# PREDIKSI PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN ANALISIS DATA CITRA SATELIT LANDSAT DI PESISIR KABUPATEN LAMONGAN

#### **SKRIPSI**



Disusun Oleh AURA DIGA HUTAMA ADHI NIM. H74217045

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA

2021

#### PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama

: Aura Diga Hutama Adhi

NIM

: H74217045

Program Studi: Ilmu Kelautan

Angkatan : 2017

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "PREDIKSI PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN ANALISIS DATA CITRA SATELIT LANDSAT DI KAWASAN PESISIR KABUPATEN LAMONGAN". Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 11 Agustus 2021

Yang menyatakan,

Aura Diga Hutama Adhi

NIM. H74217045

# LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

#### Skripsi oleh

Nama : Aura Diga Hutama Adhi

NIM : H74217045

Judul : Prediksi Perubahan Penutupan Lahan Menggunakan Analisis Data Citra Satelit

Landsat Di Pesisir Kabupaten Lamongan

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 09 Agustus 2021

Dosen Pembimbing I

Fajar Setiawan, M.T

NIP. 198405062014031001

Dosen Pembimbing II

Wiga Alif Violando, M.P.

NIP. 199203292019031012

#### PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Aura Diga Hutama Adhi ini telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi di Surabaya, 11 Agustus 2021

> Mengesahkan, Dewan Penguji

Penguji I

(Fajar Setiawan, M.T)

NIP. 198405062014031001

Penguji II

(Wiga Alif Violando, M.P)

NIP. 199203292019031012

Penguji III

Non

(Noverma, M.Eng)

NIP. 198111182014032002

AMPEL SOR

Penguji IV

1/1//

(Misbakhul Munir, M.Kes)

NIP. 198107252014031002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Sunan Ampel Surabaya

ADN DE Vi Fatin tur Rusydiyah, M.Ag.)

NIP. 197312272005012003



# KEMENTERIAN AGAMA UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300 E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

### LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama	: AURA DIGA HUTAMA ADHI
NIM	: H74217045
Fakultas/Jurusan	: SAINS DAN TEKNOLOGI / ILMU KELAUTAN
E-mail address	: digahutama@gmail.com
Perpustakaan UIN karya ilmiah :	gan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas Tesis Desertasi Lain-lain
yang berjudul: P	rediksi Perubahan Penutupan Lahan Menggunakan Analisis Data sat di Pesisir Kabupaten Lamongan
ini Perpustakaan media/format-kan mendistribusikann lain secara <i>fulltex</i> selama tetap mendyang bersangkutan Saya bersedia untu UIN Sunan Ampe	yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih- i, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), iya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media t untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya cantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit in.  k menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan el Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas Cipta dalam karya ilmiah saya ini.
Demikian pernyata	aan ini yang saya buat dengan sebena <del>r</del> nya.
2021	Surabaya, 8 Agustus  Penulis
	(Aura Dioa Hutama Adhi)

#### **ABSTRAK**

# PREDIKSI PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN ANALISIS DATA CITRA SATELIT LANDSAT DI PESISIR KABUPATEN LAMONGAN

#### Oleh:

#### Aura Diga Hutama Adhi

Kabupaten Lamongan Merupakan kawasan yang ditetapkan oleh KKP sebagai kawasan Minapolitan. Kebijakan ini disinyalir dapat berdampak pada pembangunan kawasan pesisir Lamongan secara massive. Hal ini guna memenuhi kebutuhan akan sumberdaya baik energi maupun perikanan. Penelitian ini bertujuan guna memprediksikan pola perubahan luasan lahan pada Area Dominan Vegetasi dan Area Dominan Non Vegetasi pada kawasan pesisir Lamongan yakni pada Kecamatan Berondong dan Paciran pada tahun 2011-2051. Metode yang digunakan pada penelitian prediksi ini adalah Metode CA Markov yang merupakan prediksi dengan perhitungan matematis berdasarkan pada perubahan lahan secara historis. Data peta yang digunakan berasal dari pengolahan citra Landsat 5 tahun 2011 dan 2016 serta Landsat 8 tahun 2020. Perangkat lunak yang digunakan yakni ArcGis sebagai pengolahan dan layouting peta serta Idrisi sebagai piranti untuk memprediksi menggunakan metode CA Markov. Hasil dari penelitian ini mennunjukkan bahwa penurunan terjadi pada tiap penutupan Area Dominan Vegetasi degan penurunan terbesar terjadi pada kelas penutupan pertanian sebesar 308,1 Ha. Sebaliknya, kenaikan terjadi pada penutupan Area Dominan Non Vegetasi dengan peningkatan terbesar pada kelas penutupan Pertambangan sebesar 271,9 Ha.

Kata Kunci : Minapolitan, CA Markov, Prediksi, Penutupan Lahan, Lamongan

#### **ABSTRACT**

# PREDICTION OF LAND COVER CHANGES USING ANALYSIS OF LANDSAT SATELLITE IMAGE DATA ANALYSIS IN COASTAL, LAMONGAN REGENCY

By: Aura Diga Hutama Adhi

Lamongan Regency is an area designated by the KKP as a Minapolitan area. This policy is allegedly able to have an impact on the massive development of the coastal area of Lamongan. This is to meet the need for both energy and fisheries resources. This study aims to predict the pattern of land area changes in the Dominant Vegetation Area and the Non-vegetation Dominant Area in the Lamongan coastal area, namely Berondong and Paciran Districts in 2011-2051. The method used in this prediction research is the CA Markov method which is a prediction with mathematical calculations based on historical land changes. The map data used comes from image processing for Landsat 5 in 2011 and 2016 and Landsat 8 in 2020. ArcGIS is software that used for processing and layout maps and Idrisi as a tool for predicting using the CA Markov method. The results of this study indicate that the decrease occurred at each closure of the Dominant Vegetation Area with the largest decrease occurred in the agricultural cover class of 308.1 Ha. On the other hand, the increase occurred in the closure of the Nonvegetated Dominant Area with the largest increase in the Mining closure class of 271.9 Ha.

Keywords: Minapolitan, CA Markov, Prediction, Land Cover, Lamongan

# **DAFTAR ISI**

LEMBAR KEASLIAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGES AHAN	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	Vii
DAFTAR ISI	Viii
DAFTAR GAMBAR	Xi
DAFTAR TABEL	Xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	
1.5. Batasan Penelitian	5
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Perubahan Penutupan Lahan	6
2.2. Faktor Perubahan Penutupan Lahan	
2.3. Klasifikasi Penutupan Lahan	
2.4. Area Dominan Vegetasi dan Non Vegetasi	
2.5. Wilayah Pesisir	
2.6. Sistim Informasi Geografi	
2.7. Citra Satelit Landsat	13

2.7.1. Landsat 5	14
2.7.2. Landsat 8	14
2.8. Model Perubahan Penutupan Lahan	15
2.9. Cellular Automata	16
2.10. Penelitian Terdahulu	18
2.11. Integrasi Keislaman	23
BAB III	25
METODOLOGI	25
3.1. Lokasi dan Waktu	25
3.2. Keadaan Umum Lokasi	26
3.3. Alat dan Bahan	26
3.4. Prosedur Penelitian	27
3.4.1. Studi Pendahu <mark>lua</mark> n	30
3.4.2. Pengumpulan <mark>Da</mark> ta	30
3.4.3. Interpretasi Citra	31
3.4.4. Uji Akurasi Ground Check	33
3.5. Analisis Data	34
3.5.1. Prediksi Perubahan Penutupan Lahan	34
3.5.2. Validasi Model	36
BAB IV	38
HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Perubahan Penutupan Lahan Tahun Eksisting	38
4.1.1. Perubahan Penutupan Area Dominan Vegetasi	39
4.1.2. Perubahan Penutupan Area Dominan Non Vegetasi	42
4.2. Uji Akurasi Data	49
4.2.1 Ground Check	49

4.2.2. Validasi Model	51
4.3. Prediksi Perubahan Penutupan Lahan	58
4.3.1. Prediksi Perubahan Penutupan Area Dominan Vegetasi	59
4.3.2. Prediksi Perubahan Penutupan Area Dominan Non Vegetasi	62
BAB V	69
PENUTUP	69
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71

# **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. Peta Wilayah Penelitian	25
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3. Grafik Perubahan Luasan Area Dominan Vegetasi Tahun 2	011-202040
Gambar 4. Grafik Perubahan Penutupan Area Dominan Non Vegetasi 7	Гаhun 2011-
2020	43
Gambar 5. Peta Penutupan Lahan Tahun 2011	46
Gambar 6. Peta Penutupan Lahan Tahun 2016	47
Gambar 7. Peta Penutupan Lahan Tahun 2020	48
Gambar 8. Nilai Akurasi Model Tahun 2020 Hasil Prediksi	53
Gambar 9. Grafik Perbandingan Luasan Aktual dan Prediksi Tahun 20	2054
Gambar 10. Peta Prediksi Penutupan Lahan Tahun 2021	56
Gambar 11. Peta Aktual Penutupan Lahan Tahun 2020	57
Gambar 12. Grafik Pola Prubahan Luasan Area Dominan Vegetasi Ta	ahun 2011 -
2051	60
Gambar 13. Grafik Pola Prubahan Luasan Area Dominan Non Vegetasi	Tahun 2011
- 2051	62
Gambar 14. Peta Prediksi Penutupan Lahan Tahun 2031	66
Gambar 15. Peta Prediksi Penutupan Lahan Tahun 2041	67
Gambar 16. Peta Prediksi Penutupan Lahan Tahun 2051	68

# **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Penjelasan Tiap Penutupan	.11
Tabel 2. Spesifikasi Citra Landsat 5	.14
Tabel 3. Spesifikasi Citra Landsat 8	.15
Tabel 4. Penelitian Terdahulu	.18
Tabel 5. Daftar Alat	.27
Tabel 6. Daftar Bahan	.27
Tabel 7. Perubahan Luasan Total Area	.38
Tabel 8. Perubahan Penutupan Area Dominan Vegetasi Tahun 2011-2020	.40
Tabel 9. Perubahan Penutupan Area Dominan Non Vegetasi Tahun 2011-2020.	.42
Tabel 10.Ketelitian Hasil Interpretasi Terhadap Penutupan Sebenarnya	.49
Tabel 11. Perbandingan Luasan Aktual dan Prediksi Tahun 2020	.53
Tabel 12. Matrik Probabilitas Transisi Tahun 2031	.58
Tabel 13. Matrik Probabilitas <mark>Transi</mark> si Tahun <mark>2041</mark>	.59
Tabel 14. Matrik Probabilitas <mark>Tr</mark> ans <mark>isi Tahun 2051</mark>	.59
Tabel 15. Proyeksi Perubaha <mark>n Luasan Area D</mark> omi <mark>nan</mark> Vegetasi	.60
Tabel 16. Proyeksi Perubah <mark>an Luasan Area D</mark> omi <mark>nan</mark> Non Vegetasi	.62

#### **BAB I**

#### **PENDAHULUAN**

#### 1.1. Latar Belakang

Kabupaten Lamongan adalah merupakan salah satu dari 197 daerah di Indonesia yang merupakan kawasan minapolitan menurut Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 32 tahun 2010. Hal ini didasarkan pada data bahwa Lamongan merupakan kawasan penghasil perikanan terbesar di Jawa Timur. Minapolitan sendiri adalah merupakan suatu manajemen pengembangan wilayah prekonomian terpadu berbasis komoditas perikanan unggulan dengan fokus pelaksanaan di daerah (Erlina & Manadiyanto, 2020). Kabupeten Lamongan memiliki dua kawasan minapolitan yakni pada kecamatan brondong dan paciran yang dewasa ini telah dipenuhi dengan banyak aktifitas manusia seperti industri, pertanian, perikanan, pelabuhan, pariwisata, pemukiman serta pertambakan. Konsep Minapolitan adalah bertujuan untuk mengembangkan kawasan daerah untuk menjadi lebih mandiri. Dengan adanya kemandirian ekonomi maka diharapkan dapat memperlambat tingkat urbanisasi di kota besar di Indonesia (Raissa et al., 2014).

Berbicara tentang kawasan Pesisir Lamongan yang merupakan kawasan Minapolitan di Indonesia, maka tak heran jika kawasan ini merupakan kawasan yang maju sehingga saat ini telah terjadi perkembangan pembangunan secara pesat serta banyak dijumpai kegiatan industri. Kegiatan industri pada wilayah ini diantaranya adalah industri pengolahan hasil perikanan, pelabuhan perikanan, dll. (Choirun, 2015). Mayoritas masyarakat pesisir Lamongan yang merupakan nelayan perikanan tangkap mendorong banyaknya pembangunan tempat pendaratan perahu nelayan yang tersebar di wilayah pesisir Lamongan. pantai utara jawa yang didalamnya termasuk Lamongan, Pada kawasan didapati banyak tambak yang dikelola hingga jauh mengarah ke daratan. Hampir setiap lahan sekitar pantai yang bersedimen lumpur dan ditumbuhi mangrove dirubah menjadi lahan tambak terutama pada daerah pinggiran sungai dan sekitar pantai (Setyawan et al., 2003). Hasil pengamatan dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa terdapat perubahan cukup yang

mengkhawatirkan dimana terdapat penebangan hutan mangrove untuk dijadikan sebagai lahan tambak (Harahab, 2003).

Pertumbuhan wilayah akan berefek baik seiring dengan berkembangnya perekonomian, namun hal tersebut juga dapat membawa dampak negatif yang salah satunya adalah tingginya permintaan terhadap suatu lahan. Perkembangan ekonomi dan pertumbuhan penduduk juga merupakan menjadi penyebab alih fungsi lahan yang mulanya adalah lahan pertanian menjadi area penggunaan lain selain pertanian dan lain sebagainya (Adhiatma, 2020). Sangat terbatasnya sumberdaya lahan menjadikannya sangat berharga, sehingga seiring meningkatnya permintaan akan lahan, akan berimbas pada alih fungsi lahan.

Perubahan tutupan lahan dapat diakibatkan oleh faktor alam serta aktivitas manusia. Dalam pelaksanaan pembangunan, Perubahan tutupan lahan tidak dapat dihindari, begitupun di kawasan Pesisir. Faktor yang berperan penting dalam penggunaan lahan lebih banyak dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Perubahan bisa terjadi karena adanya keinginan manusia untuk memenuhi kebutuhannya makin meningkat jumlahnya yang serta meningkatnya hasrat untuk perbaikan mutu kehidupannya. Dinamika perubahan jumlah penduduk seperti pada saat ini menyebabkan terjadinya konversi penggunaan lahan yang cukup besar dan mengakibatkan berubah fungsi. Misalnya dari hutan menjadi lahan pertanian atau perkebunan dan dari lahan pertanian menjadi kawasan pemukiman dan industri (Asra et al., 2020). Dengan demikian, kawasan Pesisir Lamongan yang merupakan kawasan Minapolitan dapat diindikasikan akan mengalami konversi lahan seiring dengan perkembangan kebutuhan lahan manusia saat ini.

Perubahan penutupan lahan yang secara terus menerus terjadi di Pesisir Kabupaten Lamongan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk maka penggunaan lahan akan semakin diarahkan untuk memenuhi segala kebutuhan masyarakat. Arahan pemerintah pusat lewat KEPMEN KKP No.32 tahun 2010 terkait penetapan Lamongan sebagai kawasan Minapolitan, juga akan mempengaruhi Rancangan Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kabupaten Lamongan. Saat ini RTRW Kabupaten Lamongan adalah berada pada periode 2011-2031 dan menurut Permen PU No.20 Tahun 2011 RTRW adalah berlaku

dalam kurun waktu 20 tahun. Untuk melihat perubahan penutupan lahan di Kabupaten Lamongan sebelum dan setelah pembangunan infrastruktur perlu dilakukan analisis spasial prediksi perubahan penutupan lahan.

Penutupan lahan sendiri memiliki dua kelas utama yakni kelas penutupan Area Dominan Vegetasi serta Area Dominan Non Vegetasi. Area dominan vegetasi adalah kelas dimana terdapat penutupan vegetasi atau tumbuhan yang dominan seperti hutan, sawah, pertanian dll. Sedangkan pada Area dominan non vegetasi adalah merujuk pada wilayah yang minim terdapat penutupan vegetasi atau tumbuhan dan lebih merujuk pada lahan terbangun seperti pemukiman, pelabuhan, pertambangan dll. (BSNI, 2014).

Saat ini Kabupaten Lamongan belum memiliki peta proyeksi perubahan penutupan lahan tersebut. Peta perubahan tutupan lahan tersebut berguna agar dapat melihat kondisi sebelum, saat ini dan kondisi yang akan datang serta potensi ketersediaan lahan tertentu di Kabupaten Lamongan dari tahun 2011 hingga 2051. Tahun 2051 adalah diambil dari berakhirnya masa RTRW periode selanjutnya. Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten berlaku selama 20 tahun dan dilakukan peninjauan kembali setiap 5 tahun. Hasil Peninjauan Kembali dapat berupa kesimpulan yang menyatakan bahwa RTRW tersebut harus dicabut atau sebatas direvisi. Beberapa hal yang menjadi dasar perlu direvisinya Perda RTRW adalah terjadi perubahan kebijakan nasional dan strategi yang mempengaruhi pemanfaatan ruang wilayah kabupaten dan atau terjadi dinamika internal kabupaten yang mempengaruhi pemanfaatan ruang secara mendasar, seperti bencana alam skala besar atau pemekaran wilayah yang ditetapkan melalui peraturan perundang-undangan. Maka dari itu rentang waktu tahun eksisting yang dipilih adalah 5 tahun.

Prediksi perubahan tutupan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan analisis berbasis spasial menggunakan data citra penginderaan jauh dan dikelola melalui sistem informasi geografis (Susilo, 2011). Perubahan penggunaan lahan secara keruangan dapat dilakukan dengan cara mengkaji perubahan penggunaan lahan antara lain menghitung luas perubahan penggunaan lahan, tingkat perubahan penggunaan lahan, menganalisis pola perubahan dan pemodelan. Dalam penelitian ini prediksi perubahan tutupan lahan menggunakan metode

Cellular Automata Markov yang dapat digunakan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan dan telah dapat dimanfaatkan secara luas (Nouri et al., 2014). Keunggulan dari model CA Markov adalah dapat digunakan untuk mengkaji suatu pola sederhana hingga pola yang kompleks dengan prinsip yang sederhana. Model CA Markov banyak diadopsi dan diaplikasikan dalam bidang ilmu kebumian, salah satunya adalah untuk kajian perubahan tutupan lahan. Pada model CA-Markov ini, deteksi perubahan tutupan lahan yang dianalisis didasarkan pada kemungkinan terjadinya perubahan lahan dari suatu kondisi ke kondisi lain berdasarkan aturan lokal, filter spasial cellular automata, dan peta potensial perubahan kemungkinan terjadinya transisi (transition probabilities) (Mondal et al., 2016). Peta perubahan tutupan/pengguanaan lahan tersebut disusun berdasarkan faktor ketetanggaan dan fisik (lahan) yang memicu terjadinya adanya perubahan tutupan/penggunaan lahan (Adhiatma, 2020).

Hasil dari pemodelan ini dapat digunakan untuk mengetahui bagaimana prediksi terkiat pola perubahan penutupan area dominan vegetasi serta non vegetasi di wilayah pesisir lamongan pada tahun 2011-2051. Sehingga data yang dihasilkan dapat menjadi data dasar pemerintah daerah untuk menjadi pertimbangan dalam perencanaan, pengembangan, pengawasan serta pengelolaan kawasan pesisir Lamongan dimasa depan yang tentunya harus didukung dengan penelitian lanjutan terkait penataan wilayah serta prediksi yang lebih kompleks.

#### 1.2. Rumusan Masalah

- 1. Bagaimana prediksi pola perubahan penutupan lahan Area Dominan Vegetasi di wilayah pesisir kabupaten Lamongan pada 2011-2051?
- Bagaimana prediksi pola perubahan penutupan lahan Area Dominan Non Vegetasi di wilayah pesisir kabupaten Lamongan pada 2011-2051?

#### 1.3. Tujuan Penelitian

- Mengethaui prediksi pola perubahan penutupan lahan Area Dominan Vegetasi di wilayah pesisir kabupaten Lamongan pada 2011-2051.
- 2. Mengetahui prediksi pola perubahan penutupan lahan Area Dominan Non Vegetasi di wilayah pesisir kabupaten Lamongan pada 2011-2051.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

- Bagi Pemerintah adalah dapat sebagai masukan atau pertimbanagan dalam menentukan kebijakan terkait RTRW pesisir Kabupaten Lamongan selanjutnya.
- Bagi Peneliti adalah sebagai sarana penambah pengetahuan khususnya terkait prediksi penutupan lahan pesisir dan dapat menjadi referensi pada studi lanjutan
- 3. Bagi Masyarakat adalah dapat mengetahui informasi terkait kondisi serta prediksi penutupan wilayah mereka di masa depan

#### 1.5. Batasan Penelitian

- 1. Citra yang diamati adalah citra tahun 2011, 2016,2020
- 2. Prediksi dilakukan adalah untuk tahun 2031, 2041, 2051
- 3. Penelitian dilakukan hanya pada kecamatan Brondong dan Paciran sebagai wilayah pesisir kabupaten Lamongan.
- 4. Parameter yang digunakan dalam prediksi adalah pola penutupan lahan secara historis tanpa variabel lain yang dapat mendorong atau menghambat pembangunan

#### BAB II

#### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Perubahan Penutupan Lahan

Penggunaan lahan (*land use*) dan penutupan lahan (*land cover*) pada hakekatnya berbeda walaupun menggambarkan hal yang sama, yaitu keadaan fisik permukaan bumi. Penutupan lahan merupakan perwujudan secara fisik objekobjek yang menutupi lahan tanpa mempersoalkan kegiatan manusia terhadap ojek-objek tersebut, sedangkan penggunaan lahan berhubungan dengan kegiatan manusia pada suatu bidang lahan. Penggunaan lahan untuk pemukiman memiliki penutupan terdiri dari atap, permukaan yang diperkeras, rumput dan pepohonan. Lahan merupakan lingkungan fisik yang terdiri atas iklim, relief, tanah, air dan vegetasi serta benda yang ada diatasnya sepanjang ada pengaruhnya terhadap penutupan dan penggunaan lahan (Arsyad, 2010). Lahan sendiri memiliki arti suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, hidrologi, relief iklim, juga ekologi lainnya dimana faktor-faktor tersebut adalah mempengaruhi penggunaan lahan, termasuk di dalamnya adalah diakibatkan dari kegiatan antropologi baik pada masa kini maupun yang lalu (Hardjowigeno, 2015).

Kenampakan *land use* berubah berdasarkan waktu, yakni keadaan kenampakan *land use* atau posisinya berubah pada kurun waktu tertentu. Perubahan *land use* dapat terjadi secara sistematik dan non-sistematik. Perubahan sistematik terjadi dengan ditandai oleh fenomena yang berulang, yakni tipe perubahan *land use* pada lokasi yang sama. Kecenderungan perubahan ini dapat ditunjukkan dengan peta multi waktu. Fenomena yang ada dapat dipetakan berdasarkan seri waktu, sehingga perubahan *land use* dapat diketahui. Perubahan non-sistematik terjadi karena kenampakan luasan lahan yang mungkin bertambah, berkurang, ataupun tetap. Perubahan ini pada umumnya tidak linear karena kenampakannya berubah-ubah, baik penutup lahan maupun lokasinya (Amani, 2017).

Penutupan lahan (*land cover*) mengacu pada penutupan vegetasi lahan yang mencirikan suatu areal tertentu, yang merupakan pencerminan

dari bentuk lahan dan iklim lokal. Penutupan lahan berkaitan dengan vegetasi berupa pohon, rumput, air dan bangunan. Informasi penutupan dapat diperoleh dari citra penginderaan jauh, foto udara, foto satelit dan teknologi lainnya yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi penutupan lahan (Diana, 2008).

Perubahan penutupan lahan atau tata guna lahan adalah suatu kondisi dimana terjadi penambahan penggunaan lahan dari penggunaan yang satu ke penggunaan yang lainnya dan disertai dengan pengurangan tipe tata guna lahan dari waktu ke waktu ataupun berubahnya fungsi dari lahan pada kurun waktu yang berbeda. Perubahan penutupan vegetasi lahan adalah mencerminkan sifat manusia yang selalu berupaya mengelola memanfaatkan serta sumber daya lahan diskeitarnya. Perubahan ini dapat berimbas pada kondisi lingkungan maupun pada manusia itu sendiri (Widayanti, 2010).

Identifikasi penutupan lahan dilakukan dengan melakukan interpretasi citra satelit. Melalui sensor yang dimilikinya, menggunakan gelombang elektromagnetik, citra satelit merekam fenomena permukaan bumi secara berkala. Perekaman ini memanfatkan perbedaan selang spektral yang dipantulkan. Beragam citra satelit yang tersedia saat ini baik optik maupun radar, dengan berbagai tingkatan resolusi spasial (Suryadi, 2012).

#### 2.2. Faktor Perubahan Penutupan Lahan

Dalam menentukan penggunaan lahan terdapat empat faktor penting yang perlu dipertimbangkan yaitu: faktor fisik lahan, faktor ekonomi, dan faktor kelembagaan. Selain itu, faktor kondisi sosial dan budaya masyarakat setempat juga akan mempengaruhi pola penggunaan lahan. Terjadinya perubahan penutupan lahan di suatu wilayah juga dipengaruhi beberapa kondisi diantaranya adalah pertumbuhan matapencaharian, aksesibilitas, dan fasilitas penduduk, pendukung kehidupan serta kebijakan pemerintah. Tingginya tingkat kepadatan penduduk di suatu wilayah telah mendorong penduduk untuk membuka lahan baru untuk digunakan sebagai pemukiman ataupun lahan-lahan budidaya. Tingginya kepadatan penduduk akan meningkatkan tekanan terhadap hutan. Pertambahan jumlah penduduk berarti pertambahan terhadap makanan dan kebutuhan lain yang dapat dihasilkan oleh sumber daya lahan. Peningkatan pertumbuhan penduduk dan peningkatan kebutuhan material seperti kebutuhan perumahan dan sarana prasarana wilayah cenderung menyebabkan persaingan dalam proses alih fungsi lahan.

Perubahan tata guna lahan dalam pelaksanaan pembangunan tidak dapat dihindari. Perubahan tersebut terjadi karena dua hal, pertama karena adanya keperluan untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang makin meningkat jumlahnya dan kedua berkaitan dengan meningkatnya tuntutan akan mutu kehidupan yang lebih baik. Sedangkaan para ahli berpendapat bahwa perubahan penggunaan lahan lebih disebabkan oleh adanya kebutuhan dan keinginan manusia. Mata pencaharian penduduk di suatu wilayah berkaitan erat dengan kegiatan usaha yang dilakukan penduduk di wilayah tersebut. Perubahan penduduk yang bekerja di bidang pertanian ini memungkinkan terjadinya perubahan penutupan lahan khususnya lahan budidaya. Semakin banyak penduduk yang bekerja dibidang pertanian, maka kebutuhan lahan semakin meningkat. Hal ini dapat mendorong penduduk untuk melakukan konversi lahan pada lahan hijau menjadi penggunaan lainnya (Wijaya, 2004).

#### 2.3. Klasifikasi Penutupan Lahan

Klasifikasi atau pengkelasan pada citra yang telah diproses adalah disesuaikan dengan Juknis Penafsiran Citra Resolusi Sedang untuk Pentupan Lahan yang disusun oleh Kementrian Kehutanan Lingkungan Penggunaan satelit Hidup. citra dalam melakukan pemantauan Penutupan Lahan merupakan salah satu upaya untuk mendapatkan data dan informasi secara cepat dengan biaya yang relatif murah. Citra satelit resolusi sedang digunakan dalam pemantauan Penutupan Lahan secara nasional dikarenakan dapat mencakup seluruh wilayah Indonesia secara menyeluruh dan berkala. Citra satelit resolusi sedang yang digunakan adalah citra Landsat yang memiliki resolusi 30

meter (KLHK, 2020).

Dalam pengklasifikasian citra harus dilakukan dengan mengikuti ketentuan pemetaan yang disusun oleh Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020). Diantaranya adalah dilakukan menggunaan citra yang bersih atau minim tertutup awan, agar objek dapat diyakini secara visual. Identifikasi objek menggunkan pertimbangan rona/warna, bentuk, ukuran, lokasi, asosiasi objek dan lain lain. Untuk lebih meyakinkan dalam identifikasi objek dapat menggunakan bantuan citra resolusi tinggi atau informasi lapang. Pemisahan objek dilakukan dengan digitasi visual pada layar computer (digitizing on screen). Proses klasifikasi diawali dengan pemilihan sampel yang akan dikelaskan sesuai kenampakan pada klasifikasi yang digunakan adalah klasifikasi citra. Jenis terbimbing (supervised classification) dengan algoritma maximum likelihood classification. Sampel ditentukan berdasarkan kelompok piksel dengan memperhatikan tingkat homogenitasnya. Hasil klasifikasi kemudian digeneralisasi dengan memanfaatkan majority filter yang bertujuan untuk menghilangkan piksel-piksel terasing (unclassified pixel). Dengan memanfaatkan filter mayoritas yang memiliki dimensi kernel 3x3 dan 5x5 diharapkan akan diperoleh hasil klasifikasi yang optimal (Simarmata et al., 2015).

#### 2.4. Area Dominan Vegetasi dan Non Vegetasi

Penutupan lahan merupakan kondisi permukaan bumi atau rupa bumi yang menggambarkan kenampakan vegetasi. Kondisi hutan, dilihat dari penutupan lahan/vegetasi, mengalami perubahan yang cepat dan dinamis, sesuai perkembangan pembangunan dan perjalanan waktu. Perubahan penutupan lahan adalah perubahan yang terjadi terhadap gambaran obyek di permukaan bumi yang diperoleh dari sumber data terpilih dan dikelompokan ke dalam kelas-kelas penutupan yang sesuai dengan kebutuhannya (Fauzi et al., 2016).

Dalam pengkelasan penutupan lahan, juga memperhatikan standar yang telah disusun oleh Badan Standarisasi Nasional Indonesia tentang klasifikasi penutupan lahan sekala kecil dan mennengah. Standar ini disusun untuk memuat beberapa aspek penutupan lahan yang bersifat berjenjang. Pendekatan konsep semacam ini adalah guna memperinci kelas kelas yang selanjutnya dikelompokkan pada kelas utama. Terdapat dua kelas utama yakni Area Dominan Vegetasi dan Area Dominan Non Vegetasi.

Kelas Penutupan lahan pada kategori Area Dominan Vegetasi diturunkan dari pendekatan konseptual struktur fisiognomi yang konsisten dari bentuk tumbuhan, bentuk tutupan, tinggi tumbuhan dan distribusi spasialnya. Area vegetasi sangat berguna dalam menjaga keseimbangan lingkungan seperti menjaga struktur tanah, kesubuan lingkungan, daerah resapan air dll (Budiastuti, 2013). Area Dominan Vegetasi memiliki dua sub kelas yakni Area vegetasi alami/semi alami yang terdiri dari kelas penutupan Hutan dan vegetasi alami/semi alami seperti Hutan lahan tingi,Hutan lahan Rendah, Hutan Mangrove, Semak belukar dll. Selanjutnya ada sub kelas Area vegetasi dibudidayakan seperti Hutan tanaman, Perkebunan/Pertanian, Sawah, Padang Rumput, dll.

Sedangkan dalam kategori Area Dominan Non Vegetasi pendekatan kelas adalah mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau ketinggian atau kedalaman objek. Perlu dilakukan kepadatan dan manajemen lahan dengan baik untuk mengatur jenis penutupan lahan Non Vegetasi agar dapat menekan terjadinya penurunan kualitas lahan (Asra et al., 2020). Area Dominan Non Vegetasi memiliki dua sub kelas Area non vegetasi alami/semi alami yang terdiri dari kelas penutup tubuh air alami/semi alami seperti sungai,laut,rawa dll. Dan kelas penutup lahan terbuka alami/semi alami seperti hamparan lumpur, pasir pantai dll. Selanjutnya ada sub kelas Area non vegetasi diusahakan yang terdiri dari kelas pentup tubuh air buatan seperti waduk, tambak, kolam air dll. Lahan terbuka diusahakan keras seperti penggalian pasir, penimbunan sampah, penambangan terbuka, jaringan rel dll. Dan kelas bangunan seperti pemukiman kota, pemukiman asosiasi pertanian, pelabuhan dll. (BSNI, 2014).

Berikut Penjelasan Tiap penutupan sesuai arahan Petunjuk Teknis

# Penafsiran Citra dan BSNI Penutupan Lahan Tahun 2014.

Tabel 1. Penjelasan Tiap Penutupan

No	Penutupan	Keterangan			
1	Hutan Tanaman	Areal yang diusahakan untuk budidaya tanaman			
		hutan dalam bentuk hamparan yang luas, untuk			
		diambil produk kayunya, dan tersusun atas satu			
		jenis spesies tanaman yang homogen selain			
		jenis-jenis tertentu.			
2	Permukiman	Kawasan permukiman, baik perkotaan,			
		perdesaan, industri dan lain-lain			
3	Hutan	Hutan mangrove primer yang mengalami			
	Mangrove	gangguan manusia (bekas penebangan, bekas			
	Sekunder	kebakaran, jaringan jalan dll.), termasuk yang			
4		tumbuh/ditanam pada tanah sedimentasi.			
4	Sungai	Tubuh air yang mengalir pada cekungan			
		memanjang, dan terbentuk secara alami.			
		Biasanya membentuk kerapatan alur yang			
		relatif tinggi pada medan yang kasar dan			
		berelevasi tinggi dan kerapatan alur yang relatif			
		rendah, lebih lebar, pada medan yang lebih			
		landai dan berelevasi rendah.			
5	Pertanian Lahan	Seluruh kenampakan hasil budidaya tanaman			
	Kering	semusim di lahan kering seperti tegalan dan			
		ladang.			
6	Sawah	Seluruh kenampakan hasil budidaya tanaman			
		semusim di lahan basah yang dicirikan oleh			
		pola pematang			
7	Tambak	Seluruh kenampakan perikanan darat			
		(ikan/udang) atau penggaraman yang tampak			
		dengan pola pematang, biasanya berada di			
		sekitar pantai.			
8	Pelabuhan	Bangunan yang menjadi pusat aktivitas			

No	Penutupan	Keterangan			
		pengendalian kedatangan dan keberangkatan			
		kapal, baik kapal barang, ikan maupun			
		pengangkut penumpang. Terletak			
		berdampingan dengan perairan laut atau sungai			
		besar, agar terkoneksi dengan jalur pelayaran			
		dan jaringan jalan maupun jalur kereta api, serta			
		bukan rel serta mempunyai area parkir yang			
		luas.			
9	Pertambangan	Lahan terbuka yang digunakan untuk aktivitas			
		pertambangan terbuka - open pit (misalnya:			
		batubara, timah, tembaga dll.), serta lahan			
		pertambangan tertutup skala besar yang dapat			
1		d <mark>iidentifikasikan</mark> dari citra berdasar asosiasi			
		kenampakan objeknya, termasuk tailing ground			
		(penimbunan limbah penambangan).			

#### 2.5. Wilayah Pesisir

Wilayah Pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan yang terjadi di darat maupun di laut, wilayah ini juga merupakan daerah dimana bertemunya daratan dan lautan, menurut UU Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Batas-batas wilayah pesisir hingga kini masih belum dikemukakan secara pasti, namun secara umum wilayah pesisir merupakan wilayah peralihan antara daratan dan lautan. Biasanya pada kawasan ini terdapat banyak penduduk, pusat transportasi, kegiatan pertanian, tempat pendaratan ikan,serta adanya industri / usaha sektor perikanan, sehingga menempatkan kawasan pesisir dengan struktur lahan untuk lokasi dengan berbagai fasilitas (sarana dan prasarana) serta pelayanan umum (ekonomi dan sosial) (Pananrangi, 2011).

Potensi hayati dan non hayati yang sangat besar umumnya juga terdapat pada kawasan ini. Berbagai aktivitas perikanan dalam hal penangkapan ataupun budidaya pada umumnya dapat dijumpai di wilayah pesisir. Kawasan pesisir juga mempunyai aksesibilitas yang tinggi untuk kegiatan jasa lingkungan seperti transportasi, industri serta pariwisata yang dapat terus dikembangkan. Tentunya hal ini dapat menyebabkan kawasan pesisir menjadi pusat perekonomian di Indonesia (Hidayah & Suharyo, 2018).

#### 2.6. Sistim Informasi Geografi

Sistem Informasi Geografi (SIG) adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menyimpan, memanipulasi dan menganalisa segala informasi dengan berpatokan pada data geografi yang berbasis komputer. Ciri khas dari SIG sendiri adalah dapat menganalisa spasial dengan penambahan dimensi ruang (*space*) ataupun geografi. SIG dapat digunakan dalam berbagai keperluan seperti proyeksi serta perencanaan pembangunan.

Kelebihan dari sistem ini yang memudahkan penggunanya adalah seperti visualisasi data spasial disertai dengan atribut atau keterangan dari data tersebut. Selain itu, SIG juga dapat memodifikasi warna, simbol serta ukuran dari suatu data. Sebuah software SIG adalah memiliki fungsi ataupun alat yang mampu melakukan proses penyimpanan, analisis, dan menampilkan data berupa informasi geografis. SIG terdiri dari beberapa komponen utama yakni pengguna (*user*), perangkat lunak (*software*), perangkat keras (*hardware*), dan data (Ikhsan, 2017).

#### 2.7. Citra Satelit Landsat

Citra adalah masukan data atau hasil observasi dalam proses penginderaan jauh. Citra dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu obyek yang sedang diamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu alat pemantau/sensor, baik optik, elektro-optik, optik-mekanik maupun elektromekanik. Citra memerlukan proses interpretasi atau penafsiran terlebih dahulu dalam pemanfaatannya. Citra Landsat adalah hasil dari perekaman satelit Landsat milik Amerika Serikat yang diluncurkan oleh NASA (LAPAN, 2015).

#### **2.7.1.** Landsat 5

Landsat 5 adalah satelit yang dilengkapi dengan sensor *Themaatic mapper* dan mempunyai resolusi hingga 30 meter pada tiap band nya. Diluncurkan pada 1 maret 1984 landsat 5 memiliki sensor yang mampu melakukan pengamatan obejek pada permukaan bumi dan dapat merekam daerah yang sama setiap 16 hari dengan ketinggian orbital mencapai 705 Km, sudut inklinasi 98,2° dan cakupan luas area perekaman 185 Km² (Ikhsan, 2017).

Tabel 2. Spesifikasi Citra Landsat 5

1 Band 1 - Blue 2 Band 2 - Green 3 Band 3 - Red	and	Gelombang (µm)	Spasial (m)
	1	0,45-0,52	30
3 Band 3 - Red	1	0,52-0,60	30
		0,63-0,69	30
4 Band 4 - Near	-Infrared	<mark>0,76-</mark> 0,90	30
5 Band 5 - Near	-Infrared	1,55-1,75	30
6 Band 6 - Therr	mal	10,44- <mark>12,</mark> 50	120
7 Band 7 - Mid-	Infrared	2,08-2,35	30

#### 2.7.2. Landsat 8

Landsat 8 adalah satelit yang dilengkapi dengan dua sensor utama yakni Operational Land Manager (OLI) serta Thermal Infrared Sensor (TIRS). Satelit ini diluncurkan oleh NASA pada tanggal 11 Februari 2013 guna melanjutkan misi dari Landsat 7 TM. Penambahan beberapa spesifikasi yang merupakan penyempurnaan dari landsat sebelumnya seperti penambahan jumlah Band, rentang spektrum gelombang elektromagnetik, hingga rentang nilai Digital Number pada tiap piksel citra. Landsat 8 memiliki orbit dengan ketinggian 705 Km dengan cakupan luas area perekaman 170 x 183 Km (Ikhsan, 2017).

Tabel 3. Spesifikasi Citra Landsat 8

No	Band	Gelombang (µm)	Spasial (m)
1	Band 1 - Coastal Aerosol	0,43-0,45	30
2	Band 2 - Blue	0,45-0,51	30
3	Band 3 - Green	0,53-0,59	30
4	Band 4 - Red	0,64-0,67	30
5	Band 5 - Near Infrared	0,85-0,88	30
6	Band 6 - SWIR 1	1,57-1,65	30
7	Band 7 - SWIR 2	2,11-2,29	30
8	Band 8 - Panchromatic	0,50-0,68	15
9	Band 9 - Cirrus	1,36-1,38	30
10	Band 10 - Thermal Infrared 1	10,60-11,19	100
11	Band 11 - Thermal Infrared 2	11,50-12,51	100

#### 2.8. Model Perubahan Penutupan Lahan

Identifikasi perubahan penutupan lahan pada suatu wilayah merupakan suatu proses mengidentifikasi perbedaan keberadaan suatu objek atau fenomena yang diamati pada waktu yang berbeda (Syakur, 2010). Perkembangan wilayah kota dapat diprediksi secara spasial, dengan melihat pixel yang menggambarkan tutupan lahan dalam citra satelit. Model adalah penyederhanaan suatu sistem tertentu di dunia nyata. Pemodelan penutupan lahan, dibangun dengan mengkombinasikan model dinamika perubahan lahan dengan SIG (Purnomo, 2012). Keunggulan dari model CA Markov adalah dapat digunakan untuk mengkaji suatu pola sederhana hingga pola yang kompleks dengan prinsip yang sederhana. Model CA Markov banyak diadopsi dan diaplikasikan dalam bidang ilmu kebumian, salah satunya adalah untuk kajian perubahan tutupan lahan.

Prediksi dilakukan dengan menggunakan metode Markov Chain Cellular Automata. Penggunaan lahan tahun proyeksi diperoleh dengan membandingkan perubahan lahan dengan interval tahun tertentu pada citra multi temporal. Simulasi model dijalankan dengan model Cellular Automata-Markov (CA-M) yang merupakan kombinasi dari proses

stokastik dari Markov Chain yang kemudian ditampilkan dengan proses Cellular Automata. Perubahan penggunaan lahan didasarkan pada kesesuaian lahannya, penggunaan lahan periode sebelumnya dan penggunaan lahan tetangganya (Amani, 2017).

Model markov chain ini dipilih karena model ini mampu dan dapat menilai perubahan tutupan/penggunaan lahan baik secara statistis maupun dinamis serta mempertimbangkan faktor antara ruang dan waktu (Mondal et al., 2016). Modul Markov Chain menghasilkan transitional/probability area matrix yakni matriks transisi perubahan dari tahun sebelumnya ke tahun yang diprediksikan. Persamaan Markov dibangun menggunakan distribusi penggunaan lahan pada awal dan akhir pengamatan yang tergambarkan dalam suatu vektor (matriks satu kolom), serta sebuah matriks transisi (transition matrix) (Trisasongko, 2009). Hubungan dari matrik tersebut digambarkan sebagai berikut

$$\begin{aligned} M_{LC} * M_t &= M_{t+1} \\ \begin{bmatrix} LC_{uu} & LC_{ua} & LC_{uw} \\ LC_{au} & LC_{aa} & LC_{aw} \\ LC_{wu} & LC_{wa} & LC_{ww} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_t \\ A_t \\ W_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_{t+1} \\ A_{t+1} \\ W_{t+1} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Dimana  $M_{LC}$  adalah peluang dan  $M_t$  adalah peluang tahun ke-t,  $U_t$  adalah peluang tiap titik terklasifikasi sebagai kelas U pada waktu t, seddangkan  $LC_{ua}$  adalah peluang suatu kelas U menjadi kelas lainnya pada rentang waktu tertentu (Fadhli et al., 2019).

#### 2.9. Cellular Automata

Salah satu metode untuk memprediksi perubahan lahan adalah dengan pendeketan Cellular Automata (CA). *CA* merupakan model yang dapat dikatakan memiliki sifat yang dinamis, dimana mengintegrasikan dimensei ruang dan waktu. Model CA dapat menggambarkan keadaan sebuah wilayah yang kompleks dengan sebuah aturan yang sederhana (Fardani, 2020). Pemodelan prediksi tutupan lahan ini menerapkan kosep *do nothing*, yaitu kondisi perkotaan dibiarkan sesuai dengan trend yang ada, tanpa ada campur tangan atau intervensi dari pemerintah.

CA merupakan suatu metode untuk memprediksi perubahan sistem dinamika yang bergantung pada aturan sederhana dan berkembang hanya

menurut aturan tersebut dari waktu ke waktu. CA melakukan proses komputasi berdasar prinsip ketetanggaan sel (neighbourhood). CA sudah banyak dikembangkan untuk berbagai macam aplikasi antara lain untuk prediksi sedimentasi, pemodelan aliran granular, pemodelan arus lalu lintas, prediksi penutupan lahan pemukiman dan perubahan penggunaan lahan. CA merupakan pendekatan komputasi berbasis keruangan yang memiliki keunggulan dalam mengakomodasi dimensi ruang, waktu dan atributnya. CA lebih realistik untuk menemukan rumus transisi yang merepresentasikan tenaga dorongan dan tarikan pada perubahan (Uktoro, 2013).

Kelemahan CA adalah lebih menunjukkan proses pertumbuhan dan prediksi tumbuhnya suatu piksel namun tidak memberikan informasi penyebab tumbuhnya yaitu hubungan kekerabatan antar variabel terikat (dependent variable) dan variabel bebasnya (independent variable). Sedangkan suatu perubahan penggunaan lahan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang bersifat independent yang harus diakomodasi. Oleh karena itu metode ini sering dikombinasikan dengan metode lain guna mengatasi kelemahan untuk meningkatkan ketelitiannya (Peruge et al., 2012).

Cellular Automata adalah sebuah alat atau model berbasis raster yang mampu memprediksi perubahan tutupan lahan dengan mempertimbangkan tutupan lahan sekitar-nya yang bisa digunakan secara efektif untuk pemodelan kota dan perubahan tata guna lahan. Model CA pada umumnya digunakan untuk memprediksi perkembangan di masa lalu mempengaruhi masa depan melalui interaksi lokal di antara bidang tanah sebagaimana dipelajari oleh Wu dan Webster pada tahun 1998. Pada simulasi CA, pengulangan yang terjadi memiliki efek pada hasil hari pengulangan yang berhubungan. (Peruge et al., 2012).

Menurut (Wu & Wang, 2010) Dalam pemodelan Cellular Automata, terdapat 5 unsur yang membangun model yakni :

1. Sel (*Cell*): adalah unit spasial dasar yang berada pada suatu ruang seluler. Sel adalah diatur dalam sebuah grid dua dimensi yang merupakan bentuk paling umum dari permodelan pertumbuhan

- wilayah kota serta alih fungsi lahan dalam cellular automata
- 2. Keadaan (*State*) : adalah atribut pada suatu system. Tiap sel hanya dapat mengambil satu kondisi pada serangkaian kondisi dalam waktu tertentu. Dalam konteks ini kondisi yang dimaksud adalah atribut atau jenis penutupan lahan
- 3. Ketetanggaan (Neighbourhood) : adalah serangkaian dari sel yang memiliki interaksi dengan satu sel. Terdapat dua jenis Neighbourhood dalam suatu ruang dimensional yakni ketetanggaan Von Neuman dengan 4 sel dan Moore dengan 8 sel.
- 4. Aturan Transisi (*Transition Rules*) : adalah sebuah aturan yang menggambarkan bagaimana keadaan dari sebuah sel dapat berubah sebuah respon terhadap keadaan dari ketetanggaan.
- 5. Waktu (*Time Step*) : adalah sebuah variable penentu dimensi waktu yang digunakan pada proses kalkulasi dalam pemodelan cellular automata. Waktu pada pemodelan cellular automata juga dapat diartikan sebagai periode iterasi.

#### 2.10. Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitia terdahulu yang menjadi referensi peneliti guna mempermudah serta sebagai perbandingan dalam melakukan pennyusunan penelitian. Berikut penelitian terdahulu terkait penelitian ini Tabel 4. Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Metodologi	Hasil	Pembeda
1	Model Cellular	Mengklasifikasik	Global moran's	Berfokus pada
	Automata Markov	an tutupan lahan	Index yang	pemodelan
	Untuk Prediksi	dengan metode	dihasilkan pada	kawasan
	Perkembangan	digitasi untuk	tutupan lahan tahun	pemukiman,
	Fisik Wilayah	membuat peta	2003 sebesar 0,028,	Menggunakan
	Permukiman Kota	penggunaan lahan	tahun 2016 sebesar	Analisis data
	Surakarta	Kota Surakarta	-0,30 dan 2017	Global Morans
	Menggunakan	tahun 2003,2016,	sebesar 0,022	Index,
	Sistem Informasi	dan 2017. Analisis	Prediksi	Menentukan

No	Judul Penelitian	Metodologi	Hasil	Pembeda
	Geografis	Global moran's 1	perkembangan	arah
	Geograns	, yang digunakan		perkembangan,
	(Fitriana et al.,	untuk menentukan		memodelkan
	2017)		lahan permukiman	hingga tahun
		perubahan	-	2031.
		perkembangan	sebesar 81,7% yang mengarah keluar	2031.
		fisik wilayah.	E	
		Cellular automata	3	
		digunakan untuk	sebesar 10,7%	
		membuat prediksi		
	A	perkembangan	Kesesuaian yang	
		fisik wilayah Kota		
		Surakarta tahun		
		2031.	dengan peta RTRW	
			Kota Surakarta	
			tahun 2011-2031	
			yaitu sebesar	
			61,26%.	
2	Pemanfaatan	Klasifikasi citra	Terdapat 78,1 %	Terdapat
	Prediksi Tutupan	dilakukan Citra	wilayah yang	evaluasi
	Lahan Berbasis	Satelit Landsat	diprediksi nantinya	menggunakan
	Cellular	Tahun 1999, 2009	akan sesuai dengan	overlay data
	Automata-	dan 2019 yang.	RTRW sementara	RTRW, ujij
	Markov dalam	Data tutupan	ada 21,9 % yang	akurasi
	Evaluasi Rencana	lahan tahun 1999	diprediksi nantinya	menggunakan
	Tata Ruang	dan 2009 akan	tidak akan sesuai	confusion
		dimasukan	dengan RTRW.	matrix,
	(Fardani et al.,	kedalam Cellular	Model yang	menggunkan
		Automata yang	dikembangkan ini	rentang tahun 20

No	Judul Penelitian	Metodologi	Hasil	Pembeda
	2020)	akan menghasilkan prediksi tutupan lahan tahun 2019 yang akan di validasi dengan tutupan lahan	berarti perkembangan kota dibiarkan sesuai	tahun.
		hasil klasifikasi citra landsat 2019. Uji akurasi menggunakan uji akurasi Kappa dengan bantuan confusion matrix.	ada	
3	Perubahan dan prediksi penggunaan/penut upan lahan di Kabupaten Lampung Selatan (Adhiatma, 2020)	SPOT 6 Mosaik untuk tahun 2013, citra SPOT 6 raw data pada tahun 2019, peta baku sawah, serta Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Hasil interpretasi kemudian	86.5% untuk tutupan/penggunaa n lahan tahun 2019. Sedangkan validasi model didapatkan nilai kappa sebesar 94.6%. Perubahan tutupan/penggunaa n lahan di Kabupaten Lampung Selatan	6, memodelkan

No	Judul Penelitian	Metodologi	Hasil	Pembeda
No	Judul Penelitian	lahan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). Verifikasi dilakukan dengan cara ground check yang diambil purposive sampling. Uji akurasi menggunakan perhitungan overall accuracy dan menggunakan akurasi kappa. Simulasi perubahan tutupan/pengguna an lahan dilakukan pada piranti Idrisi dengan modul Cellular Automata Markov (CA-Markov). Masukan dalam		Pembeda
		simulasi prediksi penggunaan lahan tahun 2031 terdiri dari		

No	Judul Penelitian	Metodologi	Hasil	Pembeda
		tutupan/pengguna an lahan pada tahun 2019 sebagai tahun acuan.		
4	Prediksi	Data yang		Menggunakan
	Perubahan	digunakan yaitu		metode Land
	Penggunaan		2007 dan 2017 Pada	change modeler,
	Lahan	(groundcheck)	lahan terbangun	
	Menggunakan Citra Landsat	dan sekunder (citra Landsat 7	cenderung meningkat.	citra satelit landat 7 ETM+,
	Multiwaktu	ETM+, citra	Sedangkan	berlokasi di
	Dengan Metode			Kendari,
	Land Change		8	Memodelkan
	Modeler	dalam bentuk		satu tahun
	(Anitawati et al., 2019).	vektor. Metode prediksi kondisi tutupan lahan	tahun 1997, menjadi 9,03% pada tahun 2017. Dan Prediksi arah perubahan penggunaan lahan dengan metode land change modeler seluas	Satu tahun

No	Judul Penelitian	Metodologi	Hasil	Pembeda
		serta Uji validasi	setiap kecamatan	
		dilakukan dengan		
		cara ground		
		check.		

#### 2.11.Integrasi Keislaman

Ketersediaan lahan sumberdaya harus selalu dijaga dan dilestarikan keseimbangan agar merusak ekosistem, sehingga generasi-generasi berikutnya dapat menikmati sumberdaya alam. juga masih hasil Dalam Al-Qur'an juga telah menyatakan bahwa sumberdaya alam yang ada di bumi ditujukan untuk kemakmuran manusia, manusia yang menjadi khalifah untuk mengelola memanfaatkannya dan tanpa merusak tatanan ada. telah Dalam perspektif Allah menciptakan yang Islam, manusia hidup yang diberi kewenangan sebagai makhluk untuk tinggal di bumi, beraktivitas dan berinteraksi dengan lingkungannya. Amanah untuk tinggal di bumi jug<mark>a harus diimbangi dengan</mark> pengelolaan yang positif serta pemeliharaan yang berkelanjutan, sebagaimana tercantum dalam surat AA'raf ayat 56:

"Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdo'alah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik." (Q.S. Al-A'raf 7:56)

Ayat tersebut menjelaskan bahwa memelihara lingkungan hidup dari kerusakan merupakan kewajiban bagi setiap Sehingga seluruh orang. komponen masyarakat juga harus bersama-sama saling menjaga kelestarian lingkungan hidup agar tidak mengancam sesama.

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَىبِكَةِ إِنِّي جَاعِلُ فِي ٱلْأَرْضِ خَلِيفَةً ۚ قَالُوٓاْ أَتَجْعَلُ فِيهَا مَن يُفْسِدُ

فِيهَا وَيَسْفِكُ ٱلدِّمَآءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۖ قَالَ إِنِّيٓ أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ ٣٠

"Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para Malaikat: "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi". Mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?" Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui". (Q.S. Al-Baqarah 2:30)

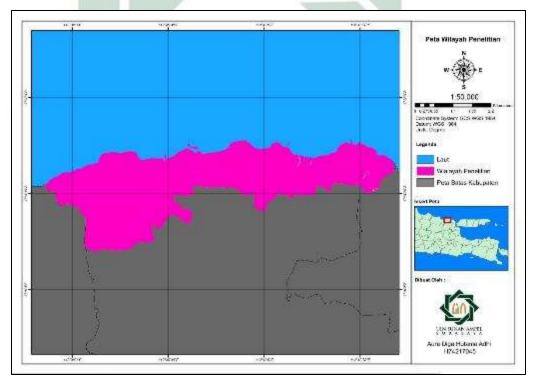
Sebagai wakil (khalifah) Allah di muka bumi, manusia harus aktif dan bertanggung jawab untuk menjaga fungsi bumi sebagai tempat kehidupan semua makhluk Allah, menjaga keberlanjutan kehidupannya dengan mampu mengelola dan memanfaatkan dengan baik dan tidak lalai.

### BAB III

# **METODOLOGI**

#### 3.1. Lokasi dan Waktu

Penelitian ini mengambil tempat di wilayah pesisir kabupaten Lamongan. Secara administratif Kabupaten Lamongan memiliki dua kecamatan pesisir yaitu Kecamatan Paciran dan Brondong. Kabupaten Lamongan adalah salah satu Kabupaten di Jawa Timur yang terletak 6051'54"-7023'06" Lintang Selatan dan 1120'4'41"-112033'12" Bujur Timur. Kabupaten Lamongan Mempunyai garis pantai sepanjang 47 km, serta luasan wilayah perairan laut mencapai 902,4 km2 (termasuk area 12 mil dari garis pantai) (Pambudy & Fathoni, 2017).



Gambar 1. Peta Wilayah Penelitian

Waktu penelitian dilakukan mulai bulan Maret - Juli 2021. Diawali dengan melakukan studi pustaka terkait perubahan garis pantai serta keadaan umum lokasi penelitian, kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengolahan data serta analisis data hingga dijadikan laporan penelitian.

#### 3.2. Keadaan Umum Lokasi

Kabupaten Lamongan merupakan salah satu daerah yang termasuk dalam kawasan Strategis Perkotaan Metropolitan Gerbangkertasusila yang ditujukan sebagai Pusat Kegiatan Nasional (PKN) berskala global yang dipertahankan sebagai pusat kegiatan nasional yang mendukung pelayanan pengembangan wilayah Indonesia bagian timur.

Berdasarkan letak geografisnya, Kabupaten Lamongan memiliki batas-batas wilayah yaitu sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Gresik, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Jombang, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Bojonegoro dan Kabupaten Tuban.Bagian Selatan dan Utara merupakan daerah daratan tinggi pegunungan kapur berbatu-batu dengan kesuburan sedang yang membentang dari kawasan daerah yang terdiri dari Kecamatan Mantup, Sambeng, Ngimbang, Bluluk, Sukorame, Modo, Brondong, Paciran, Solokuro.

Secara topografi, Kabupaten Lamongan terdiri dari daratan rendah dengan ketinggian 0-25 mdpl sebanyak 50,17% dari keseluruhan luas wilayah sebanyak 45,68% berada pada ketinggian 25-100 mdpl seluas 45,68%, selebihnya 4,15% berada di atas 100 mdpl. Berdasarkan hal tersebut, maka Kabupaten Lamongan merupakan wilayah yang relatif datar. Kabupaten Lamongan yang terletak di pantai utara Jawa Timur dengan sebagian kawasan pesisir wilayah berupa perbukitan yang merupakan kelanjutan dari rangkaian Pegunungan Kapur di bagian utara (P. Setyawan, 2018).

### 3.3. Alat dan Bahan

Terdapat beberapa alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yang memiliki fungsi dan kegunaan masing masing. Berikut adalah Tabel alat dan bahan.

Tabel 5. Daftar Alat

No	Alat	Kegunaan					
	Perangkat	Keras					
1	Komputer PC	Pengolahan data dilengkapi perangkat pendukung					
2	Handphone Android	Mengambil gambar serta Plotting GPS					
3	Alat Tulis Mencatat hasil pengamatan lapang						
	Perangkat Lunak						
4	Microsoft Office Pengolahan data dan pengolahan laporan						
5	ArcGIS 10.4.1	Pengolahan citra dan analisis spasial					
6	Idrisi Selva 17	Prediksi penutupan lahan					
		Tabel 6. Daftar Bahan					
No	Bahan	Keterangan					
1	Peta RBI	Peta Rupa Bumi Indonesia tahun 2020					
2	Citra Satelit Landsat 5	TM Data Citra Tahun 2011					

Data Citra Tahun 2016 dan 2020

#### 3.4. Prosedur Penelitian

Citra Satelit Landsat 8 OLI

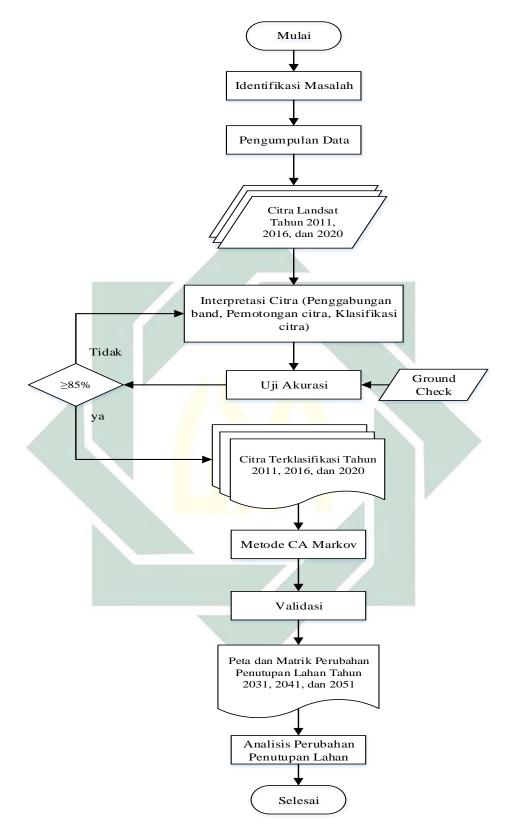
3

Prosedur penelitian merupakan paparan langkah-langkah untuk mengumpulkan data serta menjawab pertanyaan penelitian. Pada prosedur penelitian ini diawal<mark>i dengan melaku</mark>kan studi pendahuluan terkait topik penelitian, pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian, kemudian dilakukan pengolahan serta analisis data, dan dilanjutkan dengan penyusunan laporan penelitian. Berdasarkan dengan tujuan penelitian, maka studi ini termasuk dalam jenis penelitian deskriptif dengan pendekatan deskriptif kualitatif kuantitatif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri, baik satu variabel atau lebih (independen) tanpa membuat perbandingan, atau menghubungkan dengan variabel yang lain. Metode penelitian kuantitatif merupakan penelitian empiris di mana data adalah dalam bentuk sesuatu yang dapat dihitung/angka. Penelitian kualitatif adalah salah satu prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa ucapan atau tulisan dan perilaku orangorang yang diamati. Pendekatan kualitatif berupa penelitian non matematis dengan proses menghasilkan data-data dari hasil temuan berupa pengamatan survey (Amani, 2017).

Penelitian ini memberikan gambaran mengenai bagaimana pola

perubahan penutupan vegetasi serta alih fungsi lahan di wilayah pesisir kabupaten Lamongan dalam kurun waktu 30 tahun kedepan. Metode kuantitatif digunakan untuk menghitung data berupa angka seperti presentase perubahan lahan sebagai instrumen dalam mendeskripsikan gambar peta atau citra. Sedangkan metode kualitatif dalam penelitian ini meliputi penjabaran perubahan pola penutupan vegetasi serta alih fungsi lahan sejak tahun 2021- 2051, serta penjabaran hasil analisis spasial secara deskriptif.





Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

#### 3.4.1. Studi Pendahuluan

Tahap ini merupakan langkah awal sebelum dilakukannya penelitian. Tahap studi pendahuluan ini meliputi mengumpulkan beberapa studi literatur terkait kondisi atau gambaran umum lokasi penelitian yaitu di wilayah pesisir Kabupaten Lamongan, cara pengolahan data citra satelit untuk prediksi penutupan lahan menggunakan metode CA Markov, studi literatur tentang faktor perubahan penutupan lahan serta beberapa studi literatur terkait pemetaan wilayah pesisir

## 3.4.2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi dua yakni data non spasial dan data spasial.

## 1. Data Spasial

Data Spasial adalah data yang memuat posisi, informasi, serta hubungannya dengan keruangan di bumi seperti permukaan, perairan, hingga kawasan lain dibawah atmosfer bumi. Data dapat ditampilkan dalam bentuk grafik, gambar dengan format tertentu. diambil dari beberapa instasnsi terkait yang digunakan dalam penelitian ini adalah meliputi

### 1. Data Citra Satelit

Data citra yang digunakan adalah data pada tahun 2011 sampai tahun 2021 yang merupakan citra satelit Landsat yang diperoleh dari website USGS (<a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a>). Citra Landsat yang digunakan adalah Landsat 5 TM untuk tahun 2011 sedangkan Landsat 8 OLI untuk tahun 2016 dan 2021.

#### 2. Peta RBI

Peta Rupa Bumi Indonesia adalah berupa file shp yang dapat diunduh pada website geospasial Indonesia (https://tanahair.indonesia.go.id/). Peta ini memiliki resolusi 1:25000 yang merupakan peta batas wilayah seluruh Indonesia.

### 2. Data Non Spasial

Data non spasial adalah data yang memuat hubungan, karakteristik serta deskripsi yang berkaitan dengan kondisi geografi. Pada umumnya data ini berbentuk tabular atau tabel tabel terkait dan berisikan informasi pada obyek obyek dalam data spasial. Data non spasial yang digunakan adalah berupa data BPS, data peraturan terkait, serta data penguat lainnya

# 3.4.3. Interpretasi Citra

Proses interpretasi citra secara umum adalah dilakukan dalam dua tahap yaitu *pre-processing* dan *classification* (Rijal et al., 2016). Landsat 5 TM tahun 2011, 2016 dan citra Landsat 8 OLI tahun 2021 dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

### 1. Komposit Band

Penggabungan band Landsat dilakukan untuk memudahkan mengidentifikasi warna dan penutupan/penggunaan lahan pada wilayah penelitian. Penggabungan band citra Landsat 5 TM tahun 2011, 2016 dilakukan dengan menggabungkan band 5, band 4 dan band 3 (RGB) dan untuk citra Landsat 8 OLI tahun 2021 dilakukan dengan menggabungkan band 6, band 5 dan band 4 (RGB). Proses ini menggnakanperangkat lunak *ArcGis*. Penggunaan kombinasi band berbeda-beda, tergantung pada studi analisis yang dicari.

#### 2. Koreksi Geometrik

Data penginderaan jauh pada umumnya mengandung kesalahan (distorsi) geometrik, baik sistematik maupun non-sistematik, kesalahan ini diakibatkan oleh jarak orbit atau lintasan terhadap objek (hingga sudut pandang kecil) dan pengaruh kecepatan platform (wahana). Koreksi Geometrik dilakukan dengan menggunakan proyeksi UTM dengan datum WGS 49 South. Koreksi Geometrik ini dilakukan untuk memperbaiki kesalahan info geometrik yang ada pada citra sehingga diperoleh citra yang mirip dengan keadaan geometrik sebenarnya di bumi.

### 3. Cropping atau Memotong Citra

Pemotongan citra (*cropping*) dilakukan untuk memotong citra sesuai dengan batas wilayah penelitian, sehingga pengolahan data citra lebih efisien pada lokasi penelitian. Citra Landsat yang akan dipotong ditumpang tindihkan dengan Peta RBI tahun 2020.

# 4. Pansharpening atau Penajaman Citra

Penajaman citra dimaksudkan untuk perubahan kontras warna pada citra. Berawal dari kontras yang gelap menjadi semakin terang. Citra landsat dapat ditingkatkan ketajamannya dengan menggabungkan band 8 (pankromatik) kedalam citra komposit RGB. Band 8 memiliki arti penting dalam image processing karena kelebihannya terkait resolusi spasial yang dimiliki. Dari 11 band yang dimiliki citra landsat 8, resolusi spasial band 8 yang tertinggi, sebesar 15 meter setiap pikselnya. Penggabungan band 8 (pankromatik) kedalam komposit citra RGB menggunakan salah satu fungsi Arc Toolbox 37 perangkat lunak ArcGis.

# 5. Klasifikasi Terbimbing

Klasifikasi terbimbing lebih menekankan pada kemampuan pengkategorian spektrum obyek berdasarkan pada proses pengkelasan oleh perangkat lunak berdasarkan pada nilai digital pada setiap piksel citra. Pada proses klasifikasi ini dilakukan komposit band red green blue (RGB 543) pada citra Landsat 5, sedangkan Landsat 8 dilakukan komposit band red green blue (RGB 654) dengan membuat area sampel berdasarkan objek yang terdapat dilapang yang memiliki kenampakan yang sama dan dimasukkan kedalam kelasnya masing-masing.

Training area merupakan contoh informasi kelas-kelas yang akan diklasifikasikan, seperti tambak, sungai, sawah, permukiman, dan lain sebagainya. Kemudian dilanjutkan proses klasifikasi citra menggunakan pendekatan maximum likelihood classification sehingga diperoleh citra hasil klasifikasi supervised. Setiap pixel yang terdapat di dalam setiap kelas hasil klasifikasi diasumsikan memiliki karakteristik yang sejenis. Setelah itu dilakukan pengelompokan pada kelas pixel dengan nilai yang

sama atau dianggap mendekati.

Citra hasil klasifikasi selanjutnya digeneralisasi dengan memanfaatkan fitur *majority filter* (filter mayoritas) pada Software ArcGis yang bertujuan untuk menghilangkan piksel-piksel terasing (unclassified pixel). Dengan memanfaatkan filter mayoritas serta pengulangan sebanyak 4 kali, diharapkan akan menghasilkan citra terklasifikasi yang lebih optimal.

### 6. Digitasi Citra

Proses digitasi ini digunakan untuk menkonversi data raster ke vektor. Guna memperjelas pengkelasan atau pemisahan antar objek dan melakukan koreksi atau reklarifikasi apabila terdapat kesalahan pada saat proses klasifikasi dilakukan proses *digitizing on screen* atau digitasi visual pada layar computer sesuai arahan pada Juknis Penafsiran Citra (KLHK, 2020). Kelas penutupan lahan yang digunakan mengacu pada klasifikasi penutupan lahan Kementerian Kehutanan SNI 7645 tahun 2014.

# 7. Layouting

Proses penglayoutan peta menggunakan perangkat lunak ArcGis. Pembuatan data vektor menjadi sebuah peta pentupan lahan berfungsi untuk mempermudah dalam menganalisis dan memahami kondisi yang ada. Hasil peta sendiri nantinya akan dilengkapi dengan beberapa faktor pendukung dalam mempermudah pembacaan sebuah peta seperti skala, indeks peta, legenda dll.

#### 3.4.4. Uji Akurasi Ground Check

Pengambilan data lapangan bertujuan untuk melakukan koreksi terhadap hasil interpretasi penutupan/penggunaan lahan serta pengamatan kondisi penutupan lahan yang telah ditentukan sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk membandingkan kondisi penutupan lahan di lapangan dengan hasil interpretasi citra tutupan lahan yang ada. Selain pengambilan titik koordinat, juga dilakukan pengambilan gambar dan informasi lain yang terkait pada setiap jenis penutupan lahan di lapangan. Titik koordinat dari GPS kemudian menjadi acuan untuk melakukan uji akurasi interpretasi

citra. Penetapan titik-titik lokasi *ground check* dilakukan melalui penentuan pada peta penutupan/penggunaan lahan. Koordinat pewakil ditentukan dengan *purposive sampling* yaitu memilih lokasi setiap kelas penutupan lahan dengan mempertimbangkan faktor aksesbilitas dari setiap penggunaan lahan yang dipilih dan melihat luasan dari masing- masing kelas penutupan lahan.

Uji akurasi interpretasi citra digunakan untuk mengetahui sejauh mana keakuratan interpretasi citra yang telah dilakukan. Uji akurasi merupakan perbandingan antara data hasil interpretasi citra dengan kondisi lapangan. Model yang digunakan untuk menguji besarnya akurasi seperti *overall accuracy* (Jaya & Kobayashi, 1995). Tingkat keakuratan interpretasi citra yang dapat diterima yaitu >85%, dan jika kurang dari itu data dianggap tidak valid dan harus dilakukan reklasifikasi atau perbaikan interpretasi pada data olahan dengan menyesuaikan kondisi sebenarnya (Lillesand & Kiefer, 1994). Adapun rumus overall accuracy adalah sebagai berikut

Overall Accuracy (OA) = 
$$\frac{X}{N} \times 100\%$$

Keterangan : X = Jumlah nilai diagonal matriks

N = Jumlah Sampel matriks

# 3.5. Analisis Data

## 3.5.1. Prediksi Perubahan Penutupan Lahan

Proyeksi perubahan penutupan lahan pada penelitian ini menggunakan permodelan markov. Simulasi model dijalankan dengan model Cellular Automata Simulation. Perubahan penggunaan lahan didasarkan pada kesesuaian lahan sebelumnya lahannya, penggunaan periode dan Cellular Simulation penggunaan lahan tetangganya. Automata membutuhkan matriks transisi (transition matriks) yang menjelaskan peluang perubahan penutupan/penggunaan lahan atas dasar pengamatan tahun tertentu.

Matriks transisi dapat diperoleh dari produk utama dalam proses markov chain yang berupa matriks transisi (*transition matriks*) yang menjelaskan peluang perubahan penutupan lahan atas dasar pengamatan tahun tertentu dalam penelitian ini adalah tahun 2011 dan 2020. Persamaan *markov* dibangun menggunakan distribusi penggunaan lahan pada awal dan akhir pengamatan yang diinterpretasikan dalam suatu vektor (matriks satu kolom), serta sebuah matriks transisi (*transition matriks*) (Trisasongko, 2009). Pola Perubahan penutupan/penggunaan lahan yang terjadi antara tahun 2011 sampai 2020 menjadi variabel untuk melakukan proyeksi penutupan lahan tahun 2031-2051.

Berikut adalah tahapan pengolahan data citra menjadi data prediksi menggunakan metode CA Markov.

# 1. Pengkodean Data

Pengkodean pada setiap atribut data dimaksudkan untuk menggantikan atribut yang sebenarnya dari sebuah data vektor. Hal ini perlu dilakukan karena software Idrisi hanya mengenali tabulasi berupa angka. Dilakukan pengkodean yang sama pada setiap tahun yang digunakan, seperti 2011, 2016 dan 2020. Jumlah dan nama pada kelas harus sama agar dapat dibentuk matrik perubahan.

## 2. Mengubah Format ke Raster

Setiap data vektor yang telah dilakukan pengkodean, selanjutnya dikonversikan menjadi data raster, menginat bahwa data yang dapat dianalisis menggunakan software Idrisi adalah data raster. Mengkonversi data vektor menjadi data raster dapat dilakukan dengan langkah berikut. ArcToolbox→ Conversion Tools→To Raster→ Polygon To Raster. Ekstensi yang digunakan adalah .img sesuai format yang dibutuhkan dalam masukan data di software Idrisi.

#### 3. Import Data Idrisi

Format data yang dihasilkan pada prosedur konversi ArcMap berupa file Erdas Imagine (IMG). Perlu dilakukan konversi ke file Idrisi dengan menu File→Import→Software specific format →ERDIDRIS (ERDAS). ERDAS file merupakan hasil konversi di ArcMap. Output Idrisi Image akan ber-ekstensi RST.

## 4. Mendaftarkan Kelas

Data yang telah diiport adalah belum dalam kondisi terkelaskan, maka

sebelum melakukan analisis CA-Markov perlu mendaftarkan kelas lahan sesuai dengan kode yang telah dibuat pada, yaitu dengan langkah *ASSIGN*. File *ASSIGN* memiliki ekstensi berupa .avl

#### 5. Proses Markov

Setelah mendaftarkan kelas masing-masing lahan, selanjutnya melakukan proses Markov dan CA-Markov. Dengan langkah GIS Analysis—Change/Time Series—Markov. Setelah data pada tab terisi maka hasilnya akan terbentuk beberapa file berupa suitability image, yang berisikan Matrik transition areas dan transition probabilities.

## 6. Proses CA Markov

Selanjutnya adalah menjalankan module CA Markov, dengan cara mengakses GIS Analysis—Change/Time Series—CA-Markov. Proses CA Markov akan membutuhkan waktu yang lama. tergantung dari ukuran piksel yang digunakan, semakin kecil ukuran piksel yang digunakan maka semakin lama pula waktu yang dibutuhkan, namun semakin kecil ukuran piksel yang digunakan hasil yang diperoleh juga akan semakin detail.

### 7. Mengubah Format ke Vektor

Hasil prediksi selanjutnya harus dikonversi lagi ke dalam file shp, untuk melakukan analisis selanjutnya. Proses mengkonversi dapat dilakukan di ArcgGis yaitu dengan menambahkan data hasil prediksi pada layer baru. Proses tersebut dapat dilakukan menggunakan ArcMap. Add data hasil proyeksi. Pada ArcToolbox pilih convertion tools→ From Raster→ Raster to Polygon. Ekstensi yang digunakan adalah .shp sebagai format umum data vektor.

### 3.5.2. Validasi Model

Proses validasi data dilakukan untuk menguji kinerja permodelan markov pada *software* SIG dalam memproyeksikan penutupan lahan tahun 2031-2051. Validasi diperlukan untuk mengetahui seberapa akurat proyeksi data yang dilakukan dapat diakui kebenarannya.

Validasi data dilakukan dengan mengambil rentan waktu 5 tahun sebelumnya, yaitu menggunakan peta penutupan lahan tahun 2011 dan

tahun 2016. Dengan input penutupan lahan tahun 2011 dan 2016 dilakukan proyeksi penutupan lahan 5 tahun setelahnya yaitu penutupan lahan tahun 2021. Hal ini bertujuan untuk memperoleh peta proyeksi yang akan digunakan dalam analisis validasi data. Proses validasi dilakukan menggnakan tool *Validate* pada *software Idrisi* dengan membandingkan peta tahun aktual dengan model prediksi. Hasil validasi adalah berupa nilai Kappa atau Kstandart yang dihasilkan pada perhitungan dengan persamaan sebagai berikut

$$K_{hat} = \frac{N\sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r} (x_{i+} + x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r} (x_{i+} + x_{+i})}$$

dengan keterangan sebagai berikut:

x+i: Jumlah piksel hasil klasifikasi penggunaan lahan ke-i

xi+: Jumlah piksel referensi penggunaan lahan ke -i

xii: Jumlah piksel referensi pada penggunaan lahan ke-i yang sesuai

dengan piksel klasifikasi penggunaan lahan ke- i

i: Baris atau ko<mark>lom r: Jumlah ke</mark>las p<mark>en</mark>ggunaan lahan

N: Jumlah pada keseluruhan piksel referensi

Khat: Nilai akurasi kappa

### **BAB IV**

### HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1. Perubahan Penutupan Lahan Tahun Eksisting

Penutupan Lahan Tahun Eksisting atau Tahun sesungguhnya adalah Penutupan lahan yang memiliki basis data berupa Citra Satelit Landsat. Pada penelitan ini, Tahun Eksisting yang dimaksud adalah tahun 2011, 2016, dan 2020. Hasil dari interpretasi citra secara visual yang dilakukan guna mengklasifikasikan pentupan lahan melalui pengenalan ciri objek spasial, didapati bahwa di pesisir Kabupaten Lamongan memiliki Sembilan Kelas. Menurut SNI 7645-1:2014 tentang Klasifikasi Penutupan Lahan, Pengkelasan Penutupan Lahan dapat dibagi menjadi dua menurut Kelas Utama yakni Kelas Area Dominan Vegetasi dan Area Dominan Non Vegetasi. Area Dominan Vegetasi adalah diturnkan dari proses pendekatan konseptual terkait bentuk tumbuhan, bentuk tutupan, tinggi tumbuhan serta distribusi spasialnya. Sedangkan Area Dominan Non Vegetasi adalah pendetilan kelas mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman objek. Adapun Area Dominan Vegetasi adalah meliputi kelas penutupan Hutan Tanaman, Mangrove, Sawah, dan Pertanian. Kelas Mangrove yang dimaksud disini adalah Hutan Mangrove Sekunder dan Pertanian disini adalah Pertanian Lahan kering. Sedangkan Area Dominan Non Vegetasi adalah meliputi Pemukiman, Pertambangan, Pelabuhan, Sungai, dan Tambak.

Tabel 7. Perubahan Luasan Total Area

	Luasan (Ha)						
Tahun	Area Dominan Vegetasi	Area Dominan Non Vegetasi	Total				
2011	10786,9	2870,6	13657,5				
2016	10671,4	3025,6	13697,0				
2020	10403,5	3328,5	13732,0				

Menurut hasil analisis citra landsat, dapat diketahui bahwa luasan Area Dominan Vegetasi selalu mengalami Penurunan Luasan dan sebaliknya, Area Dominan Non Vegetasi selalu mengalami Kenaikan Luasan dari tahun 2011 -2020. Luasan Area Dominan Vegetasi Pada tahun 2011 adalah sebesar 10786,9 Ha yang kemudian mengalami penurunan luasan sebesar 115,5 Ha di tahun 2016 menjadi 10671,4 Ha. Penurunan kembali terjadi sebesar 267,9 Ha ditahun 2020 menjadi 10403,5 Ha. Luasan Area Dominan Non Vegetasi Pada Tahun 2011 adalah sebesar 2870,7 Ha yang kemudian mengalami kenaikan luasan sebesar 154,8 Ha di tahun 2016 menjadi 3025,6 Ha. Kenaikan kembali terjadi sebesar 302,9 Ha di tahun 2020 menjadi 3328,5 Ha.

Perubahan luasan yang terjadi adalah diakibatkan adanya alih fungsi lahan baik dari area vegetasi berubah menjadi area non vegetasi maupun sebaliknya. Dari bertambahnya luasan area dominan non vegetasi, dapat diketahui bahwa terjadi perubahan penutupan yang mayoritas adalah dari penutupan vegetasi menjadi penutupan non vegetasi.

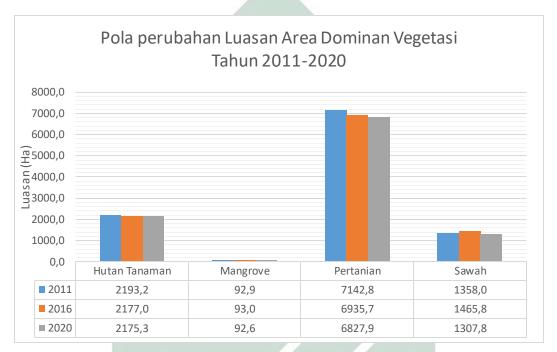
Luasan Total Area Penelitian menujukkan Selalu terjadi perubahan yakni mengalami tren peningkatan luasan. Perbahan Luasan wilayah adalah diakibatkan karena adanya perubahan Garis Pantai pada wilayah penelitian. Wilayah peisir atau pantai adalah kawasan yang memiliki ciri dinamis terkait proses penambahan daratan (akresi) serta pengikisan daratan (abrasi) (Arief et al., 2011). Perubahan Garis Pantai sendiri dapat diakibatkan oleh dua faktor yakni yang pertama adalah faktor alam yang berupa abrasi, sedimentasi, dan kondisi geologi lain. Dan faktor lainnya adalah buatan manusia yang berupa penanggulan, penggalian, penimbunan pantai atau biasa disebut reklamasi pantai (Sudarsono, 2012).

### 4.1.1. Perubahan Penutupan Area Dominan Vegetasi

Penutupan Area Dominan Vegetasi di wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan pada tahun 2011 hingga tahun 2020 adalah terdiri dari empat kelas yakni Hutan Tanaman, Mangrove, Pertanian, dan Sawah. Perubahan luasan penutupan yang terjadi dalam rentang waktu tersebut dapat diketahui pada table berikut

Tabel 8. Perubahan Penutupan Area Dominan Vegetasi Tahun 2011-2020

No	Kelas Penutupan	Lua	Selisih		
	Relas i endupan	2011	2016	2020	_ Sensin
1	Hutan Tanaman	2193,2	2177,0	2175,3	-17,9
2	Mangrove	92,9	93,0	92,6	-0,3
3	Pertanian	7142,8	6935,7	6827,9	-315,0
4	Sawah	1358,0	1465,8	1307,8	-50,2



Gambar 3. Grafik Perubahan Luasan Area Dominan Vegetasi Tahun 2011-2020

Berdasarkan pada table diatas, Penutupan Area vegetasi adalah didominasi tiap tahunnya oleh kelas Pertanian kemudian disusul dengan Hutan Tanaman, Sawah dan Mangrove. Hampir keseluruhan luasan mengalami tren penurunan pada tiap rentang tahun diatas. Namun secara keseluruhan, tren yang terjadi dari tahun 2012 hingga tahun 2020 adalah penurunan, yang ditunjukkan dengan nilai selisih yang negatif. Nilai Selisih didapatkan dari pengurangan nilai pada tahun 2020 dengan tahun 2011.

Pada kelas Mangrove, sempat terjadi kenaikan luasan walaupun tidak terlalu signifikan dari tahun 2011 sebesar 92,9 Ha menjadi 93 Ha di tahun 2016. Namun diketahui pada Tahun 2020 terjadi penurunan luasan

sebesar 0,4 Ha menjadi 92,6 Ha saja sehingga tren yang terjadi pada kelas penutupan mangrove adalah tren Penurunan. Perubahan luasan mangrove secara umum dapat diakibatkan oleh beberapa faktor seperti penebangan, bencana alam, ataupun alih fungsi lahan (Agustin et al., 2018). Perubahan luasan hutan mangrove juga dapat mempengaruhi perubahan garis pantai dikarnakan mangrove sendiri adalah berfungsi sebagai benteng alami yang dapat menurunkan tingkat risiko daratan mengalami pengikisan atau abrasi karena hempasan air laut (Kasim & Salam, 2015).

Selain Mangrove, Pada Kelas Sawah juga sempat terjadi kenaikan luasan namun kali ini terjadi cukup besar yakni pada tahun 2011 sebesar 1358 Ha menjadi 1465,8 Ha di tahun 2016. Dapat diartikan bahwa telah terjadi kenaikan sebesar 107,8 Ha atau sekitar 8% dari luasan awal di tahun 2011. Kemudian pada tahun 2020 diketahui luasan kelas pertanian menjadi 1307,8 Ha. Hal tersebut berarti penurunan luasan telah terjadi dari tahun 2016 – 2020 yakni sebesar 158 Ha. Perubahan yang relatif besar ini dikarenakan terdapat area yang mengalami perubahan fungsi dari lahan sawah menjadi lahan Tambak. Kabupaten Lamongan sendiri terkenal memiliki lahan sawah tambak (tambak darat). Yakni daerah dimana dapat ditanami padi dan menjadi lokasi tambak atau budidaya perairan secara bergantian. Pada musim hujan, maka area akan ditanami padi dan menjadi lahan sawah, sedangkan pada saat kemarau, air didapat dari aliran sungai yang bersumber dari laut sehingga air cenderung asin atau payau. Umumnya sawah tambak berada di dataran yang rendah atau rawa sehingga dapat menampung air dari hujan maupun sungai (Muntalim, 2011).

Kelas Pertanian yang merupakan penutupan terbesar di Pesisir Kabupaten Lamongan pada rentang waktu tersebut juga mengalami tren penurunan. Pada tahun 2011 luasan Kelas Pertanian adalah sebesar 7142,8 Ha yang kemudian mengalami penurunan di tahun 2016 menjadi 6935,7 Ha. Dari tahun 2012 hingga tahun 2020, terjadi penurunan luasan pertanian dengan total sebesar 315 Ha atau 4% dari luasan awal di tahun 2011. Perubahan yang terjadi pada kelas pertanian adalah diakibatkan karena alih fungsi lahan.

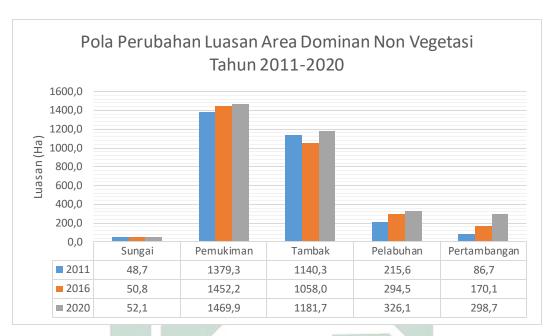
Pada kelas Hutan Tanaman juga mengalami tren penurunan luasan pada rentang waktu tersebut. Pada tahun 2011 terdapat Hutan Tanaman dengan luasan sebesar 2193,2 Ha yang kemudian pada tahun 2016 hingga 2020 mengalami penurunan luasan dengan total penurunan sebesar 17,9 Ha sehinga di tahun 2020 luasan Hutan Tanaman adalah 2175,3 Ha. Presentase Penurunan Luasan Hutan Tanaman yang terjadi dalam rentang waktu tahun 2011 hingga 2020 tidak terlalu besar yakni hanya sekitar 0,8% dari luasan awal. Terjadinya penurunan luasan Hutan Tanaman dapat diakibatkan oleh beberapa faktor seperti penebangan hutan, kebakaran hutan, serta alih fungsi lahan (Putikasari et al., 2014).Hutan Tanaman sendiri menurut pedoman penafsiran citra, adalah merupakan kelas penutupan hutan hasil budidaya manusia, industri, maupun hasil reboisasi yang berada pada kawasan yang teratur pada area datar dan bergelombang (KLHK, 2019).

# 4.1.2. Perubahan Penutupan Area Dominan Non Vegetasi

Penutupan Area Dominan Non Vegetasi di wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan pada tahun 2011 hingga tahun 2020 adalah terdiri dari lima kelas yakni Sungai, Penukiman, Tambak, Pelabuhan, dan Pertambangan. Perubahan luasan penutupan yang terjadi dalam rentang waktu tersebut dapat diketahui pada tabel berikut

Tabel 9. Perubahan Penutupan Area Dominan Non Vegetasi Tahun 2011-2020

No	Kelas Penutupan	Lı	asan (Ha) Tah	un	_ Selisih
110	Kelas i endupan	2011	2016	2020	
1	Sungai	48,7	50,8	52,1	3,3
2	Pemukiman	1379,3	1452,2	1469,9	90,6
3	Tambak	1140,3	1058,0	1181,7	41,3
4	Pelabuhan	215,6	294,5	326,1	110,5
5	Pertambangan	86,7	170,1	298,7	212,0



Gambar 4. Grafik Perubahan Penutupan Area Dominan Non Vegetasi Tahun 2011-2020

Berdasarkan pada table diatas, Penutupan Area Non Vegetasi adalah didominasi tiap tahunnya oleh kelas Pemukiman kemudian disusul dengan Tambak, Pelabuhan, Pertambangan dan Sungai. Hampir keseluruhan luasan mengalami tren Peningkatan pada tiap rentang tahun diatas. Namun secara keseluruhan, tren yang terjadi dari tahun 2011 hingga tahun 2020 adalah Peningkatan, yang ditunjukkan dengan nilai selisih yang Positif. Nilai Selisih didapatkan dari pengurangan nilai pada tahun 2020 dengan tahun 2011.

Pada Kelas Tambak, sempat terjadi penurunan luasan yang cukup besar yakni pada tahun 2011 sebesar 1140,3 Ha menjadi 1058 Ha di tahun 2016. Dapat diartikan bahwa telah terjadi kenaikan sebesar 82,3 Ha atau sekitar 7,2% dari luasan awal di tahun 2011. Kemudian pada tahun 2020 diketahui luasan kelas pertanian menjadi 1181,7 Ha. Hal tersebut berarti peningkatan luasan telah terjadi dari tahun 2016 – 2020 yakni sebesar 123,7 Ha. Penurunan yang sempat terjadi pada tahun 2016 diakibatkan oleh data citra yang digunakan adalah citra bulan Januari yang merupakan musim penghujan dengan curah hujan mencapai 480 mm (BPS, 2017). Penurunan luasan kelas Tambak di Tahun 2016 juga berkaitan dengan meningkatnya luasan kelas Sawah di Tahun tersebut, dimana pada saat musim penghujan, lahan akan mendapatkan cukup suplai air sehingga bisa ditanami Padi.

Sebaliknya, di musim kemarau atau yang bercurah hujan rendah, maka suplai air akan didapatkan dari sungai yang airnya bersumber dari Laut yang bersifat asin atau payau sehingga tidak cocok untuk pertanian dan lebih cocok untuk budidaya perairan seperti ikan atau udang.

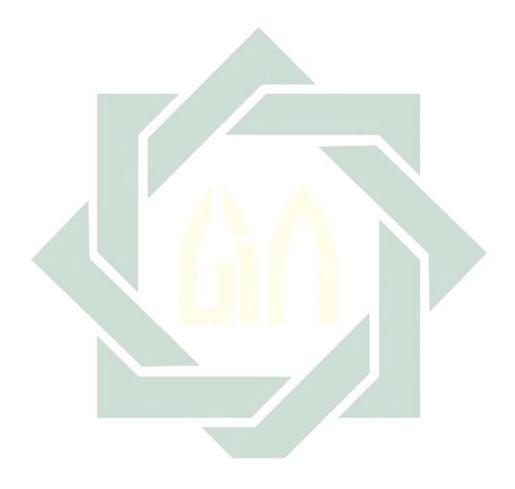
Kelas Pemukiman yang merupakan penutupan non vegetasi terbesar di Pesisir Kabupaten Lamongan pada rentang waktu tersebut mengalami tren peningkatan. Pada tahun 2011 luasan Kelas Pemukiman adalah sebesar 1379,3 Ha yang kemudian mengalami sedikit peningkatan di tahun 2016 menjadi 1452,2 Ha. Dari tahun 2011 hingga tahun 2020, terjadi peningkatan luasan pemukiman dengan total sebesar 90,6 Ha atau 6,5% dari luasan awal di tahun 2011. Meningkatnya kawasan pemukiman adalah sejalan dengan meningkatnya jumlah populasi pada wilayah tersebut. Terjadi peningkatan jumlah penduduk dalam kurun waktu 10 tahun trakhir yakni pada kecamatan brondong dari 62074 jiwa menjadi 74241 jiwa sedangkan pada kecamatan paciran terdapat 90700 jiwa menjadi 96542 jiwa (BPS, 2020).

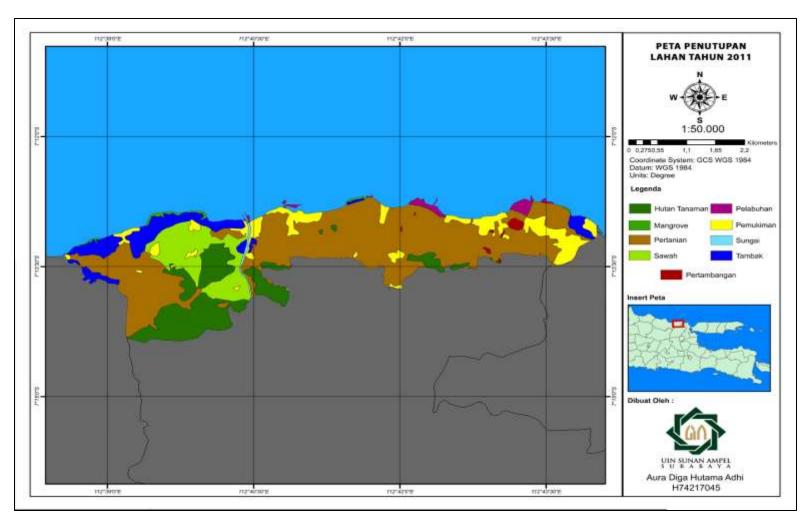
Pada kelas Pelabuhan juga mengalami tren peningkatan luasan pada rentang waktu tersebut. Pada tahun 2011 didapati penutupan kelas Pelabuhan dengan luasan sebesar 215,6 Ha yang kemudian pada tahun 2016 hingga 2020 mengalami peningkatan luasan dengan total peningkatan sebesar 110,5 Ha sehinga di tahun 2020 luasan penutupan kelas Pelabuhan adalah 326,1 Ha. Presentase Peningkatan Luasan Pelabuhan yang terjadi dalam rentang waktu tahun 2011 hingga 2020 cukup besar yakni 51,2 % dari luasan awal.

Kelas Sungai yang merupakan penutupan terkecil di Pesisir Kabupaten Lamongan pada rentang waktu tersebut mengalami tren peningkatan. Pada tahun 2011 luasan Kelas Sungai adalah sebesar 48,7 Ha yang kemudian mengalami peningkatan di tahun 2016 menjadi 50,8 Ha. Dari tahun 2011 hingga tahun 2020, terjadi peningkatan luasan pemukiman dengan total sebesar 3,3 Ha atau 6,8 % dari luasan awal di tahun 2011.

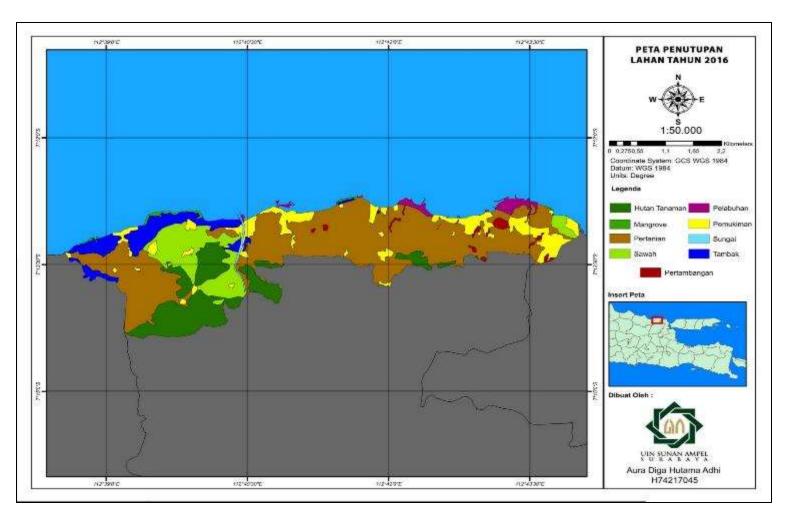
Pada kelas Pertambangan juga mengalami tren peningkatan luasan pada rentang waktu tersebut. Pada tahun 2011 didapati penutupan kelas Pertambangan dengan luasan sebesar 86,7 Ha yang kemudian pada tahun

2016 hingga 2020 mengalami peningkatan luasan dengan total peningkatan sebesar 212 Ha sehinga di tahun 2020 luasan penutupan kelas Pertambangan adalah 298,7 Ha. Presentase Peningkatan Luasan Pertambangan yang terjadi dalam rentang waktu tahun 2011 hingga 2020 sangat besar yakni 244,5 % atau hampir 2,5 kali lebih besar dari luasan awal.

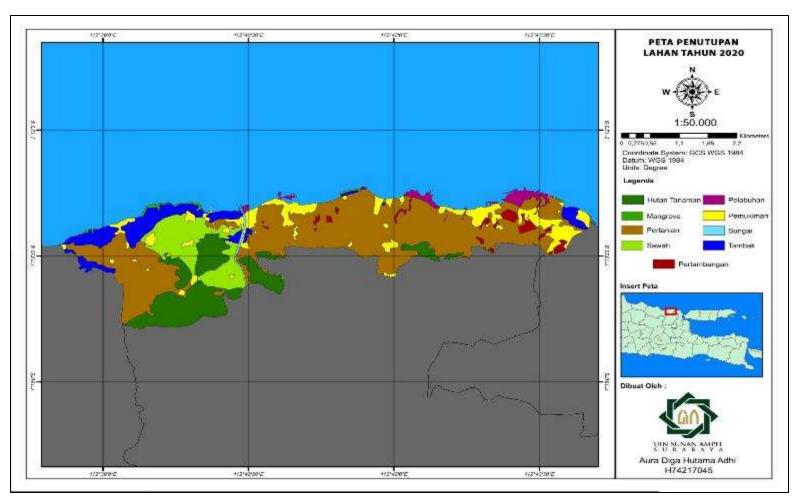




Gambar 5. Peta Penutupan Lahan Tahun 2011



Gambar 6. Peta Penutupan Lahan Tahun 2016



Gambar 7. Peta Penutupan Lahan Tahun 2020

# 4.2. Uji Akurasi Data

Data hasil pengolahan dilakukan pengujian akurasi guna mengukur seberapa baik data yang dihasilkan sehingga dapat diterima atau tidak. Pengujian data citra yang telah diinterpretasikan menjadi kelas kelas penutupan dilakukan pengujian dengan perhitungan Overall accuracy terhadap data hasil ground check atau data lapang sedangkan model proyeksi dilakukan pengujian menggunakan nilai Карра dengan membandingkan peta hasil proyeksi dengan aktual dengan peta menggunakan tool Validate pada piranti Idrisi.

#### 4.2.1. Ground Check

Hasil dari proses interpretasi citra landsat yang berupa kelas penutuan lahan perlu dilakukan uji akurasi dengan menggunkan data lapang atau ground check. Citra yang dilakukan pengujian akurasi adalah citra tahun aktual terbaru atau tahun 2020. Total pengambilan sampel dari seluruh penutupan lahan adalah sebanyak 55 sampel titik. Jumlah titik yang diambil pada setiap sampel berbeda, tergantung pada sebaran daripada masing masing kelas penutupan lahan. Data hasil ground check disajikan pada tabel berikut.

Tabel 10. Ketelitian Hasil Interpretasi Terhadap Penutupan Sebenarnya

No	Hasil	Koord	inat	Penutupan	Kesesuaian	Keterangan
	Interpretasi	X	Y	Sebenarnya		
1	Tambak	ık 112,442,881 -6,882,713		Tambak	Sesuai	Training Area benar
2	Pelabuhan	112,402,192	-6,871,227	Pelabuhan	Sesuai	Training Area benar
3	Pemukiman	112,392,547	-6,876,744	Pemukiman	Sesuai	Training Area benar
4	Pemukiman	112,425,404	-6,882,747	Pemukiman	Sesuai	Training Area benar
5	Pertambangan	112,410,406	-687,682	Pertambangan	Sesuai	Training Area benar
6	Pertanian	112,407,928	-6,874,022	Pertanian	Sesuai	Training Area benar
7	Pemukiman	11,237,355	-6,874,716	Pemukiman	Sesuai	Training Area benar
8	Pertanian	112,379,544	-6,882,499	Pertanian	Sesuai	Training Area benar
9	Pertanian	112,421,904	-6,872,984	Pertanian	Sesuai	Training Area benar
10	Mangrove	112,436,498	-6,869,086	Mangrove	Sesuai	Training Area benar
11	Pertambangan	112,351,145	-6,876,036	Pertambangan	Sesuai	Training Area benar
12	Pemukiman	112,352,429	-6,869,618	Permukiman	Sesuai	Training Area benar

	Hasil	Koord	inat	Penutupan		T7 .
No	Interpretasi	X	Y	Sebenarnya	Kesesuaian	Keterangan
13	Pertanian	112,349,315	-6,874,054	Pemukiman	Tidak	Kesalahan Training
13	reitailiaii	112,349,313	-0,674,034	remukinan	Sesuai	Area
14	Pemukiman	112,346,106	-6,870,361	Pemukiman	Sesuai	Training Area benar
15	Pertanian	112,344,873	-6,878,632	Pertanian	Sesuai	Training Area benar
16	Pertanian	11,233,085	-6,867,494	Pertanian	Sesuai	Training Area benar
17	Tambak	112,326,635	-6,865,602	Tambak	Sesuai	Training Area benar
18	Mangrove	11,233,026	-6,863,921	Mangrove	Sesuai	Training Area benar
19	Pemukiman	11,232,247	-6,869,063	Pertanian	Tidak	Kesalahan Training
	Tomaximan	11,232,247	0,000,003	Tortaman	Sesuai	Area
20	Pertambangan	112,318,448	-6,875,548	Pertambangan	Sesuai	Training Area benar
21	Pertanian	112,312,216	-6,872,036	Pertanian	Sesuai	Training Area benar
22	Pemukiman	112,296,591	-6,874,532	Pemukiman	Sesuai	Training Area benar
23	Pertanian	112,295,792	-6,879,849	Pertanian	Sesuai	Training Area benar
24	Pertanian	112,296,781	-6,883,662	Pertania <mark>n</mark>	Sesuai	Training Area benar
25	Pelabuhan	112,287,773	-686,964	Pelabuhan	Sesuai	Training Area benar
26	Pertanian	112,294,853	-6,896,599	Per <mark>tan</mark> ian Pertanian	Sesuai	Training Area benar
27	Hutan	11,228,713	-6,903,887	Hutan	Sesuai	Training Area benar
	Tanaman	11,220,715	0,5 05,007	Tanaman Tanaman	Sesual	
28	Pertanian	112,284,456	-6,900,318	Pertanian	Sesuai	Training Area benar
29	Pertanian	112,274,517	-6,898,375	Pertanian	Sesuai	Training Area benar
30	Hutan	112,266,038	-6,906,344	Hutan	Sesuai	Training Area benar
	Tanaman		3,2 33,2 11	Tanaman		
31	Tambak	112,268,319	-689,457	Tambak	Sesuai	Training Area benar
32	Sungai	112,265,753	-6,909,563	Sungai	Sesuai	Training Area benar
33	Sawah	112,264,232	-6,912,979	Sawah	Sesuai	Training Area benar
34	Pemukiman	11,226,118	-69,165	Pemukiman	Sesuai	Training Area benar
35	Sawah	112,252,167	-6,915,821	Sawah	Sesuai	Training Area benar
36	Hutan	112,243,922	-6,919,988	Hutan	Sesuai	Training Area benar
	Tanaman	, ,		Tanaman		
37	Pemukiman	112,241,132	-6,918,313	Permukiman	Sesuai	Training Area benar
38	Hutan	112,237,608	-6,920,047	Hutan	Sesuai	Training Area benar
	Tanaman	,		Tanaman		
39	Pemukiman	11,223,465	-6,927,792	Permukiman	Sesuai	Training Area benar
40	Hutan	112,225,024	-6,928,441	Pertanian	Tidak	Kesalahan Training
	Tanaman				Sesuai	Area
41	Pertanian	112,212,754	-6,925,757	Pertanian	Sesuai	Training Area benar

No	Hasil	Koord	inat	Penutupan	Kesesuaian	Keterangan
110	Interpretasi	X	Y	Sebenarnya	Resesuaian	Reterangan
42	Pemukiman	112,197,623	-6,908,226	Permukiman	Sesuai	Training Area benar
43	Pemukiman	112,203,797	-6,884,278	Permukiman	Sesuai	Training Area benar
44	Pemukiman	112,209,308	-6,906,926	Permukiman	Sesuai	Training Area benar
45	Pemukiman	112,237,504	-6,897,133	Permukiman	Sesuai	Training Area benar
46	Sawah	112,241,045	-688,753	Sawah	Sesuai	Training Area benar
47	Tambak	112,237,527	-6,875,177	Tambak	Sesuai	Training Area benar
48	Pemukiman	1,122,483	-6,882,621	Permukiman	Sesuai	Training Area benar
49	Tambak	112,267,057	-6,878,889	Mangrove	Tidak	Kesalahan Training
	Tambak	112,207,037	-0,070,007	Wangiove	Sesuai	Area
50	Mangrove	112,265,806	-6,876,612	Tambak	Tidak	Kesalahan Training
	Trumgro vo	112,203,000	0,070,012	1 unio uni	Sesuai	Area
51	Pemukiman	112,272,642	-6,879,951	Permukiman	Sesuai	Training Area benar
52	Pertanian	112,283,018	-687,839	Pertanian	Sesuai	Training Area benar
53	Mangrove	112,386,841	-6,876,697	Mangrove	Sesuai	Training Area benar
54	Sungai	112,387,061	-6,876,682	Sung <mark>ai</mark>	Sesuai	Training Area benar
55	Pelabuhan	112,387,215	-6,875,595	Pel <mark>abu</mark> han Pelabuhan	Sesuai	Training Area benar

Penutupan dengan keterangan sesuai adalah berarti memiliki kesamaan atau kesesuaian antara peta hasil interpretasi dengan kondisi sebenarnya di lapangan begitu juga sebaliknya. Ketidaksesuaian terjadi karena kualitas piksel dari citra satelit landsat yang berada pada kelas menengah sehingga terdapat potensi tidak sesuai pada saat Training Area (Kosasih et al., 2019). Adanya penutupan awan pada citra juga turut mempengaruhi proses interpretasi citra oleh system. Ground check dibutuhkan untuk melihat seberapa akurat tingkat klasifikasi yang telah dilakukan dengan data lapang. Berdasarkan hasil pengujian akurasi menggunakan rumus Overall Accuracy, menunjukan nilai 90,9% dimana terdapat 55 titik sampel, dengan 5 titik diantaranya tidak sesuai. Nilai minimal yang dapat diterima dalam uji akurasi citra adalah 85% sehingga data hasil interpretasi citra yang digunakan adalah menujukan kesesuaian yang tinggi dan dapat diterima.

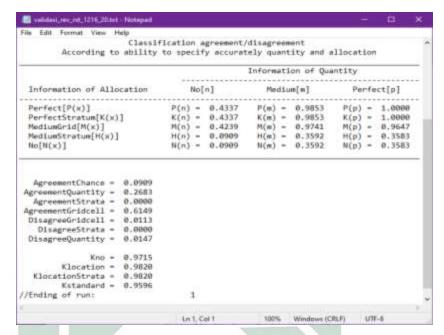
#### 4.2.2. Validasi Model

Sebelum melakukan pemodelan prediksi penutupan lahan di tahun

2031 hingga 2051, terlebih dahulu dilakukan analisis penggunaan lahan tahun 2011 hingga tahun 2016 guna memprediksikan penutupan lahan di tahun 2021. Hal ini adalah bertujuan untuk membandingkan hasil model proyeksi dengan validasi data dari tahun Aktual. Dalam penelitian ini digunakan data tahun 2020 sebagai *input reference* dengan asumsi tidak terdapat perubahan secara signifikan dalam jangka waktu tahun 2020 hingga tahun 2021. Pengguunaan citra tahun 2020 dikarenakan minimnya pilihan citra yang berkualitas baik pada tahun 2021. Citra yang tersedia berkualitas rendah karena banyak ditutupi awan dengan penutupan terendah adalah 68,4% dari citra sehingga menyulitkan dalam proses interpretasi.

Pengujian tingkat validitas model CA Markov, adalah guna mengukur seberapa akurat data yang dihasilkan sehingga model dapat diterima. Nilai dari validitas sebuah model, dapat diukur melalui nilai Kappa yang memiliki kesesuaian atara jumlah baris serta kolom dengan nilai maksimalnya adalah 1,00 (Asra et al., 2020). Nilai akurasi Kappa > 0,75 adalah berarti memiliki kecocokan yang sangat baik, Nilai akurasi Kappa 0,40-0,75 adalah berarti memiliki kecocokan yang baik, dan Nilai akurasi Kappa < 0,40 adalah berarti memiliki kecocokan yang rendah sehingga model yang dihasilkan lemah (Bhisma, 1997).

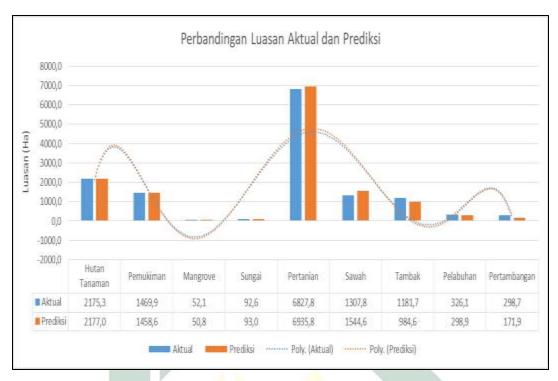
Proses validasi model prediksi ptnutupan lahan menggunakan *tool* validate pada software Idrisi Selva dengan overlay data raster proyeksi penutupan lahan tahun 2021 dengan data raster tahun aktual yang telah diolah sebelumnya. Nilai yang diperoleh dari proses validasi adalah menunjukkan angka Kstandart 0,9596. Berdasarkan nilai tersebut dapat diartikan bahwa model hasil proyeksi dengan data aktual memiliki tingkat kesesuaian atau kecocokan yang sangat baik sehingga model dapat diterima. Hal ini menunjukkan bahwa metode prediksi CA Markov memiliki akurasi yang tinggi sehingga dapat disimpulkan bahwa model hasil prediksi selanjutnya yakni tahun 2031, 2041, dan 2051 adalah dapat diterima.



Gambar 8. Nilai Akurasi Model Tahun 2020 Hasil Prediksi

Tabel 11. Perbandingan Luasan Aktual dan Prediksi Tahun 2020

No	Kelas Penutupan Lahan	Luas	(Ha)
NU	Keias i endupan Lanan	Aktual	Prediksi
1	Hutan Tanaman	2175,3	2177,0
2	Pemukiman	1469,9	1458,6
3	Mangrove	52,1	50,8
4	Sungai	92,6	93,0
5	Pertanian	6827,8	6935,8
6	Sawah	1307,8	1544,6
7	Tambak	1181,7	984,6
8	Pelabuhan	326,1	298,9
9	Pertambangan	298,7	171,9
	Total	13732,0	13715,2



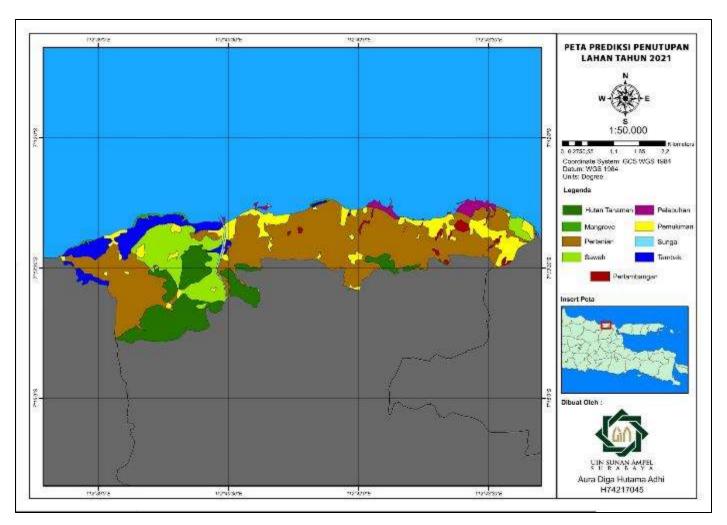
Gambar 9. Grafik Perban<mark>di</mark>ng<mark>an</mark> Luasan Aktual dan Prediksi Tahun 2020

Table dan grafik diatas adalah menunjukkan perbandingan luasan antara data Aktual dengan data Prediksi. Tampilan grafik berupa diagram batang dan *polyline* adalah untuk menggambarkan selisih atau *gap* yang ada pada model prediksi dengan kondisi aktual. Hasil prediksi tidak 100% Sesuai namun dapat dilihat bahwa hasil prediksi memiliki perbandingan yang tidak jauh berbeda dengan kondisi aktual. Beberapa luasan prediksi memiliki nilai lebih tinggi dan beberapa memiliki nilai yang lebih rendah dari kondisi aktual.

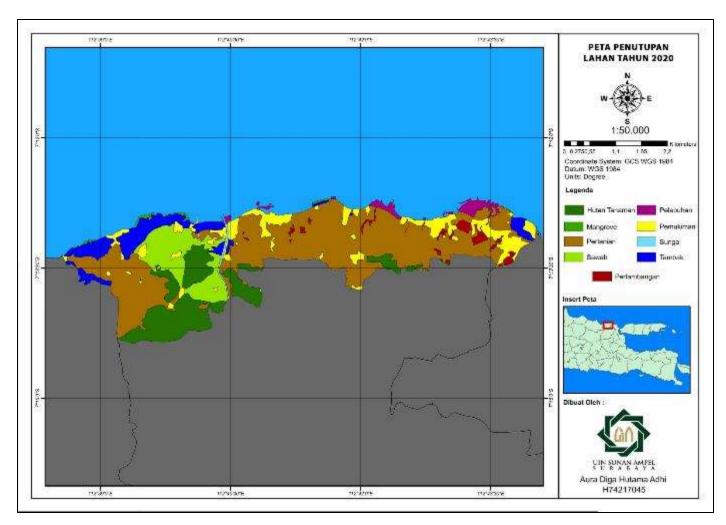
Luasan prediksi yang memiliki nilai lebih besar dari aktual adalah pada kelas Hutan Tanaman, Sungai, Pertanian dan Sawah. Pada kelas Hutan Tanaman hasil prediksi memiliki perbedaan sebesar 1,7 Ha atau 0,08% dari kondisi aktual. Pada kelas Sungai hasil prediksi memiliki perbedaan sebesar 0,4 Ha atau 0,45% dari kondisi aktual. Pada kelas Pertanian hasil prediksi memiliki perbedaan sebesar 108 Ha atau 1,58 % dari kondisi aktual. Pada kelas Sawah hasil prediksi memiliki perbedaan sebesar 236,8 Ha atau 18,1% dari kondisi aktual.

Luasan prediksi yang memiliki nilai lebih rendah dari kondisi aktualnya adalah pada kelas Pemukiman, Mangrove, Tambak, Pelabuhan

dan Pertambangan. Pada kelas Pemukiman hasil prediksi memiliki perbedaan sebesar 11,3 Ha atau 0,77% dari kondisi aktual. Pada kelas Mangrove hasil prediksi memiliki perbedaan sebesar 1,3 Ha atau 2,46% dari kondisi aktual. Pada kelas Tambak hasil prediksi memiliki perbedaan sebesar 197,1 Ha atau 16,68% dari kondisi aktual. Pada kelas Pelabuhan hasil prediksi memiliki perbedaan sebesar 27,2 Ha atau 8,34% dari kondisi aktual. Pada kelas Pertambangan hasil prediksi memiliki perbedaan sebesar 126,8 Ha atau 42,44% dari kondisi aktual. Luasan yang tidak sesuai antara prediksi dan aktual adalah sebesar 710,45 Ha atau 5% dari data Aktual. Yang berarti luasan yang sesuai antara prediksi dan aktual adalah mencapai nilai 95%.



Gambar 10. Peta Prediksi Penutupan Lahan Tahun 2021



Gambar 11. Peta Aktual Penutupan Lahan Tahun 2020

## 4.3. Prediksi Perubahan Penutupan Lahan

Model prediksi penutupan Lahan dilakukan dengan menggunakan metode *Markov* dengan menggunakan software *Idrisi Selva*. Prediksi yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunkan satu jenis model atau skenario yakni model *Bussiness As Usual*. Model proyeksi ini didasarkan pada pola perubahan secara historis yang telah terjadi dari tahun sebelumnya. Proses *Markov Chain* didasari dengan data penutupan lahan tahun 2011 dan tahun 2020. Proyeksi yang dihasilkan adalah didasarkan pada kondisi atau peta dasar tahun 2020 dengan input matrik *transition probabilities* yang dihasilkan dari proses Markov Chain. Nilai transition probabilities atau probabilitas transisi hasildari proses Markov Chain menjadi dasar untuk menentukan perubahan pada data spasial yang diproyeksikan oleh Cellular Automata (Asra et al., 2020).

Nilai yang ditunjukan pada matrik probabilitas transisi diartikan sebagai nilai probabilitas perbahan atau ketidakpastian dari state tersebut (Marselina et al., 2017). Nilai 0 diartikan bahwa tidak terjadi perubahan penutupan lahan dari kondisi penutupan sebelumnya menjadi penutupan lahan lain pada periode akhir transisi. Nilai matrik yang tegak lurus diagonal antara baris dan kolom menunjukkan luas penutupan lahan yang tetap atau tidak berubah dari penutupan awal. Nilai matrik samping kiri kanan kolom pada satu baris menujukkan nilai perubahan penutupan pada kolom tersebut (Adhiatma, 2020).

Tabel 12. Matrik Probabilitas Transisi Tahun 2031

	Class1	Class2	Class3	Class4	Class5	Class6	Class7	Class8	Class9
Class1	0.9768	0.0016	0.0000	0.0000	0.0068	0.0078	0.0003	0.0000	0.0067
Class2	0.0005	0.9125	0.0015	0.0003	0.0105	0.0063	0.0083	0.0025	0.0577
Class3	0.0000	0.0670	0.8138	0.0000	0.1136	0.0000	0.0056	0.0000	0.0000
Class4	0.0000	0.0151	0.0000	0.8763	0.0060	0.0000	0.1026	0.0000	0.0000
Class5	0.0032	0.0219	0.0002	0.0000	0.9489	0.0006	0.0013	0.0074	0.0166
Class6	0.0060	0.0182	0.0046	0.0000	0.0015	0.9416	0.0280	0.0000	0.0000
Class7	0.0000	0.0135	0.0015	0.0065	0.0061	0.0008	0.9715	0.0000	0.0000
Class8	0.0000	0.0026	0.0000	0.0013	0.0176	0.0000	0.0009	0.9777	0.0000

Class9	0.0000	0.0043	0.0000	0.0000	0.0343	0.0000	0.0000	0.0000	0.9614

Tabel 13. Matrik Probabilitas Transisi Tahun 2041

	Class1	Class2	Class3	Class4	Class5	Class6	Class7	Class8	Class9
Class1	0.9542	0.0034	0.0000	0.0000	0.0133	0.0149	0.0008	0.0001	0.0133
Class2	0.0009	0.8335	0.0027	0.0005	0.0218	0.0116	0.0159	0.0048	0.1082
Class3	0.0004	0.1183	0.6624	0.0001	0.2010	0.0005	0.0107	0.0010	0.0057
Class4	0.0000	0.0285	0.0002	0.7685	0.0118	0.0002	0.1897	0.0001	0.0010
Class5	0.0062	0.0409	0.0004	0.0001	0.9014	0.0012	0.0026	0.0142	0.0330
Class6	0.0116	0.0345	0.0082	0.0002	0.0037	0.8869	0.0538	0.0001	0.0011
Class7	0.0000	0.0258	0.0027	0.0121	0.0122	0.0016	0.9447	0.0001	0.0009
Class8	0.0001	0.0053	0.0000	0.0024	0.0339	0.0000	0.0018	0.9560	0.0004
Class9	0.0001	0.0088	0.0000	0.0000	0.0656	0.0000	0.0001	0.0003	0.9251

Tabel 14. Matrik Probabilitas Transisi Tahun 2051

	Class1	Class2	Class3	Class4	Class5	Class6	Class7	Class8	Class9
Class1	0.9322	0.0053	0.0001	0.0000	0.0196	0.0215	0.0015	0.0002	0.0196
Class2	0.0014	0.7621	0.0035	0.0008	0.0337	0.0162	0.0228	0.0070	0.1525
Class3	0.0011	0.1569	0.5393	0.0002	0.2675	0.0013	0.0153	0.0028	0.0157
Class4	0.0001	0.0404	0.0005	0.6747	0.0174	0.0005	0.2635	0.0002	0.0028
Class5	0.0089	0.0574	0.0005	0.0002	0.8572	0.0020	0.0041	0.0206	0.0490
Class6	0.0167	0.0490	0.0109	0.0005	0.0065	0.8354	0.0775	0.0002	0.0032
Class7	0.0001	0.0369	0.0037	0.0168	0.0180	0.0024	0.9193	0.0002	0.0025
Class8	0.0002	0.0081	0.0000	0.0033	0.0491	0.0001	0.0029	0.9350	0.0013
Class9	0.0003	0.0134	0.0000	0.0000	0.0941	0.0001	0.0002	0.0008	0.8909

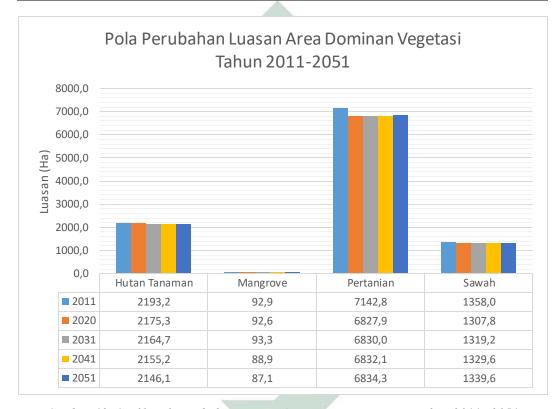
Ket: Class1: Hutan Tanaman, Class2: Pemukiman, Class3: Mangrove, Class4: Sungai, Class5: Pertanian, Class6: Sawah, Class7: Tambak, Class8: Pelabuhan, Class9: Pertambangan.

# 4.3.1. Prediksi Perubahan Penutupan Area DominanVegetasi

Perubahan luasan penutupan Area Dominan Vegetasi hasil pemodelan prediksi metode CA Markov disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 15. Proyeksi Perubahan Luasan Area Dominan Vegetasi

No	Kelas Penutupan	Luasan (Ha) Tahun				
		2011	2020	2031	2041	2051
1	Hutan Tanaman	2193,2	2175,3	2164,7	2155,2	2146,1
2	Mangrove	92,9	92,6	93,3	88,9	87,1
3	Pertanian	7142,8	6827,9	6830,0	6832,1	6834,3
4	Sawah	1358,0	1307,8	1319,2	1329,6	1339,6



Gambar 12. Grafik Pola Prubahan Luasan Area Dominan Vegetasi Tahun 2011 - 2051

Kelas Hutan tanaman diprediksikan mengalami penurunan berturut turut dari tahun 2011 hingga tahun 2051. Penurunan terbesar terjadi pada interval tahun 2020 hingga 2031 sebesar 10,3 Ha. Pada penutupan Hutan Tanaman, tren yang terjadi adalah penurunan dengan total penurunan luasan adalah mencapai 47,1 Ha yang terjadi dari tahun 2011 hingga 2051. Penurunan diakibatkan perubahan penutupan Hutan Tanaman yang dominan terkonversi menjadi lahan pemukiman, pertanian, sawah, tambak, dan pertambangan. Penurunan yang terjadi pada Hutan tanaman juga dapat dikarnakan kegiatan pemanenan kayu.

Tren peningkatan terjadi pada kelas Mangrove di interval tahun 2020 hingga tahun 2031 sebesar 0,7 Ha. Kemudian mengalami penurunan luasan berturut turut hingga 2051 dengan luasan tersisa 87,1 Ha. Secara keseluruhan, tren yang terjadi pada kelas penutupan Mangrove pada interval tahun 2011 hingga 2051 adalah penurunan dengan penurunan total mencapai 5,8 Ha. Perubahan yang terjadi pada kelas hutan mangrove sekunder akan sangat berpengaruh terhadap kondisi disekitar pantai. Secara fisik hutan mangrove berfungsi menjaga garis pantai agar tetap stabil, melindungi pantai dan tebing sungai, mencegah terjadinya erosi laut serta sebagai perangkap zat-zat pencemar dan limbah, mempercepat perluasan lahan, melindungi daerah di belakang 34 mangrove dari hempasan dan gelombang dan angin kencang, mencegah intrusi garam ke arah darat, mengolah limbah organik (Andiprayogo, 2015).

Pada kelas penutupan pertanian dan sawah, mengalami pola tren yang hampir sama yakni peningkatan secara berturt turut dari tahun 2020 hingga tahun 2051. Dengan penambahan total pada pentupan Pertanian sebesar 6,4 Ha. Dan pada penutupan Sawah sebesar 31,8 Ha. Namun jika ditarik pada interval 2011 hingga 2051 maka tren yang terjadi adalah penurunan yakni masing masing adalah 308,5 dan 18,4 Ha.

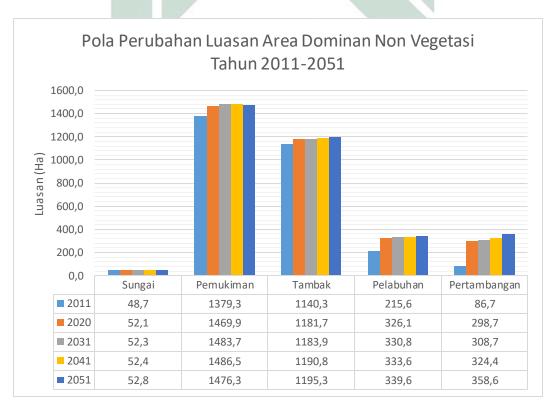
Adanya kondisi tren yang bernilai fluktuatif atau naik turun pada model proyeksi disebabkan oleh kondisi transisi pada suatu penutupan yang dimuat pada matrik transisi. Proses stokastik yang terjadi dan termuat pada matrik menjadikan nilai penambahan dan pengurangan luasan akan berubah setiap waktu yang didasarkan pada probabilitas transisi *gain and loses* tiap kelas secara historis. Tren yang terjadi adalah dipengaruhi oleh data masukan dari citra multi temporal. Kondisi ini adalah salah satu kelemahan dari metode ini karena pada keadaan sebenarnya perubahan penutupan lahan tidak selalu berjalan konstan (Roseana et al., 2019). Penentuan tren adalah ditinjau dari tahun awal dan akhir penelitian. Walaupun terjadi fluktuasi kondisi penutupan lahan pada tahun prediksi tertentu, namun penentuan tren yang mengalami peningkatan atau penurunan secara keseluruhan adalah ditinjau dari tahun awal yaitu tahun 2011 hingga tahun 2051.

# 4.3.2. Prediksi Perubahan Penutupan Area Dominan Non Vegetasi

Perubahan luasan penutupan Area Dominan Non Vegetasi hasil pemodelan prediksi metode CA Markov disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 16. Proyeksi Perubahan Luasan Area Dominan Non Vegetasi

No	Kelas Penutupan	Luasan (Ha) Tahun				
		2011	2020	2031	2041	2051
1	Sungai	48,7	52,1	52,3	52,4	52,8
2	Pemukiman	1379,3	1469,9	1483,7	1486,5	1476,3
3	Tambak	1140,3	1181,7	1183,9	1190,8	1195,3
4	Pelabuhan	215,6	326,1	330,8	333,6	339,6
5	Pertambangan	86,7	298,7	308,7	324,4	358,6



Gambar 13. Grafik Pola Prubahan Luasan Area Dominan Non Vegetasi Tahun 2011 - 2051

Kelas Penutupan Sungai diproyeksikan memiliki kecenderungan tetap atau mengalami perubahan yang tidak terlalu signifikan. Peningkatan luasan yang terjadi dari tahun 2011 hingga tahun 2051 adalah dapat disebabkan oleh proses normalisasi sungai ataupun abrasi dengan

penambahan luasan total sebesar 4,1 Ha. Terjaganya luasan sungai mengindikasikan tidak terjadi penyempitan wilayah sungai. Hal ini baik karena sungai memiliki fungsi penting bagi masyarakat seperti penadah air hujan, irigasi, hingga transportasi.

Pemukiman diproyeksikan akan meningkat pada interval prediksi pertama dan kedua kemudian menurun pada interval ketiga. Peningkatan terbesar terjadi pada interval tahun 2020 hingga tahun 2031 dengan peningkatan sebesar 13,8 Ha. Kemudian mengalami penurunan pada interval tahun 2041 hingga 2051 sebesar 10,2 Ha. Adapun tren yang terjadi dari tahun 2011 hingga 2051 pada kelas pemukiman adalah peningkatan luasan sebesar 97 Ha. Jumlah penduduk yang terus meningkat ditiap tahunnya, menyebabkan lahan pemukiman menjadi semakin berkembang. Dengan berkemangnya kawasan pemukiman maka sejalan dengan tujuan dari penetapan kawasan Minapolitan yakni mengurangi tingkat Urbanisasi.

Pada kelas Tambak dan Pelabuhan, peningkatan luasan juga terjadi dengan total peningkatan masing masing dari tahun 2011 hingga 2051 sebesar 55 dan 124 Ha. Peningkatan luasan pada kelas tambak dan pelabuhan sangat sesuai guna mendukung kawasan pesisir Lamongan sebagai kawasan Minapolitan, dimana area yang menjadi kebutuhan untuk memenuhi kebutuhan Industri berbasis perikanan terus Lamongan merupakan daerah yang memiliki potensi besar dalam bidang perikanan dan kelautan, diantaranya adalah perikanan tangkap, perikanan budidaya dan sentra garam. Beberapa upaya optimalisasi dilakukan untuk meningkatan hasil perikanan dan pengembangan di daerah Lamongan. Adanya kebijakan pembangunan perikanan meliputi pengelolaan sumberdaya perikanan berkelanjutan, pemulihan dan perlindungan potensi sumberdaya perikanan dan lingkungannya sangat penting untuk menjamin terciptanya kondisi perikanan yang semakin baik dan dapat terus berlanjutan.

Perubahan terbesar terjadi pada kelas pertambangan dengan tren peningkatan yang cukup tinggi secara berturut turut. Dengan luasan di tahun 2020 sebesar 298,7 Ha menjadi 358,6 Ha di tahun 2051 atau meningkat

sebesar 59,9 Ha. Penambahan luasan pada kelas ini tidak didasarkan pada sumber daya yang ada pada wilyah tersebut ataupun faktor lain yang dapat mendorong atau menghambat perkembangan area tersebut. Perubahan yang terjadi hanya didasarkan pada perubahan area secara historis pada area tersebut (Adhiatma, 2020).

Prediksi penutupan lahan yang mengalami penurunan luasan yang cukup signifikan ialah kawasan Area Dominan Vegetasi, sedangkan pada kawasan Area Dominan Non Vegetasi mengalami peningkatan yang signifikan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa dari proyeksi kedepan akan berkurang lahan hutan, pertanian yang dialih fungsikan menjadi lahan pemukiman dan lahan terbangun lain. Perlu dilakukan manajemen lahan dengan baik untuk mengatur jenis penggunaan lahan tertentu agar dapat menekan terjadinya penurunan kualitas lahan.

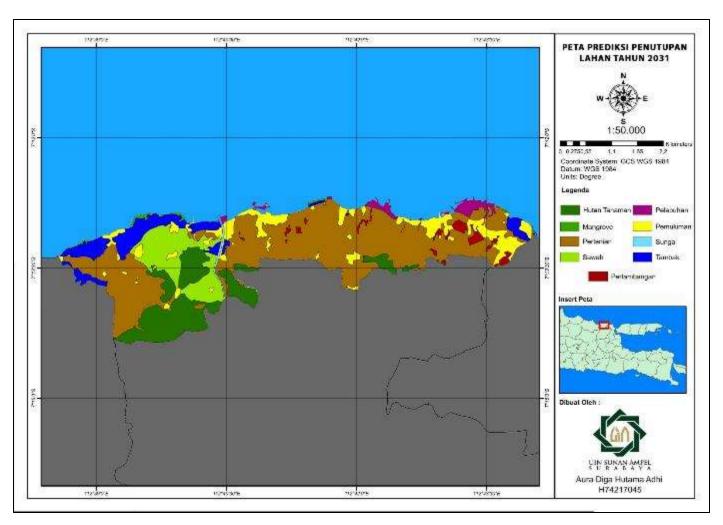
Penetapan Kabupaten Lamongan sebagai kawasan Minapolitan akan sejalan dengan pola pembangunan yang semakin massive. Dengan adanya kondisi ini maka praktis pembangunan di sektor yang mendukung berjalannya kawasan Minapolitan. Kebutuhan lahan akan Pelabuhan dan Tambak diprediksi akan meningkat sejalan dengan upaya pemenuhan kebutuhan daerah akan hasil perikanan dan energi. Lahan Permukiman juga diprediksi akan bertambah seiring bertambahnya penduduk. Upaya pemerintah untuk mengurangi tingkat urbanisasi akan menjadikan akan pemukiman akan semakin meningkat. kebutuhan lahan Perlu dilakukan manajemen lahan dengan baik untuk mengatur jenis penggunaan lahan tertentu agar dapat menekan terjadinya penurunan kualitas lahan.

Wilayah pesisir adalah wilayah yang memiliki kerentanan yang relatif tinggi. Maka, pembangunan yang dilakukan perlu dibatasi dan diatur guna memperkecil resiko dan dampak negatif dari pembangunan. Dengan besarnya jumlah pembangunan yang terjadi dikawasan pesisir Lamongan maka diperlukan arahan peringatan yang tegas terkait batas sempadan pantai sesuai Perpres No.51 Tahun 2016 tentang Batas Sempadan Pantai. Sempadan pantai adalah daratan sepanjang tepian pantai, yang memiliki lebar proporsional dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100

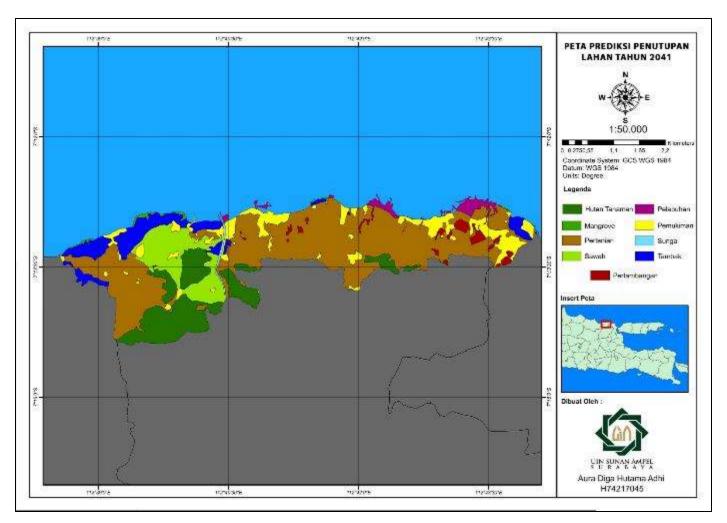
meter dari titik pasang tertinggi ke arah darat. Pemerintah daerah dalam hal ini Provinsi dan Kabupaten juga perlu memberikan perhatian serta penegakan peraturan yang lebih tegas terkait kawasan ini.

Pemanfaatan lahan tanpa memperhatikan kaidah konservasi akan mengakibatkan lahan kritis yang rentan mengalami erosi dan banjir di musim penghujan dan mengalami kekeringan di musim kemarau. Apalagi ketika lahan hutan yang menjadi penyangga akan terus menerus berkurang demi kebutuhan ekonomi. Semntara dalam hutan tropis, tingginya pertumbuhan penduduk dan permintaan untuk komoditas pangan sebagai akibat dari kawasan Agrovital hutan semakin berkurang (Asra et al., 2020).

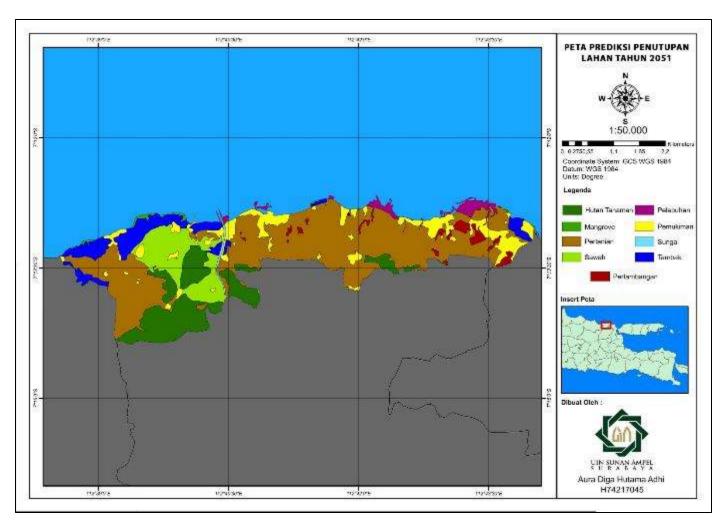
Dengan demikian, dalam upaya mempertahankan lahan yang lestari dan berkelanjutan, kegiatan pemanfaatan lahan bukan hanya berorientasi pada ekonomi, namun juga tetap memperhatikan aspek lingkungan. Prediksi yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengikuti pola histori yang telah terjadi antara tahun 2011, 2016 dan tahun 2020. Prediksi untuk penelitian selanjutnya ada baiknya dilakukan menggunakan skenario konservasi. Skenario konservasi yang dimaksud adalah dengan mempertahankan tutupan lahan vegetasi atau ruang terbuka hijau yang pernah dilakukan oleh (Nugroho & Handayani, 2020).



Gambar 14. Peta Prediksi Penutupan Lahan Tahun 2031



Gambar 15. Peta Prediksi Penutupan Lahan Tahun 2041



Gambar 16. Peta Prediksi Penutupan Lahan Tahun 2051

# **BAB V**

### PENUTUP

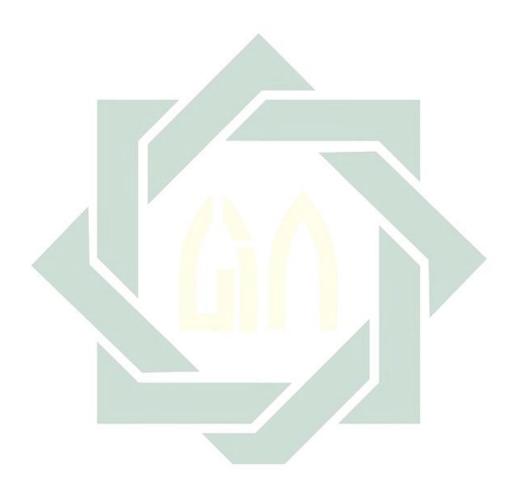
### 5.1. Kesimpulan

- Pola Prediksi Perubahan Penutupan Lahan Area Dominan Vegetasi pada rentang tahun 2011-2051 secara umum mengalami tren penurunan luasan. Penurunan yang terjadi adalah pada kelas Hutan Tanaman sebesar 47,1 Ha, Pertanian sebesar 308,5 Ha, Mangrove sebesar 5,8 Ha, dan Sawah sebesar 18,4 Ha. Penurunan yang terjadi diakibatkan karena konversi lahan Vegetasi menjadi Non Vegetasi.
- 2. Pola Prediksi Perubahan Penutupan Lahan Area Dominan Non Vegetasi pada rentang tahun 2011-2051 secara umum mengalami tren peningkatan luasan. Peningkatan yang terjadi adalah pada kelas Pemukiman sebesar 97 Ha, Sungai sebesar 4,1 Ha, Tambak sebesar 55 Ha, Pelabuhan sebesar 124 Ha, dan Pertambangan sebesar 271,9 Ha. Peningkatan yang terjadi adalah adalah sejalan dengan berkembangnya jumlah penduduk dan pemenuhan kebutuhan sehingga banyak dilakukan pembangunan.

### 5.2. Saran

- Kepada Pemerintah dan Masyarakat dalam menjalankan upaya pembangunan kawasan agar tetap memperhatikan aspek lingkungan dan menjaga kelestarian kawasan vegetasi khususnya kawasan Hutan Tanaman dan Mangrove. Konsep Bangunan atau Hunian Vertikal mungkin akan dapat menjadi solusi kedepannya untuk menyiasati keterbatasan lahan dan menghindari pengalihan fungsi lahan konservasi menjadi fungsi lain.
- 2. Pada penelitian ini, variabel yang berpengaruh terhadap perubahan penggunaan lahan masih dalam cakupan aspek fisik secara historis, sehingga diperlukan studi lebih lanjut yang lebih spesifik dengan memasukkan aspek nonfisik seperti jumlah penduduk, sosial budaya dan ekonomi yang mempengaruhi terjadinya perubahan penggunaan lahan di kawasan pesisir Kabupaten Lamongan guna mendapatkan model

perubahan penggunaan lahan yang lebih valid serta mencari alat analisis lain yang dapat mengolah semua variabel perubahan penggunaan lahan.



# **DAFTAR PUSTAKA**

- Adhiatma, R.; W. L. I. (2020). Perubahan dan prediksi penggunaan/penutupan lahan di Kabupaten Lampung Selatan. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 234–246.
- Agustin, T., Kristanto, Y., & Aulia, O. D. (2018). PERUBAHAN LUAS LAHAN MANGROVE DAN PENGIKISAN PESISIR JEPARA MENGGUNAKAN ANALISIS KOMPONEN UTAMA SPEKTRAL PENGINDERAAN JAUH. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, *5*(2), 45–54.
- Amani, M. (2017). DINAMIKA PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DI COASTAL AREA KOTA MAKASSAR BERBASIS CELLULAR AUTOMATA-MARKOV (CA-M). Universitas Hassanuddin.
- Andiprayogo, B. S. (2015). *Pemanfaatan Citra Landsat-8 dan Transformasi Indeks Vegetasi Untuk Klasifikasi Kerapatan Mangrove di Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah*. Program Studi Diploma Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Anitawati, Jaya, L. M., Saleh, F., & Hidayat, A. (2019). Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Landsat Multiwaktu Dengan Metode Land Change Modeler. *JAGAT (Jurnal Geografi Aplikasi Dan Teknologi)*, 3(2).
- Arief, M., Winaarso, G., & Prayoga, T. (2011). Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat Di Kabupaten Kendal. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 8, 71–80.
- Arsyad, S. (2010). Konservasi Tanah dan Air. Insitut Pertanian Bogor Press.
- Asra, R., Mappiasse, M. F., & Nurnawati, A. A. (2020). Penerapan Model CA-Markov Untuk Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Di Sub-DAS Bila Tahun 2036. *Jurnal Ilmu Pertanian*, *5*(1).
- Bhisma, M. (1997). Prinsip Dan Metode Riset Epidemiologi. UGM Press.

- BPS. (2017). Kecamatan Brondong Dalam Angka. BPS Kabupaten Lamongan.
- BPS. (2020). *KABUPATEN LAMONGAN DALAM ANGKA*. BPS Kabupaten Lamongan.
- BSNI. (2014). Klasifikasi Penutupan Lahan Bagian 1 : Skala kecil dan menengah (SNI 7645-1).
- Budiastuti, S. (2013). HIDROLOGI TAPAK LAHAN: PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN TINGKAT RESAPAN AIR Hydrology of Land Site: The Changing of Land Cover and Water Absorption Level. *Jurnal Fp Uns*.
- Choirun, A. S. (2015). Identifikasi Fitoplankton Spesies Harmfull Algae Bloom (HAB) Saat Kondisi Pasang di Perairan Pesisir Brondong, Lamongan Jawa Timur. *Torani (Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan)*.
- Diana, A. R. (2008). Kajian Perubahan Penutupan Lahan di Kawasan Pesisir Kabupaten Aceh Utara. Insitut Pertanian Bogor Press.
- Erlina, M. D., & Manadiyanto, M. (2020). Strategi Pengembangan Kawasan Minapolitan Berbasis Usaha Pegaraman. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 2(1), 1. https://doi.org/10.15578/jksekp.v2i1.9259
- Fadhli, M., Rifardi, & Tarumun, S. (2019). Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan Di Kabupaten Kampar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *13*(2).
- Fardani, I. (2020). Landuse change prediction model based on Cellular Automata (CA) method in Bandung City. *Journal of Physics: Conference Series*, 1469(1).
- Fardani, I., Mohmed, F. A., & Chofyan, I. (2020). Pemanfaatan Prediksi Tutupan Lahan Berbasis Cellular Automata-Markov dalam Evaluasi Rencana Tata Ruang. *MKG*, 21(2).
- Fauzi, R. M., R, J. N., & Herawatiningsih, R. (2016). ANALISA PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN PADA KAWASAN HUTAN LINDUNG GUNUNG

- NANING KABUPATEN SEKADAU PROVINSI KALIMANTAN BARAT. JURNAL HUTAN LESTARI, 4(4), 520–526.
- Fitriana, A. L., Subiyanto, S., & Firdaus, H. S. (2017). MODEL CELLULAR AUTOMATA MARKOV UNTUK PREDIKSI PERKEMBANGAN FISIK WILAYAH PERMUKIMAN KOTA SURAKARTA MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4).
- Harahab, N. (2003). Pemetaan Pesisir dan Laut untuk Pengembangan Perikanan di Kabupaten Lamongan.
- Hardjowigeno, S. W. (2015). Evaluasi Lahan dan Perencanaan Tata Guna Lahan. Gadjah Madha University Press.
- Hidayah, Z., & Suharyo, O. S. (2018). Analisa Perubahan Penggunaan Lahan Wilayah Pesisir Selat Madura. *Jurnal Ilmiah Rekayasa*, 11(1), 19–30.
- Ikhsan, A. N. (2017). Pemetaan Penutupan Lahan dan Pesisir Sebagai Data Pendukung Rencana Zonasi Pesisir Kotawaringin Barat. Universitas Brawijaya.
- Jaya, I., & Kobayashi, S. (1995). Detecting Changes in Forest Vegetation Using Multitemporal Landsat TM Data: A Case Study in The Shibata Forest, Niigata Prefecture. *Journal of Forest Planning*, 23–28.
- Kasim, F., & Salam, A. (2015). Identifikasi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit serta Korelasinya dengan Penutup Lahan di Sepanjang Pantai Selatan Provinsi Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 5(4), 160–167.
- KLHK. (2019). Rekalkulasi Penutupan Lahan Indonesia 2014-2019.
- KLHK. (2020). Juknis Penafsiran Citra Satelit Resolusi Sedang untuk Update Data Penutupan Lahan Nasional (DIREKTORAT JENDERAL PLANOLOGI KEHUTANAN DAN TATA LINGKUNGAN (ed.)). DIREKTORAT INVENTARISASI DAN PEMANTAUAN SUMBER DAYA HUTAN.

- Kosasih, D., Saleh, M. B., & Prasetyo, L. B. (2019). Interpretasi Visual dan Digital untuk Klasifikasi Tutupan Lahan di Kabupaten Kuningan, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(2), 101–108.
- LAPAN. (2015). Pedoman Pengolahan data citra pengindraan jauh Landsat 8. LAPAN.
- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1994). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Gadjah Mada University Press.
- Marselina, M., Sabar, A., Salami, I. R. S., & Marganingrum, D. (2017). Model
  Prakiraan Debit Air dalam Rangka Optimalisasi Pengelolaan Waduk Saguling
  Kaskade Citarum. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 24(1), 99–108.
- Mondal, S. M., Sharma, N., Garg, P., & Kappas, M. (2016). Statistical independence test and validation of CA Markov land use land cover (LULC) prediction results. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences.*, 19, 435–447.
- Muntalim. (2011). HUBUNGAN KUALITAS AIR SAWAH TAMBAK TERHADAP KOMUNITAS PLANKTON PADA MUSIM KEMARAU DAN MUSIM PENGHUJAN DI DESA DINOYO KECAMATAN DEKET KABUPATEN LAMONGAN. *JIFP Unisla*, 2(1), 1–11.
- Nouri, J., Gharagozlou, A., & Arjmand, R. (2014). Predicting urban land use changes using a CA-Markov Model. *Arabian Journal for Science and Engineering*. https://doi.org/10.1007/s13369-014-1119-2
- Nugroho, R. A., & Handayani, H. H. (2020). Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode Markov Chain dan Citra Satelit Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Kota Surabaya). *JURNAL TEKNIK ITS*, 9(2).
- Pambudy, A. P., & Fathoni, A. (2017). PENGARUH PRODUKSI HASIL LAUT TERHADAP PERTUMBUHAN UMKM OLAHAN IKAN. *Jurnal Ekonomi Menejemen Akutansi*, 2(2).

- Pananrangi, A. I. (2011). Pemanfatan Lahan Kawasan Pesisir Galesong Berbasis Analisis Resiko Bencana Abrasi. 22–31.
- Peruge, V. T., Arief, S., & Sakka. (2012). Model Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Cellular Automata-Markov Chain di Kawasan Mamminasata. *Jp Pertanian Dd*.
- Purnomo, H. (2012). Permodelan dan Simulasi untuk Pengelolaan Adaptif Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Insitut Pertanian Bogor Press.
- Putikasari, V., DAHLAN, E. N., & PRASETYO, L. B. (2014). Analysis of Land Cover Change and Socio-economic Factor Cause Deforestastion in Kamojang Nature Reserve. *Media Konservasi*, 19(2), 126–140.
- Raissa, D. R., Setiawan, R. P., & Rahmawati, D. (2014). Identification of Indicators Influencing Sustainability of Minapolitan Area in Lamongan Regency. 

  \*Procedia Social and Behavioral Sciences, 135(August), 167–171. 

  https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.342
- Rijal, S., Saleh, M. B., Jaya, I. N., & Tiryana, T. (2016). Deforestation Profile of Regency Level in Sumatra. *International Jurnal of Science*, 385–402.
- Roseana, B., Subiyanto, S., & Sudarsono, B. (2019). ANALISIS SPASIAL PERKEMBANGAN FISIK WILAYAH KABUPATEN KLATEN MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DAN PREDIKSINYA TAHUN 2025 DENGAN CA MARKOV MODEL. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(4).
- Setyawan, A., Winarno, K., & Purnama, P. (2003). Ekosistem Mangrove di Jawa: 1. Kondisi Terkini. *Biodiversitas*, 133–145.
- Setyawan, P. (2018). KINERJA DESA TANGGUH BENCANA (DESTANA)

  BANJIR DI DESA TRUNI KABUPATEN LAMONGAN (Studi di Badan
  Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Lamongan). University of
  Muhammadiyah.

- Simarmata, N., Hartono, & Murti, S. H. (2015). KARAKTERISKTIK BACKSCATTER CITRA ALOS PALSAR POLARISASI HH DAN HV TERHADAP PARAMETER BIOFISIK HUTAN DI SEBAGIAN TAMAN NASIONAL KERINCI SEBLAT. *Journal of Science and Applicative Technology*.
- Sudarsono, B. (2012). Inventarisasi Perubahan Wilayah Pantai Dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus Kota Semarang). *Teknik*, *32*(2), 163–170. https://doi.org/10.14710/teknik.v32i2.1699
- Suryadi, I. (2012). Petunjuk Teknis Perhitungan Reference Emission Level Untuk Sektor Berbasis Lahan. UN-REDD Program Indonesia.
- Susilo, B. (2011). Pemodelan Spasial Probabilistik Integrasi Markov Chain Dan Cellular Automata Untuk Kajian Perubahan Penggunaan Lahan Skala Regional Di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *GEA*, *11*(2), 163–178.
- Syakur, A. R. (2010). Studi Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Badung. *Jurnal Bumi Lestari*, 10(2), 200–207.
- Trisasongko, B. H. (2009). Analisis Dinamika Konversi Lahan di Sekitar Jalur Tol Cikampek. Jakarta. Publikasi Teknis DATIN.
- Uktoro, A. I. (2013). Membangun Model Sawah Lestari Dan Model Prediksi Perubahannya Menggunakan Cellular Automata Di Kabupaten Klaten Provinsi Jawa Tengah (U. Fakultas Geografi & G. Mada (eds.)).
- Widayanti, R. (2010). Formulasi Model Pengaruh Tata Guna Lahan Terhadap Angkutan Kota Depok. Universitas Gunadarma.
- Wijaya, C. (2004). *Analisis Perubahan Penutupan Lahan Kabupaten Cianjur Jawa Barat Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. Departmen Konservasi Sumberdaya Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Wu, D., & Wang, L. (2010). Simulating urban expansion by coupling a stochastic cellular automata model and socioeconomic indicators. 235–245.