

**PEMODELAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DENGAN *CELULAR  
AUTOMATA* DAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DI KECAMATAN  
PRINGSEWU**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**PRATAMA ROHIM**

**NPM 1813034007**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

**BANDAR LAMPUNG**

**2023**

**ABSTRAK****PEMODELAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DENGAN  
CELLULAR AUTOMATA DAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DI  
KECAMATAN PRINGSEWU****Oleh:****PRATAMA ROHIM**

Pertumbuhan dan perkembangan suatu daerah menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan akibat dari meningkatnya kebutuhan akan lahan dan aktivitas penduduk dalam menjalankan kehidupan ekonomi, sosial, budaya, dan politik. Sistem Informasi Geografi (SIG) dapat digunakan untuk memonitor dan memprediksi perubahan tutupan lahan di suatu daerah dengan menggunakan faktor-faktor pendorong perubahan tutupan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan dan memprediksi tutupan lahan yang ada di Kecamatan Pringsewu tahun 2030 menggunakan model *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Cellular Automata* (CA). Citra yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Citra landsat 8 tahun 2015, 2018 dan 2021. Metode klasifikasi yang digunakan yaitu digitasi menggunakan *Maximum Likelihood* dan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan menggunakan *combine*. Variabel yang digunakan dalam proses pemodelan yaitu pertumbuhan penduduk, jalan atau aksesibilitas, dan kemiringan lereng. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan tutupan lahan di Kecamatan Pringsewu tahun 2015-2021 mengalami penambahan pada kelas lahan terbangun sebesar 11,03% atau 529,77 Ha dan lahan terbuka mengalami pengurangan sebesar 3,88 % atau 186,62 Ha. Pemodelan perubahan tutupan lahan dengan ANN menunjukkan hasil model yang cukup baik, dibuktikan dengan hasil validasi. Hasil validasi model menunjukkan nilai indeks *kappa* sebesar 0,659. Adapun tutupan lahan yang berpeluang beralihfungsi menjadi tutupan lahan lainnya adalah hutan dan pertanian lahan basah.

Kata Kunci: Tutupanlahan, *Cellular Automata*, *Artificial Neural Network*

**ABSTRACT****MODELING OF LAND COVER CHANGES WITH CELLULAR  
AUTOMATIC AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN PRINGSEWU  
DISTRICT****By:****PRATAMA ROHIM**

The growth and development of an area causes changes in land cover due to the increasing need for land and population activities in carrying out economic, social, cultural and political life. Geographic Information System (GIS) can be used to monitor and predict changes in land cover in an area by using the driving factors of land cover change. This study aims to determine changes in land cover and predict land cover in Pringsewu District in 2030 using Artificial Neural Network (ANN) and Cellular Automata (CA) models. The images used in this study are Landsat 8 images for 2015, 2018 and 2021. The classification method used is digitization using Maximum Likelihood and to analyze changes in land cover using combine. The variables used in the modeling process are population growth, roads or accessibility, and slope. The results showed that there was a change in land cover in Pringsewu District in 2015-2021 which experienced an increase in the built-up land class of 11.03% or 529.77 Ha and open land decreased by 3.88% or 186.62 Ha. Modeling land cover change with ANN shows quite good model results, as evidenced by the validation results. The model validation results show a kappa index value of 0.659. The land cover that was stabbed to change its function into other land cover is forest and wetland soil.

**Keywords:** Land Cover, *Cellular Automata*, *Artificial Neural Network*

**PEMODELAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DENGAN  
CELULAR AUTOMATA DAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DI  
KECAMATAN PRINGSEWU**

**Oleh  
PRATAMA ROHIM**

**Skripsi**

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

**Pada**

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



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**



Judul skripsi : **PEMODELAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DENGAN *CELLULAR AUTOMATA* DAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DI KECAMATAN PRINGSEWU**

Nama Mahasiswa : **Pratama Rohim**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1813034007**

Program Studi : **Pendidikan Geografi**

Jurusan : **Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial**


Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**

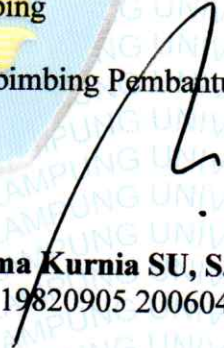


1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Pembantu

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

  
**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

  
**Drs. Tedi Rusman, M.Si.**  
NIP 19600826 198603 0 001

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



**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

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



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



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



Dean Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

**Prof. Dr. Sunyono, M.Si.**

NIP 19651230 1991111 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **18 Januari 2023**

**SURAT PERNYATAAN**

Yang Bertanda Tangan di Bawah ini:

Nama : Pratama Rohim  
NPM : 1813034007  
Program Studi : Pendidikan Geografi  
Jurusan/Fakultas : Pendidikan IPS/KIP  
Alamat : Desa Tanjung Menang, Kec. Mesuji Timur, Kab  
Mesuji

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PEMODELAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DENGAN *CELLULAR AUTOMATA* DAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DI KECAMATAN PRINGSEWU”**. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 10 Febuari 2023

Pemberi Pernyataan



Pratama Rohim  
NPM. 1813034007



## RIWAYAT HIDUP



Nama saya Pratama Rohim, saya lahir di desa Budi Aji, Kecamatan Simpang Pematang, Kabupaten Mesuji pada tanggal 7 Agustus 1999. Saya anak pertama dari 3 bersaudara. Saya menempuh pendidikan di SDN 01 Budi Aji sampai pada tahun 2011, dan saya pindah sekolah kemudian melanjutkan di sekolah SDN 01 Tanjung Menang sampai tahun 2012. Kemudian saya melanjutkan pendidikan saya di salah satu sekolah swasta yang ada di daerah saya yaitu SMP Utama

Wacana 8 dan saya lulus pada tahun 2015. Lalu saya melanjutkan pendidikan saya di SMAN 01 Simpang Pematang dan lulus pada tahun 2018.

Pada tahun 2018 saya mendaftar Kuliah di dua kampus berbeda, yakni Universitas Lampung dan Universitas Sriwijaya melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negri (SNMPTN), dan alhamdulillah saya diterima di kampus Universitas Lampung pada tahun 2018 dengan nomor pokok mahasiswa 1813034007.

Ketika awal saya memsuki dua perkuliahan saya memiliki 3 tujuan hidup yang sampai saat ini masih saya ingat dan saya pegang. Tujuan hidup saya yang pertama yaitu ingin berdakwa dengan memberikan kebermanfaatn bagi orang lain walaupun itu kecil, kemudian yang kedua ingin terus menjadikan setiap langkah kaki saya karena allah, dan yang ketiga ingin menjadi penghafal al-quran. Alhamdulillah allah membuka jalan untuk saya mencapai tujuan hidup saya, saya pernah tinggal di pondok pesantren mahasiswa daarul hikmah selama 2 tahun, dan saya mengikuti kegiatan organisasi kampus seperti FPPI dan BIROHMAH.



Sebagai Mahasiswa saya tercatat pernah aktif di beberapa organisasi kampus yaitu:

1. Sekertaris Biro BSO BBQ FPPI FKIP Unila Tahun 2019
2. Staf Kajian dan Strategi BEM FKIP Unila Tahun 2019
3. Staf Komisi IV DPM FKIP Unila Tahun 2019
4. Sekertaris Umum FPPI FKIP Unila Tahun 2020
5. Kepala Departemen Kesekretariatan dan Masjid BIROHMAH Unila Tahun 2021.

## **PERSEMBAHAN**

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT saya persembahkan karya sederhana ini kepada:

Ayah dan Ibu saya tercita Ayah Hartono dan Ibu Lilik Handayani yang telah merawat dan mendidik saya dengan penuh kasih sayang. Serta selalu mendukung, memberikan pendidikan, dan kehidupan yang layak meskipun dengan begitu banyak kesederhanaan.

Bapak dan Ibu dosen yang telah membimbing saya selama beberapa tahun dengan sabar dan ikhlas, dan juga kepada teman dan sahabat tercinta yang selalu memberikan semangat dan doa disetiap ruku dan sujudnya.

Almamaterku Tercinta  
UNIVERSITAS LAMPUNG

## MOTO

“Kamu (Umat Islam) Adalah Umat Terbaik Yang Dilahirkan Untuk Manusia, (Karena Kamu) Menyuruh (Berbuat) Yang Makruf, Dan Mencegah Dari Yang Mungkar Dan Beriman Kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab Beriman, Tentulah Itu Lebih Baik Bagi Mereka. Diantara Mereka Ada Yang Beriman, Namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik”.

(Q.S Al-Imran: 110)

“Jadilah Sperti Bintang (An-Najm) Yang Berada Diatas Namun Cahayanya Selalu Merunduk Kebawah, Jangan Seperti Asap (Adh-Duhan) Yang Berada Di Bawah Namun Ingin Selalu Terlihat Keatas”

(Pratama Rohim)



## SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan hidayahnya skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Pemodelan Perubahan Tutupan lahan Dengan *Cellular Automata* dan *Artificial Neural Network* di Kecamatan Pringsewu” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Ilmu Pendidikan di Universitas Lampung. terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari pada bimbingan Bapak Ibu Dosen, terima kasih saya ucapka kepada Bapak Dedy Miswar, S.Si., M.Pd. selaku pembimbing utama sekaligus sebagai pembimbing akademik, Ibu Rahma Kurnia, SU, S.Si.,M.Pd.. selaku pembimbing kedua, serta Ibu Irma Lusi Nugraheni, S.Pd.,M.Si. selaku dosen penguji, yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
2. Bapak Drs. Supriyadi, M.Pd. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerja sama Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung
3. Ibu Dr. Riswanti Rini, M.Si. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung
4. Bapak Drs. Tedi Rusman, M.Si. selaku Ketua Jurusan Ilmu Pengetahuan Sosial Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Sugeng Widodo, M.Pd. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Geografi Universitas Lampung
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Geografi Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmunya.
7. Kedua orang tua saya, Bapak Hartono dan Ibu Lilik Handayani, terimakasih atas doa dan dukungannya selama ini.

8. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Geografi angkatan 2018 yang selalu memberikan semangat, bantuan dan doa-doanya dalam setiap ruku dan sujudnya.

Terima kasih kepada semua pihak yang tidak bias saya sebutkan satu per satu atas bantuan yang telah diberikan kepada saya selama menjadi mahasiswa. Skripsi ini tidak luput dari kekurangan, untuk itu kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca,

Bandar Lampung, 10 Febuari 2023

Penulis

Pratama Rohim

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang dan Masalah .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Rumusan Mslaah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Kegunaan Peelitian.....	5
1.6 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tutupan Lahan dan Klasifikasi Kelas Tutupan Lahan .....	7
2.1.1 Pengertian Tutupan Lahan.....	7
2.1.2 Klasifikasi Kelas Tutupan Lahan .....	8
2.2 Sistem Informasi Geografi dan Penginderaan Jauh .....	10
2.2.1 Sistem Informasi Geografi .....	10
2.2.2 Penginderaan Jauh .....	10
2.3 Pemodelan Spasial Perubahan Tutupan Lahan .....	11
2.3.1 Model dan Pemodelan .....	11
2.3.2 <i>Cellular Automata</i> (CA).....	11
2.3.3 <i>Artificial Neural Network</i> (ANN).....	16
2.4 Penelitian Relevan.....	18
2.5 Kerangka Berpikir .....	20
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Metode Penelitian.....	22
3.2 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel .....	22
3.2.1 Variabel Penelitian .....	22
3.2.2 Definisi Operasional Varabel .....	23
3.3 Bahan dan Alat Penelitian .....	24
3.3.1 Bahan .....	24
3.3.2 Alat Penelitian .....	25



3.4 Tahap Persiapan .....	25
3.5 Tahap Pelaksanaan .....	25
3.6 Teknik Pengumpulan Data .....	29
3.6.1 Teknik Observasi .....	29
3.6.2 Teknik Dokumentasi .....	29
3.7 Teknik Analisis Data .....	30
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Gambaran Umum Daerah Penelitian .....	32
4.1.1 Sejarah Kecamatan Pringsewu .....	32
4.1.2 Letak Kecamatan Pringsewu .....	34
4.1.3 Kondisi Iklim .....	36
4.2 Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Pringsewu .....	40
4.2.1 Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Pringsewu Tahun 2015-2018 .....	41
4.2.2 Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Pringsewu Tahun 2018-2021 .....	49
4.2.3 Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Pringsewu Tahun 2015-2021 .....	57
4.3 Analisis Pemodelan Prediksi Perubahan Tutupan lahan Menggunakan ANN dan <i>Cellular Automata</i> Tahun 2030 .....	65
<b>V. KESIMPULAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	76
5.2 Saran .....	76
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	78
<b>LAMPIRAN</b> .....	82

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Tutupan lahan National Land Cover Database .....	8
2. Penelitian Relevan .....	18
3. Kelas Kemirinan Lereng .....	23
4. Curah Hujan Kecamatan Pringsewu .....	37
5. Perubahan Luas Tutupan lahan Tahun 2015-2018 (Ha) .....	43
6. Perubahan Luas Tutupan lahan Kecamatan (Ha).....	46
7. Perubahan Luas Tutupan lahan Tahun 2018-2021 (Ha) .....	51
8. Perubahan Luas Tutupan lahan Kecamatan (Ha).....	54
9. Perubahan Luas Tutupan lahan Tahun 2015-2021 (Ha) .....	59
10. Perubahan Luas Tutupan lahan Kecamatan (Ha).....	62
11. <i>Overall Accuracy</i> dan <i>Kappa Coefficient</i> .....	63
12. <i>Confusion Matrix</i> Perubahan Tutupan lahan (Ha) .....	64
13. Perubahan Luas Tutupan lahan Kecamatan (Ha).....	64
14. Uji Korelasi .....	66
15. Model Luas Perubahan Tutupan lahan (Ha) .....	66
16. Hasil <i>Training Model</i> .....	67
17. Luas Tutupan lahan Hasil Prediksi dan Eksisting (Ha) .....	70
18. Luas Tutupan Lahan Prediksi 2030 (Ha) .....	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Input Model.....	13
2. <i>Evaluating Correlation</i> .....	14
3. <i>Area Change</i> .....	14
4. <i>Transition Potential Modeling</i> .....	15
5. <i>Cellular Automata Simulation</i> .....	15
6. <i>Validation</i> .....	16
7. Struktur ANN.....	17
8. Ilustrasi Jaringan <i>Multi Layer Percepton</i> .....	18
9. Bagan Kerangka Pikir .....	21
10. Tahapan Pengelolaan Data.....	27
11. Tahap Pengelolaan Faktor Pendorong .....	28
12. Tahapan Pemodelan dan Prediksi .....	29
13. Bagan Alir Penelitian .....	31
14. Peta Administrasi .....	35
15. Peta Peta Land Cover Kecamatan Pringsewu Tahun 2015 dan 2018.....	41
16. Peta Perubahan Land Cover Kecamatan Pringsewu Tahun 2015-2018 .....	42
17. Peta Land Cover Kecamatan Pringsewu Tahun 2018 dan 2021 .....	49
18. Peta Perubahan Land Cover Kecamatan Pringsewu Tahun 2018-2021 .....	50
19. Peta Land Cover Kecamatan Pringsewu Tahun 2015 dan 2021 .....	57
20. Peta Perubahan Land Cover Kecamatan Pringsewu Tahun 2015-2021 .....	58
21. Peta Jarak ke Jalan .....	65
22. Peta Jarak ke Permukiman .....	65
23. Grafik <i>Artificial Neural Network</i> .....	68
24. Peta Prediksi Land Cover Kecamatan Pringsewu Tahun 2021 .....	69



25. Hasil Validasi.....	70
26. Peta Land Cover Kecamatan Pringsewu Tahun 2021 dan 2030.....	71
27. Peta Prediksi Land Cover Kecamatan Pringsewu Tahun 2030 .....	72

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perubahan tutupan lahan merupakan peralihan pada suatu jenis tutupan lahan tertentu menjadi jenis tutupan lahan lainnya dan perubahan tutupan lahan dapat diartikan sebagai peralihan dari tutupan lahan satu ke tutupan lahan lainnya, dan dapat terjadi pada tutupan lahan yang sama. Perubahan tersebut sejalan dengan berkembangnya pembangunan pada suatu wilayah dan meningkatnya kebutuhan manusia, sehingga dianggap hal tersebut yang menyebabkan konversi lahan akan terus terjadi. Perubahan tutupan lahan dapat terjadi disebabkan beberapa faktor pemicu terjadinya perubahan tutupan lahan. Cullingswoth dalam Sari dan Dewanti (2019:752) mengatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan tutupan lahan dipengaruhi oleh empat faktor yakni, adanya konsentrasi penduduk dengan segala aktivitas, aksesibilitas terhadap pusat kegiatan dan pusat kota, jaringan jalan dan sarana transportasi, dan obritasi. Chapin dalam Sari dan Dewanti (2019:752) juga mengatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan tutupan lahan adalah topografi, penduduk, nilai lahan, aksesibilitas, serta sarana dan prasarana serta daya dukung lingkungan.

Dalam Kurun waktu 20 tahun terakhir, perubahan tutupan lahan terjadi dengan cepat di negara-negara berkembang (Brandt dan Townsend, 2006:607). Pertumbuhan penduduk dan pembangunan telah menjadi pendorong perubahan tutupan lahan. Permintaan akan lahan terbangun tidak lain dipengaruhi oleh peningkatan jumlah penduduk baik secara alami (fertilitas dan mortalitas) maupun secara migrasi. Jenis pembangunan yang dilakukan dapat beragam,

sepertihalnya pembangunan kawasan permukiman, perdagangan dan jasa, industri dan lain sebagainya. Menurut Yunus dalam Abror (2016:1) Pembangunan yang diterapkan terhadap suatu kawasan harus berdasarkan potensi dan kondisi yang dimiliki suatu wilayah, harus sesuai dengan kapabilitas, kesesuaian dan daya dukung lahan, maka diharapkan hasil produksi dan tingkat produktivitas akan lebih tinggi, yang berarti tingkat keberhasilan yang dicapai adalah optimum atau mencapai tingkat optimalitas.

Perubahan tutupan lahan banyak terjadi pada setiap wilayah yang ada di Indonesia seperti yang ada di Provinsi Lampung, Kabupaten Pesawaran, Kecamatan Pringsewu. Kecamatan Pringsewu banyak terjadi perubahan tutupan lahan pada sektor permukiman dan pertanian lahan basah. Tercatat pada data BPS Kabupaten Pringsewu (2021:48) menunjukkan bahwa ada 81.776 penduduk dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 6,63%, dan menjadi salah satu Kecamatan yang ada di Kabupaten Pringsewu dengan persentase penduduk paling besar yaitu 20,17% dan Kecamatan Pringsewu memiliki luas lahan sebesar 53,29 Km<sup>2</sup>. Dari hal tersebut perlu adanya sebuah *controlling* atau pengendali agar perubahan tutupan lahan dapat terukur dan terarah.

Peningkatan jumlah penduduk akan berpengaruh terhadap tingginya permintaan akan kebutuhan ruang, berupa kebutuhan permukiman, sarana prasarana, dan lain sebagainya. Permintaan ruang yang semakin banyak tentu memerlukan lahan untuk menampung kebutuhan dan keinginan penduduk yang ada di Kecamatan Pringsewu. Tetapi, lahan yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat memiliki luas yang terbatas, karena tidak semua jenis lahan dapat dimanfaatkan. Apabila pemanfaatan lahan yang tidak sesuai tetap diterapkan, maka akan menimbulkan permasalahan lingkungan karena ketidakseimbangan dalam pertumbuhan, seperti masalah banjir yang selalu terjadi karena air tidak mampu meresap ke dalam tanah akibat jumlah permukiman yang semakin banyak, banyaknya pohon yang ditebang yang kemudian dijadikan sebagai permukiman dan lain sebagainya.

Berdasarkan hal tersebut diperlukan pengawasan terhadap perubahan tutupan lahan setiap tahunnya dengan cara memodelkan perubahan tutupan lahan tersebut sehingga dapat diketahui perkembangan kota atau kabupaten di tahun

mendatang. Perkembangan teknologi komputer yaitu Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan dalam mengkaji pemodelan perubahan tutupan lahan dengan menambahkan faktor-faktor pendorong terjadinya perubahan tutupan lahan. Cellular Automatan (CA) merupakan salah satu model yang dapat diterapkan karena memiliki sifat yang dinamis dan dapat diintegrasikan dengan model lain seperti Artificial Neural Network (ANN).

*Cellular Automata* (CA) adalah salah satu model yang mengadopsi *geosimulation* atau prediksi spasial. Salah satu elemen paling penting dalam CA adalah model probabilitas transisi (*transition potential modelling*), yaitu sebuah derajat yang mengindikasikan terjadinya perubahan kelas penutup lahan menjadi kelas lainnya. Pada CA deterministik, model probabilitas transisi dibangun dengan beberapa variabel yang diasumsikan mendorong terjadinya perubahan tutupan lahan. Area transisi bersama variabel tersebut dianalisis dengan beberapa metode seperti *Weight of Evidence* (WoE), *Logistic Regression* (LR), *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Park *et al*, 2011; Feng dan Qi, 2018). Kajian yang menggunakan CA untuk memprediksi perubahan lahan sudah cukup banyak dilakukan. Beberapa kajian yang pernah dilakukan yaitu oleh Hapsary dkk (2021), Rariz dkk (2020), Kusniawati dkk (2020), dan masih banyak lagi yang menggunakan CA dalam melakukan analisis perubahan dan prediksi perubahan lahan.

Pada penelitian ini menganalisis perubahan tutupan lahan yang terjadi di Kabupaten Pesawaroh khususnya di Kecamatan Pringsewu menggunakan metode *Cellular Automata* (CA) dan *Artificial Neural Network* (ANN) serta memprediksi tutupan lahan di tahun mendatang dengan simulasi Cellular Automata dengan menggunakan sebuah plugin yaitu MOLUSCE (Modules for Land Use Change Simulations) yang terdapat dalam perangkat QGIS. Variabel faktor pendorong yang digunakan dalam pemodelan perubahan tutupan lahan, yaitu jalan, permukiman, dan lereng guna untuk memprediksi tutupan lahan di Kecamatan Pringsewu tahun 2030.

## 1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka didapatkan identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan alih fungsi lahan menjadi permukiman atau lahan terbangun Kecamatan Pringsewu.
2. Belum adanya penelitian tentang pemetaan pemodelan perubahan tutupan lahan di Kecamatan Pringsewu menggunakan metode *Cellular Automata* dan *Artificial Neural Network*.

## 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan tutupan lahan di Kecamatan Pringsewu dari tahun 2015-2021?
2. Bagaimana prediksi tutupan lahan Kecamatan Pringsewu tahun 2030 menggunakan model *Cellular Automata* dan *Artificial Neural Network*?

## 1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan dari pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisis perubahan tutupan lahan tahun 2015-2021 di Kecamatan Pringsewu.
2. Membuat prediksi perubahan tutupan lahan Kecamatan Pringsewu menggunakan model *Cellular Automata*.

### **1.5. Kegunaan Penelitian**

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai syarat untuk mencapai gelar sarjana S1 di Program Studi Pendidikan Geografi Jurusan Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
2. Kegunaan atau manfaat dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai prediksi tutupan lahan di masa mendatang dengan membuat model perubahan tutupan lahan yang bisa dijadikan acuan bagi para pengambil kebijakan untuk melakukan perencanaan wilayah. Selain itu, masyarakat menjadi lebih paham dan lebih peduli akan tutupan lahan di sekitarnya, sehingga pengendalian dan pengawasan akan perubahan tutupan lahan dapat dilaksanakan bersama-sama.
3. Sebagai bahan ajar pada jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.

### **1.6. Ruang Lingkup Penelitian**

1. Ruang lingkup objek penelitian ini adalah perubahan tutupan lahan dan prediksi tutupan lahan di Kecamatan Pringsewu.
2. Ruang lingkup tempat penelitian yaitu di Kecamatan Pringsewu.
3. Ruang lingkup waktu dalam penelitian ini yaitu pada tahun 2015-2021 dan hasil prediksi tahun 2030.
4. Ruang lingkup ilmu yang digunakan yaitu Sistem Informasi Geografis (SIG), Pengindraan Jauh, dan Pemodelan Geografi.

Marfai (2011:93) mengemukakan bahwa Pemodelan Geografi merupakan suatu proses menerima, memfokuskan, memformulasikan, memproses, dan menampilkan kembali persepsi dunia nyata (*real world*) yang berhubungan

dengan kausal gejala-gejala di permukaan bumi, baik yang bersifat fisik maupun yang menyangkut kehidupan makhluk hidup beserta permasalahannya melalui pendekatan keruangan, kelingkungan, dan regional untuk kepentingan program, proses, dan keberhasilan pembangunan.



## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Tutupan lahan dan Klasifikasi Kelas Penggunaan Lahan**

#### **2.1.1. Pengertian Tutupan lahan**

Ritohardoyo (2013:17) menyatakan bahwa tutupan lahan adalah usaha manusia memanfaatkan lingkungan alamnya untuk menuhi kebutuhan-kebutuhan tertentu dalam kehidupan dan keberhasilannya. Tutupan lahan merupakan interaksi manusia dengan lingkungannya, dimana fokus lingkungannya adalah lahan, sedangkan sikap dan tanggapan kebijakan manusia terhadap lahan akan menentukan langkah-langkah aktivitasnya, sehingga akan meninggalkan bekas di atas lahan sebagai bentuk tutupan lahan.

Sedangkan menurut Malingreu dalam (Ritohardoyo, 2013:16) menyatakan bahwa tutupan lahan adalah segala campur tangan manusia, baik secara menetap ataupun berpindah-pindah terhadap suatu kelompok sumber daya alam dan sumber daya buatan, yang secara keseluruhan disebut lahan, dengan tujuan untuk mencukupi kebutuhan material baik maupun spiritual, ataupun kebutuhan kedua-duanya.

### 2.1.2. Klasifikasi Kelas Tutupan lahan

Sistem klasifikasi tutupan lahan Badan Standarisasi Nasional tahun 2010 merupakan system tutupan lahan yang dirintis oleh Pemerintah. Table di bawah ini memrepresentasikan system klasifikasi tutupan lahan dari Badan Standarisasi Nasional.

Tabel 1. Klasifikasi Tutupan lahan National Land Cover Database

No	Kelas Penutup Lahan
1	Daerah Vegetasi <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 Daerah Pertanian               <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1.1 Sawah</li> <li>1.1.2 Sawah pasang surut</li> <li>1.1.3 Ladang</li> <li>1.1.4 Perkebunan</li> <li>1.1.5 Perkebunan Campuran</li> <li>1.1.6 Tanaman Campuran</li> </ul> </li> <li>1.2 Daerah Bukan Pertanian               <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.1 Hutan lahan kering</li> <li>1.2.2 Hutan lahan basah</li> <li>1.2.3 Semak dan belukar</li> <li>1.2.4 Padang rumput alang – alang dan sabana</li> <li>1.2.5 Rumput rawa</li> </ul> </li> </ul>
2	Daerah Tak Bervegetasi <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Lahan Terbuka               <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1.1 Lahar dan Lava</li> <li>2.1.2 Hamparan pasir pantai</li> <li>2.1.3 Beting pantai</li> <li>2.1.4 Gumuk pasir</li> </ul> </li> <li>2.2 Pemukiman dan lahan bukan pertanian               <ul style="list-style-type: none"> <li>2.2.1 Lahan terbangun                   <ul style="list-style-type: none"> <li>2.2.1.1 Permukiman</li> <li>2.2.1.2 Jaringan Jalan (Jalan Arteri, Jalan Kolektor dan Jalan Lokal)</li> <li>2.2.1.3 Jaringan jalan kereta api</li> <li>2.2.1.4 Bandar udara domestic / internasional</li> <li>2.2.1.5 Pelabuhan Laut</li> </ul> </li> <li>2.2.2 Lahan tidak terbangun                   <ul style="list-style-type: none"> <li>2.2.2.1 Pertambangan</li> <li>2.2.2.2 Tempat penimbunan sampah</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>2.3 Perairan               <ul style="list-style-type: none"> <li>2.3.1 Danau atau waduk</li> <li>2.3.2 Tambak</li> <li>2.3.3 Rawa</li> <li>2.3.4 Sungai</li> <li>2.3.5 Terumbu Karang</li> <li>2.3.6 Gosong pantai</li> </ul> </li> </ul>

Sumber: Badan Standarisasi Nasional dalam (Nurfatihmah, 2020:2)

a. Lahan Terbangun

merupakan areal yang digunakan untuk tempat permukiman dan keperluan industri, baik sipil maupun militer, meliputi desa, kota, pabrik, pertambangan dan pengembangan pertahanan (*defence establishment*) (Ritohardoyo, 2016: 44–55).

b. Lahan Terbuka

Lahan yang baru dibuka dan sebagian besar terdiri dari rerumputan atau tanaman dan sedikit tumbuhan berkayu (Sapta dkk, 2015: 37).

c. Perairan

Supangat dalam (Chaidir, 2010:5–6) perairan adalah bagian permukaan atau daratan bumi yang secara permanen ataupun berkala tertutup oleh massa air dan terbentuk secara alami dan/atau buatan, baik yang berair tawar, payau, ataupun air laut yang bersifat umum.

d. Pertanian Lahan Kering

Pertanian lahan kering adalah jenis pertanian yang dilakukan di lahan yang kekurangan air. Lahan kering (*drylands*) adalah tanah yang cenderung kering dan tidak memiliki sumber air yang pasti, seperti sungai, danau, atau saluran irigasi.

e. Pertanian Lahan Basah

Pertanian lahan basah adalah kegiatan pertanian menggunakan lahan basah (*wetlands*). Lahan basah yang dimaksud dalam jenis pertanian lahan basah ini mengacu pada tanah yang kontur lahannya merupakan jenis tanah yang jenuh dengan air (Patel, 2019).

f. Hutan Sekunder

Hutan sekunder merupakan hutan primer yang rusak akibat bencana alam seperti banjir dan bencana alam lainnya, atau perbuatan manusia yang disengaja dalam pemamfaatannya misalnya membuka lahan untuk berladang, dan memenuhi kebutuhan kayu (Afronius dan Herawatiningsih, 2018: 175–176).

## **2.2. Sistem Informasi Geografi dan Pengindraan Jauh**

*Cellular Automata* dianggap memiliki "afinitas alami" dengan data raster. Ini memiliki kesamaan dengan GIS, seperti keduanya mewakili informasi atribut secara berlapis, dan memanipulasi informasi itu dengan operator (Hampan di GIS, Aturan transisi di CA). Fungsi *focalsum* atau *focalmean* dari SIG memiliki analogi langsung dengan fungsi lingkungan. Memiliki kedekatan alami dengan GIS, jelas telah diadopsi oleh ahli geografi sebagai alat untuk pemodelan dinamika spasial (Singh, 2003:3-4).

### **2.2.1. Sistem Informasi Geografi**

Sistem Informasi Geografi (SIG) adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis, dan sumber daya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbarui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisis, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis (Adil, 2017:5). Menurut Irwansyah (2013:1) bahwa Sistem Informasi Geografi (SIG) atau *Geographic information system (GIS)* adalah sebuah system yang didesain untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisa, mengatur dan menampilkan sebuah jenis data geografis .

### **2.2.2. Pengindraan Jauh**

Lillesand dan Kiefer dalam (Farid, 2015:1) menjelaskan pengertian penginderaan jauh adalah ilmu dan seni yang dipergunakan untuk memperoleh informasi tentang suatu objek atau fenomena dengan alat, tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena tersebut.

## 2.3. Pemodelan Spasial Perubahan Tutupan lahan

### 2.3.1. Model dan Pemodelan

Marfai (2011:1) mengatakan model dapat diartikan sebagai suatu representasi terhadap realitas yang dilakukan oleh seorang pemodel. Dengan kata lain, model merupakan suatu penghubung antara dunia nyata (*real world*) dengan dunia berfikir (*thinking*) yang dilakukan dengan tujuan untuk menyelesaikan suatu permasalahan.

Pemodelan merupakan proses penjabaran atau representasi suatu model dan proses berfikir melalui sekuen yang logis. Pemodelan juga dapat dijelaskan sebagai suatu proses menerima, memformulasikan, memproses, dan menampilkan kembali persepsi dunia nyata (Marfai, 2011:1). Guan et.al, dalam Sukamto dan Buchori, (2018:309) mengatakan bahwa model dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

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

### 2.3.2. *Cellular Automata (CA)*

*Cellular Automata (CA)* merupakan suatu metode komputasi yang bergantung terhadap aturan sederhana dan berkembang menurut aturan tersebut dari waktu ke waktu yang dapat memprediksi sebuah perubahan sistem dinamik (Hapsary dkk, 2021:90). *CA* merupakan suatu metode komputasi yang bergantung terhadap aturan sederhana dan berkembang menurut aturan tersebut dari waktu ke waktu yang dapat memprediksi sebuah perubahan sistem dinamik.

Perkembangan *Cellular Automata (CA)* membuktikan menjadi metode yang sangat sesuai untuk prediksi dinamika tutupan lahan melalui proses simulasi spasial. Metode *CA* yang berasal dari ilmu matematika sangat baik dalam

menirukan spasial proses yang kompleks Wolfram dalam Pratomoatmojo, (2018:26). Aplikasi CA diperkenalkan pada pemodelan geografis oleh Tobler pada tahun 1979 dan mulai berkembang penerapannya ke pemodelan bentuk kota (Batty, 1997:273), perkembangan fisik perkotaan (Clarke et al., 1997:248), perencanaan *land cover* (Li and Yeh, 2000), dan perencanaan wilayah dan kota (Engelen et al., 1999:88). CA Model mampu mengontrol *spatial pattern change* (pola perubahan spasial) melalui aturan perubahan yang melibatkan konfigurasi ketetanggaan dan peta potensi transisi ( Thomas dan Laurence, 2006:732).

*Cellular Automata* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi tutupan lahan. Konsep *Cellular Automata* telah dikembangkan sejak tahun 1940-an dalam bidang komputer oleh Von Neumann dan Ulam. Keunggulan dari model ini yaitu dapat digunakan untuk mengaji suatu pola sederhana sehingga pola yang kompleks dengan prinsip yang sederhana (Singh, 2003:2). Model CA banyak diaplikasikan dalam ilmu kebumihan, salah satunya adalah kajian perubahan tutupan lahan. Kelebihan utama dari model ini adalah algoritmanya yang sederhana sehingga mudah diaplikasikan. Selain itu pemodelan ini juga dapat dilakukan validasi terhadap model yang dihasilkan, sehingga dapat diketahui keakuratan prediksi tutupan lahan yang dilakukan baik secara persebaran spasial maupun luasan.

Selain dari keunggulan-keunggulan yang disebutkan diatas, tidak terlepas juga adanya kekurangan dari model *Cellular Automata* ini. Meskipun metode ini mampu melakukan prediksi tutupan lahan dengan memunculkan sebaran spasialnya, metode ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang harus diperhatikan dalam penggunaannya. Hal ini penting terkait dengan hasil yang ingin dicapai dari suatu pemodelan. Berikut beberapa keterbatasan dalam metode *Cellular Automata*:

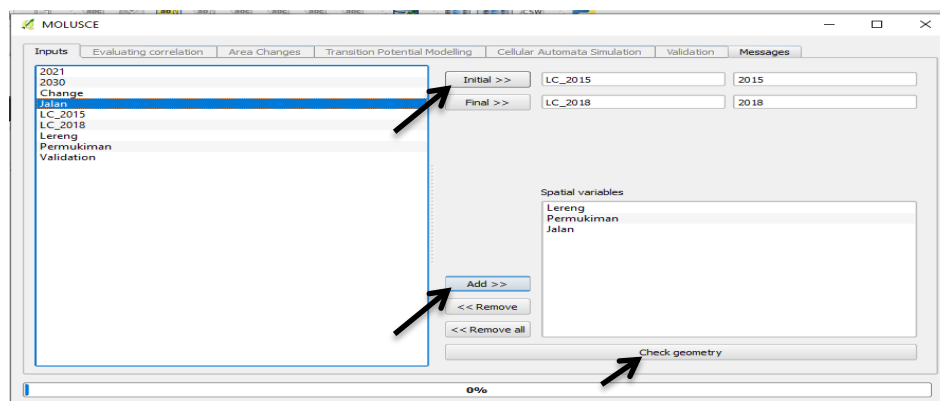
- a. Model ini melakukan prediksi berdasarkan perkembangan linier dari data masukan. Karena hanya menggunakan dua citra *multi temporal*, maka trend perubahan akan mengikuti data masukan. Kondisi ini merupakan

- kelemahan karena pada kenyataannya perubahan 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; dan
  - c. Model ini hanya dapat memfasilitasi model perembetan kota dengan pola konsentris (*concentric development/ low density continuous development*) dan perembetan memanjang (*ribbon development/linear development/axial development*), namun tidak dapat menggambarkan perembetan kota dengan pola meloncat (*leap frog development/checkerboard development*) Yunus Dalam Cahyadi (2012:3-4).

Pemodelan CA dan ANN dilakukan dengan *software QGIS 2.18.24* menggunakan plugin *MOLUSCE*. Peta tutupan lahan yang digunakan yaitu peta tutupan lahan tahun 2015, 2018 dan 2021. Tahapan pemodelan dan prediksi dapat dilakukan sebagai berikut:

### 1. *Inputs*

Memasukan peta *land cover* dan faktor pendorong kemudian mengecek geometri antar data raster.

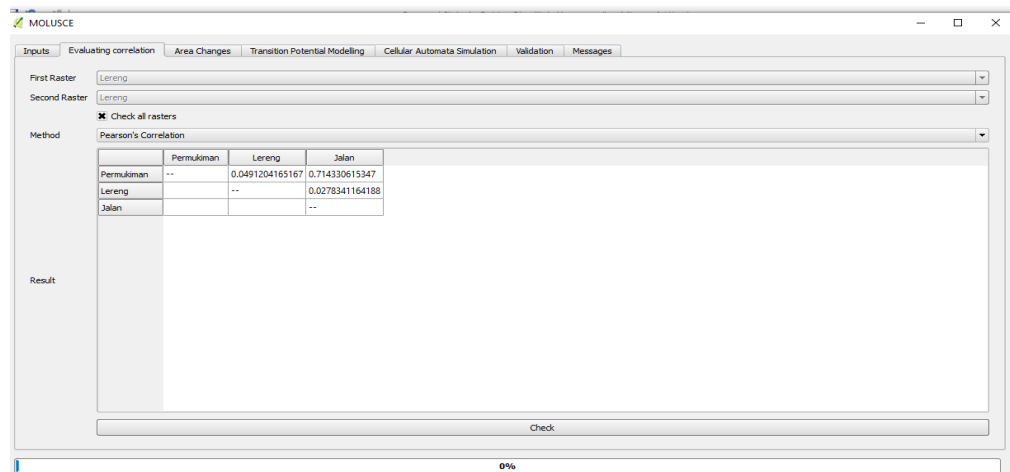


Gambar 1. Input Model

### 2. *Evaluating Correlation*

Tahap *evaluating correlation* merupakan tahap untuk melihat korelasi atau keterkaitan antar variable pendorong dengan *pearson's correlation*.

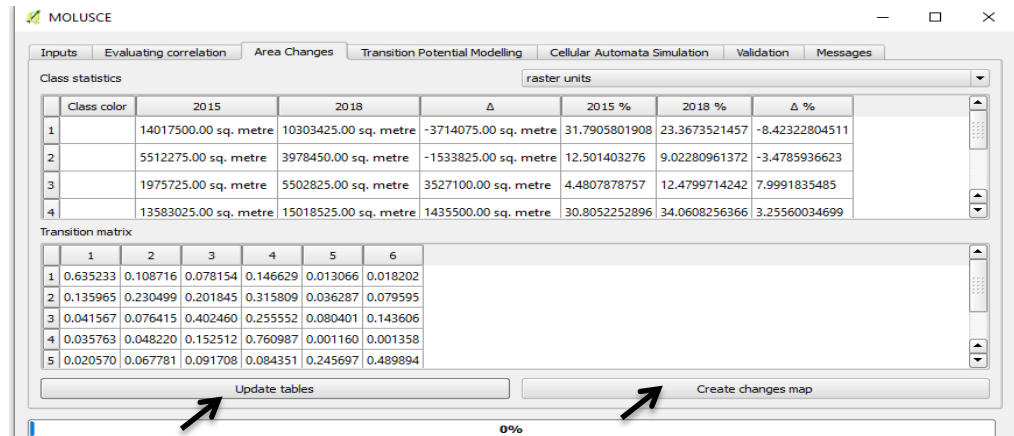




Gambar 2. Evaluating Correlation

### 3. Area Change

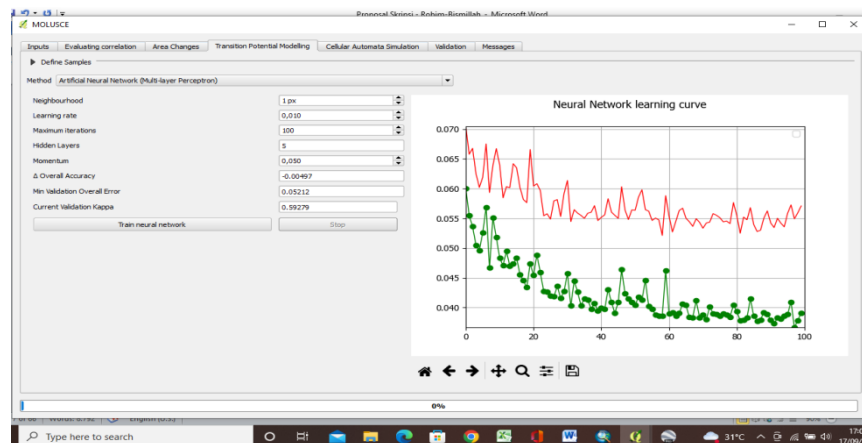
Tahapan ini menghasilkan suatu table perubahan luas tiap tutupan lahan dan matriks transisi yang menunjukkan besar peluang terjadinya perubahan tutupan lahan, dan jika ingin menampilkan peta perubahan tutupan lahan klik menu *Create change map* pilih lokasi penyimpanan dan *save*.



Gambar 3. Area Change

### 4. Transition Potential Modeling

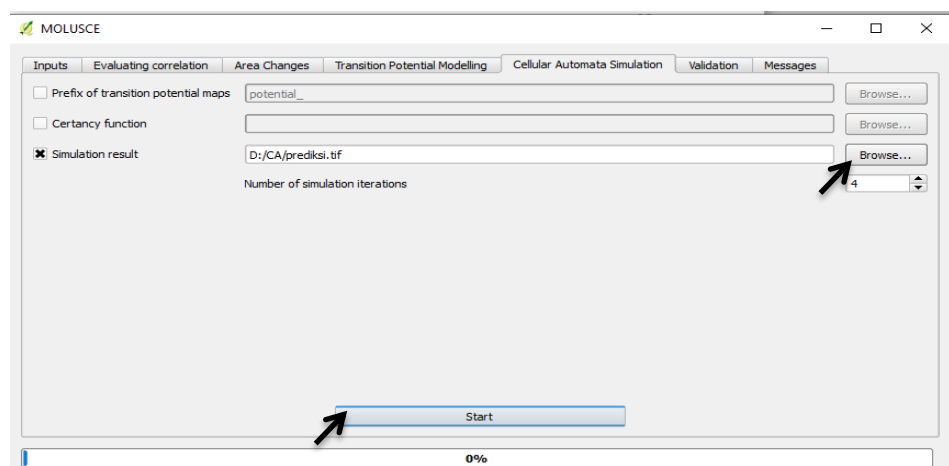
Penelitian ini menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN). Parameter yang digunakan untuk metode ANN yaitu *neighbourhood* 1 px, *learning rate* 0,010, *momentum iteration* 100.



Gambar 4 *Transition Potential*

##### 5. *Cellular Automata Simulation*

Tahap *Cellular Automata Simulation* merupakan tahap pembuatan model tutupan lahan dimana tahun prediksi = tahun seblum + rentang tahun. Dalam penelitian ini tahun 2015 merupakan tahun awal, 2018 tahun akhir, dan rentang tahunnya yaitu 3 tahun, maka tahun prediksi yang dihasilkan yaitu  $2018 + 3 = 2021$ , dengan iterasi sebanyak 1 kali. Apabila ingin memprediksi tahun 2030 maka iterasi ditambahkan menjadi 4 kali.



Gambar 5. *Cellular Automata Simulation*

##### 6. *Validation*

Validasi model perlu dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari prediksi yang telah di buat. Menurut Altman dalam (Subiyanto dan Suprayogi, 2019:6) nilai akurasi kappa 0,81 – 1,00 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. Tahapan dalam pemodelan dan prediksi dapat dilihat pada Gambar 7.

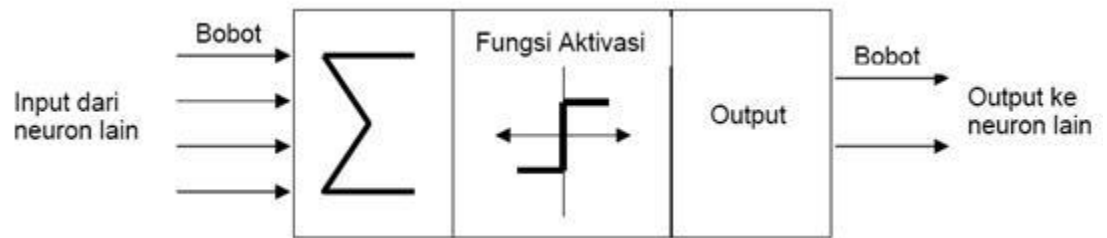


Gambar 6. Validation

### 2.3.3. Artificial Neural Network (ANN)

Menurut Hadihardaja dkk (2010:250) Artificial Neural Network (ANN) atau jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu representasi tiruan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Menurut Arif dalam (Maharany dkk, 2021:90) kelebihan dari jaringan syaraf tiruan ini yaitu mampu mengenali data yang belum dilatihkan (generalisasi), dapat menggabungkan data spektral dan data non spektral, serta kemampuan mengingat data yang dilatihkan dalam jumlah yang banyak (memorisasi). Ide mendasar dari ANN adalah mengadopsi mekanisme berpikir sebuah sistem yang menyerupai otak manusia.

Menurut Tasha dalam (Rahmah dkk. 2019:199) ANN dapat diaplikasikan untuk memodelkan suatu perubahan tutupan lahan, dengan tahapan (1) menentukan input dan arsitektur jaringan, (2) melatih jaringan, (3) menguji jaringan dan (4) menggunakan informasi yang telah dihasilkan untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan. Struktur ANN dapat dilihat pada Gambar 2.



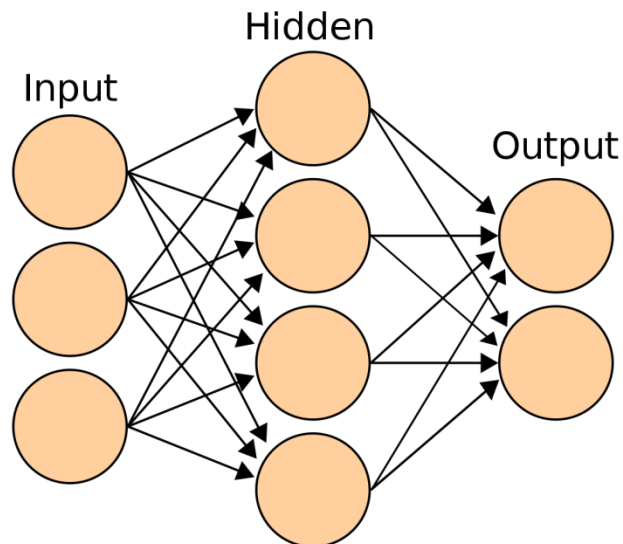
Gambar 7. Struktur ANN (Suhartono, 2012)

### 1. *Multi Layer Perceptron (MPL)*

*Multi Layer Perceptron (MLP)* adalah adalah jenis jaringan saraf yang paling dikenal dan paling sering digunakan. Pada sebagian besar kesempatan, sinyal ditransmisikan dalam jaringan dalam satu arah: dari input ke output (Marius-Constantin et al., 2009:579).

Menurut Hadihardaja dan Sutikno (2010:250) Secara umum jaringan syaraf tiruan terdiri dari 3 (tiga) lapisan yaitu :

- a. *Input layer*, terdiri dari neuron-neuron yang menerima sebuah input dari lingkungan luar. Neuron tersebut tidak melakukan suatu perubahan dalam masukan, tetapi hanya mengirimkannya ke elemen pemroses (*processing elements*) yang berdekatan dengan lapisan tersembunyi (*hidden layer*).
- b. *Hidden layer*, terdiri dari neuron-neuron yang mempunyai tipe menerima masukan yang dipindahkan dari input layer, melakukan perubahan di dalamnya, dan melemparkan *output* ke lapisan berikutnya.
- c. *Output layer*, terdiri dari neuron-neuron yang menerima *output* dari *hidden layer* dan mengirimkannya kepada pemakai. Ilustrasi jaringan MPL ada pada Gambar 3.



Gambar 8. Ilustrasi Jaringan *Multi Layer Perceptron* (Marius-Constantin et al., 2009)

## 2. Uji Validasi Model

Uji validasi model bertujuan untuk melihat keakuratan dari hasil pemodelan prediksi tutupan lahan sehingga dapat diambil keputusan apakah model tersebut baik untuk digunakan dalam memprediksi tutupan lahan dimasa mendatang. Validasi model dilakukan dengan cara membandingkan peta tutupan lahan eksisting dengan peta tutupan lahan hasil prediksi (Hapsary dkk, 2021:90).

### 2.4. Penelitian Yang Relevan

Penelitian sejenis yang peneliti jadikan referensi dalam penelitian yaitu:

Tabel 2. Penelitian Yang Relevan

No	Nama	Judul	Hasil	Tahun
1	S Subiyanto, FJ Amarrohman	Analisis Perubahan Permukiman dan Harga Tanah Pasar Wajar Untuk Memprediksi Pembangunan Fisik Kawasan Menggunakan Model Cellular Automata Markov dan SIG Di Kecamatan Ungaran Timur	Hasil penyelesaian citra digital tahun 2002, 2010, 2018 dan hasil Survey Lapangan dan pengolahan data harga pasar wajar tanah tahun 2002, 2010 dan 2018. Hasil digitalisasi permukiman diklasifikasikan sebagai permukiman pedesaan dan permukiman perkotaan.	2019

---

2	Azizah Nur Rahmah, Sawitri Subiyanto, Fauzi Janu Amarrohman	Pemodelan Perubahan Tutupan lahan Dengan <i>Artificial Neural Network</i> (Ann) Di Kota Semarang	Hasil kesesuaian prediksi tutupan lahan tahun 2026 terhadap peta RTRW Kota Semarang tahun 2011- 2031 menunjukkan kesesuaian lahan sebesar 69,30% sesuai dan 30,70% tidak sesuai.	2019
3	Maharany Shandra Ayu Hapsar, Sawitri Subiyanto, Hana Sugiastu Firdaus.	Analisis Prediksi Perubahan Tutupan lahan Dengan Pendekatan <i>Artificial Neural Network</i> Dan Regresi Logistik Di Kota Balikpapan	Kesesuaian hasil prediksi tutupan lahan Kota Balikpapan tahun 2029 dengan peta RTRW Kota Balikpapan tahun 2012 – 2032 dilakukan dengan cara analisis overlay intersect dengan persentase 72,81%.	2021
4	Irfan Rizkyanto , Tjaturahono Budi Sanjoto, dan Moch. Arifien	Prediksi Perkembangan Lahan Terbangun Kota Pekalongan Dengan Model <i>Cellular Automata</i> Menggunakan Sistem Informasi Geografis	Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah perubahan lahan terbangun mengalami penambahan luasan yaitu lahan terbangun dengan luas area 2565,46 Ha (55,9%) Validasi peta proyeksi berdasarkan peta tutupan lahan 2019 menunjukkan kesesuaian yang baik dengan nilai <i>Kappa</i> 0,90712.	2020
5	Iva Kusniawati, Sawitri Subiyanto, Fauzi Janu Amarrohman	Analisis Model Perubahan Tutupan lahan Menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> Di Kota Salatiga	Hasil penelitian ini menunjukkan perubahan tutupan lahan tahun 2008–2018 didominasi oleh perubahan tutupan lahan dari lahan pertanian menjadi lahan non pertanian. Lahan pertanian mengalami penurunan sebesar 211,51 ha, pemukiman mengalami peningkatan sebesar 96,39 ha, dan industri mengalami peningkatan sebesar 77,51 ha, dengan nilai <i>kappa</i> 0,972.	2020
6	Ita Asriani, Bambang	Analisis Kesesuaian Tutupan lahan <i>Mangrove</i> Dan	Prediksi model tutupan lahan di tahun 2023 menggunakan	2021

---

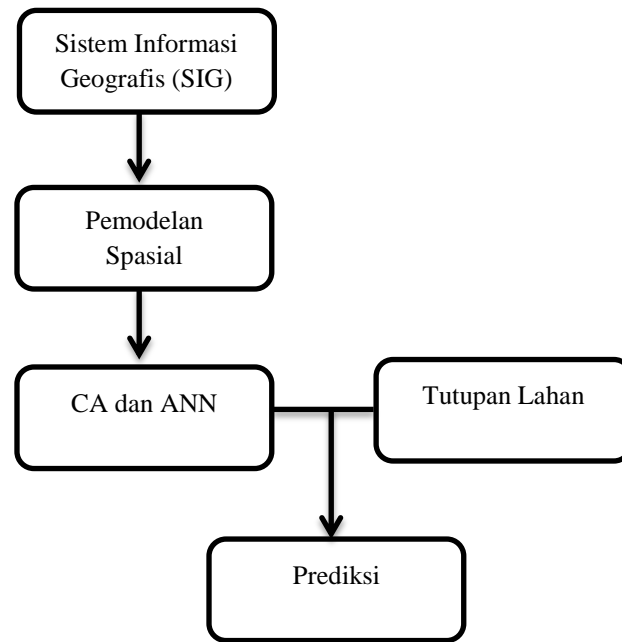
Sudarsono, Yasser Wahyuddin	Tambak Dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (Studi Kasus : Kab. Pati)	metode ANN Cellular Automata pada <i>MOLUSCE</i> <i>QGIS</i> didapatkan nilai <i>RMS</i> sebesar 0,00117. Pada tahun 2023 kawasan sempadan pantai (mangrove) menghasilkan tingkat kesesuaian sebesar 74,43% % dengan luas kawasan 220,57ha.
-----------------------------------	--	--

---

## 2.5. Kerangka Berpikir

Sistem Informasi Geografi merupakan merupakan komponen untuk mengolah data berbasis informasi geografis. Dalam SIG terdapat pengolahan model perubahan tutupan lahan, seperti yang telah disebutkan diatas bahwa menurut Guan et.al, dalam (Sukamto dan Buchori , 2018:309) mengatakan bahwa model dapat dibagi menjadi 3 yaitu, *Markov Chain* dan *Regresi*, CA dan CLUE. Dalam penelitian ini mengambil salah satu dari metode tersebut yakni metode *Cellular Automata* (CA), yang kemudian model ini merupakan basis untuk melakukan pemodelan perubahan tutupan lahan dan prediksi, lalu kemudian akan dibandingkan tingkat kesesuaian antara hasil prediksi dengan peta RTRW Kecamatan Pringsewu. Dengan pernyataan tersebut maka akan dilakukan penelitian tentang pemodelan perubahan tutupan lahan dan prediksi penggunaan lahan tahun 2030. Dari situ di peroleh bagan kerangka pikir sebagai berikut:





Gambar 9. Bagan Kerangka Pikir

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif. Menurut Sahir (2021:6) metode penelitian deskriptif adalah sifat penelitian yang menggambarkan suatu fenomena dengan data yang akurat dan teliti secara sistematis. Penelitian ini menganalisis terkait perubahan tutupan lahan yang ada di Kecamatan Pringsewu tahun 2016 sampai 2021 dan memaparkan hasil prediksi tutupan lahan tahun 2030.

#### **3.2. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel**

##### **3.2.1. Variabel Penelitian**

Menurut Suryabrata (2006:72), variabel adalah segala sesuatu yang akan menjadi obyek penelitian. Variabel dalam penelitian ini biasanya sebagai faktor-faktor yang berperan dalam penelitian peristiwa atau gejala yang akan diteliti. Variabel pada penelitian ini yaitu perubahan tutupan lahan yang diambil dari faktor pendorong perubahan tutupan lahan yang berperan dalam penelitian ini, yang kemudian dibatasi 3 faktor pendorong yang akan diambil dalam penelitian yaitu jalan, pertumbuhan jumlah penduduk dan kemiringan lereng.

### 3.2.2. Definisi Operasional Variabel

Berdasarkan pada latar belakang yang telah ditulis diatas bahwa ada beberapa pendapat yang mengatakan terkait faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan tutupan lahan. Adanya batasan yang perlu diambil dalam penelitian ini yaitu 3 faktor perubahan tutupan lahan yang sekaligus menjadi variabel pada penelitian ini:

a) Permukiman

Permukiman yang dimaksudkan pada penelitian ini yaitu dicerminkan pada peta permukiman. Permukiman diukur berdasarkan peta tutupan lahan permukiman.

b) Jalan atau aksesibilitas

Jalan yang digunakan dalam variabel ini yaitu jalan arteri dan jalan kolektor. Menurut undang-undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 mengatur klasifikasi jalan berdasarkan status dan kewenangan penyelenggaraannya, terbagi menjadi :

1. Jalan nasional yang diselenggarakan Pemerintah Pusat; dan
2. Jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota diselenggarakan Pemerintah Daerah.

c) Kemiringan Lereng

Faktor ini mempengaruhi perubahan tutupan lahan berdasarkan kemiringan lerengnya. Adapun data kemiringan lereng ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 3. Kelas Kemiringan Lereng

<b>Kelas</b>	<b>Kemiringan (%)</b>	<b>Klasifikasi</b>
I	0-8	Datar
II	>8-15	Landai
III	>15-25	Agak Curam
IV	>25-45	Curam
V	>45	Sangat Curam

Sumber: Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, 1986.

Hasil dari 3 variabel diatas diukur berdasarkan nilai yang ada pada uji korelasi faktor pendorong yang di olah pada *software* QGIS, dengan nilai korelasi sebagai berikut:

	<b>Lereng</b>	<b>Jalan</b>	<b>Permukiman</b>
<b>Lereng</b>	-	0,005	0,005
<b>Jalan</b>		-	0,705
<b>Permukiman</b>			-

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa, tabel tersebut memiliki keterkaitan antara faktor pendorong dengan perubahan tutupan lahan. Nilai paling besar yang di dapat dari hasil uji korelasi yaitu 1,0, dengan maksud bahwa semakin dekat nilai suatu variabel maka besar terjadinya perubahan. Seperti pada variabel jalan dengan permukiman memiliki nilai korelasi 0,705 yang berarti jalan dan permukiman sangat berpengaruh terjadinya perubahan tutupan lahan. Kemudian pada lereng memiliki nilai yang sangat kecil yaitu 0,005 yang berarti semakin tinggi suatu tempat maka potensi untuk terjadi perubahan sangat kecil.

### 3.3. Bahan dan Alat Penelitian

#### 3.3.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- Citra landsat 8 tahun 2015, 2018 dan tahun 2021 Kecamatan Pringsewu yang di ambil dari *United States Geological Survey (USGS)*
- Peta Administrasi Kecamatan Pringsewu tahun 2021 bersumber dari peta RBI
- Peta permukiman Kecamatan Pringsewu tahun 2021 bersumber dari peta RBI
- Peta jaringan jalan Kecamatan Pringsewu tahun 2021 bersumber dari peta RBI
- Peta kemiringan lereng Kecamatan Pringsewu tahun 2021 bersumber dari data *Digital Elevation Model (DEM)*

### 3.3.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Komputer dengan spesifikasi:
  - a. Sistem operasi: *Microsoft Windows 10 ultimate*
  - b. RAM: 6 GB
  - c. *System Type: 64-bit Operating System*
2. Software
  - a. ArcGIS 10.5.
  - b. QGIS Las Palmas 2.18.24 dengan tambahan *plugin MOLUSCE*.
  - c. *Microsoft Office 2010*.
  - d. Kamera *handphone*.

### 3.4. Tahap Persiapan

Persiapan yang dilakukan yaitu mengumpulkan studi literatur sebagai referensi dan pengumpulan data penelitian. Data-data terkait penelitian diambil dari beberapa tempat seperti citra landsat 8 yang di ambil dari *website* USGS, peta batas administrasi, jalan dan permukiman diambil dari situs Ina Geoportal dan BBBike, peta lereng diambil dari data DEMNAS yang tersedia di *website* yang kemudian diolah di *ArcGis* menggunakan tools *slope* dan *reclassify* kemudian jadilah peta lereng.

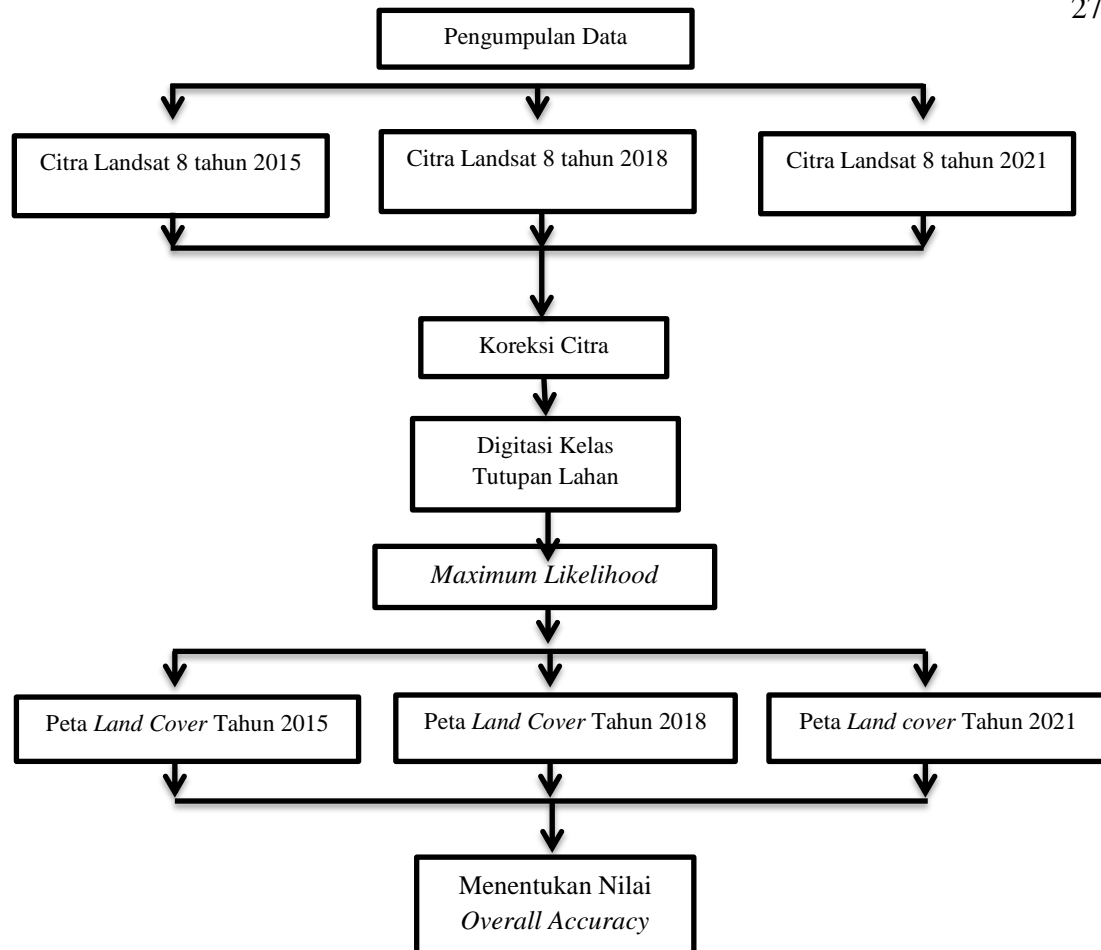
### 3.5. Tahap Pelaksanaan

#### a. Tahap Pencarian dan Pengumpulan Data

Melalui tahapan pengumpulan data diperlukan ketelitian dan keakuratan dalam mengumpulkan data, dalam mencari dan memilih data citra satelit dengan kualitas yang baik tanpa tutupan awan dan citra satelit sendiri di dapatkan dari *website* USGS. Data-data peta RBI seperti peta administrasi, permukiman, jalan dll didapatkan dari *website* Ina Geoportal. Peta lereng didapatkan dari data DEMNAS yang kemudian di olah menjadi peta lereng.

## **b. Tahap Pengolahan Data**

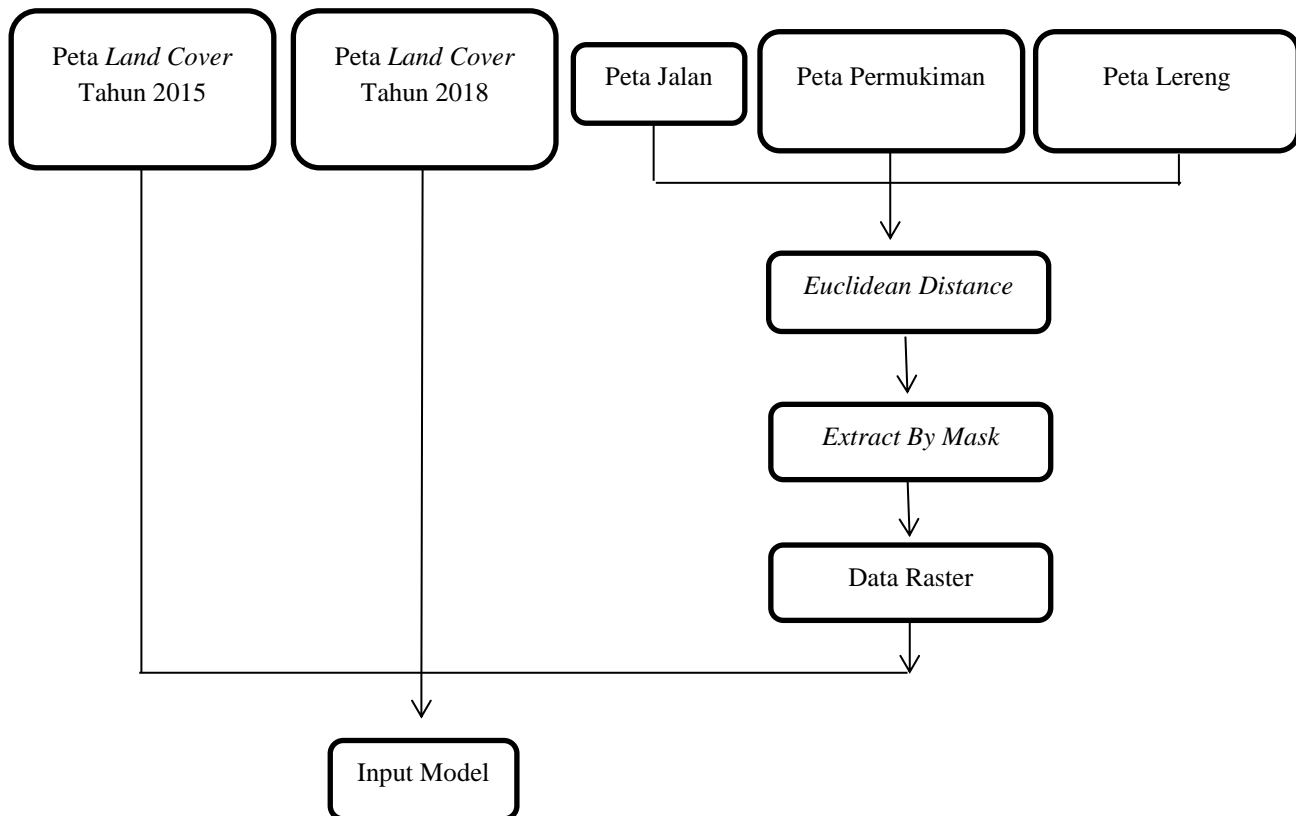
Tahap pertama yaitu melakukan klasifikasi citra. Berdasarkan pada klasifikasi kelas tutupan lahan menurut Badan Standarisasi Nasional ada banyak kelas tutupan lahan. Sebelum melakukan klasifikasi, citra terlebih dahulu dikoreksi atmosferik dan geometriknya agar kualitas citra lebih baik sehingga hasil dari klasifikasinya akan baik pula. Koreksi citra dilakukan pada *Software* QGIS 3.1, pada tools SCP. Kemudian citra landsat 8 yang telah di koreksi dilakukan digitasi klasifikasi kelas tutupan lahan pada *Software* ArcGis. Berdasarkan interpretasi citra yang dilakukan di Kecamatan Pringsewu membatasi kelas tutupan lahan menjadi 6 kelas tutupan lahan yaitu lahan terbangun, lahan terbuka, perairan, pertanian lahan basah, pertanian lahan kering dan hutan. Tahap klasifikasi citra dilakukan di *Software* ArcGis menggunakan tools *Maximum Likelihood Classification Supervised*. Kemudian setelah dilakukan klasifikasi maka jadilah peta tutupan lahan ( *Land cover* ). Kemudian pada tahap selanjutnya yaitu, sebelum masuk ke tahap pengolahan faktor pendorong dan prediksi maka peta tutupan lahan perlu dilakukan uji *overall accuracy* untuk menentukan nilai *overall*. Tujuan dari *overall accuracy* adalah menentukan keakuratan data peta tutupan lahan dengan data yang ada dilapangan. Hasil nilai *overall accuracy* yang diperlukan untuk tahap selanjutnya yaitu diatas 80%, jika nilai *overall accuracy* dibawah 80% maka perlu dilakukan digitasi ulang sampai nilai diatas 80%. Tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tahapan Pengolahan Data

### c. Tahap Pengelolaan Faktor Pendorong

Dalam proses pemodelan diperlukan beberapa faktor pendorong yang dapat mempengaruhi perubahan tersebut. Dalam penelitian ini faktor pendorong yang digunakan yaitu berupa data peta jalan, peta lereng dan peta permukiman. Sebelum dilakukan pemodelan dan prediksi ketika faktor pendorong terlebih dahulu diolah agar dapat diinput dan dibaca oleh sistem MOLUSCE, karena sistem ini hanya dapat membaca data raster. Peta jalan, lereng dan permukiman dilakukan *euclidian distance* dan *extract by mask* untuk jarak dan merubahnya menjadi data raster.

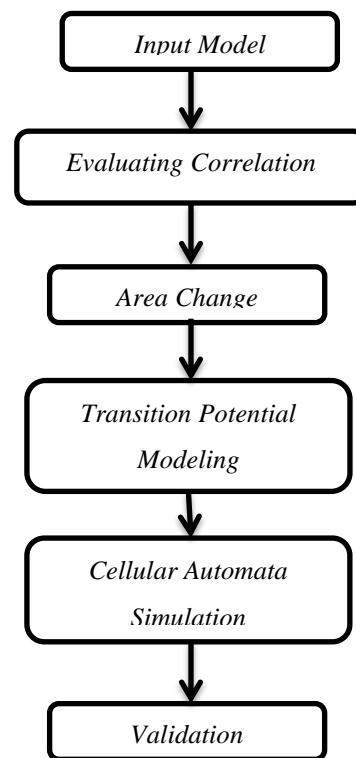


Gambar 11. Tahap Pengelolaan Faktor Pendorong

#### d. Tahap Pemodelan dan Prediksi

Pemodelan CA dan ANN dilakukan dengan *software QGIS 2.18.24* menggunakan plugin *MOLUSCE*. Data masukan dalam pemrosesan yaitu peta tutupan lahan Kecamatan Pringsewu tahun 2015,2018 dan 2021, dan faktor pendorong sebagai data masukan yaitu peta jalan, lereng dan permukiman yang telah diolah menjadi data raster. Tahapan pemodelan dan prediksi dapat dilakukan sebagai berikut.





Gambar 12. Tahapan Pemodelan dan Prediksi

### 3.6 Teknik Pengumpulan Data

#### 3.6.1. Teknik Observasi

Menurut Triyono (2013:157) teknik observasi atau pengamatan adalah cara pengumpulan data yang dikerjakan dengan melakukan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap objek yang diteliti, baik dalam situasi khusus di dalam laboratorium maupun dalam situasi alamiah. Pada penelitian ini observasi dilakukan dengan tujuan memastikan kesesuaian data yang ada di lapangan dengan data yang diolah. Data yang dimaksudkan yaitu perubahan tutupan lahannya, apakah sesuai data perubahan yang diolah dengan yang kejadian di lapangan. Observasi yang dilakukan hanya mengambil beberapa sampel titik yang terjadi perubahan tutupan lahan

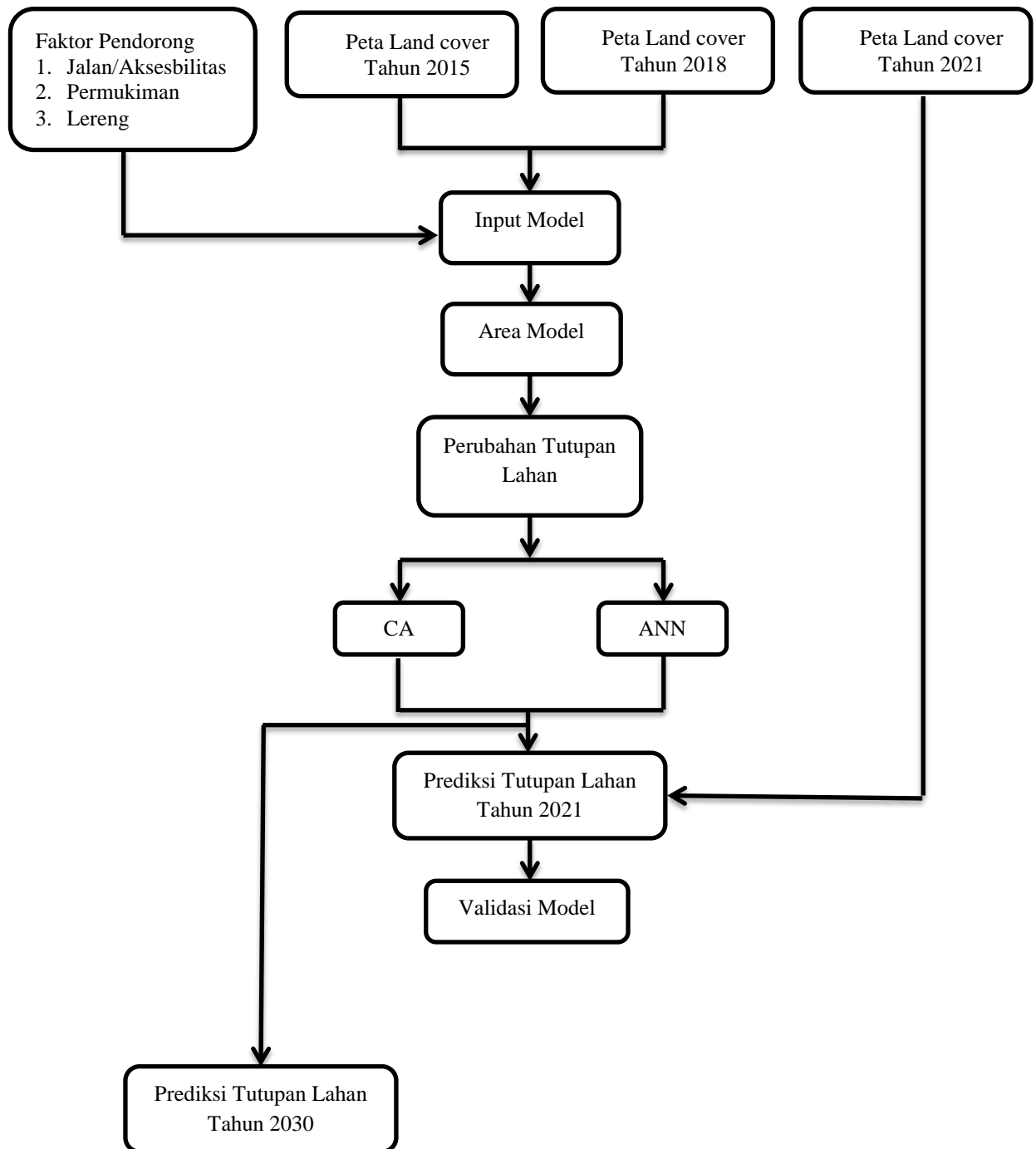
#### 3.6.2. Teknik Dokumentasi

Menurut Arikunto (2014:274) teknik dokumentasi yaitu teknik mencari data mengenai hal-hal atau variabel yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, agenda, dan sebagainya. Data-data terkait

penelitian diambil dari beberapa tempat seperti data citra landsat 8 yang di ambil dari *website* USGS, peta batas administrasi, jalan dan permukiman diambil dari situs Ina Geoportal dan BBBike, peta lereng diambil dari data DEM yang kemudian di olah di *ArcGis* menggunakan tools *slope* dan *reclassify* kemudian jadilah peta lereng.

### **3.7. Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis *Artificial Neural Network* (ANN) yang di deskripsikan. *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan sistem yang didasarkan pada pengoperasian jaringan saraf biologis, yang merupakan emulsi dari sistem saraf biologi (Suhartono, 2012). Ide mendasar dari ANN adalah mengadopsi mekanisme berpikir sebuah sistem yang menyerupai otak manusia. ANN dapat diaplikasikan untuk memodelkan suatu perubahan tutupan lahan, dengan tahapan (1) menentukan input dan arsitektur jaringan, (2) melatih jaringan, (3) menguji jaringan dan (4) menggunakan informasi yang telah dihasilkan memprediksi perubahan penggunaan lahan Tasha (Rahmah dkk. 2019:199).



Gambar 13. Bagan Alir Penelitian

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan uraian pembahasan penelitian diatas yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan tutupan lahan di kecamatan pringsewu tahun 2015-2021 didominasi oleh berkurangnya lahan terbuka, pertanian lahan kering dan sedikit lahan terbangun, serta bertambahnya lahan terbangun tidak teratur selama 6 tahun, karena terjadinya kenaikan dan penurunan, dan untuk penggunaan lahan pertanian lahan basah terus mengalami kenaikan selama 6 tahun sejak tahun 2015-2021. Pemodelan perubahan tutupan lahan menggunakan CA dan ANN pada tahun 2015 dan 2018 dengan variabel pendorong jalan, permukiman dan kemiringan lereng menunjukkan hasil akurasi model baik dengan nilai *kappa* 0,659.
2. Berdasarkan analisis kesesuaian prediksi penggunaan lahan kecamatan pringsewu tahun 2030 tercatat dalam kurun waktu 9 tahun yaitu pada tahun 2021 sampai 2030 terjadi penambahan pada lahan terbangun seluas 794,34 Ha, dan diprediksi akan terus mengalami penambahan setiap tahunnya.

### 5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian yang telah dilakukan yaitu:

1. Pada prediksi penggunaan tahun 2030 diperkirakan luas lahan terbangun mencapai 45% lebih dan akan terus bertambah setiap tahunnya dari luas

keseluruhan. Untuk itu pemerintah harus adanya kebijakan terkait dengan pengendalian tutupan lahan agar kedepannya tidak terjadi hal yang tidak diinginkan seperti halnya semakin banyak penduduk maka jumlah sampah akan meningkat, dan memicu terjadinya banjir, lingkungan tidak sehat dan lain sebagainya.

2. Penelitian perubahan tutupan lahan dilakukan dengan rentang waktu yang lebih panjang agar mendapatkan hasil perubahan yang signifikan.
3. Faktor pendorong seperti sungai, fasilitas umum, tanah dan faktor pendorong lainnya dapat digunakan sebagai tambahan untuk memperoleh keakuratan data.
4. Ketelitian diperlukan dalam digitasi kelas tutupan lahan agar hasil klasifikasinya mendapatkan nilai *overall kappa* lebih baik, karena besar kecilnya hasil nilai validasi ditentukan dari baiknya dalam melakukan digitasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abror, S. M. (2016). Analisis Pengaruh Pembangunan Jaringan Jalan terhadap Perubahan Guna Lahan di Kawasan Aek Kanopan.
- Adil, A., & Kom, S. (2017). *Sistem Informasi Geografis*. Penerbit Andi.
- Afronius, Ratna Herawatiningsih, T. F. M. (2018). Keanekaragaman Pohon Penghasil Buah di Hutan Sekunder Pada Areal IUPHHK-HTI PT. Bhatara Alam Lestari Kabupaten Mempawah. *Jurnal Hutan Lestari*, 6, 175–181.
- Arikunto, Suharsimi. 2014. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Arikunto, S. (2006). *Metodologi penelitian pendidikan*. Yogyakarta: Bina Aksara.
- Batty, M., Xie, Y., Sun, Z. 1999. *Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata*. *Computers, Environments and Urban Systems*, 23, 205-233.
- BPS. 2021. *Kabupaten Pringsewu Dalam Angka Tahun 2021*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Pringsewu: Lampung.
- Brandt, J. S., & Townsend, P. A. (2006). Land use–land cover conversion, regeneration and degradation in the high elevation Bolivian Andes. *Landscape ecology*,
- Cahyadi, A., Wacano, D., Yananto, A., & Wijaya, M. S. (2017). Keterbatasan dan Kendala-kendala dalam Prediksi Tutupan lahan Masa Depan Menggunakan Metode Cellular Automata (Studi Kasus Pemodelan Prediksi Tutupan lahan DAS Darang Tahun 2015). 4 halaman.
- Chaidir, B. (2010). Wilayah Perairan Indonesia. *Modul Konservasi Sumberdaya Perairan*, 26–64.
- Engelen, G., Geertman, S., Smits, P., & Wessels, C. (1999). Dynamic GIS and strategic physical planning support: a practical application. In *Geographical information and planning* (pp. 87-111). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Fajarini, R., Barus, B., & Panuju, D. R. (2015). Dinamika Perubahan Tutupan lahan Dan Prediksinya Untuk Tahun 2025 Serta Keterkaitannya Dengan Perencanaan Tata Ruang 2005-2025 Di Kabupaten Bogor. *Jurnal Ilmu Tanah Dan*

- Lingkungan*, 17(1), 8. <https://doi.org/10.29244/jitl.17.1.8-15>
- Fisu, A. A., Procyoniana, D. N. T., & Nugraha, R. M. (2019). Tinjauan Transportasi Pada Kawasan Komersil (Studi Kasus Jalan Cihampelas Kota Bandung). *INA-Rxiv*, 1(1), 1–12.
- Hadihardaja, I. K., & Sutikno, S. (2010). Pemodelan Curah Hujan-Limpasan Menggunakan Artificial Neural Network (ANN) dengan Metode Backpropagation. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(4), 250. <https://doi.org/10.5614/jts.2005.12.4.3>
- Hapsary, M. S. A., Subiyanto, S., & Firdaus, H. S. (2021). Analisis Prediksi Perubahan Tutupan lahan Dengan Pendekatan Artificial Neural Network Dan Regresi Logistik Di Kota Balikpapan. In *Jurnal Geodesi UNDIP* (Vol. 10, Issue 2). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/30637>
- Humang, W. P., & Amrin, A. (2018). Peningkatan Akses Jalan Untuk Menunjang Distribusi Hasil Produksi Kota Terpadu Mandiri (Ktm) Air Terang Kabupaten Buol. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 1(2), 111. [https://doi.org/10.51557/pt\\_jiit.v1i2.61](https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v1i2.61)
- Irwansyah, E. (2013). *Sistem informasi geografis: prinsip dasar dan pengembangan aplikasi*. DigiBook Yogyakarta.
- Junita, E. R. V., & Fikriyah, V. N. (2021). *Pengaruh Pertumbuhan Penduduk Terhadap Perubahan Tutupan lahan Kecamatan Banyudono Kabupaten Boyolali Tahun 2010-2020*. [http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/97269%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/97269/15/Naskah Publikasi.pdf](http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/97269%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/97269/15/Naskah%20Publikasi.pdf)
- Li, X., & Yeh, A. G. O. (2000). Modelling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS. *International journal of geographical information science*, 14(2), 131-152.
- Marfai Aris, M. (2011). Pengantar Pemodelan Geografi, Panji Budi, Red Carpet Studio, 96 Halaman.
- Margono, S. (2007). Metodologi Penelitian Pendidikan Komponen MKDK. *Jakarta: Rineka Cipta*.
- Marius-Constantin, P., Balas, V. E., Perescu-Popescu, L., & Mastorakis, N. (2009). Multilayer perceptron and neural networks. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 8(7), 579–588.
- Marsu, B. (2018). Pengaruh panjang infrastruktur jalan terhadap pdrb dan pertumbuhan ekonomi kota palopo. *Jurnal Pembangunan Ekonomi Dan Keuangan Daerah*, 1(2016), 1–8.

- Muhsoni, F. F., & Pi, S. PENGINDERAAN JAUH (REMOTE SENSING). 173 halaman
- Nurfatimah, N. (2020). Klasifikasi Tutupan lahan. 9 Halaman
- Park, S., Jeon, S., Kim, S., Choi, C., 2011. *Prediction an Comparison of Urban Growth By Land Suitability Index Mapping Using GIS and RS in South Korea. Landscape and urban planning*, 99(2), 104-114.
- Pratomoatmojo, N. A. (2018). Permodelan perubahan tutupan lahan berbasis cellular automata dan sistem informasi geografis dengan menggunakan LanduseSim. *Jurnal Penataan Ruang*, 13(1), 25-29.
- Prawira, S. A., & Pranitasari, D. (2020). Pengaruh aksesibilitas, inovasi dan kualitas pelayanan fasilitas publik terhadap kepuasan penumpang disabilitas di kereta rel listrik jakarta. *Jurnal Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia*, 1–15. <http://repository.stei.ac.id/id/eprint/1195>
- Pribadi, D. O., Shiddiq, D., & Ermyanila, M. (2006). Model perubahan tutupan lahan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(1), 35–51.
- Rahmah, A. N., Subiyanto, S., & Amarrohman, F. J. (2019). Pemodelan perubahan tutupan lahan dengan Artificial Neural Network (ANN) di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 206.
- Ritohardoyo, S. (2013). Penggunaan dan tata guna lahan. *Yogyakarta: Penerbit Ombak*.
- Ritohardoyo, S. (2016). Pengantar Perencanaan Tutupan lahan. *IPB Press, November*, 1–255.
- Sahir, S. H. (2021). *Metodologi penelitian*. PENERBIT KBM INDONESIA.
- Sapta, O., Proklamasi, A., Indonesia, G., & Myint, M. (2015). *Berbasis Citra Satelit*. 28–53.
- Saraswati, M. (2018). Be Smart Ilmu Pengetahuan Sosial. *Grafindo Media Pratama*, 15.
- Sari, Y. A., & Dewanti, D. (2019, February). Perubahan Tutupan lahan dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi di Sekitar Area Panam Kota Pekanbaru. In *Seminar Nasional Geomatika* (Vol. 3, pp. 751-760).
- Setyoko, T. B. (2019). Pemetaan Kemiringan Lereng Menggunakan Pengindraan Jauh Dengan Citra Dem Untuk Pembangunan Perumahan Di Kecamatan Pule Dalam Bentuk 3D. *Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Dan Hukum Universitas Negeri Surabaya Kampus Ketintang, Surabaya, November*.



- Singh, A. K. (2003, November). Modelling land use land cover changes using cellular automata in a geo-spatial environment. ITC.
- Suhasmoro, A. R., Munawir, A., & ... (2014). Pengaruh Kemiringan Lereng dan Jarak Pondasi ke Tepi Lereng Terhadap Daya Dukung Pondasi pada Pemodelan Fisik Lereng Pasir dengan Perkuatan Geotekstile. ... *Jurusan Teknik Sipil*. <http://sipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/107>
- Sukamto, I. B. (2018). MODEL PROYEKSI PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN KAWASAN KORIDOR JALAN UTAMA BERBASIS CELLULAR AUTOMATA DAN SIG. 307-322 halaman
- Suryabrata, S. (2006). Metodologi Penelitian, PT. *Raja Grafindo Persada, Jakarta*.
- Widawarti dan Purnomo, A. (2019). Ilmu Pengetahuan Sosial SMP: Manusia, Tempat dan Lingkungan. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan