi Tutupan/Penggunaan Lahan.....	10
2.3. Sistem Informasi Geografi dan Penginderaan Jauh.....	11
2.3.1. Penginderaan Jauh	12
2.4. Model.....	12
2.4.1. Faktor Pendorong.....	12
2.4.2. <i>Cellular Automata (CA)</i>	14
2.4.3. <i>Logistic Regression</i>	15
2.4.4. Uji Validitas.....	17
2.5. Penelitian Relevan	18
2.6. Kerangka Penelitian.....	20

III. METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1. Metode Penelitian.....	22
3.2. Lokasi Penelitian	22
3.3. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel	25
3.3.1. Variabel Penelitian	25
3.3.2. Definisi Operasional Variabel.....	25
3.4. Bahan dan Alat Penelitian	26
3.4.1. Bahan Penelitian.....	26
3.4.2. Alat Penelitian	26
3.5. Teknik Pengumpulan Data	27
3.6. Tahap Persiapan	28
3.7. Tahap Penelitian.....	28
3.7.1. Tahap Pencarian dan Pengumpulan Data.....	28
3.7.2. Tahap Pengolahan Data.....	28
3.7.3. Tahap Pengolahan Faktor Pendorong	31
3.7.4. Tahap Pemodelan dan Prediksi	32
3.8. Teknik Analisis Data	35
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Gambaran Umum Daerah Penelitian.....	38
4.1.1. Sejarah Kecamatan Kotabumi Utara.....	38
4.1.2. Kondisi Geografis Kecamatan Kotabumi Utara.....	40
4.1.3. Kondisi Sosial dan Budaya Kecamatan Kotabumi Utara.....	48
4.2. Hasil Penelitian	52
4.2.1. Tutupan/Penggunaan Lahan di Kecamatan Kotabumi Utara tahun 2008, 2015 dan 2022	52
4.2.2. Prediksi Tutupan/Penggunaan Lahan di Kecamatan Kotabumi Utara tahun 2036.....	69
4.3. Pembahasan.....	80
4.3.1. Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan di Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2008 - 2022	80
4.3.2. Prediksi Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan di Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2008 - 2022.....	84
V. SIMPULAN DAN SARAN	87
5.1. Simpulan.....	87
5.2. Saran.....	87

DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	93

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jumlah Penduduk Kecamatan Kotabumi Utara	2
2. Laju Pertumbuhan Penduduk per Tahun 2022 di Kabupaten Lampung Utara.....	3
3. Sistem Klasifikasi Tutupan/Penggunaan Lahan Badan Standarisasi Nasional 2020.....	10
4. Klasifikasi tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara	11
5. Kelebihan dan Kekurangan Model <i>Logistic Regression</i>	16
6. Penelitian Relevan.....	18
7. Variabel Pendorong Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan.....	26
8. Curah Hujan Kecamatan Kotabumi Utara	45
9. Kelembaban Kecamatan Kotabumi Utara.....	46
10. Suhu Udara Kecamatan Kotabumi Utara.....	47
11. Jumlah Penduduk Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2008, 2015 dan 2022	48
12. Tutupan/Penggunaan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2008.....	53
13. Tutupan/Penggunaan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2015.....	54
14. Tutupan/Penggunaan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2022.....	56

15. Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan Tahun 2008 - 2015	59
16. Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan Kecamatan (Ha) Tahun 2008 dan 2015.....	61
17. Perubahan Tutupan/penggunaan Lahan Tahun 2015 - 2022.....	63
18. Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan Kecamatan (Ha) Tahun 2015 dan 2022.....	65
19. Matrik Arah Perubahan Luas Tutupan/Penggunaan Lahan Tahun 2008, 2015 dan 2022	66
20. Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara	68
21. Uji Korelasi	70
22. Model Luas Perubahan Luas Lahan Tahun 2015 dan 2022.....	71
23. Luas Tutupan/Penggunaan Lahan Prediksi dan Eksisting (Ha).....	73
24. Prediksi Perubahan Luas Tutupan/Penggunaan Lahan Tahun 2036.....	75
25. Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan Tahun 2022 dan 2036.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pemodelan <i>Logistic Regression</i>	16
2. Kerangka Penelitian	21
3. Peta Lokasi Penelitian	24
4. Tahap Pengolahan Data.....	30
5. Tahap Pengolahan Faktor Pendorong	31
6. Tahap <i>Inputs CA</i>	32
7. Tahap <i>Evaluating Correlation CA</i>	33
8. Tahap <i>Area Change CA</i>	33
9. Tahap <i>Transition Potential Modeling CA</i>	34
10. Tahap <i>Cellular Automata Simulation CA</i>	34
11. Tahap <i>Validation CA</i>	35
12. Diagram Alir Penelitian	37
13. Peta Administrasi Kecamatan Kotabumi Utara tahun 2023	42

14. Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Kotabumi Utara tahun 2023.....	43
15. Peta Jenis Tanah Kecamatan Kotabumi Utara tahun 2023	44
16. Peta Persebaran Permukiman Kecamatan Kotabumi Utara tahun 2023	50
17. Peta Jaringan Jalan Kecamatan Kotabumi Utara tahun 2023	51
18. Peta Tutupan/penggunaan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2008.....	52
19. Peta Tutupan/Penggunaan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2015.....	54
20. Peta Tutupan/Penggunaan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2022.....	56
21. Tutupan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara tahun 2008, 2015 dan 2022....	58
22. Faktor Pendorong Perubahan Tutupan Lahan.....	70
23. Hasil Tahap <i>Transition Modelling</i>	72
24. Nilai kappa dan <i>validations</i>	74
25. Peta Prediksi Tutupan/Penggunaan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2036.....	74
26. Diagram Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan Tahun 2022 dan 2036.....	79
27. Tangkapan citra <i>Google Earth</i> tahun 2008 dan 2022 Desa Margorejo	81
28. Citra <i>Google Earth</i> tahun 208 dan 2022 Kecamatan Kotabumi Utara	83

DAFTAR LAMPIRAN

1. Surat Izin Penelitian Dinas Penanaman Modal dan Terpadu Satu Pintu Kabupaten Lampung Utara	93
2. Surat Keterangan Izin Penelitian Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Kabupaten Lampung Utara	94
3. Peta Tutupan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2008	95
4. Peta Tutupan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2015	96
5. Peta Tutupan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2022	97
6. Peta Prediksi Tutupan Lahan Kecamatan Kotabumi Utara Tahun 2036	98
7. Dokumentasi Lapangan.....	99
8. Dokumentasi Penelitian di Dinas Pembangunan Umum Kabupaten Lampung Utara.....	101

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara dengan jumlah penduduk tertinggi di dunia. Menurut *statistical yearsbook of Indonesia* tahun 2022 mencatat bahwa Indonesia memiliki jumlah penduduk sebanyak 275,77 juta jiwa sehingga menjadikan Indonesia sebagai negara dengan jumlah penduduk terbanyak nomor empat di dunia. Tingginya jumlah penduduk Indonesia disebabkan oleh tingginya pertumbuhan penduduk, angka laju pertumbuhan penduduk Indonesia pada tahun 2022 tercatat sebesar 1,13% tergolong cukup tinggi (BPS, 2022). Pertumbuhan penduduk yang tinggi tentunya akan diikuti dengan meningkatnya kebutuhan termasuk kebutuhan akan lahan baik untuk permukiman maupun fasilitas pendukung lainnya (Muhammad, 2021), sehingga dibutuhkan konversi lahan untuk memenuhi kebutuhan. Kegiatan konversi lahan sendiri akan menyebabkan perubahan bentuk maupun fungsi lahan yang secara perlahan akan menyebabkan terjadinya perubahan pada tutupan/penggunaan lahan yang ada.

Perubahan tutupan lahan/penggunaan tentu akan mempengaruhi kegiatan perencanaan dan pembangunan suatu wilayah sehingga dibutuhkan landasan yang kuat dalam pengambilan kebijakan yang mengatur tentang tata kelola. Faktor yang mempengaruhi perubahan tutupan/penggunaan lahan adalah topografi, penambahan penduduk yang, nilai lahan, aksesibilitas, serta sarana dan prasarana serta daya dukung lingkungan (Boreel & Meliani, 2022), sejalan dengan teori tersebut pertumbuhan populasi penduduk adalah penyebab utama perubahan tutupan/penggunaan lahan menurut Fikri (2021).

Pertumbuhan penduduk sendiri dapat diartikan sebagai proses penambahan maupun pengurangan penduduk di wilayah tertentu yang dapat dilihat melalui angka laju pertumbuhan penduduk (Wardhana & Noven, 2020). Terdapat beberapa wilayah di Indonesia yang tercatat memiliki angka laju pertumbuhan penduduk lebih besar dibandingkan angka laju pertumbuhan nasional salah satunya ada di Kecamatan Kotabumi Utara. Kecamatan ini memiliki laju pertumbuhan sebesar 1,3% sedangkan laju pertumbuhan indonesia hanya sebesar 1,13%. Laju pertumbuhan yang tinggi tersebut menyebabkan jumlah penduduk di kecamatan ini mengalami perubahan yang signifikansi dari waktu ke waktu, tercatat pada tahun 2022 jumlah penduduk di kecamatan ini sebesar 34.356 penduduk (BPS Lampung Utara, 2022). Kecamatan Kotabumi Utara juga merupakan salah satu wilayah di Provinsi Lampung yang menerima program transmigrasi nasional yang dilaksanakan oleh pemerintah pusat pada tahun 1977-2009, lokasi tempat tinggal para pendatang transmigran ini tepatnya di Desa Wonomarto. Berikut data perubahan jumlah penduduk di Kecamatan Kotabumi Utara pada tahun 2008, 2015 dan 2022:

Tabel 1. Jumlah Penduduk Kecamatan Kotabumi Utara

Tahun	Jumlah Penduduk
2008	30.655 jiwa
2015	31.784 jiwa
2022	34.356 jiwa

Sumber: BPS Lampung Utara dalam angka 2022.

Berdasarkan data di atas Kecamatan Kotabumi Utara mengalami lonjakan penduduk yang signifikan dalam kurun waktu 7 tahun terjadi peningkatan jumlah penduduk sebesar 2.572 jiwa, hal ini sesuai dengan data yang ada yaitu kecamatan ini merupakan kecamatan yang memiliki angka laju pertumbuhan nomor satu di Kabupaten Lampung Utara (BPS Kabupaten Lampung Utara, 2022).

Tabel 2. Laju Pertumbuhan Penduduk per Tahun 2022 di Kabupaten Lampung Utara

No.	Kecamatan	Laju Pertumbuhan (%)
1	Bukit Kemuning	0,77
2	Abung Tinggi	1,197
3	Tanjung Raja	0,707
4	Abung Tengah	0,968
5	Abung Kunang	1,119
6	Abung Pekurun	0,456
7	Kotabumi	1,285
8	Kotabumi Utara	1,33
9	Kotabumi Selatan	0,545
10	Abung Selatan	1,21
11	Abung Semuli	1,027
12	Blambangan Pagar	1.197
13	Abung Timur	0,814
14	Abung Surakarta	0,350
15	Sungkai Selatan	0,742
16	Muara Sungkai	0,478
17	Bunga Mayang	0,677
18	Sungkai Barat	-0,030
19	Sungkai Jaya	-0,263
20	Sungkai Utara	1,042
21	Hulu Sungkai	0,809
22	Sungkai Tengah	1,106

Sumber: BPS Lampung Utara tahun 2022.

Pertumbuhan penduduk memiliki efek langsung terhadap perubahan tutupan/penggunaan lahan (Risky & Saraswati, 2023). Semakin tinggi pertumbuhan penduduk maka permintaan akan lahan guna perumahan dan perekonomian akan meningkat pada setiap tahunnya yang menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan (Miswar & Sugiyanta, 2020). Perubahan tutupan/penggunaan lahan ini perlu diketahui arah perubahan kedepannya agar pembangunan dapat berjalan dengan efektif (Hapsary & Subiyanto, 2021). Perubahan tutupan/penggunaan lahan sendiri akan memberikan dampak pada kehidupan masyarakat baik dalam waktu jangka panjang maupun singkat serta bisa bersifat positif maupun negatif. Berdasarkan hal tersebut tentunya diperlukan monitoring serta perencanaan yang matang terhadap perubahan tutupan/penggunaan lahan dari tahun ke tahunnya guna mengetahui bagaimana perkembangan dan perubahan di masa yang akan datang sehingga dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam proses perencanaan dan pembangunan wilayah (Dabukke & Susetyo, 2021). Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam kegiatan pemantauan perubahan tutupan/penggunaan lahan yaitu penginderaan jauh (Jaya, 2010) dengan kemampuannya menyediakan informasi mengenai keragaman spasial di permukaan bumi dengan cepat, luas, tepat, serta mudah.

Teknologi penginderaan jauh dapat dikombinasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG), yang merupakan suatu sistem informasi berbasis komputer untuk menyimpan, mengolah, dan menganalisis data berbasis geografis. Kombinasi teknologi ini memungkinkan untuk mempelajari perubahan dalam penggunaan dan tutupan lahan dengan menambahkan indikator pendorong perubahan. Salah satu fitur yang disediakan dalam penggabungan kedua teknologi ini adalah *Cellular Automata (CA)*, yang merupakan salah satu model yang dapat diterapkan dengan berbagai kombinasi analisis, termasuk *Logistic Regression (LR)*.

Cellular Automata (CA) adalah salah satu model yang mengadopsi geosimulation atau prediksi spasial. Salah satu elemen paling penting dalam CA adalah model probabilitas transisi, yaitu derajat yang mengindikasikan kemungkinan perubahan kelas tutupan lahan menjadi kelas lainnya di masa depan (Park & Jeon, 2011). Hasil akhir dari gabungan kedua program ini akan memberikan informasi tentang bentuk tutupan/penggunaan lahan di masa mendatang, yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan dan pembangunan wilayah guna mengurangi resiko dan potensi ancaman bencana di masa mendatang. Dengan latar belakang ini, solusi untuk permasalahan monitoring perencanaan pembangunan di masa depan memerlukan penelitian mengenai analisis perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kabupaten Lampung Utara, khususnya di Kecamatan Kotabumi Utara, menggunakan model *Cellular Automata (CA)* dan *Logistic Regression (LR)*, serta melakukan prediksi tutupan/penggunaan lahan di tahun-tahun mendatang dengan menggunakan simulasi *Cellular Automata* melalui plugin *MOLUSCE (Modules for Land Use Change Simulations)* yang tersedia dalam perangkat QGIS.

Faktor pendukung yang digunakan dalam pemodelan perubahan tutupan/penggunaan lahan mencakup jalan, permukiman, jenis tanah, dan lereng. Faktor-faktor ini digunakan untuk memprediksi tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara pada tahun 2036 dengan menggunakan model perubahan tutupan/penggunaan lahan yang mencakup rentang waktu dari tahun 2008 hingga 2022. Pemilihan rentang waktu tersebut disebabkan oleh banyaknya proses pembangunan yang terjadi di wilayah Kotabumi Utara selama periode tersebut. Salah satu pembangunan yang signifikan adalah pembangunan ruas jalan lintas timur Sumatera yang melintasi Kecamatan Kotabumi Utara, yang tentunya memiliki pengaruh besar terhadap perubahan tutupan/penggunaan lahan di kecamatan ini.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapatkan identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Laju pertumbuhan penduduk di Kecamatan Kotabumi Utara yang lebih tinggi laju pertumbuhan nasional.
2. Belum tersedia kajian tentang perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara menggunakan model *Cellular Automata*.
3. Belum ada kajian mengenai prediksi perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara yang mana kajian ini dapat digunakan dalam proses pengambilan kebijakan dalam perencanaan wilayah Kecamatan Kotabumi Utara.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka rumusan permasalahan penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara dari tahun 2008-2022?
2. Bagaimana prediksi tutupan/penggunaan lahan Kecamatan Kotabumi Utara tahun 2036 menggunakan model *Cellular Automata*?

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisa perubahan tutupan/penggunaan lahan tahun 2008-2022 di Kecamatan Lampung Utara.
2. Memprediksi perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara menggunakan model *Cellular Automata* tahun 2036.

1.5. Kegunaan Penelitian

Dengan dilaksanakannya penelitian ini diharapkan memberikan manfaat khusus bagi diri peneliti dan umumnya bagi yang kepentingan. Adapun manfaat yang diharapkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan informasi bagi pemerintah maupun pihak yang membutuhkan terkait tutupan/penggunaan lahan yang terjadi di Kecamatan Kotabumi Utara.
2. Bahan rujukan dan informasi bagi penelitian yang relevan.
3. Syarat untuk menyelesaikan studi bagi mahasiswa sarjana pada Program Studi Pendidikan Geografi Jurusan Pendidikan dan Ilmu Pengetahuan Sosial Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.

1.6. Ruang Lingkup Penelitian

1. Ruang lingkup objek penelitian ini adalah perubahan tutupan/penggunaan lahan dan prediksi tutupan/penggunaan lahan.
2. Ruang lingkup tempat penelitian yaitu Kecamatan Kotabumi Utara.
3. Ruang lingkup waktu dalam penelitian ini yaitu pada tahun 2008-2022 dan hasil prediksi tahun 2036.
4. Ruang lingkup ilmu yang digunakan yaitu Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi (SIG).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Geografi dan Geografi Teknik

Geografi adalah salah satu disiplin ilmu yang mempelajari kajian fisik dan sosial, serta teknik terkait. Kata “*geo*” berasal dari bahasa Yunani yang berarti “bumi”, sedangkan “*graphein*” berarti “lukisan” atau “tulisan”. Dalam hal ini, geografi merupakan ilmu pengetahuan yang mencitrakan dan menjelaskan sifat bumi, menganalisis gejala alam dan populasi manusia, serta mempelajari pola kehidupan dan fungsi unsur-unsur bumi dalam ruang dan waktu (Darma, 2018).

Menurut Setiadi (2017), tujuan utama geografi adalah untuk memahami kompleksitas dunia di sekitar kita dan menjelaskan pola-pola yang diamati dalam lingkungan fisik dan sosial. Selain itu, geografi juga berperan dalam pemecahan masalah terkait pengelolaan sumber daya alam, mitigasi bencana alam, perencanaan perkotaan dan regional, konservasi lingkungan, dan pemahaman tentang perubahan iklim, serta berbagai aspek lain dari kehidupan manusia di planet ini. Geografi digunakan untuk mempelajari bumi dan memecahkan masalah (Effendi & Akmal, 2020). Ruang lingkup geografi teknik meliputi 3 hal berikut ini:

1. Kartografi, yaitu membahas tentang praktik pembuatan peta atau globe.
2. Penginderaan jauh yaitu mempelajari tentang pengukuran atau akuisisi data dari suatu objek atau suatu fenomena yang dilakukan secara jauh tanpa melakukan kontak langsung dengan objek maupun fenomena yang diteliti.
3. Sistem informasi geografi yaitu cabang geografi yang membahas tentang sistem basis komputer dan basis geografis yang dapat digabungkan.

2.2. Klasifikasi Tutupan/Penggunaan Lahan

2.2.1. Pengertian Tutupan/Penggunaan Lahan

Menurut Undang-undang Nomor 4 Tahun 2011, penutup lahan diartikan sebagai garis yang menggambarkan batas penambang di atas permukaan bumi. Laily (2021) menyatakan bahwa tutupan lahan adalah perwujudan fisik (visual) dari vegetasi, benda alam, dan unsur-unsur budaya yang terdapat di permukaan bumi, dengan memperhatikan interaksi manusia terhadap objek tersebut. Tutupan lahan menjadi informasi dasar dalam kajian geosains dan perubahan global (Sampurno & Thoriq, 2015).

Tutupan lahan merupakan hasil dari interaksi antara alam dan manusia yang terwujud secara nyata dan dapat diklasifikasikan berdasarkan kelasnya, kriteria, serta kesamaan atau perbedaan yang mendasar. Menurut Balle & Samuel (1999), sebagian besar permukaan bumi terdiri dari kenampakan alam (*land cover*) seperti vegetasi dan salju, sementara sebagian lainnya merupakan hasil dari aktivitas manusia (tutupan lahan). Informasi yang diperoleh dari citra satelit dapat digunakan bersama dengan data pendukung lainnya untuk membentuk Sistem Informasi Geografis (SIG). Kendala dalam pemantauan tutupan lahan dapat diatasi dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh (Wijaya & Susilo, 2013).

Penggunaan lahan adalah aktivitas manusia yang langsung terkait dengan lokasi dan kondisi lahan (Purwantoro & Hadi, 1996). Proses penggunaan lahan merupakan bagian dari upaya berkelanjutan dalam pemanfaatan yang efisien dan konsisten (Suwargana, 2013). Penggunaan lahan merupakan hasil interaksi manusia dengan lingkungan alam. Menurut Wael & Siahaya (2022), jenis tutupan lahan sangat berkaitan dengan bagaimana manusia memanfaatkannya. Sebagai contoh, hutan mungkin merupakan tutupan lahan alami, tetapi jika manusia menggunakan lahan tersebut untuk pertanian atau pemukiman, maka penggunaan lahan akan berubah menjadi pertanian atau perkotaan. Oleh karena itu, tutupan lahan dan penggunaan lahan dianggap sama atau memiliki hubungan yang erat.

2.2.2. Klasifikasi Tutupan/Penggunaan Lahan

Klasifikasi tutupan/penggunaan lahan adalah pengelompokan lainnya jenis tutupan/penggunaan lahan untuk area berdasarkan kesamaan menurut sistem tertentu (Delarizka & Sasmito, 2015).

Tabel 3. Sistem Klasifikasi Tutupan/Penggunaan Lahan Badan Standardisasi Nasional 2020

No.	Kelas Tutupan/Penggunaan Lahan
1	Daerah Vegetasi 1.1 Daerah Pertanian 1.1.1 Sawah 1.1.2 Sawah Pasang Surut 1.1.3 Ladang 1.1.4 Perkebunan 1.1.5 Perkebunan Campuran 1.1.6 Tanaman Campuran 1.2 Daerah Bukan Pertanian 1.2.1 Hutan Lahan Kering 1.2.2 Hutan Lahan Basah 1.2.3 Semak dan Belukar 1.2.4 Padang rumput alang – alang dan sabana
2	Daerah Tak Bervegetasi 2.1 Lahan Terbuka 2.1.1 Lahar dan Lava 2.1.2 Hampan pasir pantai 2.1.3 Beting pantai 2.1.4 Gumuk pasir 2.2 Permukiman dan Lahan bukan pertanian 2.2.1 Lahan Terbangun 2.2.1.1 Permukiman 2.2.1.2 Jaringan Jalan 2.2.1.3 Jaringan Jalan kereta api 2.2.2 Lahan tidak terbangun 2.2.2.1 Pertambangan 2.2.2.2 Tempat penimbunan sampah 2.3 Perairan 2.3.1 Danau atau waduk 2.3.2 Tambak 2.3.3 Rawa 2.3.4 Sungai

Sumber: Badan Standardisasi Nasional- 7645 (2020).

Klasifikasi tutupan/penggunaan lahan yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara secara umum. Tutupan/penggunaan lahan Kecamatan Kotabumi Utara diklasifikasi menjadi jenis-jenis berikut:

Tabel 4. Klasifikasi tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara

No.	Tutupan/Penggunaan lahan	Rincian
1	Pertanian lahan basah	1.1 Sawah
2	Pertanian lahan kering	2.1 Ladang 2.2 Tegalan 2.3 Perkebunan
3	Lahan terbangun	3.1 Pemukiman 3.2 Perdagangan dan jasa 3.3 Perkantoran 3.4 Industri 3.5 Sarana pendidikan 3.6 Saran transportasi
4	Hutan	
5	Lahan Kosong	
6	Perairan	

Sumber: Badan Standarisasi Nasional dengan Modifikasi.

2.3. Sistem Informasi Geografi dan Penginderaan Jauh

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sistem komputer yang digunakan untuk penyimpanan dan pemrosesan data geografis. SIG memungkinkan pengguna untuk menggunakan data geografis untuk menampilkan lokasi secara digital pada peta. Sistem Informasi Geografis digunakan untuk mengolah data ruang atau lokal, dan banyak digunakan dalam bidang seperti pemetaan negara, pertanian, arkeologi, dan jaringan listrik. Sistem Informasi Geografis pertama kali digunakan secara nasional di Kanada dengan nama CGIS (*Canada Geographic Information System*). Menurut Ichsan (2020), SIG atau GIS adalah sistem yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, memproses, menganalisis, mengatur, dan menampilkan informasi geografis tertentu.

2.3.1. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni informasi tentang objek, area, dan fenomena yang diperoleh dengan menganalisis data dari alat tanpa kontak langsung dengan objek, area, atau fenomena yang diamati (Rijal & Barkey, 2019). Data yang digunakan dapat diperoleh melalui berbagai macam sensor jarak jauh dan kemudian dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang objek atau area yang terkait. Data yang diterima dari jarak jauh dapat berupa variasi dalam distribusi panas, distribusi gelombang suara, atau distribusi gelombang elektromagnetik. Sensor kemudian menerima informasi tentang berbagai sifat permukaan bumi dan energi gelombang elektromagnetik yang dipantulkan, dan data ini kemudian dianalisis untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan.

2.4. Model

Model dapat diartikan sebagai representasi dari realitas yang dibuat oleh pembuat model. Dengan kata lain, model adalah penghubung antara dunia nyata dan pikiran yang diciptakan untuk memecahkan suatu masalah. Pemodelan adalah proses menciptakan atau menyajikan model dan proses berpikir melalui urutan yang logis. Pemodelan juga dapat dijelaskan sebagai suatu proses di mana observasi dunia nyata diterima, dibentuk, diproses, dan ditampilkan (Marfaii, 2011). Model dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Model empiris dan statistik, misalnya model Markov Chain dan Regresi.
2. Model dinamis misalnya model *Cellular Automata (CA)*.
3. Model terintegrasi misalnya CLUE (*conversion of land cover and its Effects*).

2.4.1. Faktor Pendorong

Landasan dasar dari pemodelan perubahan tutupan/penggunaan lahan adalah adanya kaitan antara terjadinya perubahan tutupan/penggunaan lahan dengan beberapa faktor.

Faktor-faktor tersebut dapat berupa kondisi atau sifat tertentu dari lahan yang lazim disebut dengan karakteristik lahan (Prihatin, 2015). Faktor yang mendasari perubahan tutupan/penggunaan lahan sendiri disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam berasal dari karakteristik alam seperti kemiringan lereng dan jenis tanah, sedangkan faktor manusia disebabkan oleh aktivitas manusia (Khalil, 2015). Pemilihan faktor yang digunakan dalam proses pemodelan tutupan/penggunaan lahan pada dasarnya didasarkan pada kemungkinan pengaruh yang paling besar.

Menurut Ritohardoyo (2013) faktor yang mempengaruhi terjadinya perubahan tutupan/penggunaan lahan dapat diketahui sebagai berikut:

- a. Faktor fisik yang berpengaruh besar yaitu iklim, dan ketinggian tempat.
- b. Faktor ekonomi dan sosial budaya hubungannya dengan tutupan/penggunaan lahan yaitu kepadatan penduduk, pekerjaan, tingkat pengetahuan, aksesibilitas, jarak terhadap jalan dan keterampilan.
- c. Faktor ekologi yang berpengaruh adalah sifat keterwakilan seperti keseragaman, keaslian suku.

Beberapa penelitian telah menggunakan variabel yang umumnya digunakan, yaitu aksesibilitas yang berkaitan dengan jarak. Menurut Wijaya & Umam (2015), jarak memainkan peran penting dalam perkembangan ruang, termasuk perubahan dalam tutupan lahan, yang dapat mencerminkan seberapa mudahnya suatu lokasi dijangkau dan diakses. Ini menunjukkan bahwa lokasi dengan tingkat aksesibilitas yang tinggi memiliki potensi yang lebih besar untuk mengalami perkembangan dalam pemanfaatan lahan. Pengukuran jarak dilakukan dengan menggunakan *euclidean distance*, yaitu jarak langsung dari satu titik ke titik lainnya (Tasha, 2012).

Menurut Islam (2018), *euclidean distance* digunakan untuk menganalisis hubungan antara sel dan sumber atau kumpulan sumber berdasarkan jarak garis lurus. Hal ini memungkinkan untuk mengukur jarak dari setiap sel dalam raster ke sumber terdekatnya, di mana semakin dekat ke sumber tertentu, semakin

besar dampaknya pada sel atau area tersebut. Variabel jarak yang sering digunakan dalam penelitian prediksi tutupan/penggunaan lahan meliputi jarak ke jalan, sungai, permukiman, dan fasilitas umum. Selain itu, ada pula variabel fisik lahan yang terkait dengan kondisi lereng dan ketinggian tempat, serta variabel penduduk yang berhubungan dengan kepadatan penduduk, dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini, variabel pendorong yang digunakan adalah jarak ke jalan, jarak ke lahan terbangun, dan kemiringan lereng.

Astuti (2016) menyatakan bahwa pada penelitiannya, variabel pendorong digunakan untuk memprediksi perubahan dalam tutupan lahan. Jarak ke jalan dianggap sebagai salah satu variabel pendorong yang mengindikasikan aspek ekonomi. Potensi perubahan tutupan/penggunaan lahan cenderung lebih tinggi jika jaraknya lebih dekat dengan jalan karena mempermudah aksesibilitas. Sementara itu, jarak ke lahan terbangun berkaitan dengan faktor budaya masyarakat. Potensi perubahan tutupan/penggunaan lahan akan lebih besar jika lokasi tersebut dekat dengan lahan terbangun karena memfasilitasi akses ke lokasi yang berada di dalamnya.

2.4.2. *Cellular Automata (CA)*

Cellular Automata merupakan salah satu model yang dapat digunakan untuk memprediksi tutupan/penggunaan lahan. Konsep automata seluler pertama kali diperkenalkan dalam industri komputer pada tahun 1940-an. Kelebihan dari model ini adalah kemampuannya untuk mempelajari pola yang sederhana hingga menghasilkan pola yang kompleks dengan menggunakan prinsip yang sederhana (Singh, 2023). Model CA memiliki aplikasi yang luas dalam geosains, salah satunya adalah dalam studi perubahan tutupan/penggunaan lahan. Keuntungan utama dari model ini adalah algoritma sederhana yang membuatnya mudah untuk dipahami dan diimplementasikan. Selain itu, pemodelan ini dapat divalidasi dengan model yang dihasilkan, sehingga memungkinkan untuk menilai keakuratan prediksi tutupan/penggunaan lahan baik dari segi sebaran spasial maupun luasannya.

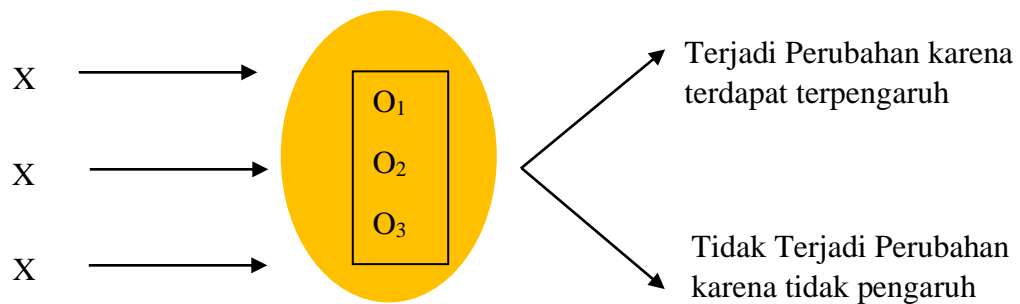
Kelemahan *Cellular Automata* (CA) adalah bahwa model ini lebih fokus pada proses pertumbuhan dan memprediksi pertumbuhan piksel, tetapi tidak memberikan informasi tentang alasan peningkatan tersebut yang berkaitan dengan hubungan antara variabel dependen (variabel terikat) dan variabel bebas (variabel bebas). Meskipun perubahan tutupan/penggunaan lahan dipengaruhi oleh berbagai faktor independen yang perlu dipertimbangkan, CA tidak selalu memberikan gambaran yang komprehensif terhadap semua faktor tersebut. Oleh karena itu, model ini sering digabungkan dengan model lain untuk meningkatkan akurasi prediksi (Peruge & Sakka, 2012). Penting untuk memahami bahwa kelemahan dan keterbatasan ini berkaitan langsung dengan tujuan dan hasil yang ingin dicapai dari pemodelan *cellular automata*:

- a. Model ini melakukan prediksi berdasarkan perkembangan linier dari data masukan. Karena hanya menggunakan dua citra multi temporal, maka tren perubahan akan mengikuti data masukan. Kondisi ini merupakan kelemahan karena pada kenyataannya perubahan tutupan/penggunaan lahan tidak selalu berjalan dengan kecepatan konstan.
- b. Model ini tidak dapat mengakomodasi perkembangan yang disebabkan oleh pusat perkembangan kota yang baru, misalnya berdirinya suatu tempat perbelanjaan, sekolah, universitas, pasar dan sebagainya.

2.4.3. *Logistic Regression*

Logistic Regression terdiri dari tiga komponen penting. Pertama, variabel respons yang mengalami transformasi binomial besar. Kedua, fungsi transformasi logit biner yang menggunakan variabel independen untuk memperkirakan nilai. Ketiga, koefisien binomial yang berubah tergantung pada variabel independen secara linier. *Logistic Regression* adalah sebuah teknik analisis data yang digunakan untuk menemukan hubungan antara dua faktor data. Kemudian, hubungan tersebut digunakan untuk memprediksi salah satu faktor berdasarkan faktor lainnya. Prediksi umumnya menghasilkan kumpulan hasil yang terbatas, seperti "ya" atau "tidak".

Logistic Regression adalah teknik penting di bidang kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin (AI/ML) (Khalil, 2015). Model ML yang dibuat dengan *logistic regression* membantu perusahaan memperoleh wawasan yang dapat ditindaklanjuti dari data.



Gambar 1. Pemodelan *Logistic Regression*.

Logistic Regression sebagai salah satu model yang dimiliki QGIS disajikan dengan berbagai kelebihan dan kekurangan dalam fiturnya, berikut beberapa kelebihan dan kekurangan *logistic regression*:

Tabel 5. Kelebihan dan Kekurangan Model *Logistic Regression*

Kelebihan (+)	Kekurangan (-)
1. Lebih mudah implementasi, ditafsirkan, dan sangat efisien untuk dilatih. 2. Sangat cepat dalam mengklasifikasi. 3. Akurasi yang baik, data sederhana dan dapat bekerja sama dengan baik. 4. Dapat menafsirkan model sebagai indikator.	1. Jika sampel pengamatan tidak banyak model ini sering mengalami index eror. 2. Bentuk data yang disajikan hanya berupa data linear. 3. Membutuhkan data berupa rata-rata. 4. Sulit untuk mendapatkan analisis hubungan kompleks.

Sumber: Marfai, 2011.

2.4.4. Uji Validitas

Menurut Rukajat (2018), tingkat presisi menggambarkan seberapa akurat data yang sebenarnya terjadi pada suatu objek berdasarkan data yang dikumpulkan oleh seorang peneliti. Tujuan dari uji validasi model adalah untuk mengevaluasi keakuratan hasil pemodelan prediksi tutupan/penggunaan lahan sehingga dapat diambil keputusan apakah model tersebut layak digunakan untuk memprediksi tutupan/penggunaan lahan di masa yang akan datang (Dabukke & Susetyo, 2021). Model divalidasi dengan membandingkan peta tutupan/penggunaan lahan yang ada dengan peta hasil prediksi (Hapsary & Subiyanto, 2021).

Uji validitas dilakukan dengan menyiapkan peta tutupan/penggunaan lahan pada tahun yang sudah tersedia dan peta hasil prediksi yang diperoleh melalui program sistem informasi geografi. Dalam penelitian ini, uji validitas dilakukan dengan menyiapkan peta tutupan/penggunaan lahan tahun 2022 yang diperoleh melalui proses klasifikasi citra dari USGS. Selanjutnya, peta prediksi tutupan/penggunaan lahan tahun 2022 diperoleh melalui proses prediksi menggunakan peta tutupan/penggunaan lahan tahun 2008 dan 2015. Kedua peta tersebut kemudian dimasukkan ke dalam program untuk dilakukan uji kesesuaian guna mengetahui nilai kesamaan antara tutupan/penggunaan lahan yang diperoleh secara manual melalui proses klasifikasi citra dengan peta hasil proses prediksi.

Hasil uji validasi dievaluasi dengan menggunakan nilai kappa yang memiliki rentang antara 0 hingga 1. Nilai akurasi kappa antara 0,81 hingga 1 menunjukkan kesepakatan yang sangat baik, nilai antara 0,61 hingga 0,80 adalah baik, nilai antara 0,41 hingga 0,60 adalah sedang, nilai antara 0,21 hingga 0,40 adalah kurang dari sedang, dan nilai kurang dari 0,20 dianggap buruk.

2.5. Penelitian Relevan

Penelitian sejenis yang peneliti jadikan referensi dalam penelitian ini yaitu:

Tabel 6. Penelitian Relevan

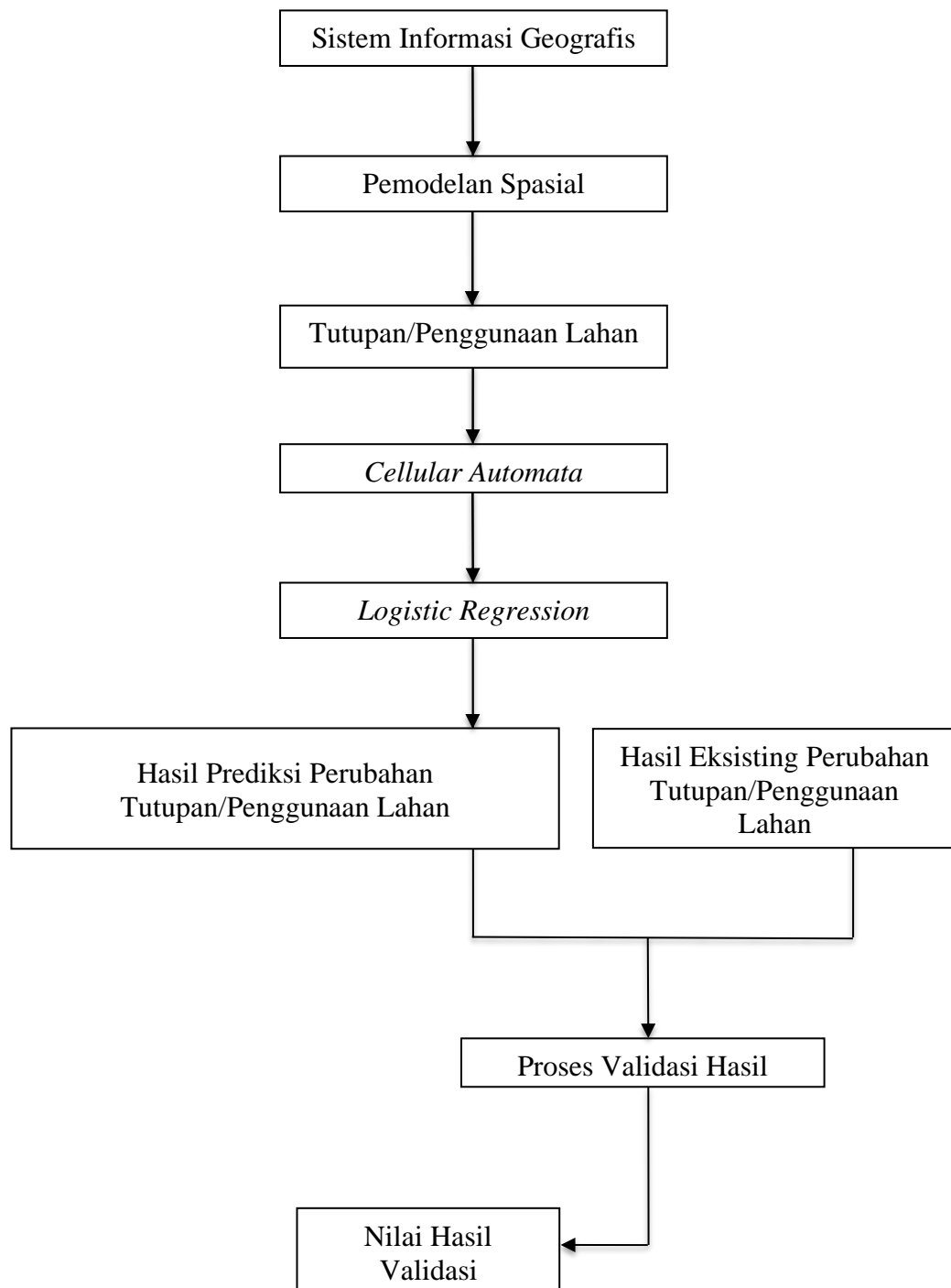
No.	Nama	Judul	Hasil	Tahun
1.	Muhammad Sufwandika Wijaya, Bowo Susilo	Integrasi Model Spasial <i>Cellular Automata</i> Dan Regresi Logistik Biner Untuk Pemodelan Dinamika Perkembangan Lahan Terbangun (Studi Kasus Kota Salatiga).	Perkembangan lahan terbangun Kota Salatiga pada tahun 2012 hingga 2020 diprediksikan mengalami peningkatan laju pertumbuhan luas jika dibandingkan dengan laju pertumbuhan luas pada tahun 21 hingga 29 yaitu menjadi 45.20 hektar/tahun.	2015
2.	Maharani Shandra Ayu Hapsary, Sawitri Subiyanto	Analisis Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Dengan Pendekatan <i>Artificial Neural Network</i> Dan <i>Regresi Logistik</i> Di Kota Balikpapan.	Perubahan luas tutupan lahan dalam 5 tahun mengalami peningkatan dan penurunan. Hutan menunjukkan perubahan berupa penambahan luas paling besar yaitu sebesar 3.654,85 hektar.	2021
3.	Nahib Irmadi	Prediksi Spasial Dinamika Areal Terbangun Kota Semarang Dengan Menggunakan Model <i>Regresi Logistik</i> .	Tutupan Lahan di kota Semarang pada tahun 2012 terdiri dari areal terbangun seluas 13.654 ha (35,57%), lahan pertanian 15.394 ha (40,10%) dan tanah kosong (semak belukar) seluas 6.264 ha (16,32%).	2015

Tabel 6. (Lanjutan)

No.	Nama	Judul	Hasil	Tahun
4.	Dyah Arshinta Narmaningrum, Bowo Susilo	Pemodelan Spasial Regresi Logistik Dan <i>Cellular Automata</i> Berbasis Citra Penginderaan Jauh Untuk Prediksi Pendangkalan Secara 2 Dimensi Waduk Gajah Mungkur Kabupaten Wonogiri.	Hasil identifikasi distribusi sedimen yang terlihat pada citra menghasilkan sebaran sedimen yang berbeda pada tahun 20 dan 23. Hasil kalkulasi yang dilakukan pada distribusi spasial sedimen yang dapat dilihat dari citra pada tahun 20 didapatkan luasan untuk sedimen tersebut sebesar 13,5776 km ² .	2021
5.	Dabukke dan Cahyono Susetyo Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota	Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Pasca Pembangunan Gerbang Tol Soreang di Kecamatan Soreang, Kabupaten Bandung Menggunakan Regresi Logistik Biner.	Peta tersebut menghasilkan luas lahan yang berpotensi berubah sebesar 4.588,81 hektar, sedangkan luas lahan yang berpotensi tidak berubah adalah sebesar 20.809,73 hektar. (4) empat jenis tutupan Lahan non – terbangun eksisting memiliki potensi untuk mengalami perubahan tutupan lahan. Hutan memiliki potensi untuk mengalami perubahan tutupan lahan seluas 1,280 hektar, perkebunan seluas 21,202 hektar, pertanian seluas 153,725 hektar, dan areal terbuka seluas 132,902 hektar.	2021

2.6. Kerangka Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara serta melakukan prediksi terhadap perubahan tersebut hingga tahun 2036. Penelitian ini menggunakan teknologi penginderaan jauh yang dipadukan dengan sistem informasi geografi (SIG). Dalam SIG, terdapat beberapa model yang dapat digunakan, di antaranya adalah *Markov Chain* dan *Regresi*, *Cellular Automata (CA)*, dan *Conversion of Land Use and its Effects (CLUE)*. Dalam hal penelitian ini, digunakan model *cellular automata (ca)* yang dipadukan dengan *logistic regression*. Keduanya dapat diimplementasikan menggunakan perangkat lunak quantum GIS. Model ini digunakan sebagai dasar untuk memodelkan perubahan tutupan/penggunaan lahan dan melakukan prediksi. Selanjutnya, hasil prediksi akan divalidasi dengan membandingkan tingkat kesesuaian dengan peta tutupan/penggunaan lahan eksisting di Kecamatan Kotabumi Utara. Berdasarkan kerangka pikir ini, penelitian akan difokuskan pada pemodelan dan prediksi perubahan tutupan/penggunaan lahan hingga tahun 2036.



Gambar 2. Kerangka Penelitian.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Menurut Kurniawan (2023), pendekatan kuantitatif melibatkan proses ilmiah yang terstruktur dan sistematis untuk mengumpulkan data numerik. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan teknik statistik guna memperoleh temuan yang konsisten dan objektif. Penelitian ini menganalisis perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara pada tahun 2008, 2015, dan 2022 kemudian memaparkan prediksi tutupan/penggunaan lahan untuk tahun 2036 di wilayah tersebut.

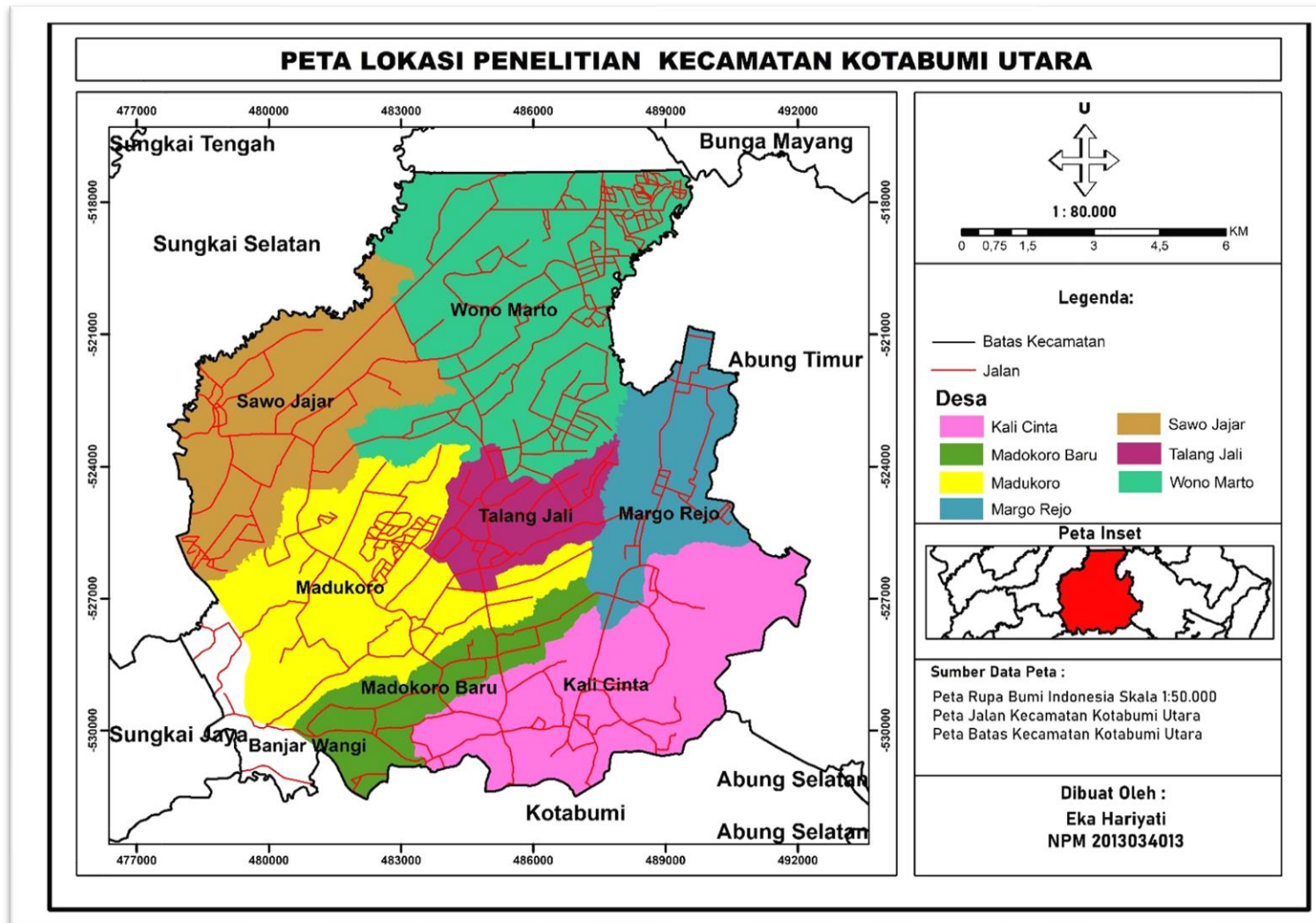
3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu survei lapangan dan dokumentasi. Dilaksanakan di Kecamatan Kotabumi Utara, Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung, Indonesia. Lokasi penelitian terletak di kecamatan ini, yang sebelumnya merupakan bagian dari Kecamatan Kotabumi sebelum dimekarkan. Kecamatan Kotabumi Utara memiliki luas wilayah total mencapai 175,19 km² dan didirikan pada tahun 2000. Jumlah penduduk total kecamatan ini pada tahun 2022 mencapai 34.356 jiwa, terbagi dalam 8 desa yang diklasifikasikan sebagai desa swasembada dan swakarya, dengan 55 Rukun Warga (RW) dan 243 Rukun Tetangga (RT).

1. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Kotabumi Selatan.
2. Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Abung Selatan.
3. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Abung Selatan, Kecamatan Padang Ratu dan Kabupaten Lampung Tengah.
4. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Abung Kunang.

Berikut adalah luas masing-masing desa yang ada di Kecamatan Kotabumi Utara:

1. Banjar Wangi dengan luas 12,04 km².
2. Kali Cinta dengan luas 14,62 km².
3. Madukoro dengan luas 38,63 km².
4. Madukoro Baru dengan luas 21,84 km².
5. Margorejo dengan luas 20,64 km².
6. Sawo Jajar dengan luas 33,71 km².
7. Talang Jali dengan luas 11,87 km².
8. Wonomarto dengan luas 21,84 km².



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian.

3.3. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel

3.3.1. Variabel Penelitian

Variabel adalah segala sesuatu yang akan menjadi variabel dalam suatu penelitian. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu perubahan tutupan/penggunaan lahan tahun 2008, 2015 dan 2022 serta prediksi tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara.

3.3.2. Definisi Operasional Variabel

1. Perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara

Perubahan tutupan/penggunaan lahan yaitu suatu perubahan yang terjadi pada kenampakan fisik lahan menjadi tutupan/penggunaan lahan lain disebabkan oleh manusia yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Indikator yang digunakan dalam melihat perubahan tutupan/penggunaan lahan adalah jenis dan luas tutupan/penggunaan lahan.

a. Jenis tutupan/penggunaan lahan

Jenis tutupan/penggunaan lahan yang digunakan dalam klasifikasi tutupan/penggunaan lahan secara umum meliputi lahan terbangun, lahan terbuka, perairan, pertanian lahan basah, pertanian lahan kering dan lahan kosong.

b. Luas perubahan tutupan/penggunaan lahan

Luas perubahan tutupan/penggunaan lahan merupakan besaran perubahan luas tutupan/penggunaan lahan yang mengalami perubahan sebelum dan sesudah tahun 2008 sampai tahun 2022 dengan satuan luas hektar (ha).

2. Prediksi tutupan/penggunaan lahan Kecamatan Kotabumi Utara

Prediksi tutupan/penggunaan lahan merupakan suatu upaya mengetahui gambaran bagaimana tutupan/penggunaan lahan pada waktu yang akan tertentu. Dalam melakukan proses pemodelan dibutuhkan variabel pendorong perubahan tutupan/penggunaan lahan.

Pada penelitian ini variabel pendorong yang digunakan yaitu sebagai berikut:

Tabel 7. Variabel Pendorong Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan

No.	Variabel Pendorong	Deskripsi
1	Jarak terhadap jalan	Jarak terhadap jalan yang ada baik jalan arteri maupun kolektor.
2	Jenis tanah	Mengetahui jenis tanah karena akan berbeda beda sifatnya sehingga memiliki karakteristik yang berbeda.
3	Kemiringan lereng	Ukuran kemiringan suatu lahan dengan persentase klasifikasi kemiringan lereng 0-8 % (datar), 8-15% (landai), 15-25% (agak curam), 25-45% (curam), serta >45% (sangat curam).
4	Permukiman	Permukiman diukur berdasarkan penggunaan tutupan/penggunaan lahan.

3.4. Bahan dan Alat Penelitian

3.4.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Peta administrasi, jalan, dan permukiman.
2. Citra Landsat tahun 2008, 2015 dan 2022.
3. Data lereng didapatkan melalui data DEMNAS.

3.4.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Komputer dengan spesifikasi:
2. *Software*
 - b. ArcGIS 10.4.
 - c. QGIS Las Palmas 2.18.15 dengan tambahan *PLUGIN molusce*.
 - d. *Microsoft Office 2010*.
 - e. Kamera *handphone*.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan teknik atau metode yang digunakan untuk mengumpulkan data yang akan diteliti. Artinya, teknik pengumpulan data memerlukan langkah yang strategis dan juga sistematis untuk mendapatkan data yang valid dan juga sesuai dengan kenyataannya.

1. Observasi

Observasi dilakukan dengan tujuan mengetahui keadaan lapangan secara langsung dan memastikan kesesuaian data lapangan dengan data yang diolah. Kegiatan observasi dilakukan dengan melakukan kegiatan turun lapangan dan mengamati objek penelitian secara detail, objektif dan faktual. Pada penelitian ini, observasi dilakukan secara langsung untuk mengetahui gambaran umum lokasi penelitian serta melakukan pengamatan dan pencatatan adanya perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara.

2. Dokumen

Dokumen merupakan suatu teknik pengumpulan data dengan cara mempelajari dokumen untuk mendapatkan data atau informasi yang berhubungan dengan masalah yang diteliti (Marfai, 2011). Teknik pengumpulan data yang terakhir adalah dokumen yang mana peneliti mengambil sumber penelitian atau objek dari dokumen atau catatan dari peristiwa yang sudah berlalu, baik dalam bentuk tulisan, gambar, atau karya monumental dari seseorang. Dalam penelitian ini dokumentasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Peta administrasi, jalan, permukiman didapatkan melalui situs *Ina Geoportal*.
2. Citra Landsat tahun 2008, 2015 dan 2022 didapatkan melalui *website USGS*.
3. Data lereng didapatkan melalui data DEMNAS.

3.6. Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan dengan mengumpulkan bahan literasi dan sumber informasi sebagai referensi dan rujukan dalam melakukan penelitian. Sumber informasi dan data diambil dari berbagai sumber dan tempat yang berbeda seperti citra landsat 7 & 8 yang diambil dari *website* USGS, peta administrasi, jalan dan permukiman yang diambil dari situs *Ina Geoportal*, serta peta lereng yang diambil dari data DEMNAS yang tersedia selanjutnya diolah pada *software* ArcGIS menggunakan tools *slope* dan *reclassify* kemudian jadilah peta lereng.

3.7. Tahap Penelitian

3.7.1. Tahap Pencarian dan Pengumpulan Data

Pada tahap pencarian dan pengumpulan data dibutuhkan ketelitian dan keakuratan dalam mencari dan memilah data yang akan digunakan dalam penelitian karena akan sangat berpengaruh, dalam mencari data citra satelit dibutuhkan kualitas citra dengan salah satu kriteria tidak tertutup awan data citra dapat diunduh pada dari *website* USGS, peta administrasi, jalan dan permukiman yang ambil dari situs *Ina Geoportal*, serta peta lereng yang diambil dari data DEMNAS yang tersedia kemudian selanjutnya diolah menjadi peta lereng.

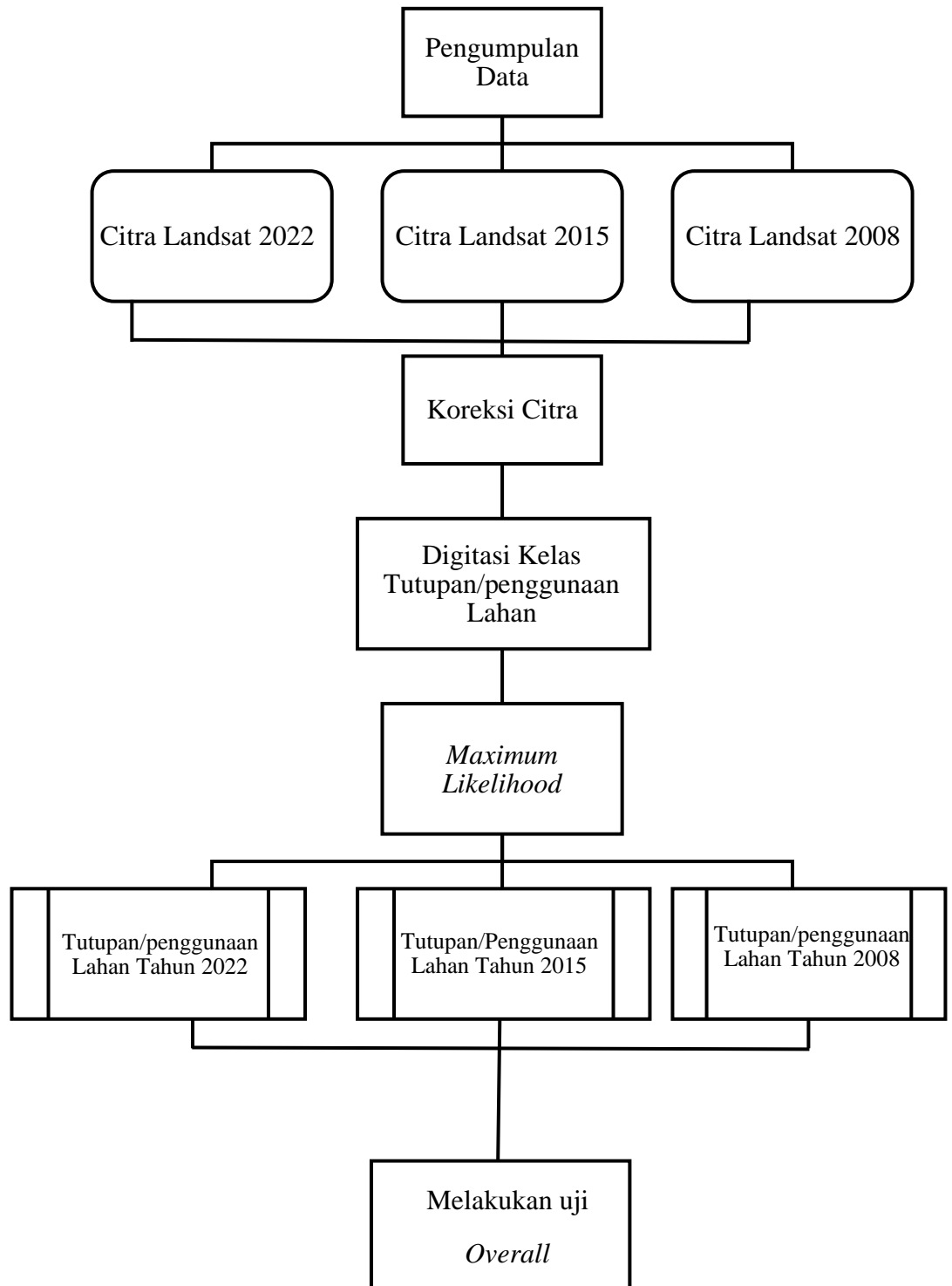
3.7.2. Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan koreksi citra yaitu atmosfer dan geometrik sehingga kualitas citra yang digunakan memiliki kualitas yang baik sehingga ketika dilakukan proses klasifikasi citra hasilnya akan baik pula tahap ini dilakukan pada *software* QGIS 3.10 pada menu SCP.
2. Kemudian hasil dari koreksi citra dilakukan klasifikasi yang dilakukan di *software* ArcGIS 10.4, hasil dari klasifikasi citra setelah melalui proses interpretasi citra didapatkan 6 klasifikasi tutupan/penggunaan lahan yaitu hutan, lahan kosong, lahan terbangun, perairan, pertanian lahan basah dan pertanian lahan kering.

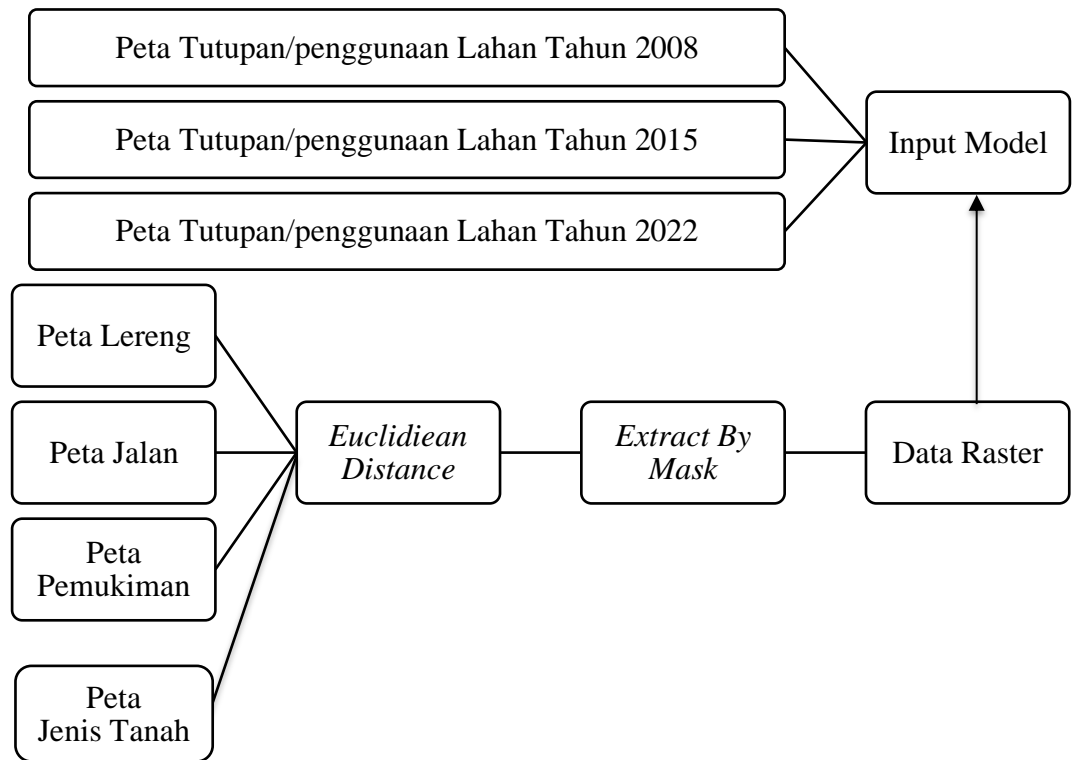
Tahap klasifikasi ini dilakukan dengan menggunakan fitur *tool maximum likelihood Classification Supervised*, setelahnya di *layout* menjadi peta tutupan/penggunaan lahan.

3. Tahap selanjutnya yaitu uji *overall accuracy* yaitu menentukan keakuratan peta tutupan/penggunaan lahan yang sudah dibuat bersumber dari data lapangan. Hasil *overall accuracy* yang dibutuhkan untuk tahap selanjutnya adalah minimal 80%. Tahap ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Tahap Pengolahan Data.

3.7.3. Tahap Pengolahan Faktor Pendorong



Gambar 5. Tahap Pengolahan Faktor Pendorong.

Proses pengolahan faktor pendorong oleh *molusce* dengan menggunakan QGIS dan *euclidean distance* dapat dilakukan dengan beberapa langkah dasar sebagai berikut:

- a. Persiapan data, dimulai dengan mengumpulkan semua data yang diperlukan, termasuk data tentang faktor pendorong.
- b. Import data ke QGIS, selanjutnya buka perangkat lunak QGIS dan impor data. Pastikan bahwa data tersebut berada dalam format yang sesuai dan koordinatnya sudah benar.
- c. Setelah menganalisis faktor pendorong, langkah berikutnya adalah menggunakan *euclidean distance* untuk memahami jarak spasial antara titik-titik data *molusce* dan faktor pendorong yang relevan. Setelah menghitung *euclidean distance*, selanjutnya melakukan analisis spasial tambahan untuk memahami bagaimana faktor pendorong memengaruhi proses prediksi.

3.7.4. Tahap Pemodelan dan Prediksi

Tahap selanjutnya yaitu tahap pemodelan dan prediksi yaitu menggunakan model CA dan LR tahapan ini dilakukan pada *software* QGIS 2.18.15 menggunakan *plugin molusce*. Data yang dimasukkan pada tahap ini yaitu:

- a. Peta tutupan/penggunaan lahan tahun 2008.
- b. Peta tutupan/penggunaan lahan tahun 2015.
- c. Peta tutupan/penggunaan lahan tahun 2022.
- d. Faktor pendorong (peta jalan, peta permukiman, peta jenis tanah dan peta kemiringan lereng) dalam bentuk raster.

Pemodelan CA dan LG dapat dilakukan pada *software* QGIS 2.18.15 menggunakan menu *plugin molusce*. Peta tutupan/penggunaan lahan yang digunakan pada tahapan penelitian ini yaitu tutupan/penggunaan lahan tahun 2008, 2015 dan 2022. Tahap pemodelan dan prediksi perubahan tutupan/penggunaan lahan yang disediakan oleh *molusce* sebagai berikut:

a. *Inputs*

Initial >>	2016fix	2016
Final >>	2022FINAL	2022

Gambar 6. Tahap *Inputs* CA.

Memasukkan data yang digunakan untuk prediksi yaitu 2 peta tutupan/penggunaan lahan pada tahun berbeda digunakan sebagai acuan dalam perubahan kemudian masukan juga faktor pendorong, kemudian lakukan proses *check geometry* guna memastikan geometri antara peta tutupan/penggunaan lahan dan faktor pendorong sesuai.

b. *Evaluating correlation*

Tahap *evaluating correlation* yaitu tahap melihat dan mengecek ada tidaknya keterkaitan antara variabel dengan faktor pendorong, metode yang digunakan yaitu metode *pearson's correlation*.

	Jalan	pemukiman	Lereng	EucDist_tana51
Jalan	--	0.610601837521	0.00424913373817	0.00424913373817
pemukiman		--	0.00730585222238	0.00730585222238
Lereng			--	1.0
EucDist_tana51				--

Gambar 7. Tahap *Evaluating Correlation CA*.

Metode *Pearson's correlation* untuk mengecek apakah terdapat hubungan linier antara faktor-faktor pendorong yang telah diidentifikasi. Proses evaluasi ini melibatkan perhitungan koefisien korelasi antara setiap pasang variabel, di mana nilai koefisien berkisar antara -1 hingga 1. Nilai positif menunjukkan korelasi positif, sedangkan nilai negatif menunjukkan korelasi negatif. Selain itu, nilai koefisien mendekati 0 menunjukkan bahwa tidak ada hubungan linier yang signifikan antara variabel tersebut.

c. *Area Change*

Tahapan *area change* dilakukan guna memunculkan perubahan tutupan/penggunaan lahan yang menunjukkan besar peluang terjadinya perubahan tutupan/penggunaan lahan, dan jika ingin menampilkan peta perubahan tutupan/penggunaan lahan klik menu *create change map* pilih lokasi penyimpanan dan *save*.

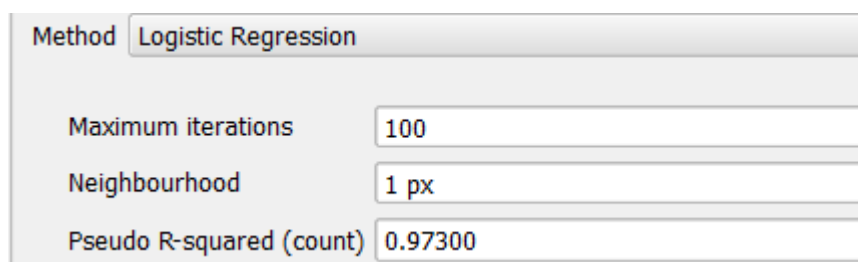
	Class color	2016	2022	Δ	2016 %	2022 %	Δ %
1		2362275.00 sq. metre	2378700.00 sq. metre	16425.00 sq. metre	1.64784284674	1.65930036915	0.0114575224128
2.25		1516275.00 sq. metre	2059875.00 sq. metre	543600.00 sq. metre	1.0577019663	1.43689887245	0.379196906155
3.5		16589250.00 sq. metre	18294750.00 sq. metre	1705500.00 sq. metre	11.5720976369	12.7617965395	1.18969890259
4.75		1732050.00 sq. metre	1736325.00 sq. metre	4275.00 sq. metre	1.20821928128	1.21120137616	0.00298209487456
6		26073000.00 sq. metre	26437950.00 sq. metre	364950.00 sq. metre	18.1876396876	18.4422164185	0.254576730871
6		95082750.00 sq. metre	92448000.00 sq. metre	-2634750.00 sq. metre	66.3264985812	64.4885864242	-1.8379121569

Gambar 8. Tahap *Area Change CA*.

Pada tahap ini, akan diketahui besaran tutupan atau penggunaan lahan pada tahun 2015 dan 2022. Data ini akan disediakan dalam satuan meter persegi hingga hektar. Analisis ini bertujuan untuk memahami perubahan dalam penggunaan lahan selama periode waktu yang diteliti, memberikan gambaran yang jelas tentang evolusi lanskap dan pengaruhnya terhadap distribusi *molusce*.

d. *Transition Potential Modeling*

Tahap ke-4 ini kita memasukkan metode yang akan kita gunakan untuk memprediksi perubahan tutupan/penggunaan lahan. Penelitian ini menggunakan metode *logistic regression*, dengan *maximum iteration* 1x dan *neighbourhood* sebesar 1 px.



Method	Logistic Regression
Maximum iterations	100
Neighbourhood	1 px
Pseudo R-squared (count)	0.97300

Gambar 9. Tahap *Transition Potential Modeling CA*.

e. *Cellular Automata Simulation*

Tahap *Cellular Automata Simulation* adalah tahap pemodelan perubahan tutupan/penggunaan lahan yaitu di mana tahun prediksi = tahun sebelumnya + rentang tahun. Pada penelitian ini tahun 2015 adalah tahun awal serta 2022 adalah tahun akhir, rentang dari tahun 2015 menuju tahun 2022 adalah 7 tahun sehingga 1 iterasi yaitu 7 tahun, $2022 + 7 = 2029$, untuk mendapatkan prediksi perubahan lahan tahun 2036 membutuhkan 2 iterasi.

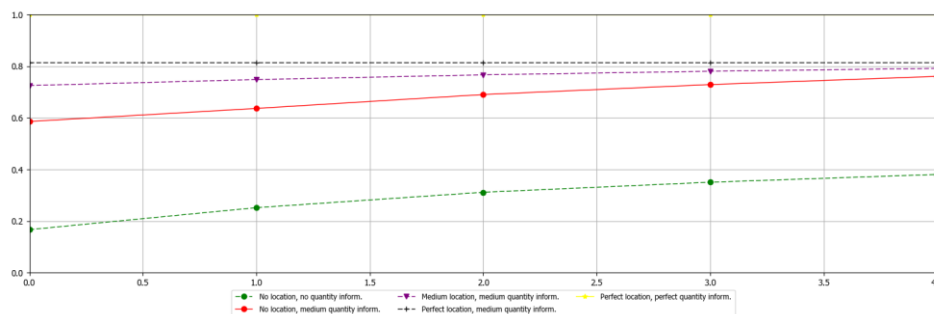


<input type="checkbox"/> Prefix of transition potential maps	potential_	Browse...
<input checked="" type="checkbox"/> Certancy function		Browse...
<input checked="" type="checkbox"/> Simulation result	C:\Penelitian_eia\hasil\prediksi.tif	Browse...
Number of simulation iterations		2

Gambar 10. Tahap *Cellular Automata Simulation CA*.

f. *Validation*

Validasi model perlu dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari prediksi yang telah dibuat. Nilai akurasi kappa 0,81 – 1, menunjukkan adanya kesepakatan yang sangat baik, nilai 0,61 – 0,80 adalah baik, nilai 0,41 – 0,60 adalah sedang, nilai 0,21 – 0,40 adalah kurang dari sedang, dan nilai <0,20 adalah buruk.



Gambar 11. Tahap *Validation* CA.

3.8. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merujuk pada metode atau pendekatan yang digunakan untuk menganalisis data yang dikumpulkan dalam penelitian. Hal ini bertujuan untuk menghasilkan informasi yang bermakna, mengidentifikasi pola atau hubungan, dan mengambil kesimpulan yang didukung oleh data. Teknik analisis data membantu peneliti dalam memproses, menyusun, dan menginterpretasikan data secara sistematis.

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data yaitu *logistic regression*. Pemodelan logistik atau regresi logistik adalah teknik analisis statistik yang digunakan untuk memprediksi kemungkinan kejadian suatu peristiwa biner. Dalam hal pemetaan *molusce*, untuk menerapkan regresi logistik pada pemetaan *molusce*, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

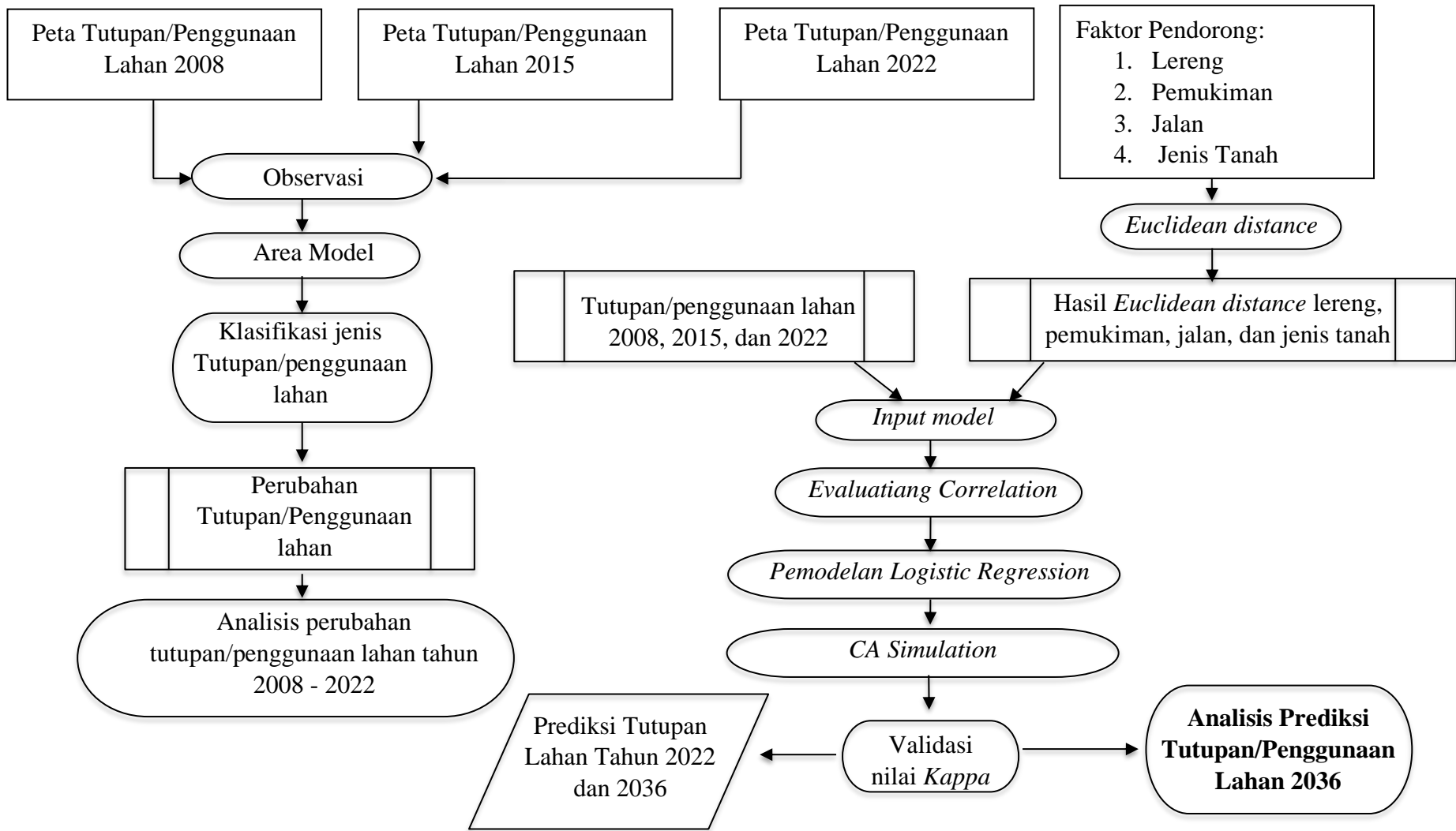
1. Kumpulkan data yaitu data shp dan citra yang dibutuhkan. Data shp dapat diperoleh melalui instansi dinas terkait seperti Dinas Pembangunan Umum.

2. Persiapkan data

Lakukan pra-pemrosesan data seperti membersihkan data yang tidak valid atau hilang, mengatasi ketidaksamaan dalam format data, dan mengubah variabel kategorial menjadi variabel *dummy* jika diperlukan.

3. Evaluasi model

Setelah melatih model, evaluasi kinerjanya menggunakan set pengujian. Prediksi dan pemetaan setelah model dievaluasi dan dianggap memadai, dapat menggunakannya untuk memprediksi kategori *molusce* berdasarkan fitur yang diberikan. Misalnya, jika ingin memetakan *molusce* ke dalam tertentu, dapat memberikan fitur morfologi atau karakteristik lainnya sebagai input ke model dan menghasilkan prediksi yang mungkin.



Gambar 12. Diagram Alir.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- a. Perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Kotabumi Utara tahun 2008-2022 didominasi dengan berkurangnya tutupan/penggunaan lahan kelas pertanian lahan kering, pertanian lahan basah, lahan terbuka, hutan, dan perairan, selama 7 tahun tersebut sebenarnya terjadi pengurangan dan penambahan pada kelas tutupan/penggunaan lahan tetapi mayoritas terjadi pengurangan.
- b. Hasil prediksi luasan tutupan/penggunaan lahan dan jenis kelas tutupan/penggunaan lahan di tahun 2036, diprediksi perubahan tutupan/penggunaan lahan tahun 2022-2036 di Kecamatan Kotabumi Utara ada yang mengalami peningkatan dan penurunan yang signifikan. Pada tahun 2036 tutupan/penggunaan lahan yang paling luas yaitu pertanian lahan kering dengan luasan 9.059 hektar.

5.2. Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah:

- a. Ketelitian dalam proses digitasi kelas tutupan/penggunaan lahan sangat penting untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang akurat.
- b. Untuk mendapatkan hasil prediksi yang sesuai keberadaan faktor pendorong sangat mempengaruhi, semakin banyak faktor pendorong yang digunakan maka hasil yang diperoleh akan semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin, A. 2019. *Strategi Konservasi Lahan Bekas Perladangan Berpindah Di Desa Sai Kecamatan Soromandi Kabupaten Bima*. Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Astuti. 2016. *Deteksi Perubahan Penggunaan Lahan Di Kabupaten Lampung Barat*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Badan Pusat Statistik BPS Kecamatan Lampung Utara. 2008. *Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan Dan Jenis Kelamin Tahun 2008*. Bps.Go.Id. diakses pada tanggal 26 April 2023.
- Badan Pusat Statistik BPS Kecamatan Lampung Utara. 2015. *Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan Dan Jenis Kelamin Tahun 2015*. Bps.Go.Id. diakses pada tanggal 26 April 2023.
- Badan Pusat Statistik BPS Kecamatan Lampung Utara. 2022. *Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan Dan Jenis Kelamin Tahun 2022*. Bps.Go.Id. diakses pada tanggal 26 April 2023.
- Badan Pusat Statistik BPS Kecamatan Lampung Utara. 2023. *Lampung Utara Dalam Angka 2023*. Bps.Go.Id. diakses pada tanggal 26 April 2023.
- Badan Pusat Statistik BPS Kota Bandar Lampung. 2023. *Kota Bandar Lampung Dalam Angka 2023*. Bps.Go.Id. diakses pada tanggal 26 April 2023.
- Badan Standarisasi Nasional. 2020. *Klasifikasi Penutup Lahan*. SNI-7645.
- Balle, A & Samuel, M. 1999. Modeling Urban Dynamics Through Gis-Based Cellular automata. *Jurnal Computers, Environments And Urban Systems*.

- Boreel, A & Meliani, M. 2022. Driving Factor Analysis Of Land Use Change Using Analytical Hierarchy Process Ahp Method Case Das Waeruhu Of Ambon City 2022. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*.
- Dabukke, A.S. & Susetyo, C. 2021. Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Pasca Pembangunan Gerbang Tol Soreang Di Kecamatan Soreang, Kabupaten Bandung Menggunakan Regresi Logistik Biner. *Jurnal Geografi. Univeristas Indonesia*.
- Darma, D. R. 2018. *Geografi Kehidupan*. Bandung. Penerbit Surya Indah.
- Darmawan, A. 2015. Perubahan Tutupan Hutan Di Taman Hutan Raya. *Jurnal Sylva Lestari*. Universitas Sebelas Maret.
- Delarizka, A. & Sasmito, B. 2015. Analisis Fenomena Pulau Bahang Urban Heat Island Di Kota Semarang Berdasarkan Hubungan Antara Perubahan Tutupan Lahan Dengan Suhu Permukaan Menggunakan Citra Multi Temporal Landsat. *Jurnal Geodesi Undip*. Yogyakarta, DIY. 2015.
- Effendi, R. & Akmal, H. 2020. Geografi Dan Ilmu Sejarah: Deskripsi Geohistori Untuk Ilmu Bantu Sejarah. *Jurnal Geo Sejarah*. Universitas Negeri Padang.
- Fikri, A.S. 2021. *Analisis Penutupan Lahan Gee Dengan Metode Klasifikasi Terbimbing: Studi Kasus Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur*. Doctoral Dissertation, Uin Sunan Ampel Surabaya.
- Hapsary, M. & Subiyanto. 2021. Analisis Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Dengan Pendekatan Artificial Neural Network Dan Regresi Logistik Di Kota Balikpapan. *Jurnal Geodesi Undip*.
- Ichsan, A. 2020. Sistem Informasi Geografis Kota Bandar Lampung Berbasis Web. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*.
- Islam, M. 2018. *Modeling Land Use Change Using Cellular Automata And Artificial Neural Network: The Case Of Chunati Wildlife Sanctuary, Bangladesh*. Ecological Indicators. Jakarta.28 Hlm.
- Jaya, I. 2010. *Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam*. Bogor Id: Fakultas Kehutanan Ipb.

- Khalil, M. 2015. *Analisis perubahan tutupan lahan Kabupaten Paser*. Bandung.
- Kurniawan. 2023. *Teknik Penulisan Karya Ilmiah Cara Membuat Karya Ilmiah Yang Baik Dan Benar*. Pt. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Laily, K. 2021. Modeling Urban Dynamics Through Gis-Based Cellular automata. Computers. *Journal Environments And Urban Systems*.
- Marfaii, A. 2011. *Pengantar Pemodelan Geografi*. Panji Budi, Red Carpet Studio.
- Miswar, D & Sugiyanta, I.G. 2020. Analisis Geospasial Perubahan Penggunaan Lahan Sawah Berbasis LP2B Kecamatan Pagelaran Utara. *Internasional journal of agriculture*.
- Muhammad. 2021. Analisis Faktor Perubahan Pemanfaatan Lahan Di Kecamatan Watang Pulu Kabupaten Sidrap. Losari. *Jurnal Arsitektur Kota Dan Permukiman*.
- Narmaningrum, D. A., & Susilo, B. 2015. Pemodelan Spasial Regresi Logistik Dan Cellular Automata Berbasis Citra Penginderaan Jauh Untuk Prediksi Pendangkalan Secara 2 Dimensi Waduk Gajah Mungkur Kabupaten Wonogiri. *Jurnal Bumi Indonesia*. 2015.
- Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial. 2011. diakses pada 25 Juni 2023.
- Park, S. & Jeon, S. 2011. *Prediction And Comparison Of Urban Growth By Land Suitability Index Mapping Using Gis And Rs In South Korea*. *Landscape And Urban Planning*.
- Peruge & Sakka. 2012. *Model Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Cellular Automata - Markov Chain Di Kawasan Mamminasata*. Makassar Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin.
- Prihatin, R. B. 2015. Alih Fungsi Lahan Di Perkotaan Studi Kasus Di Kota Bandung Dan Yogyakarta. *Jurnal Aspirasi*.
- Purwantoro & Hadi. 1996. *Studi Perubahan Penggunaan Lahan Di Kecamatan Umbulharjo Kota Yogyakarta Tahun 1987-1996 Berdasarkan Foto Udara*.

- Rijal, S & Barkey, R. A. 2019. *Penginderaan Jauh Dalam Bidang Kehutanan*. Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.
- Risky & Saraswati, Z. F. 2023. Studi Model Pengaruh Perubahan Jumlah Penduduk Terhadap Penggunaan Lahan Di Kota Metro Tahun 2010-2020. *Jurnal Perencanaan Dan Pengembangan Kebijakan*.
- Ritohardoyo, S. 2013. *Penggunaan Dan Tata Guna Lahan*. Yogyakarta.
- Rukajat, A. 2018. *Pendekatan Penelitian Kuantitatif: Quantitative Research Approach*. Deepublish.
- Sampurno, R. & Thoriq, A. 2015. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager Oli Di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan, Vol.10*.
- Setiadi, E. M. 2017. *Ilmu Sosial & Budaya Dasar*. Kencana.
- Singh, A. K. 2023. *Modelling Land Use Land Cover Changes Using Cellular Automata In A Geo-Spatial Environment*. Itc.
- Suwargana, N. 2013. *Resolusi Spasial, Temporal Dan Spektral Pada Citra Satelit Landsat, Spot Dan Ikonos*. Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional.
- Tasha, K. 2012. *Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Pendekatan Artificial Neural Network Studi Kasus: Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Wael, K. & Siahaya, W. A. 2022. Land Cover Classification Of Kei Kecil Island In 2019 Based On Multispectral Image Analysis. *Jurnal Budidaya Pertanian*. Univeristas Udayana-Bali.
- Wardhana, A., & Noven, S. A. 2020. *Dinamika Penduduk Dan Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia*. Buletin Studi Ekonomi.
- Wijaya, M. S., & 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*.

Wijaya, M. S & Umam. 2015. *Pemodelan Spasial Perkembangan Fisik Perkotaan Yogyakarta Menggunakan Model Cellular Automata Dan Regresi Logistik Biner*. Majalah Ilmiah Globe.