

SKRIPSI
PROYEKSI PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN DAN
RENCANA POLA RUANG DI
DAERAH ALIRAN SUNGAI LAMASI
TAHUN 2031

Oleh :
ADWAN NA'EMURRAHMAN
M01181316



PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEKSI PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN DAN
RENCANA POLA RUANG DI
DAERAH ALIRAN SUNGAI LAMASI
TAHUN 2031

Disusun dan diajukan oleh
ADWAN NA' IEMURRAHMAN
M011181316

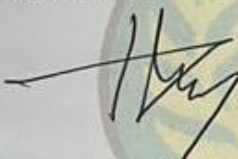
Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi
program sarjana Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin


Pada Tanggal 8 November 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

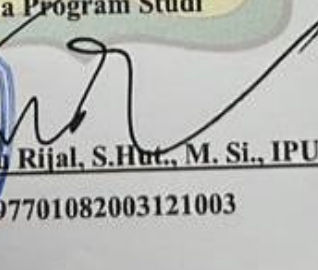
Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Roland A. Barkey
NIP. 19540614108103 1 007


Chairil A., S.Hut, M.Hut
NIP. 199402212021015001

Ketua Program Studi




Dedy Syamsu Rijal, S.Hut., M. Si., IPU
97701082003121003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Adwan Na'iemurrahman

Nim : M011 18 1316

Program Studi : Kehutanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan dan Rencana Pola Ruang di Daerah Aliran
Sungai Lamasi Tahun 2031”

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, 8 November 2022

Yang menyatakan



Adwan Na'iemurrahman

ABSTRAK

Adwan Na'iemurrahman (M011181316). Proyeksi Tutupan Lahan Daerah Aliran Lamasi Tahun 2031, dibawah Bimbingan Roland A Barkey dan Chairil A.

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. Beberapa faktor pendorong yang menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan seperti jarak ke jalan raya, jarak ke sungai, jarak ke pemukiman, kemiringan lereng, tanah, iklim, meningkatnya angka kelahiran, pendapatan penduduk dan kepadatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan tutupan lahan di DAS Lamasi pada tahun 2011, 2016, dan 2021, menganalisis faktor-faktor yang mendorong terjadinya perubahan tutupan lahan, proyeksi perubahan tutupan lahan pada tahun 2031 dan kesesuaian terhadap pola ruang 2011 - 2031. Analisis faktor pendorong perubahan tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis, proyeksi perubahan tutupan lahan menggunakan plugin mollusce pada perangkat lunak Qgis dengan pendekatan Cellular Automata untuk menjalankan proyeksi dan opsi Atrificial Neural Network untuk mengeluarkan peluang terjadinya perubahan tutupan lahan. Hasil penelitian ini pada tahun 2011 – 2021 tutupan lahan yang dominan mengalami perubahan adalah hutan kerapatan tinggi sebesar 119,31 ha (0,23 %) dari total luasan DAS terkonversi menjadi hutan kerapatan rendah. Penutupan lahan hasil proyeksi ke tahun 2031 menunjukkan perubahan yang terjadi pada tutupan lahan hutan kerapatan rendah seluas 205,88 ha (0,40 %) dari total luas DAS terkonversi menjadi hutan kerapatan tinggi dan semak belukar. Faktor pendorong yang mempengaruhi perubahan tutupan lahan adalah jarak dari jalan dengan nilai korelasi 0,52 pada kelas 0 – 1000 m dengan perubahan tutupan lahan sebesar 662,44 ha (63,76%) dari total perubahan luasan. Sedangkan kesesuaian pola ruang tahun 2011-2031 dengan tutupan lahan tahun 2031 sebesar 92,26%.

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

KATA PENGANTAR

Puja dan Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan penelitian dan penyusunan skripsi dengan judul **“Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan Dan Rencana Pola Ruang Di Daerah Aliran Sungai Lamasi Tahun 2031”**

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.

Terkhusus, penulis menghaturkan terima kasih kepada Bapak **Asrul Sani S. Pd., M. Si** dan Ibu **Dra Nurhalipah** 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. Komisi penguji Bapak **Dr. Ir. Syamsu Rijal S. Hut., M. Si., IPU** dan Bapak **Dr. Ir Anwar Umar MS** selaku penguji yang telah membantu dalam memberikan kritik dan saran, guna perbaikan skripsi ini
2. Ketua Program Studi Kehutanan Bapak **Dr. Ir. Syamsu Rijal S. Hut** serta Bapak/Ibu Dosen dan seluruh staf Administrasi Fakultas Kehutanan atas bantuannya
3. Sahabat seperjuangan, **Muhammad Afdal, Fauzi Darma Fa'iq, A.M Yunus Furqan Ramdani R, Asmawati, Ayu Iwitri Mulyasari, Darma Crusita Putri, Lady Sanderan, Muh. Iriansyah Akram, Nuranisa Harfiana, Nurul Ismi Islamiah, Windah Afryani, Nadia Darwin.**

4. Kakak–kakak, teman–teman serta adik–adik di **Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan**, terkhusus untuk kak **Chaeria Anila, S. Hut, Muhammad Dahri Syahbani R, S. Hut, Armin Ridha, S. Hut**
5. Sahabat akrab, **Ali Hasan Salman, Agung Paduppai, Faiz Mutahhar, Aznan Aznawi S. Hut, Ashari Sudirman, Al furqan Ramadhan, Arif Hidayat, Ansar, Muliadi, Wawan Setiawan, Firstanti Putri Ningtias, Ummi Amriani, Ernawati S. Hut, Fitri Handayani, Melisa Nurfadiyah**, terima kasih atas doa, kebersamaan dan dukungannya selama ini.
6. Kawan seperjuangan **SOLUM 2018** terima kasih atas doa, kebersamaan dan dukungannya selama ini.
7. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam semua proses selama berada di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

Makassar, 8 November 2022



Adwan Na'iemurrahman

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan dan Kegunaan Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Daerah Aliran Sungai	4
2.2. Lahan dan Penutupan Lahan	5
2.3. Perubahan Penutupan Lahan	7
2.4. Faktor Pendorong Perubahan Penutupan Lahan	8
2.5. Teknik Identifikasi Penutupan Lahan.....	9
2.5.1 Perangkat Lunak Pengolahan Citra.....	9
2.5.2 Citra Landsat.....	10
2.5.3 Koreksi Radiometrik.....	12
2.5.4 Interpretasi Citra	13
2.6 Uji Akurasi	17
2.7 Proyeksi Tutupan Lahan.....	19
2.7.1 Artificial Neural Network.....	20
2.7.2 Cellular Automata.....	21
III. METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Waktu dan Tempat	22
3.2 Alat dan Bahan	23
3.2.1 Alat:	23
3.2.2 Bahan :	23
3.3 Metode Pelaksanaan Penelitian	23
3.3.1 Penetapan Batas Lokasi Penelitian	24
3.3.2 Pengumpulan Data.....	24
3.3.3 Interpretasi Citra	24

3.3.4	Pengecekan dan Pengambilan Data Lapangan	25
3.3.5	Uji akurasi.....	27
3.3.6	Analisis Faktor Pendorong.....	27
3.4	Analisis Data	28
3.4.1	Proyeksi Tutupan Lahan	28
3.4.2	Validasi Model.....	29
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1	Keadaan Umum Lokasi	32
4.2	Perubahan Tutupan Lahan.....	34
4.3	Faktor Pendorong	39
4.4.	Validasi Model Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan.....	42
4.5.	Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan	44
4.6.	Kesesuaian Penutupan Lahan Tahun 2031 Terhadap Pola Ruang Di DAS Lamasi	51
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran	54
	DAFTAR PUSTAKA	55
	LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Band Landsat 7.....	11
Tabel 2.	Band Landsat 8.....	11
Tabel 3.	Penggunaan Kombinasi Band untuk Aplikasi atau Penelitian.....	14
Tabel 4.	Matriks Konfusi	18
Tabel 5.	Bentuk Matriks Konfusi (Sumber: Jaya, 2007)	27
Tabel 6.	Penutupan Lahan Tahun 2011, 2016 dan 2021 Hasil Interpretasi Citra .	34
Tabel 7.	Matriks Konfusi Hasil Uji Akurasi	38
Tabel 8.	Hasil Korelasi Pearson	39
Tabel 9.	Keterkaitan antara Kelas Penutupan Lahan dengan Jarak dari Jalan.....	39
Tabel 10.	Keterkaitan antara Kelas Penutupan Lahan dengan Jarak dari Sungai .	40
Tabel 11.	Keterkaitan antara Kelas Penutupan Lahan dengan Jarak dari Permukiman	40
Tabel 12.	Keterkaitan antara Kelas Penutupan Lahan dengan Kepadatan Penduduk	41
Tabel 13.	Perbandingan Luas Penutupan Lahan Interpretasi dan Proyeksi Tahun 2021.....	43
Tabel 14.	Matriks Transisi Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2011-2021	45
Tabel 15.	Luas Penutupan Lahan Tahun 2011, 2021 dan 2031	48
Tabel 16.	Kesesuaian Penutupan Lahan Tahun 2031 Terhadap Rencana Pola Ruang	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Citra yang Menampilkan Bentuk Gedung Perkantoran dan Gunung..	16
Gambar 2.	Ukuran Objek pada Citra.....	16
Gambar 3.	Ilustrasi Multi Layer Perceptron	21
Gambar 4.	Peta Lokasi Penelitian	22
Gambar 5.	Peta Titik Groundcheck.....	26
Gambar 6.	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 7.	Peta Administrasi Daerah Aliran Sungai Lamasi.....	32
Gambar 8.	Peta Kelerengan Daerah Aliran Sungai Lamasi	33
Gambar 9.	Peta Perubahan Penutupan Lahan tahun 2011-2021	37
Gambar 10.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2021 Proyeksi	42
Gambar 11.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2031	47
Gambar 12.	Peta Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2021-2031.....	50
Gambar 13.	Peta Kesesuaian Lahan Tahun 2031 Terhadap Rencana Pola Ruang	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Penutupan Lahan di Lapangan dan Kenampakan pada Citra Landsat 7 Kombinasi Band 543 dan Citra Landsat 8 Kombinasi Band 654	60
Lampiran 2.	Kelas Penutupan Lahan Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI) 7645-1:2014	63
Lampiran 3.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2011	65
Lampiran 4.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2016	66
Lampiran 5.	Peta Penutupan Lahan Tahun 2021	67
Lampiran 6.	Peta Jarak dari Sungai.....	68
Lampiran 7.	Peta Jarak dari Permukiman	69
Lampiran 8.	Peta Jarak dari Jalan	70
Lampiran 9.	Peta Kepadatan Penduduk	71
Lampiran 10.	Titik Pengecekan Lapangan Kelas Penutupan Lahan tahun 2021 ..	72
Lampiran 11.	Matriks Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2011-2021	76
Lampiran 12.	Matriks Perubahan Lahan Tahun 2021-2031	78

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tutupan lahan adalah kondisi kenampakan biofisik dari permukaan bumi pada suatu wilayah seperti tanaman, bangunan, kelerengan. Tutupan lahan yang tepat dapat memberikan keuntungan bagi daerah di sekitarnya tetapi tutupan lahan yang tidak tepat dapat memberikan kerugian bagi daerah di sekitarnya. (Arsyad, 2010) memperkuat argument tersebut bahwa setiap perlakuan yang diberikan pada sebidang tanah dapat mempengaruhi tata air di tempat tersebut dan tempat-tempat di hilirnya. 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 dapat bersifat permanen maupun sementara dan merupakan konsekuensi logis dari adanya pertumbuhan dan transformasi perubahan struktur sosial ekonomi masyarakat yang sedang berkembang. Adapun beberapa faktor pendorong yang menyebabkan terjadinya perubahan penutupan lahan seperti jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke pemukiman, lereng, tanah, iklim, naiknya angka kelahiran, pendapatan penduduk dan kepadatan penduduk sehingga kebutuhan akan lahan tempat tinggal meningkat. Perpindahan penduduk ke kota juga salah satu penyebab perubahan tutupan lahan, selain itu adanya ketidakseimbangan politik atau kebijakan pemerintah yang melaksanakan pembangunan di suatu wilayah, pembangunan fasilitas ekonomi seperti pabrik yang mana juga membutuhkan lahan yang cukup banyak (Barraclough et al., 2000).

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. Berdasarkan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) 2020 menyatakan beberapa tahun terakhir tercatat ada 3 Kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan sering mengalami banjir. Salah satunya adalah daerah aliran sungai (DAS) Lamasi. Daerah aliran sungai (DAS) Lamasi merupakan salah satu DAS yang ada di Kabupaten Luwu yang memiliki luas area 48.732 ha (487.32 km²). DAS ini melewati beberapa daerah yaitu kec. Walenrang barat, walenrang dan lamasi . Pada tahun 2018 sampai 2021 Kabupaten Luwu khususnya Kecamatan Lamasi dan Walenrang sering mengalami banjir. Kepala Departemen Advokasi dan Kajian WALHI Sulsel menyatakan bahwa Kondisi tutupan lahan DAS Lamasi sangat memprihatinkan, beberapa tahun terakhir Kabupaten Luwu khususnya Kecamatan Walenrang dan Lamasi sering mengalami banjir yang mana disebabkan oleh alih fungsi lahan salah satunya adalah kegiatan pertambangan. Bersumber dari penelitian Tirsyayu (2018) terdapat data periodik tahun 1990 – 2016, terlihat tingkat deforestasi Daerah aliran sungai (DAS) Lamasi terus bertambah mencapai 1.733,52 ha (7,6 %) menandakan berkurangnya penutupan lahan hutan. Adapun juga faktor penyebab perubahan tutupan lahan karena penambahan penduduk, semakin padat penduduk maka kebutuhan akan lahan juga semakin tinggi. Berdasarkan Data Badan Pusat Statistik Kabupaten Luwu tahun 2018 sampai 2021 memiliki penambahan penduduk dari 259.208 jiwa menjadi 365.608 jiwa.

Pesatnya perkembangan teknologi informasi memberikan kemudahan untuk melakukan penelitian terhadap kondisi alam khususnya teknologi penginderaan jauh dan pemodelan *system geographic information system*. Data-data dan informasi yang diperlukan dalam penelitian dapat diperoleh dengan lebih mudah. Kemudahan lainnya juga terjadi dalam proses analisis data. Dengan 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).

Proyeksi ke tahun 2031 didasari oleh Peraturan Daerah Kabupaten Luwu Nomor 6 Tahun 2011 Tentang RTRW Kabupaten Luwu Tahun 2011 - 2031 yang mana menjadi pedoman dalam penyusunan rencana pembangunan jangka panjang daerah, penyusunan rencana pembangunan jangka menengah daerah, pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang di wilayah kabupaten Luwu, penetapan lokasi dan fungsi ruang serta penataan ruang kawasan strategis kabupaten. Berdasarkan keadaan tersebut, perlu mengetahui perubahan penutupan lahan DAS Lamasi tahun 2031 maka dilakukan penelitian tentang “Proyeksi Perubahan Penutupan Lahan dan Rencana Pola Ruang di Daerah Aliran Sungai Lamasi Tahun 2031”.

1.2. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi perubahan penutupan lahan tahun 2011, 2016 , dan 2021 di daerah aliran sungai Lamasi.
2. Menganalisis faktor pendorong perubahan penutupan lahan di DAS Lamasi.
3. Proyeksi perubahan penutupan lahan tahun 2031.
4. Kesesuaian penutupan lahan tahun 2031 terhadap pola ruang 2011-2031 di DAS Lamasi.

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan informasi dan database tentang prediksi tutupan lahan tahun 2031 yang bermanfaat bagi kegiatan perencanaan pengelolaan DAS. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam perumusan dan penentuan kebijakan pemerintah setempat dalam pembuatan peraturan daerah terkait penutupan lahan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Aliran Sungai

Berdasarkan peraturan pemerintah No. 37 tahun 2012 Daerah Aliran Sungai 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.

Menurut Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 Daerah Aliran Sungai (DAS) didefinisikan sebagai suatu daerah yang dibatasi oleh topografi alami, dimana semua air hujan yang jatuh di dalamnya akan mengalir melalui suatu sungai dan keluar melalui outlet pada sungai tersebut, atau merupakan satuan hidrologi yang menggambarkan dan menggunakan satuan fisik-biologi dan satuan kegiatan sosial ekonomi untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya alam. Karakteristik fisik sungai memiliki percabangan yang disebut dengan anak sungai yaitu Sub Das dan anak sungai memiliki anak sungai ini disebut dengan Sub-sub DAS. Sub DAS adalah bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama. Sub-sub DAS adalah bagian Sub DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak-anak sungai ke sungai utama.

Daerah Aliran Sungai dipahami sebagai suatu wilayah yang merupakan kesatuan ekosistem, dengan berbagai komponen di dalamnya yaitu morfometri, tanah, geologi, vegetasi, tata guna 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. Lahan dan Penutupan Lahan

Lahan merupakan suatu wilayah di permukaan bumi, mencakup semua komponen biotik serta abiotik yang dapat dianggap tetap yang berada di atas dan di bawah wilayah tersebut, termasuk atmosfer, tanah, batuan, hidrologi, tumbuhan dan hewan, serta segala akibat yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia di masa lalu dan sekarang; yang kesemuanya itu berpengaruh terhadap penggunaan lahan oleh manusia pada saat sekarang dan di masa akan datang (Juhadi, 2007). Sedangkan, penutupan lahan adalah kenampakan objek di permukaan bumi dimana petutupan lahan menggambarkan hubungan yang saling terkait antara proses alami dan proses sosial. Tutupan lahan juga dapat menyediakan informasi yang penting bagi keperluan pemodelan dan untuk memahami fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi. Data tutupan lahan juga digunakan dalam mempelajari perubahan iklim dan memahami keterkaitan antara aktivitas manusia dan perubahan global. Informasi tutupan lahan yang akurat merupakan salah satu faktor penentu dalam

meningkatkan kinerja dari model–model ekosistem, hidrologi, dan atmosfer. Selain itu, tutupan lahan juga menyediakan informasi dasar dalam kajian *geoscience* dan perubahan global (Sampurno, et al., 2016).

Juniyanti (2020), Mengemukakan bahwa tutupan lahan adalah atribut biofisik dari permukaan bumi pada suatu wilayah (seperti rumput, tanaman, bangunan) sedangkan penggunaan lahan adalah pemanfaatan lahan yang aktual oleh manusia (misalnya padang rumput untuk penggembalaan ternak, wilayah untuk perumahan). Sedangkan, Dewi (2011) menyatakan bahwa istilah tutupan lahan lebih mengacu pada tipe vegetasi yang ada pada lahan tertentu, sementara penggunaan lahan mengacu kepada aktivitas manusia pada lahan tersebut. Villamor (2015), menyatakan bahwa perubahan tutupan lahan dapat diinterpretasikan sebagai kerusakan, degradasi, atau sebuah peningkatan, tergantung dari sudut pandang manusia yang memperoleh atau kehilangan dari proses transisi tersebut.

Dengan penginderaan jauh, informasi tutupan lahan dapat diketahui secara langsung tetapi informasi penggunaan lahan tidak selalu dapat dikenali secara langsung dari penutupan lahannya. Pemanfaatan penggunaan lahan akan berubah jika terjadi perubahan tutupan lahan (Ritohardoyo, 2013). Klasifikasi penutupan lahan dengan data penginderaan jauh (inderaja) secara digital kurang akurat apabila kurangnya informasi yang diperlukan untuk membedakan obyek pada suatu lahan. Pada klasifikasi penutupan lahan dengan hanya mempergunakan informasi spektral dari data penginderaan jauh, dipandang tidak bisa meningkatkan akurasi hasil klasifikasinya (Kushardono, 2016).

Mukhaiyar (2010) mengatakan penutupan lahan dapat di klasifikasikan menurut dasar serta tujuan penyusunannya. Dasar penyusunan klasifikasi dipengaruhi oleh skala keruangan dari analisis yang digunakan. Skala keruangan menentukan tingkat kerincian aspek lingkungan dan sosial ekonomi yang terdapat dalam klasifikasi. Tujuan penyusunan sistem klasifikasi menentukan atribut dari jenis-jenis penutupan lahan yang akan dipertimbangkan. Ketersediaan teknologi untuk pengumpulan data juga telah menjadi faktor signifikan dalam menentukan struktur dan isi dari klasifikasi yang disusun. Perubahan penutupan lahan dapat terjadi setiap saat baik secara alamiah maupun oleh kegiatan manusia. Adanya tekanan untuk penyediaan kebutuhan pokok (lahan pertanian dan industri) dan

pemukiman bagi penduduk yang selalu bertambah, telah menyebabkan perubahan kondisi lahan secara signifikan. Kondisi ini akan berdampak pada kelestarian ekosistem alami, misalnya hutan yang mengalami deforestasi, terjadi erosi tanah, terjadi banjir pada musim hujan karena daerah tangkapan air yang kritis, rawa dikonversi menjadi pemukiman dan atau jalan (Kastanya, 2006).

2.3. Perubahan Penutupan Lahan

Perubahan penutupan lahan dapat diartikan sebagai suatu proses pilihan pemanfaatan ruang guna memperoleh manfaat yang optimum, baik untuk pertanian maupun non-pertanian (Junaedi, 2008). Menurut Winoto et al. (1996), perubahan penutupan lahan diartikan sebagai perubahan dari penutupan lahan sebelumnya ke penutupan lahan lain yang dapat bersifat permanen maupun sementara dan merupakan konsekuensi logis dari adanya pertumbuhan dan transformasi perubahan struktur sosial ekonomi masyarakat yang sedang berkembang. Apabila penutupan lahan untuk sawah berubah menjadi pemukiman atau industri maka perubahan penutupan lahan ini bersifat permanen dan tidak dapat kembali (*irreversible*), tetapi jika beralih guna menjadi perkebunan biasanya bersifat sementara. Perubahan penutupan lahan pertanian berkaitan erat dengan perubahan orientasi ekonomi, sosial, budaya dan politik masyarakat. Perubahan penutupan lahan pada umumnya dapat diamati dengan menggunakan data spasial dari peta penggunaan lahan dari beberapa titik tahun yang berbeda. Data penginderaan jauh seperti citra satelit, radar, dan foto udara sangat berguna dalam pengamatan perubahan penggunaan lahan (Wahyunto, 2001).

Faktor utama penyebab terjadinya perubahan penutupan lahan adalah peningkatan jumlah penduduk. Peningkatan ini memiliki konsekuensi terhadap perkembangan ekonomi yang menuntut kebutuhan lahan untuk pemukiman, industri, infrastruktur dan jasa. Beberapa kajian dan penelitian telah dilakukan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya perubahan penutupan lahan. Mansur (2001) menyebutkan tiga faktor yang berpengaruh yaitu peningkatan jumlah penduduk, urbanisasi dan peningkatan jumlah anggota kelompok pendapatan menengah ke atas di daerah perkotaan. Sementara Rustiadi et al. (2007)

menyatakan beberapa hal yang diduga sebagai penyebab proses perubahan penutupan lahan, antara lain;

1. Tingginya permintaan atas lahan sebagai akibat dari peningkatan jumlah penduduk
2. *Market failure*: alih profesi bagi petani yang kemudian petani tersebut menjual sawahnya, sebagai akibat dari pergeseran struktur dalam perekonomian dan dinamika pembangunan
3. *Government failure*: kebijakan pemerintah, misalnya memberikan peluang investasi di sektor industri namun tidak diikuti dengan kebijakan konversi lahan.

2.4. 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.

2.5. Teknik Identifikasi Penutupan Lahan

Penginderaan jauh merupakan 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. Dengan demikian dapat diartikan, penginderaan jauh sebagai salah satu aplikasi untuk mempelajari informasi permukaan bumi (Ilandayani, 2003).

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).

2.5.1 Perangkat Lunak Pengolahan Citra

ArcGis merupakan *software Geographic Information System (GIS)* yang dikembangkan oleh ESRI (*Environment Science & Research Institute*). Produk utama arcgis terdiri dari tiga komponen utama yaitu : *ArcView* (Berfungsi sebagai pengelola data komprehensif, pemetaan dan analisis), *ArcEditor* (berfungsi sebagai editor dari data spasial) dan *ArcInfo* (Merupakan fitur yang menyediakan fungsi – fungsi yang ada di dalam GIS yaitu meliputi keperluan analisa dari fitur *Geoprocessing*). ArcGis pertama kali diluncurkan kepada publik sebagai *software* yang komersial pada tahun 1999 dengan versi (ArcGis 8.0) dengan perkembangan dan tuntutan akan fitur yang dibutuhkan ESRI selalu memberikan pembaharuan pada ArcGis, yang mana pada saat ini telah keluar versi yang lebih baru pada tahun 2016 yaitu (ArcGis 13.0). ArcMap memiliki kemampuan untuk visualisasi, editing,

pembuatan peta tematik, pengelolaan dari data tabular (Excel), memilih (Query), menggunakan fitur Geoprocessing untuk menganalisa dan customize data ataupun melakukan output berupa tampilan peta. Operator juga dapat mengolah data sesuai dengan keinginannya.

Adapun perangkat lunak *open source* seperti QGIS sedang aktif dikembangkan. Molusce dirancang untuk menganalisis, memodelkan dan mensimulasikan perubahan tutupan lahan. Plugin ini menggabungkan algoritma terkenal, yang dapat digunakan dalam analisis perubahan tutupan lahan, analisis perkotaan. Molusce sangat cocok untuk menganalisis penggunaan lahan dan perubahan tutupan hutan antara periode waktu yang berbeda; memodelkan penggunaan lahan/menutup potensi transisi atau area yang berisiko deforestasi; dan mensimulasikan perubahan penggunaan lahan dan tutupan hutan di masa depan. Molusce terdiri dari lima tahapan yaitu modul input, analisis perubahan area, metode pemodelan, simulasi, dan validasi.

2.5.2 Citra Landsat

Program Landsat merupakan satelit tertua dalam program observasi bumi. Landsat dimulai tahun 1972 dengan satelit Landsat-1 yang membawa sensor MSS multispektral. Kemudian berkembang seiring dengan zaman yang mana sudah sampai pada Landsat 8. Citra landsat memiliki banyak fungsi serta kegunaan seperti untuk pemetaan penutupan lahan, pemetaan penggunaan lahan, pemetaan geologi, pemetaan suhu permukaan laut dan lain-lain. Interpretasi citra adalah proses pengkajian citra melalui proses identifikasi dan penilaian mengenai objek yang tampak pada citra. Dengan kata lain, interpretasi citra merupakan suatu proses pengenalan objek yang berupa gambar (citra) untuk digunakan dalam disiplin ilmu tertentu seperti Geologi, Geografi, Ekologi, Geodesi dan disiplin ilmu lainnya (Pawitan, 2003).

Interpretasi citra adalah salah satu bagian dari pengolahan citra penginderaan jauh yang paling sering dibahas, digunakan dan dalam praktik dipandang mapan. Lebih dari itu, hasil utama dari klasifikasi citra adalah peta tematik (yang pada umumnya merupakan peta penutupan atau penggunaan lahan), yang kemudian

biasanya dijadikan masukan dalam permodelan spasial dalam lingkungan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Danoedoro, 2012).

Tabel 1. Band Landsat 7

Band	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)	Karakteristik
1 (biru)	0,45-0,51	30	Penetrasi maksimum pada air berguna untuk pemetaan batimetri perairan dangkal
2 (hijau)	0,52-0,60	30	Berfungsi untuk mengindera puncak pantulan vegetasi.
3 (merah)	0,63-0,69	30	Berfungsi untuk membedakan absorpsi klorofil dan tipe vegetasi.
4 (Inframerah dekat)	0,75-0,90	30	Untuk menentukan kandungan biomas, tipe vegetasi, pemetaan garis pantai.
5 (Infra-merah tengah I)	1,55-1,75	30	Menunjukkan kandungan kelembaban tanah dan kekontrasan tipe vegetasi.
6 (Infra-merah thermal)	10,4 – 12,5	30	Untuk mendeteksi gejala alas yang berhubungan dengan panas.
7 (Infra-merah tengah II.)	2,09-2,35	30	Rasio antara kanal 5 dan 7 untuk pemetaan perubahan batuan secara hidrotermal dan sensitive terhadap kandungan kelembaban vegetasi
8 (Pankromatik)	0,52-0,90	15	Bermanfaat untuk identifikasi obyek lebih detail.

Sumber: NASA (*National Aeronautics and Space Administration*)

Tabel 2. Band Landsat 8

Band	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)	Karakteristik
1 (Ultra Blue/ Coastal Aerosol)	0,435 –0,451	30	Dirancang untuk mendeteksi biru dalam dan violet, saluran ini bermanfaat untuk pencitraan air dangkal, dan pelacakan partikel halus seperti debu dan asap. Seperti Samudra dan tanaman hidup mencerminkan warna biru-violet lebih dalam
2 (biru)	0,452 –0,512	30	Pemetaan batimetrik, membedakan tanah dari vegetasi dan berganti daun dari tumbuh tumbuhan

3 (hijau)	0,533 –0,590	30	Menekankan puncak vegetasi guna menilai tumbuh tanaman
4 (merah)	0,636 –0,673	30	Saluran absorpsi klorofil yang penting untuk diskriminasi tumbuhan.
5 (Near infrared/ NIR)	0,851 –0,879	30	Menekankan pada garis pantai
6 (Shortwave infrared/SWIR-1)	1,566 –1,651	30	Membedakan kadar air tanah dan tumbuh tumbuhan, menembus awan tipis
7 (Shortwave infrared/SWIR-2)	2,107 –2,294	30	Meningkatkan kadar air tanah dan vegetasi dan penetrasi sedikit awan
8 (Pankromatik)	0,503 –0,676	15	Resolusi 15 meter, gambar semakin tajam
9 (Cirrus)	1,363 –1,384	30	Mendeteksi peningkatan awan cirrus
10(Thermal Infrared/TIR-1)	10,60 –11,19	100	Perkiraan pemetaan panas dan kelembaban tanah
11 (Thermal Infrared/TIR-2)	11,50 –12,51	100	Ditingkatkan thermal dan perkiraan kelembababn tanah

Sumber: NASA (*National Aeronautics and Space Administration*)

2.5.3 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan tahap awal pengolahan data sebelum analisis dilakukan untuk suatu tujuan, misalnya untuk identifikasi tutupan 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 et al., 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 harga /nilai yang seharusnya dan juga memperbaiki kualitas visual citra (Sinaga, 2018).

2.5.4 Interpretasi Citra

Interpretasi citra adalah perbuatan mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti penting objek. Definisi tersebut mengandung elemen aktivitas, citra, dan identifikasi dan pemaknaan objek. Citra berisi catatan rinci tentang fitur di lapangan pada saat perekaman data. Seorang penafsir gambar secara sistematis memeriksa citra dengan menggunakan *software* Arcgis dan bahan pendukung lainnya seperti peta, laporan lapangan. Kesuksesan dalam interpretasi gambar bervariasi dengan pelatihan dan pengalaman penafsir, sifat objek atau fenomena yang ditafsirkan, dan kualitas citra yang digunakan tersebut (Sutanto, 1994).

Klasifikasi citra digital umumnya dilakukan melalui dua cara, yakni (1) klasifikasi Tidak terbimbing (*unsupervised*). Klasifikasi yang menggunakan algoritma untuk mengkaji sejumlah besar piksel yang tidak dikenal dan membaginya dalam sejumlah kelas berdasarkan kelompok nilai digital citra yang mana analisis hanya membuat training contoh selanjutnya akan dianalisis oleh computer. (2) Klasifikasi Terbimbing (*supervised*), adalah cara interpretasi yang dilakukan dengan cara pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih training area oleh analisis untuk setiap kategori penutup lahan yang mewakili sebagai kunci interpretasi (Danoedoro, 2012).

Citra satelit landsat memiliki panjang gelombang dan fungsi di setiap band untuk memudahkan dalam melihat serta menganalisa wilayah yang akan dikaji maka perlu dilakukan penggabungan tiga band (saluran) dari citra satelit landsat. Penggabungan saluran ini menggunakan format RGB (Red Green Blue) yang nantinya bisa menghasilkan gambar "*true color*" atau "*false color*". *True color* adalah gambar yang dihasilkan dari penggabungan band yang hasilnya memiliki warna yang sama dengan yang dilihat mata manusia. Sedangkan gambar *false color* adalah gambar yang dihasilkan dari penggabungan band yang hasilnya memiliki warna berbeda dengan yang dilihat mata manusia, hal ini disebabkan penggunaan inframerah dalam kombinasi RGB. Dari kombinasi-kombinasi yang menghasilkan

gambar dengan warna yang berbeda ini dapat mempermudah dalam proses klasifikasi tutupan dan penggunaan lahan yang akan dilakukan (Danoedoro, 2012).

Tabel 3. Penggunaan Kombinasi Band untuk Aplikasi atau Penelitian

Aplikasi	Kombinasi Band	
	Landsat 7	Landsat 8
<i>Natural Color (True Color)</i>	3, 2, 1	4, 3, 2
<i>False color (Urban)</i>	7, 5, 3	7, 6, 4
<i>Color Infrared (Vegetation)</i>	4, 3, 2	5, 4, 3
Pertanian	5, 4, 1	6, 5, 2
Penetrasi Atmosfer	7, 5, 4	7, 6, 5
Vegetasi Sehat	4, 5, 1	5, 6, 2
Tanah/Air	4, 5, 3	5, 6, 4
<i>Natural with Amospheric Removal</i>	7, 4, 2	7, 5, 3
<i>Shortwave Infrared</i>	7, 4, 3	7, 5, 4
Analisis Vegetasi	5, 4, 3	6, 5, 4

Sumber: www.esri.com

Unsur Interpretasi Citra

Menurut Sutanto (1994) untuk memudahkan interpretasi objek yang tergambar pada citra memerlukan pemahaman tentang karakteristik atau atribut objek pada citra. Karakteristik objek yang tergambar pada citra dan digunakan untuk mengenali objek disebut unsur interpretasi citra. Adapun unsur-unsur interpretasi citra mencakup sembilan aspek, yakni rona/warna, bentuk, ukuran, tekstur, pola, tinggi, bayangan, situs, asosiasi.

1. Rona dan Warna

Rona adalah tingkat kecerahan (kegelapan) suatu objek yang terdapat pada citra. Rona dalam penginderaan jauh sistem fotografik terutama ditentukan oleh nilai pantulan objek. Karakteristik objek yang mempengaruhi rona:

- a. Permukaan kasar akan cenderung menimbulkan rona gelap pada foto karena sinar yang datang mengalami hamburan hingga mengurangi sinar yang dipantulkan.
- b. Warna objek yang gelap/lembab cenderung menimbulkan rona gelap.

- c. Objek yang basah cenderung menimbulkan rona yang gelap karena air bersifat menyerap gelombang elektromagnetik.

Warna merupakan unsur dasar/primer dan non spasial (tidak menunjukkan tempat) yang mudah dipahami. Warna ialah wujud yang tampak oleh mata dengan menggunakan spektrum sempit, lebih sempit dari spektrum tampak. Spektrum tampak terdiri atas band biru, hijau, dan merah. Biru memiliki lebar spektrum (0,40,5) μm , hijau (0,5-0,6) μm , dan merah (0,6-0,7) μm tetapi warna dapat hanya pada pada spektrum 0,40-0,41 μm . Contohnya, objek tampak biru muda, hijau tua atau merah muda, dan lain-lain. Jika objek menyerap sinar biru, maka ia akan memantulkan warna hijau dan merah, akibatnya objek akan tampak dengan warna kuning.

2. Bentuk

Bentuk mencerminkan konfigurasi atau kerangka objek, baik bentuk umum (*shape*) maupun bentuk rinci (*form*) untuk mempermudah pengenalan data. Bentuk merupakan variabel kuantitatif yang memberikan konfigurasi atau kerangka suatu objek, bentuk menjadi atribut yang jelas, sehingga dengan bentuknya saja dapat dikenali objeknya.

3. Ukuran

Termasuk dalam unsur ukuran adalah jarak, luas, volume, ketinggian tempat dan kemiringan. Ukuran objek pada citra merupakan fungsi skala, maka di dalam memanfaatkan ukuran sebagai unsur interpretasi citra harus selalu diingat skalanya. Ukuran dapat mencirikan objek sehingga dapat dijadikan sebagai ciri pembeda dengan objek lainnya.

4. Tekstur

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

Pola bersama dengan unsur tinggi, dan bayangan dikelompokkan ke dalam tingkat kerumitan tertier. Tingkat kerumitannya setingkat lebih tinggi dari tingkat kerumitan bentuk, ukuran, dan tekstur sebagai unsur interpretasi citra. Pola adalah kecenderungan bentuk suatu objek, misal pola aliran sungai, jaringan jalan, dan pemukiman penduduk.



Gambar 2. Ukuran Objek pada Citra

6. Tinggi dan Kedalaman

Suatu objek dapat dikenali dari ketinggiannya, hal ini dapat diketahui secara baik pada foto udara berpasangan yang diamati menggunakan stereoskop. Objek-objek tersebut dapat dikenali dengan mudah berdasarkan ketinggian, apalagi pada pengamatan stereoskopis terjadi fenomena vertical exaggeration (pembengkakan ke atas), maka objek menjadi terkesan lebih tinggi dari aslinya. Objek gunung atau gedung tampak menjulang tinggi, sementara lembah, sungai, ngarai tampak berbeda secara kontras.

7. Bayangan

Bayangan bersifat menyembunyikan detail atau objek yang berada di daerah gelap. Objek yang berada di daerah gelap biasanya tidak terlihat atau hanya samar-samar. Meski demikian bayangan sering menjadi kunci penting pada pengenalan beberapa objek yang justru lebih tampak pada bayangannya. Perhatikan gambar berikut ini.

8. Situs

Situs merupakan tempat kedudukan suatu objek terhadap objek lain di sekitarnya (Estes dan Simonett, 1975). Situs bukan merupakan ciri objek secara langsung, melainkan dalam kaitannya dengan lingkungan sekitarnya. Situs ini berupa unit terkecil dalam suatu sistem wilayah morfologi yang dipengaruhi oleh faktor seperti beda tinggi, kemiringan lereng, keterbukaan terhadap sinar matahari, keterbukaan terhadap angin, ketersediaan air permukaan dan air tanah.

9. Asosiasi

Asosiasi adalah keterkaitan antara objek yang satu dengan objek yang lain. Karena adanya keterkaitan ini maka terlihatnya suatu objek pada citra sering merupakan petunjuk bagi adanya objek lain.

2.6 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, et al., 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 4. 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	
Ucer'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

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

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)

2.7 Proyeksi Tutupan 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 t_2 (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.

2.7.1 Artificial Neural Network

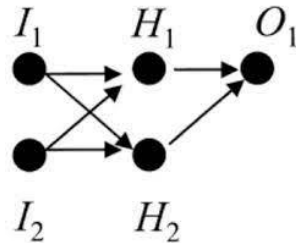
Artificial neural network merupakan sistem yang didasarkan pada pengoperasian jaringan saraf biologis, yang merupakan emulsi dari sistem saraf biologi. Ide mendasar dari *artificial neural network* adalah mengadopsi mekanisme berpikir sebuah sistem yang menyerupai otak manusia. *Artificial neural network* 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

2.7.2 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, ketetangaan, aturan transisi, dan waktu.

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 *Atrificial Neural Network* (Hapsary, 2021).