

SKRIPSI
PROYEKSI PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN
TAHUN 2027 DI DAERAH ALIRAN SUNGAI PAREMANG

Oleh :
AYU IWITTRI MULYASARI
M011181383



PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEKSI PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN TAHUN 2027 DAERAH ALIRAN SUNGAI PAREMANG

Disusun dan diajukan oleh

AYU IWITTRI MULYASARI

M011181383

Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program sarjana Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 07 Desember 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

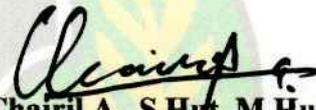
Pembimbing Utama



Dr. Ir. Roland A. Barkey

NIP. 19540614108103 1 007

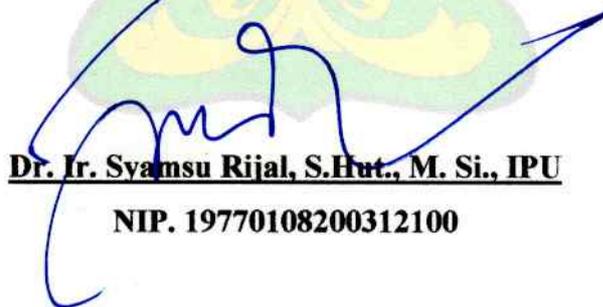
Pembimbing Pendamping



Chairil A., S.Hut, M.Hut

NIK. 199402212021015001

Ketua Program Studi



Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M. Si., IPU

NIP. 19770108200312100

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ayu Iwitri Mulyasari

Nim : M011 18 1383

Program Studi : Kehutanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2027 di Daerah Aliran Sungai
Paremang”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan aliran tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 07 Desember 2022

Yang menyatakan



Ayu Iwitri Mulyasari

ABSTRAK

Ayu Iwitri Mulyasari (M011181383). Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2027 di Daerah Aliran Sungai Paremang, dibawah Bimbingan Roland A. Barkey dan Chairil A.

Daerah Aliran Sungai Paremang merupakan salah satu DAS yang masuk kategori krisis nasional, karena adanya kebutuhan lahan yang semakin tinggi seiring dengan bertambahnya penduduk, maka perlu dilakukan identifikasi perubahan penutupan lahan di DAS Paremang dimasa yang akan datang agar dapat menjadi acuan dalam pengelolaan DAS yang baik. Beberapa faktor pendorong yang menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan seperti jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke pemukiman dan kepadatan penduduk. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan penutupan lahan tahun 2015, 2018 dan tahun 2021 di Daerah Aliran Sungai Paremang, mengidentifikasi peran faktor pendorong jarak dari jalan, jarak dari sungai dan kepadatan penduduk terhadap perubahan penutupan lahan, dan melakukan proyeksi perubahan tutupan lahan pada tahun 2027. Analisis faktor pendorong perubahan tutupan lahan dilakukan dengan menjalankan *tools euclidean distance* pada *Software Arcgis* dan proyeksi perubahan tutupan lahan menggunakan metode pendekatan *Cellular Automata* untuk menjalankan proyeksi dan opsi *Atrificial Neural Network* untuk mengeluarkan peluang terjadinya perubahan tutupan lahan. Hasil penelitian ini Pada tahun 2015, 2018 dan 2021 teridentifikasi tutupan lahan yang dominan mengalami perubahan adalah pertanian lahan kering. Faktor Pendorong Jarak dari Jalan, Jarak dari Sungai, Jarak dari Permukiman dan Kepadatan Penduduk memiliki pengaruh terhadap perubahan penutupan lahan. Faktor pendorong yang paling dominan berpengaruh terhadap perubahan penutupan lahan adalah Jarak dari Jalan dengan Jarak 0 – 1000 m. Penutupan lahan hasil proyeksi ke tahun 2027 teridentifikasi tutupan lahan yang dominan mengalami perubahan adalah pertanian lahan kering yang dominan terkonversi menjadi sawah.

Kata Kunci: Perubahan Tutupan Lahan, Proyeksi, Faktor Pendorong, DAS Paremang, Atrificial Neural Network, Cellular Automata

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan penelitian dan penyusunan skripsi dengan judul **“Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2027 di Daerah Aliran Sungai Paremang”**

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapat berbagai macam kendala dan masih banyak kekurangan. Tanpa bantuan dan petunjuk dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak dapat berjalan lancar dan selesai dengan baik. Untuk itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak **Dr. Ir. Roland A Barkey** dan Bapak **Chairil A S. Hut., M. Hut** selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Bapak **Munajat Nursaputra S.Hut., M.Sc., IPM** dan **Bapak Ahmad Rifqi Makkasau S.Hut., M.Hut** selaku penguji yang telah membantu dalam memberikan kritik dan saran, guna perbaikan skripsi ini

Terkhusus, penulis menghaturkan terima kasih kepada Ayahanda **Ir. Makmur** dan Ibu **Herwati S.E** atas doa, kasih sayang, perhatian, pengorbanan dan motivasi yang telah diberikan dalam mendidik dan membesarkan penulis.

Selain itu, penulis juga menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Ketua Program Studi Kehutanan Bapak **Dr. Ir. Syamsu Rijal S. Hut** serta Bapak/Ibu Dosen dan seluruh staf Administrasi Fakultas Kehutanan atas bantuannya,
2. Terima Kasih Kepada Kepala KPH Latimojong dan KPH Lamasi yang telah membantu selama penelitian,
3. Sahabat seperjuangan, **Adwan Na'iemurrahman, Darma Crusita Putri, Asmawati, Muhammad Afdal, A.M Yunus Furqan Ramdani R, Fauzi Darma Fa'iq, Lady Sanderan, Muh. Iriansyah Akram, Nuranisa Harfiana, Nurul Ismi Islamiah, Windah Afryani dan Nadia Darwin.**

4. Kakak–kakak, teman–teman serta adik–adik di **Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan,**
5. Keluarga Besar **UKM Pandu Alam Lingkungan,** Terkhusus GLADIMULA 25, atas kebersamaan selama ini dan menjadi keluarga selama bergabung di Pandu Alam Lingkungan Kehutanan Universitas Hasanuddin,
6. Terima kasih kepada Kak Edwin Meiji paringganan, Jessica Zabrina Muddin dan Muh. Alif Syabandi yang telah membantu dan memberikan masukan selama penelitian, dan
7. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam semua proses selama berada di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

Makassar, 07 Desember 2022

Ayu Iwitri Mulyasari

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Daerah Aliran Sungai	4
2.2 Penutupan Lahan	5
2.3 Klasifikasi Penutupan Lahan	6
2.4 Perubahan Penutupan Lahan	9
2.5 Sistem Informasi Geografis	9
2.6 Identifikasi Penutupan Lahan	10
2.6.1 Citra Satelit Sentinel 2A	11
2.6.2 Koreksi Radiometrik	12
2.6.3 Interpretasi Citra	13
2.7 Uji Akurasi	14
2.8 Proyeksi Penutupan Lahan	19
2.8.1 Jaringan Syaraf Tiruan (<i>Artificial Neural Network</i>)	20
2.8.2 Otomata Seluler (<i>Cellular Automata</i>)	21
2.8.3 Faktor Pendorong Perubahan Penutupan Lahan	23
III. METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat	24
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat	25

3.2.2 Bahan	25
3.3 Prosedur Penelitian.....	26
3.3.1 Penetapan Batas Lokasi Penelitian	26
3.3.2 Pengumpulan Data.....	26
3.3.3 Interpretasi Citra	26
3.3.4 Penetapan Lokasi Ground Check dan Pengecekan Lapangan	27
3.3.5 Uji Akurasi Hasil Interpretasi Citra	28
3.3.6 Analisis Faktor Pendorong.....	30
3.4 Analisis Data	30
3.4.1 Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan.....	30
3.4.2 Validasi Model.....	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Letak dan Luas Administratif Daerah Aliran Sungai Paremang	34
4.2 Perubahan Penutupan Lahan	35
4.3 Faktor Pendorong	41
4.4 Validasi Model Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan.....	44
4.5 Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan	45
4.6. Kesesuaian Penutupan Lahan Tahun 2027 Terhadap Pola Ruang Di DAS Paremang	53
V. KESIMPULAN DAN SARAN	57
4.1 Kesimpulan.....	57
4.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Karakteristik Citra Sentinel 2.....	12
Tabel 2.	Penggunaan kombinasi band citra satelit sentinel 2A (https://www.esa.int/).....	14
Tabel 3.	Matriks Konfusi	15
Tabel 4.	Data penelitian	25
Tabel 5.	Tabel Confusion Matrix	29
Tabel 6.	Luas DAS Paremang berdasarkan administrasi	34
Tabel 7.	Luas DAS Paremang berdasarkan penutupan lahan Tahun 2015, 2018 dan 2021	36
Tabel 8.	Tabel Matriks Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2015 - 2021.....	38
Tabel 9.	Tabel <i>Confusion Matriks</i>	40
Tabel 10.	Hasil <i>Corelasi Pearson</i>	41
Tabel 11.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Tutupan Lahan	42
Tabel 12.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Tutupan Lahan	43
Tabel 13.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Tutupan Lahan	43
Tabel 14.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Tutupan Lahan	43
Tabel 15.	Perbandingan luas penutupan lahan Interpretasi dan proyeksi tahun 2021.	45
Tabel 16.	Matriks Transisi Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2015-2021	47
Tabel 17.	Luas Kelas Penutupan Lahan Tahun 2015, 2021 dan 2027	49
Tabel 18.	Matriks Perubahan Lahan Tahun 2021 – 2027	52
Tabel 19.	Kesesuaian Penutupan Lahan Tahun 2027 Terhadap Rencana Pola Ruang.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Citra yang menampilkan bentuk gedung perkantoran dan	17
Gambar 2.	Ukuran objek pada citra	18
Gambar 3.	Ilustrasi Multi Layer Perceptron	21
Gambar 4.	<i>Cellular Automata</i>	22
Gambar 5.	Peta Lokasi Penelitian	24
Gambar 6.	Peta Titik Groundcheck.....	28
Gambar 7.	Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 8.	Peta Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2015-2021 DAS Paremang	39
Gambar 9.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2027	48
Gambar 10.	Peta Kesesuaian Lahan Tahun 2027 Terhadap Rencana Pola Ruang	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Citra Sentinel 2A Tahun 2015	63
Lampiran 2.	Citra Sentinel 2A Tahun 2018	64
Lampiran 3.	Citra Sentinel 2A Tahun 2021	65
Lampiran 4.	Kelas Penutupan Lahan berdasarkan Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI) 7645:2014	66
Lampiran 5.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2015 DAS Paremang	68
Lampiran 6.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2018	69
Lampiran 7.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2021	70
Lampiran 8.	Peta Jarak ke Sungai	71
Lampiran 9.	Peta Jarak ke Jalan	72
Lampiran 10.	Peta Jarak ke Pemukiman	73
Lampiran 11.	Peta Klasifikasi Kepadatan Penduduk	74
Lampiran 12.	Peta Penyebaran Titik Pengecekan Lapangan DAS Paremang	75
Lampiran 13.	Peta Penutupan Lahan Hasil Proeksi tahun 2021	76
Lampiran 14.	Kondisi Penutupan Lahan di lapangan tahun 2022 DAS Paremang	77
Lampiran 15.	Perubahan Penutupan Lahan dengan Faktor Jarak dari Jalan.....	80
Lampiran 16.	Perubahan Penutupan Lahan dengan Faktor Jarak dari Sungai.....	83
Lampiran 17.	Perubahan Penutupan Lahan dengan Faktor Jarak dari Pemukiman	86
Lampiran 18.	Perubahan Penutupan Lahan dengan Faktor Kepadatan Penduduk	89
Lampiran 19.	Peta perubahan penutupan lahan Tahun 2021 - 2027.....	92

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penutupan lahan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap fungsi tata air suatu daerah aliran sungai (DAS). Penutupan lahan yang kurang tepat dapat mempengaruhi kondisi hidrologi pada suatu wilayah sampai pada terjadinya banjir. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) 2020 mencatat beberapa tahun terakhir ada 3 Kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan yang sering mengalami banjir, salah satunya adalah Kabupaten Luwu yang terletak di Daerah Aliran Sungai Paremang dengan luas area sebesar 92.776,30 Ha. Daerah Aliran Sungai (DAS) Paremang merupakan DAS yang terdampak banjir pada tanggal 30 April 2019 dan pada tanggal 30 Agustus 2021. Menurut data dari BPBD Luwu terdapat 4 Kecamatan yang terkena banjir. Plt kepala badan penanggulangan bencana daerah (BPBD) mengatakan banjir yang terjadi merendam ratusan rumah di Kelurahan Cilellang akibat meluapnya Sungai Paremang. Selain pemukiman, banjir juga merendam lahan pertanian dan perkebunan dengan ketinggian air 50-70 cm (<https://palopopos.co.id>). Salah satu penyebab banjir yaitu intensitas curah hujan yang tinggi dalam beberapa hari, kemiringan lereng dan adanya alih fungsi lahan atau perubahan penutupan lahan.

Perubahan penutupan lahan merupakan bertambahnya suatu penutupan lahan dari satu sisi penutupan ke penutupan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe penutupan suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan (Koomen, 2007) bahwa perubahan penutupan lahan merupakan proses dinamis yang kompleks, yang saling berhubungan antara lingkungan alam dengan manusia yang memiliki dampak langsung terhadap tanah, air, atmosfer dan isu kepentingan lingkungan global lainnya. Perubahan penutupan lahan diakibatkan oleh semakin meningkatnya permintaan yang tinggi karena aktivitas manusia. Adapun beberapa faktor pendorong yang menyebabkan terjadinya perubahan penutupan lahan seperti, jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke pemukiman serta naiknya angka kelahiran dan kepadatan penduduk sehingga kebutuhan akan lahan tempat tinggal meningkat (Barraclough & Ghimire, 2000).

Pertumbuhan penduduk di Kabupaten Luwu mengalami peningkatan dimana pada tahun 2018 jumlah penduduk sebesar 259.208 jiwa dan pada tahun 2021 mengalami pertambahan dengan total 365.608 jiwa atau mengalami pertumbuhan sebesar 70,90%. (Data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Luwu Tahun 2018 dan 2021).

Identifikasi kondisi penutupan lahan dari waktu ke waktu dapat dilakukan dengan menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Pemanfaatan SIG dan data citra satelit merupakan suatu teknologi yang tepat dalam mengelola data spasial-temporal perubahan penutupan lahan (Rijal dkk., 2016). Pesatnya perkembangan teknologi informasi memberikan kemudahan untuk melakukan penelitian terhadap kondisi alam khususnya teknologi penginderaan jauh dan pemodelan *geographic information system*. Data-data dan informasi yang diperlukan dalam penelitian dapat diperoleh dengan lebih mudah. Kemudahan lainnya juga terjadi dalam proses analisis data. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh ini diharapkan lebih banyak lagi hasil penelitian yang bermanfaat untuk diterapkan dalam kehidupan manusia. Salah satu pemanfaatan teknologi informasi adalah untuk melakukan proyeksi tutupan lahan. Dalam mengamati perubahan tutupan lahan dapat digunakan citra satelit dengan jangka waktu yang berbeda dan kemudian diinterpretasi secara visual ataupun secara digital menggunakan software Arcgis maupun Qgis (Danoedoro, 2012). Analisis perubahan penutupan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan suatu model. Model merupakan salah satu pendekatan untuk mempelajari sesuatu yang terjadi di alam ini. Tutupan lahan dan perkembangan yang akan datang dapat diprediksi menggunakan pendekatan Artificial Neural Network (ANN) dan Cellular Automata (CA). Pemodelan yang bersifat dinamis dapat memproyeksi keadaan yang akan datang (Munibah, 2008).

Daerah Aliran Sungai Paremang merupakan salah satu DAS yang masuk kategori krisis nasional, karena adanya kebutuhan lahan yang semakin tinggi seiring dengan bertambahnya penduduk, maka perlu dilakukan identifikasi perubahan penutupan lahan di DAS Paremang dimasa yang akan datang agar dapat menjadi acuan dalam pengelolaan DAS yang baik. Proyeksi tahun 2027 didasari oleh data citra sentinel yang ada pada tahun 2015, dan melakukan proyeksi ke tahun berikutnya dengan interval per 6 tahun (2015, 2018, dan 2021). Maka dilakukan

penelitian tentang “Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan di Daerah Aliran Sungai Paremang Tahun 2027”.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi perubahan penutupan lahan tahun 2015, 2018 dan tahun 2021 di DAS Paremang,
2. Identifikasi peran faktor pendorong jarak dari jalan, jarak dari sungai, jarak dari pemukiman dan kepadatan penduduk terhadap perubahan penutupan lahan, dan
3. Melakukan proyeksi perubahan penutupan lahan tahun 2027 di DAS Paremang.

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk referensi bagi kegiatan perencanaan pengelolaan DAS serta menjadi dasar dalam perumusan dan penentuan kebijakan pemerintah setempat dalam pembuatan rencana tata ruang wilayah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Peraturan Menteri Kehutanan RI, 2009). Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumberdaya alam (Asdak, 2010).

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan, dengan daerah bagian hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi. Perubahan penutupan lahan di daerah hulu akan memberikan dampak di daerah hilir dalam bentuk fluktuasi debit air, kualitas air dan transport sedimen serta bahan-bahan terlarut di dalamnya. Pengelolaan DAS merupakan aktifitas yang berdimensi biofisik (seperti, pengendalian erosi, pencegahan dan penanggulangan lahan-lahan kritis, dan pengelolaan pertanian konservatif); berdimensi kelembagaan (seperti, insentif dan peraturan-peraturan yang berkaitan dengan bidang ekonomi), dan berdimensi sosial yang lebih diarahkan pada kondisi sosial budaya setempat, sehingga dalam perencanaan model pengembangan DAS terpadu harus mempertimbangkan aktifitas/teknologi pengelolaan DAS sebagai satuan unit perencanaan pembangunan yang berkelanjutan (Efendi, 2008).

DAS dipahami sebagai suatu wilayah yang merupakan kesatuan ekosistem, dengan berbagai komponen di dalamnya yaitu morfometri, tanah, geologi, vegetasi, penutupan lahan dan manusia. Perubahan yang terjadi pada suatu lingkungan DAS akan berpengaruh pada kondisi alam serta lingkungan sosial dan budaya masyarakatnya. Sebagai contoh perkembangan jumlah penduduk, perubahan pola pemanfaatan lahan untuk industri dan perumahan, kegiatan pertanian intensif, pemilihan jenis tanaman yang ditanam serta berbagai intervensi kegiatan manusia

terhadap lahan mengakibatkan perubahan keadaan ekosistem dan mempengaruhi kondisi sosial masyarakatnya (Haryanti, 2010). Adapun menurut Susilowati (2007) definisi DAS berdasarkan fungsi DAS dibagi dalam beberapa Batasan, yaitu:

1. Bagian hulu didasarkan pada fungsi konservasi yang dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi. Fungsi konservasi dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air dan curah hujan.
2. Bagian tengah didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang di kelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial ekonomi antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air dan ketinggian muka air tanah serta terkait prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk dan danau.
3. Bagian hilir didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk memberikan manfaat baik kepentingan sosial dan ekonomi yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan dan terkait kebutuhan pertanian, air bersih serta pengelolaan air limbah.

2.2 Penutupan Lahan

Lahan adalah suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrologi, dan vegetasi, dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi potensi penggunaannya. Termasuk didalamnya adalah akibat-akibat kegiatan manusia, baik pada masa lalu maupun sekarang (Hardjowigeno, dkk, 2001). Penggunaan lahan (*land use*) merupakan kenampakan sosial ekonomis suatu areal, pengelompokan kelas penggunaan lahannya disesuaikan dengan kegiatan manusia pada bidang tersebut, sedangkan penutupan lahan (*land cover*) merupakan gambaran obyek (kenampakan biofisik) di permukaan bumi yang diperoleh dari sumber data terpilih (umumnya data penginderaan jauh) dan dikelompokkan ke dalam kelas-kelas tutupan yang sesuai dengan kebutuhannya (Badan Standar Nasional, 2014).

Perbedaan mendasar antara penggunaan lahan (*land use*) dan penutupan lahan (*land cover*). Penggunaan lahan berkaitan dengan aktivitas manusia yang secara langsung berhubungan dengan lahan, dimana terjadi penggunaan dan

pemanfaatan dan sumber daya yang ada serta menyebabkan dampak pada lahan. Produksi tanaman, tanaman kehutanan, pemukiman perumahan adalah bentuk dari penggunaan lahan. Sementara, penutupan lahan berhubungan dengan vegetasi (alam atau ditanam) atau konstruksi oleh manusia (bangunan dan lain-lain) yang menutupi permukaan tanah. Sebagai contoh, hutan, padang rumput, tanaman pertanian, rumah merupakan penutupan lahan. Penutupan lahan adalah fakta dari fenomena sederhana yang dapat diamati dilapangan (Baja, 2012).

Perubahan penggunaan lahan secara langsung menyebabkan perubahan tutupan lahan. Perubahan penutupan lahan diartikan sebagai suatu proses perubahan dari penutupan lahan sebelumnya ke penutupan lain yang bersifat permanen maupun sementara dan merupakan konsekuensi logis dari adanya pertumbuhan dan transformasi perubahan struktur sosial ekonomi masyarakat yang sedang berkembang baik untuk tujuan komersial maupun industri.

Perubahan penutupan lahan pada umumnya dapat diamati dengan menggunakan data spasial dari peta penutupan lahan dari titik tahun yang berbeda (Nurrizqi & Suyono, 2012). Data-data penginderaan jauh seperti citra satelit, radar, dan foto udara sangat berguna dalam pengamatan perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan (*landuse change*) meliputi pergeseran penggunaan lahan menuju penggunaan lahan yang berbeda atau diverifikasi pada penggunaan lahan yang sudah ada. Secara umum perubahan penggunaan lahan akan mengubah: (a) karakteristik aliran sungai, (b) jumlah aliran permukaan, (c) sifat hidrologis daerah yang bersangkutan (Feri, 2007). Klasifikasi penutupan lahan terdiri atas 23 kategori.

2.3 Klasifikasi Penutupan Lahan

Klasifikasi penutupan lahan merupakan upaya pengelompokan berbagai jenis penutupan lahan kedalam suatu kesamaan sesuai dengan sistem tertentu. Klasifikasi penutupan lahan digunakan sebagai pedoman atau acuan dalam proses interpretasi citra penginderaan jauh untuk tujuan pembuatan peta penutupan lahan (Ardiansah, 2017).

Informasi penutupan lahan skala nasional dihasilkan dari hasil interpretasi citra resolusi sedang. Hampir seluruh informasi diperoleh dari penafsiran data

Landsat. Citra satelit landsat dipilih karena merupakan citra satelit yang memiliki resolusi temporal yang cukup pendek/rapat sehingga dapat memberikan informasi yang konsisten dan berkesinambungan dan juga memiliki cakupan data meliputi seluruh Indonesia (217 scene).

Penutupan lahan skala nasional memiliki 22 kelas penutupan lahan dengan 7 kelas penutupan hutan dan 15 kelas penutupan bukan hutan. Penetapan standar kelas ini didasarkan pada pemenuhan kepentingan di lingkup Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan secara khusus dan institusi-institusi terkait tingkat nasional secara umum. Berikut adalah 12 kelas penutupan lahan dalam penelitian ini yang dihimpun dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020).

a. Hutan Lahan Kering Primer (Hp/2001)

Seluruh kenampakan hutan dataran rendah, hutan perbukitan, hutan pegunungan (dataran tinggi dan sub alpin), hutan kerdil, hutan kerangas, hutan di atas batuan kapur, hutan di atas batuan ultra basa, hutan daun jarum, hutan luruh daun dan hutan lumut (ekosistem alami) yang menampakkan gangguan manusia (bekas penebangan, bekas kebakaran, jaringan jalan dll.), tidak termasuk gangguan alam (banjir, tanah longsor, gempa bumi dll.)

b. Hutan Lahan Kering Sekunder (Hs/2002)

Hutan lahan kering primer yang mengalami gangguan manusia (bekas penebangan, bekas kebakaran, jaringan jalan, dll.), termasuk yang tumbuh kembali dari bekas tanah terdegradasi.

c. Hutan Mangrove Sekunder (Hms/20041)

Hutan mangrove primer yang mengalami gangguan manusia (bekas penebangan, bekas kebakaran, jaringan jalan dll.), termasuk yang tumbuh/ditanam pada tanah sedimentasi.

d. Hutan Tanaman (Ht/2006)

Seluruh kenampakan hutan yang seragam (monokultur) yang dapat berasal dari kegiatan reboisasi/reklamasi/penghijauan/industri.

e. Perkebunan (Pk/2010)

Seluruh kenampakan hasil budidaya tanaman keras yang termasuk kelompok perkebunan, antara lain sawit, karet, kelapa, coklat, kopi, teh.

- f. Semak Belukar (B/2007)
Seluruh kenampakan areal/kawasan yang didominasi oleh vegetasi rendah yang berada pada lahan kering.
- g. Semak Belukar Rawa (Br/20071)
Seluruh kenampakan areal/kawasan yang didominasi oleh vegetasi rendah dan berada pada daerah tergenang air tawar serta di belakang hutan payau.
- h. Savana/Padang Rumput (S/3000)
Seluruh kenampakan vegetasi rendah alami dan permanen yang berupa padang rumput.
- i. Pertanian Lahan Kering (Pt/20091)
Seluruh kenampakan hasil budidaya tanaman semusim di lahan kering seperti tegalan dan ladang.
- j. Pertanian Lahan Kering Campur Semak (Pc/20092)
Seluruh kenampakan yang merupakan campuran areal pertanian, perkebunan, semak dan belukar
- k. Sawah (Sw/20093)
Seluruh kenampakan hasil budidaya tanaman semusim di lahan basah yang dicirikan oleh pola pematang.
- l. Tambak (Tm/20094)
Seluruh kenampakan perikanan darat (ikan/udang) atau penggaraman yang tampak dengan pola pematang, biasanya berada di sekitar pantai.
- m. Permukiman (Pm/2012)
Kawasan permukiman, baik perkotaan, perdesaan, industri dan lain-lain.
- n. Lahan Terbuka (T/2014)
Seluruh kenampakan lahan terbuka tanpa vegetasi, baik yang terjadi secara alami maupun akibat aktivitas manusia (singkapan batuan puncak gunung, puncak bersalju, kawah vulkan, gosong pasir, pasir pantai, endapan sungai, pembukaan lahan serta areal bekas kebakaran).
- o. Tubuh Air (A/5001)
Semua kenampakan perairan, termasuk laut, sungai, danau, waduk, terumbu karang, padang lamun dll.

2.4 Perubahan Penutupan Lahan

Perubahan penutupan lahan adalah bertambahnya suatu penutupan lahan dari satu sisi penutupan ke penutupan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe penutupan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda (Wahyunto, 2001). Perubahan penutupan lahan pada umumnya dapat diamati dengan menggunakan data spasial dari peta penutupan lahan dari beberapa titik tahun yang berbeda. Data penginderaan jauh seperti citra satelit, radar, dan foto udara sangat berguna dalam pengamatan perubahan penutupan lahan.

Faktor utama yang mendorong perubahan penutupan lahan adalah jumlah penduduk yang semakin meningkat sehingga mendorong mereka untuk merubah lahan. Tingginya angka kelahiran dan perpindahan penduduk memberikan pengaruh yang besar pada perubahan penutupan lahan. Perubahan penutupan lahan juga bisa disebabkan adanya kebijaksanaan pemerintah dalam melaksanakan pembangunan di suatu wilayah. Selain itu, pembangunan fasilitas sosial dan ekonomi seperti pembangunan pabrik juga membutuhkan lahan yang besar walaupun tidak diiringi dengan adanya pertumbuhan penduduk disuatu wilayah (Diana, 2008).

2.5 Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis (SIG) adalah sebuah sistem atau teknologi berbasis komputer yang dibangun dengan tujuan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah, dan menganalisa, serta menyajikan data dan informasi dari suatu obyek atau fenomena yang berkaitan dengan letak atau keberadaannya di permukaan bumi (Ekadinata; dkk, 2008). Dalam artian sederhana sistem informasi geografis dapat disimpulkan sebagai gabungan kartografi, analisis statistik, dan teknologi sistem basis data (*database*) (Irwansyah, 2013). Menurut Burrough and McDonnel (1998) dalam Baja (2012) mendefinisikan GIS dari tiga sudut pandang: kotak (*tool box*), database, dan organisasi. Dengan demikian, GIS merupakan suatu sistem pengelola data spasial yang handal (*powerfull*) dan sekaligus sebagai suatu sistem penunjang keputusan (*decision support system*). Dari segi strukturnya GIS terdiri dari komponen-komponen yang meliputi perangkat keras (*hardware*),

perangkat lunak (*software*), kumpulan data, sistem pengelolaan data, serta organisasi di mana GIS di implementasikan.

SIG tidak lepas dari data spasial, yang merupakan sebuah data yang mengacu pada posisi, obyek, dan hubungan di antaranya dalam ruang bumi. Data spasial merupakan salah satu item dari informasi di mana di dalamnya terdapat informasi mengenai bumi termasuk permukaan bumi, dibawah permukaan bumi, perairan, kelautan, dan bawah atmosfer (Irwansyah, 2013). Data spasial sebagai data yang paling penting dalam SIG terdiri atas dua macam, yaitu (Sari, 2007).

Data Raster dan Data Vektor

Model data raster menampilkan dan menyimpan spasial dengan menggunakan struktur matriks atau pixel-pixel yang membentuk grid. Akurasi model data ini sangat bergantung pada resolusi atau ukuran pixelnya (*sel grid*) di permukaan bumi. Konsep model data ini adalah dengan memberikan nilai yang berbeda untuk tiap-tiap pixel atau grid dari kondisi yang berbeda (Mandy, 2018). Model data vektor yang menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis, atau kurva atau poligon beserta atribut-atributnya. Bentuk dasar representasi data spasial di dalam system model data vector, didefinisikan oleh sistem koordinat kartesian dua dimensi (x, y) (Mandy, 2018).

2.6 Identifikasi Penutupan Lahan

Penginderaan jauh berasal dari kata *Remote sensing* yang memiliki pengertian bahwa suatu ilmu dan seni untuk memperoleh data dan informasi dari suatu objek dipermukaan bumi dengan menggunakan alat yang tidak berhubungan langsung dengan objek yang dikajinya. Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) merupakan pengamatan suatu obyek menggunakan sebuah alat dari jarak jauh. Penginderaan jauh merupakan suatu metode pengamatan yang dilakukan tanpa menyentuh obyeknya secara langsung. Penginderaan jauh adalah pengkajian atas informasi mengenai daratan dan permukaan air bumi dengan menggunakan citra yang diperoleh dari sudut pandang atas (*overhead perspective*), menggunakan radiasi elektromagnetik dalam satu beberapa bagian dari spektrum elektromagnetik yang

dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Campbell 2011 dalam Pratama, 2018).

Citra satelit awalnya digunakan di bidang militer dan lingkungan. Tetapi semakin banyak digunakan dalam bidang produksi peta, pertanian, kehutanan, perencanaan tanah nasional, perencanaan kota. Kemungkinan akuisisi data berkala citra satelit yang beragam antara citra satelit hiperspektral dan resolusi tinggi menjadikan citra satelit sumber daya penting untuk pencatatan tanah nasional. Ketersediaan citra satelit dikalangan masyarakat umum sekarang memungkinkan semua orang untuk menggunakan gambar satelit menjadi lebih banyak (Upadhyay, 2012).

Sentinel-2 adalah misi pencitraan beresolusi tinggi multitektral yang mengorbit polar untuk pemantauan lahan untuk memberikan, misalnya, citra vegetasi, tanah dan tutupan air, perairan pedalaman dan daerah pesisir.

2.6.1 Citra Satelit Sentinel 2A

Menurut Indarto (2014), citra satelit merupakan representasi gambar menggunakan berbagai jenis panjang gelombang yang digunakan untuk mendeteksi dan merekam energi elektromagnetik. Citra dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu objek yang sedang diamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu alat pantau/sensor, baik optik, elektro optik, optikmekanik, maupun elektromagnetik. Citra memerlukan proses interpretasi atau penafsiran terlebih dahulu dalam pemanfaatannya (Ayu; dkk, 2016)

Sentinel 2 adalah salah satu satelit penginderaan jauh dengan sensor pasif buatan Eropa multispektal yang mempunyai 13 band, 4 band beresolusi 10 m, 6 band beresolusi 20 m, dan 3 band beresolusi spasial 60 m dengan area sapuan 290 km. Tujuan dari Sentinel 2 untuk menyajikan data untuk kepentingan monitoring lahan, dan merupakan data dasar untuk penggunaan pada beragam aplikasi, mulai dari pertanian sampai perhutanan, dari monitoring lingkungan sampai dengan perencanaan perkotaan, deteksi perubahan tutupan lahan, penggunaan lahan, pemetaan risiko bencana serta beragam aplikasi lainnya.

Tabel 1. Karakteristik Citra Sentinel 2

Sentinel 2 Band	Panjang Gelombang	Resolution
Band 1 – Coastal Aerosol	0.443 – 0.453	60
Band 2 – Blue	0.458 – 0.528	10
Band 3 – Green	0.543 – 0.578	10
Band 4 – Red	0.650 – 0.680	10
Band 5 – Vegetation Red Edge	0.698 – 0.713	20
Band 6 – Vegetation Red Edge	0.733 – 0.748	20
Band 7 – Vegetation Red Edge	0.765 – 0.785	20
Band 8 - NIR	0.758 – 0.900	10
Band 8A – Vegetation Red Edge	0.855 – 0.875	20
Band 9 – Water vapour	0.930 – 0.950	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1.365 – 1.385	60
Band 11 - SWIR	1.565 – 1.655	20
Band 12 - SWIR	2.100 – 2.280	20

Sentinel 2 akan memberikan kontribusi signifikan terhadap pemantauan lahan dengan data masukan untuk perubahan tutupan lahan. Adapun penerapan sentinel 2 diberbagai bidang yaitu pemantauan hutan memberikan kontribusi terhadap keanekaragaman hayati hutan dan koservasi tanah, perencanaan kota yaitu agar menjamin keberlanjutan dan keseimbangan pengembangan secara konsisten, pemantauan air yaitu memberikan informasi mengenai peramalan kelangkaan air dan kekeringan (Kawamuna, dkk., 2017).

2.6.2 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan tahap awal pengolahan data sebelum analisis dilakukan untuk suatu tujuan, misalnya untuk identifikasi liputan lahan pertanian dan hutan. Proses koreksi radiometrik mencakup koreksi efek-efek yang berhubungan dengan sensor untuk meningkatkan kontras (*enhazncement*) setiap piksel (*picture element*) dari citra, sehingga objek yang terekam mudah dianalisis untuk menghasilkan data/informasi yang benar sesuai dengan keadaan lapangan. Pada umumnya citra satelit memiliki nilai Digital Number (DN) asli yang belum diproses berdasarkan nilai spektral radian sesungguhnya yang akan berdampak pada informasi hasil yang kurang akurat. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan oleh perbedaan kondisi cuaca, nilai sudut perekaman, lokasi matahari, dan faktor

pengaruh lainnya (Kustiyo, 2014). Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki beberapa kesalahan yang terjadi pada citra satelit. Kesalahan radiometrik berupa pergeseran nilai atau derajat keabuan elemen gambar (pixel) pada citra agar mendekati nilai yang seharusnya dan juga memperbaiki kualitas visual citra (Sinaga, 2018).

Pada citra Sentinel 2A pengukuran radiometric tiap piksel citra disediakan dalam satuan reflektansi *Top of Atmosphere* (TOA) pada semua parameter untuk diubah menjadi radiansi (European Space Agency, 2015). Jadi, citra ini telah dilakukan koreksi radiometrik dan geometrik sistematis oleh pihak sentinel.

2.6.3 Interpretasi Citra

Interpretasi citra merupakan perbuatan mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Pengolahan citra menjadi data penutupan lahan dilakukan dengan metode interpretasi citra. Teknik interpretasi citra penutupan lahan dilakukan dengan proses digitasi yaitu mengkonversi data analog menjadi data digital yang atributnya dapat ditambah berupa informasi dari objek yang dimaksud. Dalam hal ini dibutuhkan unsur-unsur pengenalan objek ataupun gejala yang terekam pada citra.

Proses interpretasi citra dengan bantuan komputer dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan tingkat otomatisnya. Keduanya ialah klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) dan klasifikasi tidak terbimbing (*Unsupervised Classification*). Klasifikasi terbimbing meliputi sekumpulan algoritma yang didasari pemasukan contoh objek oleh operator. Berbeda halnya dengan klasifikasi tidak terbimbing (*Unsupervised Classification*), secara otomatis diputuskan oleh komputer, tanpa campur tangan operator (kalaupun ada, proses interaksi ini sangat terbatas) (Danoedoro, 2012).

Metode klasifikasi lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing maupun tidak terbimbing memiliki kekurangan dan kelebihan. Metode klasifikasi terbimbing baik digunakan untuk kawasan yang sudah diketahui dan akses mudah dijangkau untuk keperluan pengenalan tutupan lahan secara terestris. Metode klasifikasi tidak terbimbing baik digunakan untuk pembuatan klasifikasi lahan di kawasan yang belum terlalu dikenali dan akses yang susah untuk dimasuki secara

terestris (Radityo, 2010). Citra Sentinel 2A Tahun 2015 dapat dilihat pada Lampiran 1, Citra Sentinel 2A Tahun 2018 dapat dilihat pada Lampiran 2, Citra Sentinel 2A Tahun 2021 dapat dilihat pada Lampiran 3, dan klasifikasi kelas penutupan lahan berdasarkan (BSNI) 7645:2014 dapat dilihat pada Lampiran 4.

Composite Band

Citra yang dihasilkan oleh satelit Sentinel-2 memiliki resolusi spasial sebesar 10 meter untuk 4 band, 20 meter untuk 6 band, dan 3 band sisanya memiliki resolusi spasial sebesar 60 meter. Citra satelit Sentinel-2 juga memiliki 13 band *multispektral*, yang dibagi atas spektrum visible (*coastal aerosol*, merah, hijau), *near infrared*, dan *shortwave infrared*. (ESA, 2015).

Tabel 2. Penggunaan kombinasi band citra satelit sentinel 2A (<https://www.esa.int/>)

Aplikasi	Kombinasi Band
<i>Natural color (True color)</i>	4, 3, 2
Geologi	12, 11, 2
<i>Color infrared (Vegetation)</i>	8, 4, 3
<i>Agriculture (Pertanian)</i>	11, 8, 2
<i>Bathymetric</i>	4, 3, 1
<i>Vegetation Index</i>	$(8-4)/(8+4)$
Indeks Kelembaban	$(8A-11)/(8A+aa)$
<i>Shortwave infrared</i>	12, 8A, 4

2.7 Uji Akurasi

Pengujian ketelitian (akurasi) hasil interpretasi merupakan langkah yang sangat penting dalam aplikasi penginderaan jauh, karena suatu hasil interpretasi layak atau tidaknya untuk digunakan tergantung pada seberapa besar tingkat ketelitian hasil interpretasi. Hasil interpretasi citra mencerminkan kompetensi seorang penafsir citra, meskipun kompetensi ini bukan satu-satunya faktor yang menentukan akurasi. Faktor lainnya yang berperan terhadap akurasi ini adalah kualitas citra, umur citra, dan faktor demografis (usia, jenis kelamin, pengalaman), aspek kognitif dan non kognitif. Hasil interpretasi yang memenuhi syarat dapat dipercaya kebenarannya dan dapat dijadikan dasar untuk melakukan sejumlah

keputusan. Bila hasil uji akurasi ini memiliki persentase minimal yang ditetapkan berarti hasil interpretasi akurat (Coillie, dkk., 2014).

Menurut Short (1982), terdapat empat metode untuk menguji ketelitian hasil interpretasi citra, yakni: *field checks at selected points, estimate of agreement between Landsat and reference maps or photos, statistical analysis, and confusion matrix calculation*. Cara pengujian ketelitian hasil interpretasi yang banyak digunakan penelitian penginderaan jauh adalah dengan menggunakan metode *confusion matrix calculation*. Metode-metode uji ketelitian tersebut sebenarnya digunakan untuk menguji ketelitian hasil interpretasi data citra digital Landsat, tetapi tidak tertutup kemungkinan untuk digunakan pada uji ketelitian hasil interpretasi citra lainnya seperti Sentinel -2 yang memiliki resolusi spasial berbeda (lebih besar dari Landast) dengan cara memodifikasinya. Adapun Uji Akurasi yang bisa dihitung berdasarkan tabel di bawah antara lain, *User's accuracy, Producer's Accuracy dan Overall accuracy* (Jaya, 2007).

Tabel 3. Matriks Konfusi

		Data Interpretasi			Total baris	Producer's accuracy
		A	B	C		
Data Referensi	A	X_{ii}			X_{i+}	X_{ii}/X_{i+}
	B		X_{ii}			
	C			X_{ii}		
Total kolom		X_{+1}			N	
User's Accuracy		X_{ii}/X_{+1}				

Secara matematis akurasi diatas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$User's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+1}} \times 100\%$$

$$Producer's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{1+}} \times 100\%$$

$$Overall Accuracy = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{X_{+1}} \times 100\%$$

Keterangan:

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

X_{i+} = jumlah piksel dalam baris ke-i

X_{+i} = jumlah piksel dalam kolom ke-i

Kappa akurasi adalah akurasi yang mempertimbangkan semua elemen yang ada pada confusion matrix. Akurasi kappa sering dianggap paling relevan karena mencakup omission dan commission error-nya (Jaya dkk., 2022). Menurut Jaya (2010) dalam Sampurno dan Thoriq (2016), saat ini akurasi yang dianjurkan adalah akurasi kappa, karena overall accuracy secara umum masih over estimate. Akurasi kappa ini sering juga disebut dengan indeks kappa. Secara matematis akurasi kappa disajikan sebagai berikut:

$$\text{Kappa Accuracy} = \frac{N \sum X_{nn} - \sum X_{n+} X_{+n}}{N^2 - \sum X_{n+} X_{+n}} \times 100\%$$

Keterangan :

N = banyaknya piksel dalam contoh

X = nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan Kolom ke-i

X_{ii} = jumlah piksel dalam baris ke-i

X_{i+} = jumlah piksel dalam kolom ke-i

Uji hasil akurasi bertujuan untuk mengetahui tingkat ketelitian pemetaan pada saat melakukan klasifikasi. Klasifikasi citra dianggap benar jika hasil perhitungan matriks konfusi nilai yang diterima yaitu $\geq 85\%$ atau 0,85 (Arison dang, 2015)

Unsur Interpretasi Citra

Unsur-unsur inilah yang dinamakan unsur interpretasi. Ada 9 jenis unsur interpretasi, yaitu (Sutanto, 1986 dalam Nasir, 2018):

1. Rona/Warna, merupakan karakteristik spectral, karena rona/warna termasuk akibat besar kecilnya tenaga pantulan maupun pancaran. Unsur ini nampak pada citra dengan tingkat cerah dan gelapnya suatu objek. Umumnya rona/warna diklasifikasikan menjadi cerah, agak cerah, sedang, agak kelabu dan kelabu. Tingkatan rona/warna ini diukur secara kualitatif.

2. Ukuran, unsur ini merupakan ukuran dari suatu objek secara kualitatif maupun kuantitatif. Ukuran kualitatif ditunjukkan dengan besar, sedang, dan kecil (seperti : objek hutan, perkebunan). Sedangkan ukuran dapat diukur secara kuantitatif yang ditunjukkan dengan ukuran objek dilapangan, karena itu skala harus diperhitungkan sebelum interpretasi citra maupun data digit.
3. Bentuk, unsur ini ditunjukkan dengan bentuk dari objek, karena setiap objek mempunyai bentuk seperti : Jalan = memanjang, Lapangan Bola = persegi, dan sebagainya.
4. Tekstur sering dinyatakan dengan tingkat kekasaran (kasar, halus) suatu objek. Tekstur dibedakan menjadi tiga tingkatan yaitu tekstur halus, sedang dan kasar. Tingkat kekasaran objek pada citra ditentukan oleh kerapatan objek, ketinggian, dan homogenitas objek. Objek yang rapat, ketinggian rendah, dan homogen akan tampak halus. Pengenalan objek berdasarkan tekstur misalnya: hutan bertekstur kasar dibandingkan dengan semak belukar yang bertekstur sedang dan rerumputan yang bertekstur halus. Tanaman yang rapat bertekstur lebih halus dibanding tanaman yang jarang, Permukaan air yang tenang bertekstur halus dibanding air yang deras.



Gambar 1. Citra yang menampilkan bentuk gedung perkantoran dan gunung

5. Pola, merupakan unsur keteraturan dari suatu objek dilapangan yang nampak pada citra. Objek manusia umumnya memiliki suatu pola tertentu yang diklasifikasikan menjadi : teratur, kurang teratur, dan tidak teratur.



Gambar 2. Ukuran objek pada citra

6. Tinggi, unsur ini akan nampak bila objek itu mempunyai tinggi, dan tiap objek memiliki tinggi kecuali permukaan air, tetapi untuk citra skala kecil tinggi objek tidak nampak. Tinggi dapat diukur bila skalanya memungkinkan, terutama citra foto yang menunjukkan bentuk 3 dimensi.
7. Bayangan, objek yang mempunyai tinggi akan mempunyai bayangan dan bayangan dapat digunakan untuk mengukur tinggi suatu objek. Bayangan ditunjukkan dengan ukuran yang nampak pada citra maupun data digit. Pengukuran panjang bayangan dan mengetahui jam terbang dapat diketahui tinggi suatu objek.
8. Situs, unsur ini merupakan ciri khusus yang dimiliki suatu objek dan setiap objek mempunyai situs, seperti ; lapangan bola mempunyai situs anak gawang dan podium, sawah mempunyai situs pematang atau galengan dan sebagainya. Sehingga tinggi objek diketahui.
9. Asosiasi, unsur ini digunakan untuk menghubungkan suatu objek dengan objek lain, karena kenyataan suatu objek akan berasosiasi dengan objek lain dan berkaitan seperti ; sawah berasosiasi dengan aliran air (irigasi), permukiman dan sebagainya

Interpretasi citra dan data digit dengan menggunakan unsur interpretasi citra tidak harus semua unsur digunakan, meskipun hanya beberapa unsur yang digunakan, tetapi objek dapat diperkirakan maka unsur lain diabaikan. Sebaliknya jika objek belum diketahui dengan semua unsur tersebut, seharusnya objek tersebut dilakukan cekung lapangan (Sugandi, 2010). Faktor-faktor alam yang terbentuk

menjadi suatu objek di permukaan bumi pada kenyataan mempunyai keterkaitan antara satu faktor dengan faktor lainnya, dimana faktor-faktor tersebut saling berinteraksi dan interdependensi. Oleh karena itu objek-objek yang tidak nampak dapat diinterpretasi dengan menggunakan teknik interpretasi. Dalam teknik interpretasi citra, diklasifikasikan menjadi dua, yaitu (Lillesand dan Kiefer, 1994):

a. Teknik Langsung

Teknik interpretasi dilakukan interpretasi citra maupun dijit secara langsung terhadap objek-objek yang nampak, seperti: vegetasi dan penggunaan lahan, pola aliran sungai, jaringan jalan dan sebagainya.

b. Teknik Tidak Langsung

Teknik interpretasi yang dilakukan interpretasi terhadap objek-objek yang tidak nampak pada citra maupun data dijit, karena tertutup oleh vegetasi dan penggunaan lahan, tetapi objek tersebut dapat diinterpretasi dengan menggunakan asosiasi suatu objek. Artinya mengaitkan objek yang tidak nampak dengan yang nampak, misalnya: jenis tanah, bila diketahui jenis vegetasinya adalah padi dengan morfologinya datar, terdapat sungai, maka dapat diduga bahwa daerah tersebut merupakan tempat sedimentasi dengan material halus, maka objek yang diinterpretasi yang dapat diperkirakan adalah jenis tanah aluvial.

2.8 Proyeksi 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. Model adalah penyederhanaan suatu sistem tertentu di dunia nyata. Pemodelan penutupan lahan, dibangun dengan mengkombinasikan model dinamika perubahan lahan dengan SIG (Purnomo, 2019). Pada penelitian ini, proyeksi tutupan lahan dilakukan menggunakan aplikasi Quantum GIS yang terintegrasi dengan *Plugin Molusce*. Molusce sendiri menggunakan *cellular automata* untuk memprediksi perubahan lahan dan metode *artificial neural network* untuk membuat model perubahan penutupan lahan. Dalam melakukan prediksi perubahan lahan, Molusce memerlukan data raster penutupan lahan minimal tiga tahun, yaitu dua untuk t_0 (awal) dan t_1 (akhir), serta satunya

untuk t2 (validasi). Selain itu, jumlah kelas atau klasifikasi penutupan lahan harus sama, jika tidak maka Molusce tidak bisa berjalan dengan baik. Selanjutnya Molusce memerlukan minimal satu *driving factor* (faktor pendorong) terjadinya perubahan penutupan lahan seperti jarak dari jalan, sungai, pemukiman atau kepadatan penduduk. Semua data raster juga harus memiliki resolusi spasial yang sama.

2.8.1 Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*)

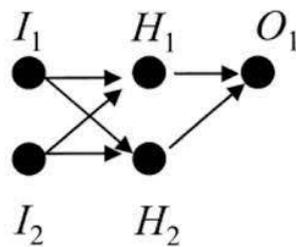
Artificial neural network merupakan sistem yang didasarkan pada pengoperasian jaringan saraf biologis, yang merupakan emulsi dari sistem saraf biologi. Ide mendasar dari *artificial neural network* adalah mengadopsi mekanisme berpikir sebuah sistem yang menyerupai otak manusia. *Artificial neural network* dapat diaplikasikan untuk memodelkan suatu perubahan penggunaan lahan, dengan tahapan (1) menentukan input dan arsitektur jaringan, (2) melatih jaringan, (3) menguji jaringan dan (4) menggunakan informasi yang telah dihasilkan memprediksi perubahan penutupan lahan (Tasha, 2012).

Kelebihan dari jaringan syaraf tiruan ini yaitu mampu mengenali data yang belum dilatihkan (generalisasi), dapat menggabungkan data spektral dan data non spektral, serta kemampuan mengingat data yang dilatihkan dalam jumlah yang banyak (memorisasi). Kemampuan dasar *Artificial neural network* adalah mampu mempelajari contoh input dan output yang diberikan, kemudian belajar beradaptasi dengan lingkungan sehingga mampu memecahkan permasalahan yang tidak dapat dipecahkan dengan pendekatan lain. Selain itu, *Artificial neural network* mampu menyelesaikan permasalahan dimana hubungan antara input dan output tidak diketahui dengan jelas (Hapsary, 2021).

Artificial neural network telah digunakan di berbagai disiplin ilmu seperti ekonomi, kesehatan, klasifikasi bentang lahan, pengenalan pola, prediksi kondisi iklim, dan penginderaan jauh. Tahap pelatihan dan pengujian pada *artificial neural network* harus dilakukan dengan hati-hati. Pada tahap pelatihan, nilai input akan dikalikan dengan suatu bobot yang nilainya ditentukan secara acak. Pada tahap pengujian, data yang terpisah akan disajikan untuk melatih jaringan secara independen dalam mengukur tingkat kesalahan. *Artificial neural network* dapat diaplikasikan untuk memodelkan suatu perubahan penutupan lahan dalam empat

tahap, yaitu (1) menentukan input dan arsitektur jaringan, (2) melatih jaringan menggunakan sebagian piksel dari input, (3) menguji jaringan menggunakan semua piksel dari input dan (4) menggunakan informasi yang telah dihasilkan oleh jaringan untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan (Tasha, 2012).

Menurut Tasha (2012) *Multi Layer Perceptron* (MLP) adalah salah satu bentuk arsitektur jaringan *Artificial neural network* yang paling banyak digunakan. MLP umumnya terdiri dari tiga jenis layer dengan topologi jaringan seperti gambar di bawah, yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu hubungan non linier di kehidupan nyata



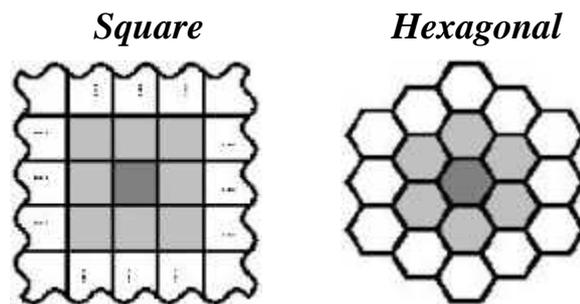
Gambar 3. Ilustrasi Multi Layer Perceptron

2.8.2 Otomata Seluler (*Cellular Automata*)

Cellular Automata (CA) merupakan suatu metode komputasi yang bergantung terhadap aturan sederhana dan berkembang menurut aturan tersebut dari waktu ke waktu yang dapat memprediksi sebuah perubahan sistem dinamik. (Maharany, 2021). Cellular Automata (CA) adalah sistem dinamika diskrit dimana ruang dibagi kedalam bentuk spasial sel teratur dan waktu berproses pada setiap tahapan yang berbeda. Sedangkan menurut (Rahmah, 2020) CA adalah model sederhana dari proses distribusi spasial dalam GIS berbasis raster. Model CA pada umumnya digunakan untuk memprediksi perkembangan di masa lalu mempengaruhi masa depan melalui interaksi lokal di antara bidang tanah dan CA terdiri dari lima unsur yaitu sel, kondisi, ketetanggaan, aturan transisi, dan waktu. Matriks peluang transisi akan dihasilkan pada proses ini dan dijadikan dasar untuk melakukan proyeksi penggunaan lahan ke depan.

Otomata seluler (*cellular automata*) adalah model sederhana dari proses terdistribusi spasial (*spatial distributed process*) dalam GIS, penggunaan otomata

seluler dapat di lakukan pada beberapa *software* berbasis spasial salah satunya pada Quantum GIS yang di bantu oleh Plugin *Molusce (Modules for Land Use Cange Evaluation)*. Data terdiri dari susunan sel-sel (grid), dan masing-masing diatur sedemikian rupa sehingga hanya diperbolehkan berada di salah satu dari beberapa keadaan. Sel-sel tetangga (*neighborhoods*) merupakan bagian penting yang merepresentasikan kesatuan cell yang berinteraksi langsung dengan pusat cell. Jumlah dari sel tetangga sangat dipengaruhi oleh lattice dari sel tersebut. Bentuk pixel *cellular automata* (CA) diperlihatkan pada gambar berikut (Paramita, 2010):



Gambar 4. *Cellular Automata*

Pusat cell ditandai dengan warna hitam sedangkan *neighborhoods* ditandai dengan warna abu-abu. Lattice yang akan digunakan dalam sistem ini adalah berbentuk Square dengan cell pusatnya yang berbentuk segiempat, maka sel-sel tetangganya akan semakin banyak. Sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem yang dinamis (Paramita, 2010). *Cellular Automata* (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 pertumbuhan 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).

Metode Cellular Automata ini memiliki kekurangan yaitu hanya menampilkan proses dan prediksi pertumbuhan suatu piksel tetapi tidak dapat memberikan informasi mengenai hubungan antar variabel bebas (*independent*

variable) dan variabel terikat (*dependent variable*) dan sebagai penyebab proses pertumbuhan. Oleh sebab itu, model CA sering dikombinasikan dengan sistem lain untuk meningkatkan akurasinya, seperti *Artificial Neural Network* (Hapsary, 2021).

2.8.3 Faktor Pendorong Perubahan Penutupan Lahan

Identifikasi faktor pendorong dengan menggunakan analisis deskriptif dengan memilih beberapa variabel yang mendorong perubahan penutupan lahan. Diantara banyaknya faktor-faktor yang dapat mendorong perubahan penutupan lahan dalam suatu wilayah beberapa diantaranya mempunyai aspek yang berbeda. Kubangun (2016) menyimpulkan bahwa semakin dekat jarak perubahan lahan dari permukiman, jalan, dan sungai, serta semakin banyak penduduk yang menempati suatu lahan maka semakin banyak terjadi perubahan lahan di daerah tersebut. Beberapa faktor pendorong perubahan suatu penutupan lahan diantaranya jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke pemukiman, kepadatan penduduk, pendapatan penduduk, lereng, tanah dan iklim.

Jarak ke jalan, sungai dan pemukiman digunakan sebagai faktor perubahan dari segi budaya masyarakat, artinya semakin dekat penutupan lahan terhadap jalan, sungai dan pemukiman maka semakin cepat perubahan penutupan lahan yang terjadi (Hapsary, 2021). Kepadatan dan pendapatan penduduk termasuk ke dalam faktor sosial ekonomi yang mendorong perubahan, dimana faktor tersebut menggambarkan secara konkrit jumlah permintaan lahan pemukiman. Lereng, tanah dan iklim juga mempengaruhi berubahnya suatu penutupan lahan (Tasha, 2012). *Korelasi Pearson* menurut Santoso (2009) merupakan salah satu metode untuk mengukur tingkat asosiasi (hubungan) atau korelasi antar variabel faktor. Nilai uji korelasi semakin mendekati 1 maka menunjukkan keterkaitan atau hubungan yang erat antar variabel.