

SKRIPSI

**ARAHAN REHABILITASI MANGROVE DI KABUPATEN
MAMUJU BERDASARKAN ANALISIS PERUBAHAN
TUTUPAN MANGROVE PADA TAHUN 2000-2019 DAN
PROYEKSI TAHUN 2030**

Disusun dan diajukan oleh:

MUHAMMAD IRSYAD N.

M111 15 326



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

ARAHAN REHABILITASI MANGROVE DI KABUPATEN MAMUJU BERDASARKAN ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN MANGROVE PADA TAHUN 2000-2019 DAN PROYEKSI TAHUN 2030

Disusun dan diajukan oleh :

MUHAMMAD IRSYAD N.

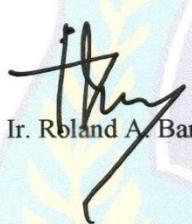
M111 15 326

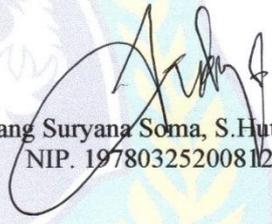
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk
dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin
pada tanggal 02 Agustus 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Ir. Roland A. Barkey


Andang Suryana Soma, S.Hut., M.P., Ph.D
NIP. 19780325200812 1 002

Ketua Program Studi,



Dr. Forest Muhammad Alif K.S., S.Hut., M.Si.
NIP. 19790831 200812 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Irsyad N.
NIM : M111 15 326
Prodi : KEHUTANAN
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

**Arahan Rehabilitasi Mangrove di Kabupaten Mamuju Berdasarkan Analisis
Perubahan Tutupan Mangrove pada Tahun 2000-2019 dan Proyeksi Tahun
2030.**

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

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

Makassar, Agustus 2021
Yang Menyatakan,



Muhammad Irsyad N.

ABSTRAK

Muhammad Irsyad N. (M111 15 326). Arahana Rehabilitasi Mangrove di Kabupaten Mamuju Berdasarkan Analisis Perubahan Tutupan Mangrove pada Tahun 2000-2019 dan Proyeksi Tahun 2030. Dibawah Bimbingan Roland A. Barkey dan Andang Suryana Soma.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan sebaran dan kerapatan hutan mangrove di Kabupaten Mamuju pada tahun 2000, 2010 dan 2019, mengetahui proyeksi sebaran mangrove pada tahun 2030 dan mengusulkan arahan rehabilitasi mangrove di Kabupaten Mamuju. Data penutupan lahan diperoleh dengan menggunakan metode *Supervised Classification* dan data kerapatan mangrove menggunakan metode NDVI. Data penutupan/penggunaan lahan tahun 2030 diperoleh dengan menggunakan data penutupan/penggunaan lahan tahun 2010 dan 2019 dengan faktor pendorong yang diasumsikan mempengaruhi perubahan penutupan/penggunaan lahan mangrove dimasa yang akan datang. Pemodelan proyeksi dilakukan dengan menggunakan sistem *Artificial Neural Network* pada perangkat lunak *Quantum GIS*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Mangrove tersebar di sepanjang garis pantai Kabupaten Mamuju pada tujuh kecamatan seluas 955.5 ha pada tahun 2019. Luas mangrove di Kabupaten Mamuju terus berkurang sejak tahun 2000, penurunan luas mangrove terbesar terjadi pada periode tahun 2000 – 2010. Pada tahun 2000 sampai tahun 2019 terjadi perubahan kerapatan mangrove yang menunjukkan besarnya laju degradasi mangrove Di Kabupaten Mamuju juga mengalami perubahan yang signifikan. Tahun 2030 diproyeksikan bahwa luasan mangrove akan berkurang seluas 152.83 ha. Rehabilitasi mangrove perlu dilakukan di Kabupaten Mamuju dengan total luasan sebesar 921,57 ha yang terdiri atas Prioritas I seluas 89.49 ha, Prioritas II seluas 423.20 ha dan Prioritas III seluas 408.88 ha.

Kata Kunci: Mangrove, Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan, Proyeksi, Faktor pendorong, Rehabilitasi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan atas anugerah, rahmat, karunia dan izin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan penelitian dan penyusunan skripsi dengan judul **“Arahan Rehabilitasi Mangrove di Kabupaten Mamuju Berdasarkan Analisis Perubahan Tutupan Mangrove pada Tahun 2000-2019 dan Proyeksi Tahun 2030.”**

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapatkan berbagai kendala. Tanpa bantuan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan selesai dengan baik. Untuk itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis menghaturkan banyak terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada beberapa pihak, terutama kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Roland A. Barkey dan Bapak Andang Suryana Soma, S.Hut., M.P., Ph.D selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membantu dan mengarahkan penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Ir. Munajat Nursaputra, S.Hut., M.Sc dan Bapak Emban Ibnurusyid Mas'ud, S.Hut, M.P. selaku penguji yang telah membantu dalam memberikan saran, guna perbaikan baik dalam teknis dan dalam penulisan skripsi ini.

Penulis sangat menyadari bahwa di dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Penulis

Muhammad Irsyad N

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji hanya kepada Tuhan Yang Maha Esa, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bantuan dari berbagai pihak yang sangat berperan dalam penyusunan skripsi. Oleh karena itu, dengan rasa penuh hormat, tulus dan ikhlas penulis haturkan terima kasih kepada:

1. Ketua Program Studi Kehutanan Bapak Dr Forest. Muhammad Alif K.S. S.Hut., M.Si dan sekretaris Jurusan Ibu Dr. Sitti Halimah Larekkeng, S.P, M.P. serta Bapak/Ibu Dosen dan seluruh Staf Administrasi Fakultas Kehutanan atas bantuannya.
2. Ibu Dr. A. Detty Yunianti, S.Hut., M.P selaku Dosen Penasehat Akademik, terima kasih atas motivasi dan arahnya selama penulis menempuh Pendidikan di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU., selaku Kepala Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan.
4. Kakak-kakak, teman-teman, adik-adik, dan keluarga besar di Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan, terkhusus kakak Dini Albertin Mandy, S.Hut., Chairil A., S.Hut., M.Hut., Try Ardiansah, S.Hut., Abkar., S.Hut.,M.Hut dan juga teman-teman PSIK 2015, terkhusus Muhammad Nursholihien, S.Hut., Ade Kristian Radeng, S.Hut., Herald Gideon Parewang, S.Hut., Ardan, Setiawan dan Kurniawan terima kasih atas bantuan, diskusi-diskusi dan masukan-masukan yang diberikan selama penulis melakukan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Keluarga Besar Pandu Alam Lingkungan, penulis ucapkan terima kasih untuk kebersamaan, kekeluargaan, untuk setiap doa dan setiap pembelajaran yang telah didapatkan penulis selama ini.
6. Rekan serta sahabat angkatan 2015 Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, saya ucapkan terima kasih atas bantuan, kekompakan dan kerjasamanya selama pengambilan data dari lokasi penelitian hingga sampai terselesaikannya skripsi ini.

Terkhusus, penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan mendedikasikan skripsi ini untuk Bapak Nasaruddin dan Ibu St. Anisah untuk setiap hal yang telah diberikan dalam hal mendidik dan membesarkan penulis. Serta mengucapkan banyak terima kasih kepada saudara dan saudari terkasih Muksin, Achmad, Sukri, Mardia, Inayah, Muhammad Ridha dan Muhammad Makbul atas motivasi dan bantuan yang diberikan.

Terakhir penulis ucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam semua proses baik dalam penyusunan tugas akhir dan juga selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

Makassar, Agustus 2021

Muhammad Irsyad N

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Hutan Mangrove	3
2.1.1 Definisi dan Ruang Lingkup Mangrove.....	3
2.1.2 Ekosistem Mangrove.....	4
2.1.3 Kondisi Fisik Hutan Mangrove	5
2.1.4 Kerusakan Hutan Mangrove	7
2.2 Penginderaan Jauh	7
2.2.1 Pengertian Penginderaan Jauh.....	7
2.2.2 Citra Digital.....	8
2.2.3 Citra Landsat	9
2.2.4 Klasifikasi Citra	11
2.3 Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Pemantauan Mangrove.....	11
2.3.1 Pendekatan Spektral	11
2.3.2 Indeks Vegetasi	13
2.3.3 Koreksi Reflektan.....	15
2.4 Pola Spasial Temporal	15

2.5	Prediksi Penutupan Lahan.....	16
2.6	Uji Validasi	18
2.7	Kegiatan Rehabilitasi	19
III.	METODE PENELITIAN	21
3.1	Waktu dan Tempat.....	21
3.2	Alat dan Bahan.....	22
3.3	Prosedur Penelitian	22
3.3.1	Penetapan Batas Lokasi Penelitian.....	23
3.3.2	Pengolahan Citra (<i>pre-processing</i>)	23
3.3.3	Interpretasi Citra.....	25
3.3.4	Indeks Vegetasi	25
3.3.5	Penetapan Titik-Titik Lokasi <i>Ground Check</i>	26
3.3.6	Proyeksi Perubahan Lahan.....	27
3.3.7	Uji Akurasi Hasil Klasifikasi citra dan Pemodelan Potensi Perubahan Lahan.....	28
3.3.8	Proyeksi Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan	28
3.4	Perencanaan Rehabilitasi	31
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1.	Identifikasi Tutupan Mangrove.....	34
4.2.	Indeks Vegetasi	36
4.3	Proyeksi Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan	46
4.3.1	Faktor Pendorong.....	46
4.3.2	Validasi Model <i>Cellular Automata (CA) Simulation</i>	47
4.3.3	Proyeksi Perubahan Penutupan Mangrove.....	48
4.4	Rancangan Rehabilitasi Mangrove	50
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	53
	DAFTAR PUSTAKA.....	54
	LAMPIRAN.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Sebaran Jenis Ekosistem Mangrove.....	6
Gambar 2.	Skema Penginderaan Jauh.....	8
Gambar 3.	Reflektansi dan Transmittansi Spektrum dari Daun Sehat.....	12
Gambar 4.	Ilustrasi NDVI oleh Robert Simmon.....	14
Gambar 5.	Ilustrasi ANN.....	17
Gambar 6.	Peta Lokasi Penelitian.....	21
Gambar 7.	Peta Sebaran Titik <i>Ground Check</i>	27
Gambar 8.	Bagan Alur Penelitian.....	33
Gambar 9.	Perubahan Luas Hutan Mangrove Kabupaten Mamuju.....	34
Gambar 10.	Peta NDVI Mangrove Kecamatan Kalukku.....	39
Gambar 11.	Peta NDVI Mangrove Kecamatan Mamuju.....	40
Gambar 12.	Peta NDVI Mangrove Kecamatan Papalang.....	41
Gambar 13.	Peta NDVI Mangrove Kecamatan Sampaga.....	42
Gambar 14.	Peta NDVI Mangrove Kecamatan Simboro.....	43
Gambar 15.	Peta NDVI Mangrove Kecamatan Tapalang Barat.....	44
Gambar 16.	Peta NDVI Mangrove Kecamatan Tapalang.....	45
Gambar 17.	Dokumentasi <i>Ground Check</i>	46
Gambar 18.	Hasil Validasi dari <i>Molusce</i>	48
Gambar 19.	Grafik Perubahan Penutupan Mangrove Tahun 2019-2030.....	49
Gambar 20.	Grafik Luas Arahan Rehabilitasi Kabupaten Mamuju.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Tipe dan Luas Ekosistem di Sulawesi Barat.....	4
Tabel 2.	Perbedaan Band Landsat 7 ETM+ dengan Landsat 8.....	10
Tabel 3.	Hubungan antara Rentang Nilai NDVI dan Tingkat Kerapatan Tajuk....	14
Tabel 4.	<i>Confusion Matrix</i>	18
Tabel 5.	Kriteria Tingkat Kerapatan Tajuk.....	26
Tabel 6.	Confusion matriks titik pengecekan Lapangan Tahun 2019.....	36
Tabel 7.	Rentang Nilai NDVI Mangrove.....	36
Tabel 8.	Perubahan Kerapatan Mangrove Kabupaten Mamuju.....	37
Tabel 9.	Uji Korelasi Pearson Terhadap Faktor Pendorong	47
Tabel 10.	Kriteria Penentuan Skala Prioritas Arah Rehabilitasi	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Peta Faktor Pendorong Kepadatan Penduduk	58
Lampiran 2.	Peta Faktor Pendorong Jarak Ke Pemukiman	59
Lampiran 3.	Peta Faktor Pendorong Jarak Ke Sungai	60
Lampiran 4.	Peta Faktor Pendorong Jarak Ke Jalan	61
Lampiran 5.	Peta Faktor Pendorong Kepadatan Penduduk	62
Lampiran 6.	Peta Proyeksi Perubahan Tutupan Mangrove Kabupaten Mamuju Tahun 2019-2030 Kecamatan Mamuju dan Kecamatan Simboro....	63
Lampiran 7.	Peta Proyeksi Perubahan Tutupan Mangrove Kabupaten Mamuju Tahun 2019-2030 Kecamatan Sampaga, Kecamatan Papalang dan Kecamatan Kalukku.....	64
Lampiran 8.	Peta Proyeksi Perubahan Tutupan Mangrove Kabupaten Mamuju Tahun 2019-2030 Kecamatan Tapalang Barat dan Kecamatan Tapalang	65
Lampiran 9.	Peta Arahan Rehabilitasi Prioritas Kabupaten Mamuju Kecamatan Sampaga, Kecamatan Papalang dan Kecamatan Kalukku	66
Lampiran 10.	Peta Arahan Rehabilitasi Mangrove Kabupaten Mamuju Kecamatan Mamuju dan Kecamatan Simboro	67
Lampiran 11.	Peta Arahan Rehabilitasi Prioritas Kabupaten Mamuju Kecamatan Tapalang Barat dan Kecamatan Tapalang	68

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ekosistem mangrove memiliki peran sebagai penghubung antara daratan dan lautan yang mempunyai fungsi ekologi, sosial ekonomi dan fisik yang penting bagi pemeliharaan keberlangsungan fungsi lingkungan (baik berupa kayu maupun hasil hutan bukan kayu) dan jasa lingkungan (Kusmana, 2007 *dalam* Asriningrum & Parwati, 2017). Di Sulawesi Barat mangrove sangat berperan untuk menyediakan protein hewani berupa produk perikanan bagi masyarakat. Kerusakan, pencemaran dan hilangnya tutupan mangrove akan berpengaruh pada penghasilan sebagian besar masyarakat karena turunnya hasil perikanan (Maryanto, dkk., 2012)

Ekosistem mangrove terdapat hampir seluruh pantai di Provinsi Sulawesi Barat. Panjang bentang pantai kurang lebih 102 km untuk Kabupaten Polman, Kabupaten Majene sepanjang kurang lebih 109 km, Kabupaten Mamuju Utara sepanjang kurang lebih 154 km dan Kabupaten Mamuju sepanjang kurang lebih 416 km (Maryanto, dkk., 2012)

Kerusakan mangrove di Sulawesi Barat juga terjadi karena pengambilan kayu untuk kayu bakar secara berlebih serta terjadinya sedimentasi dari Sungai Karama Kabupaten Mamuju dan Sungai Lariang Kabupaten Mamuju Utara. Badan Perencanaan Pembangunan Sulawesi Barat tahun 2019 menyebutkan total hutan mangrove yang mengalami kerusakan mencapai 27% atau dari total luas hutan mangrove secara keseluruhan di Provinsi Sulawesi Barat oleh karena itu, perlu dilakukan penghentian perusakan ekosistem mangrove serta memulihkan ekosistem yang rusak alami mengikuti pola suksesi alam yang dipercepat.

Rehabilitasi mangrove diperlukan sebagai bentuk upaya pengembalian fungsi dan manfaat ekosistem mangrove. Kabupaten Mamuju memiliki bentang pantai terpanjang di Provinsi Sulawesi Barat untuk menekan laju degradasi lahan di kawasan ini perlu dilakukan rehabilitasi mangrove di kabupaten ini. Penelitian ini akan membuat arahan rehabilitasi mangrove berdasarkan analisis perubahan tutupan Mangrove pada tahun 2000 – 2019 dan Proyeksi tahun 2030. Hal ini didasarkan ketersediaan teknologi penginderaan jauh yang memungkinkan dilakukan secara cepat dan efisien untuk memetakan atau memantau mangrove

pada periode berbeda dalam skala yang luas agar dapat melihat perubahan sebaran dan kerapatan hutan mangrove. Penelitian ini juga mempertimbangkan aspek lainnya dianggap perlu yakni penutupan lahan Kabupaten Mamuju dan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Mamuju sebagai salah satu variabel dalam menyusun perencanaan rehabilitasi.

1.2 Tujuan

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini yakni :

1. Mengetahui perubahan sebaran dan kerapatan hutan mangrove di Kabupaten Mamuju pada tahun 2000, 2010 dan 2019.
2. Mengetahui proyeksi sebaran mangrove pada tahun 2030.
3. Mengusulkan arahan rehabilitasi mangrove di Kabupaten Mamuju.

1.3 Kegunaan

Secara umum penelitian ini diharapkan mampu menjadi sumber informasi terkait kondisi mangrove di Kabupaten Mamuju. Secara khusus hasil dari penelitian dapat menjadi acuan atau referensi dalam melaksanakan kegiatan rehabilitasi mangrove di Kabupaten Mamuju.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hutan Mangrove

2.1.1 Definisi dan Ruang Lingkup Mangrove

Mangrove atau hutan mangrove merupakan komunitas vegetasi pantai tropis dan sub tropis, yang didominasi oleh beberapa jenis pohon mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut pantai berlumpur. Mangrove juga didefinisikan sebagai formasi tumbuhan daerah litoral yang khas di pantai daerah tropis dan sub tropis yang terlindung (Saenger,dkk., 1983). Kata mangrove diduga berasal dari bahasa Melayu manggi-manggi, yaitu nama yang diberikan kepada mangrove merah (*Rhizophora* spp.). Nama mangrove diberikan kepada jenis tumbuh-tumbuhan yang tumbuh di pantai atau muara sungai yang menyesuaikan diri pada keadaan asin. Kadang-kadang kata mangrove juga berarti suatu komunitas mangrove (Romimohtarto & Juwana, 1992).

Kata *mangue* di Portugal digunakan untuk menunjukkan suatu individu pohon dan kata *mangal* untuk komunitas pohon tersebut, sedangkan di Perancis, padanan yang digunakan untuk mangrove adalah kata *menglier*. MacNae (1968) menggunakan kata mangrove untuk individu tumbuhan dan mangal untuk komunitasnya. Di lain pihak, Tomlinson (1986) dan Wightman (1989) menggunakan kata mangrove baik untuk tumbuhan maupun komunitasnya. Pendapat lain yang dikemukakan oleh Soerianegara (1987) mendefinisikan hutan mangrove sebagai hutan yang terutama tumbuh pada tanah lumpur aluvial di daerah pantai dan muara sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut. Meskipun terdapat perbedaan dalam penggunaan kata, Wightman (1989) menyatakan bahwa pada umumnya tidak perlu dikacaukan dalam penggunaan kontekstual dari kata-kata tersebut (Rusila Noor,dkk., 1999). Menurut Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan tahun 2016 nomor 24 mangrove adalah vegetasi pantai yang memiliki morfologi khas dengan sistem perakaran yang mampu beradaptasi pada daerah pasang surut dengan substrat lumpur atau lumpur berpasir.

2.1.2 Ekosistem Mangrove

Perkiraan luas mangrove di seluruh dunia sudah dilakukan puluhan tahun silam oleh beberapa peneliti, hasil dari penelitian yang dilakukan pun juga cukup sangat beragam. Beberapa peneliti seperti Ogino & Chihara (1988) menyebutkan bahwa luas mangrove di seluruh dunia adalah sekitar 15 juta hektar, sedangkan Spalding, dkk. (1996) menyebutkan 18,1 juta hektar, bahkan Groombridge (1992) menyebutkan 19,9 juta hektar (Rusila Noor, dkk, 1999). Untuk kawasan Asia, luas mangrove diperkirakan antara 32 % sampai 41.5% dari mangrove dunia. Di Indonesia perkiraan luas mangrove juga sangat beragam. Giesen (1993) menyebutkan luas mangrove Indonesia 2,5 juta hektar, sedangkan Spalding (1996), menyebutkan seluas 4,5 juta hektar. Dengan areal sekitar 3 juta hektar Indonesia merupakan tempat mangrove terluas di dunia mewakili 22,6 % dari mangrove dunia (Giri, dkk., 2011).

Sulawesi Barat memiliki keragaman ekosistem sebanyak 19 tipe ekosistem, ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem di provinsi ini. Tipe dan luas ekosistem di Provinsi Sulawesi barat dapat dilihat pada Tabel 1. Kerusakan mangrove di Sulawesi Barat dapat terjadi karena pengambilan kayu untuk kayu bakar secara berlebihan, alih fungsi lahan menjadi tambak ataupun pemukiman serta terjadinya sedimentasi dari Sungai Karama Kabupaten Mamuju dan Sungai Lariang Kabupaten Mamuju Utara. Dampak kerusakan ekosistem mangrove antara lain adalah turunnya produksi berbagai spesies ikan laut dan banyaknya endapan lumpur akan memacu spesies-spesies mangrove berkembang dan bergeser ke arah laut sampai terhenti di *continental drift*.

Tabel 1. Tipe dan Luas Ekosistem di Sulawesi Barat

No.	Ekosistem	Jumlah	Luas Kawasan Lokasi (ha)
1	Vegetasi Karst Lahan Kering Pamah	3	3.412
2	Vegetasi Karst Lahan Pamah	4	435
3	Vegetasi Lahan Kering Pamah	11	650.095
4	Vegetasi Lahan Pamah	12	996
5	Vegetasi Mangrove	24	9.155
6	Vegetasi Mangrove dan Lahan Pamah	1	476
7	Vegetasi Mangrove Monsun Air Masin	2	142
8	Vegetasi Mangrove Monsun Air Masin dan Vegetasi Monsun Pamah	1	366

No.	Ekosistem	Jumlah	Luas Kawasan Lokasi (ha)
9	Vegetasi Mangrove Monsun Lahan Pamah	1	42
10	Vegetasi Monsun Lahan Pamah	41	308.772
11	Vegetasi Monsun Pegunungan Bawah	22	26.53
12	Vegetasi Monsun Rawa Air Tawar	18	60.401
13	Vegetasi Pegunungan Atas	23	66.306
14	Vegetasi Pegunungan Atas Lahan Kering	1	17.759
15	Vegetasi Pegunungan Bawah	81	366
16	Vegetasi Rawa Air Masin	1	266
17	Vegetasi Rawa Air Masin dan Tawar Pamah	1	13.325
18	Vegetasi Rawa Air Masin Pamah	2	96.336
19	Vegetasi Rawa Air Tawar Pamah	16	64.859

Sebaran mangrove Kabupaten Mamuju berada di tujuh kecamatan dari sepuluh kecamatan yang ada, yakni Kecamatan Kalukku, Kecamatan Mamuju, Kecamatan Papalang, Kecamatan Sampaga, Kecamatan Simboro, Kecamatan Tappalang dan Kecamatan Tappalang Barat sebab ketujuh kecamatan ini memiliki pantai. Berbeda halnya dengan Kecamatan Bonehau, Kecamatan Kalumpang dan Kecamatan Tommo. Ketiga kecamatan ini tidak memiliki mangrove sebab ketiga kecamatan ini tidak memiliki pantai.

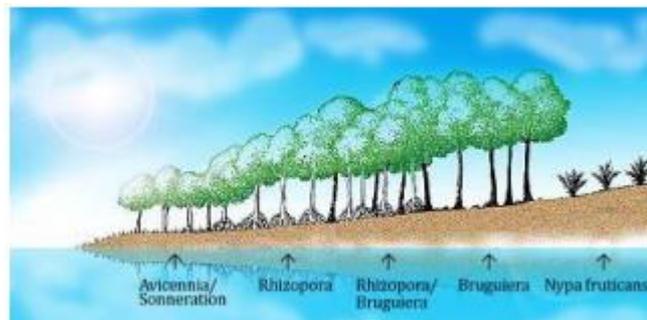
Kabupaten Mamuju sendiri sebelum sampai di kawasan mangrove kadang-kadang terdapat vegetasi rawa. Vegetasi rawa menempati kawasan yang secara periodik mengalami banjir atau secara permanen tergenang oleh air hujan serta air yang mengalir balik dari sungai. Bergantung kepada terbentuknya rawa, maka dikenal dengan rawa air tawar, rawa air masin dan rawa bergambut. Masing-masing rawa memiliki komunitas tumbuhan yang berbeda dan membentuk ekosistem yang khusus. Vegetasi rawa terdapat pada kawasan lahan pamah, dataran pegunungan tinggi baik pada habitat yang beriklim basah maupun kering musiman.

2.1.3 Kondisi Fisik Hutan Mangrove

Vegetasi mangrove secara khas memperlihatkan adanya pola zonasi. Beberapa ahli seperti Chapman (1977) menyatakan bahwa hal tersebut berkaitan erat dengan tipe tanah (lumpur, pasir atau gambut), keterbukaan terhadap hempasan gelombang, salinitas serta pengaruh pasang surut. Sebagian besar jenis-jenis mangrove tumbuh dengan baik pada tanah berlumpur, terutama di daerah dimana

endapan lumpur terakumulasi (Rusila Noor, dkk., 1999). Di Indonesia, substrat berlumpur ini sangat baik untuk tegakan *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* (A. Kint, 1934).

Jenis-jenis lain seperti *Rhizophora stylosa* tumbuh dengan baik pada substrat berpasir, bahkan pada pulau karang yang memiliki substrat berupa pecahan karang, kerang dan bagian-bagian dari Halimeda (Ding Hou, 1958). A. Kint (1934) melaporkan bahwa di Indonesia, *Rhizophora stylosa* dan *Sonneratia alba* tumbuh pada pantai yang berpasir, atau bahkan pada pantai berbatu.



Gambar 1. Sebaran Jenis Ekosistem Mangrove (Bengen, 2002)

Pada umumnya lebar zona mangrove jarang melebihi 4 kilometer, kecuali pada beberapa estuari serta teluk yang dangkal dan tertutup. Pada daerah seperti ini lebar zona mangrove dapat mencapai 18 km seperti di Sungai Sembilang, Sumatera Selatan (Danielsen dkk, 1990) atau bahkan lebih dari 30 km seperti di Teluk Bintuni, Irian Jaya (Erfteimeije, dkk., 1989). Adapun pada daerah pantai yang tererosi dan curam, lebar zona mangrove jarang melebihi 50 meter. Untuk daerah di sepanjang sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut, panjang hamparan mangrove kadang-kadang mencapai puluhan kilometer seperti di Sungai Barito, Kalimantan Selatan. Panjang hamparan ini bergantung pada intrusi air laut yang sangat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya pasang surut, pemasukan dan pengeluaran material ke dalam dan dari sungai, serta kecuramannya (Rusila Noor, dkk., 1999)

Faktor pembentuk zonasi adalah karakter tanah berupa kandungan bahan organik, salinitas, dan air tanah. Karakter tanah itu sendiri dipengaruhi oleh kondisi topografi pantai. Kondisi topografi pantai berpengaruh terhadap variasi tinggi relatif air laut, erosi dan pengendapan sedimen, pengaruh gelombang atau pasang

surut dan air tawar yang masuk ke daerah mangrove, suplai sedimen dari lahan atas, bioturbasi, dan akumulasi humus (Tuwo, 2011).

Secara sederhana, mangrove umumnya tumbuh dalam 4 zona, yaitu pada daerah terbuka, daerah tengah, daerah yang memiliki sungai berair payau sampai hampir tawar, serta daerah ke arah daratan yang memiliki air tawar.

2.1.4 Kerusakan Hutan Mangrove

Penurunan luasan dan kualitas mangrove terjadi secara drastis, hingga saat ini data aktual yang pasti terkait luasan hutan mangrove dengan baik yang kondisinya baik, rusak maupun telah berubah bentang alamnya belum tersedia. Mangrove memiliki tingkat keterbukaan wilayah yang tinggi dan relatif dekat dengan sentra-sentra kegiatan perekonomian masyarakat. Interaksi yang tinggi antara masyarakat dengan kawasan hutan umumnya membawa dampak yang cukup serius terhadap ekosistem kawasan, fungsi dan keunikannya (Amran, 2014)

Terdapat tiga faktor utama penyebab kerusakan mangrove, yaitu (1) pencemaran, (2) konversi hutan mangrove yang kurang memperhatikan faktor lingkungan dan (3) penebangan yang berlebihan. Pencemaran seperti pencemaran minyak dan logam berat, konversi lahan untuk budidaya perikanan (tambak), pertanian (sawah dan perkebunan), jalan raya, industri, produksi garam dan pemukiman, pertambangan dan penggalian pasir (Kusmana, dkk., 2003)

Degradasi dapat menurunkan tingkat tutupan vegetasi, perubahan struktur dan pengurangan jumlah spesies yang ada suatu di lingkungan sehingga menurunkan kualitas dari fungsi hutan itu sendiri. Degradasi hutan berbeda pengertiannya dengan deforestasi dimana deforestasi merupakan fenomena penghilangan wilayah hutan untuk kepentingan tertentu yang tidak berkaitan dengan fungsi hutan.

2.2 Penginderaan Jauh

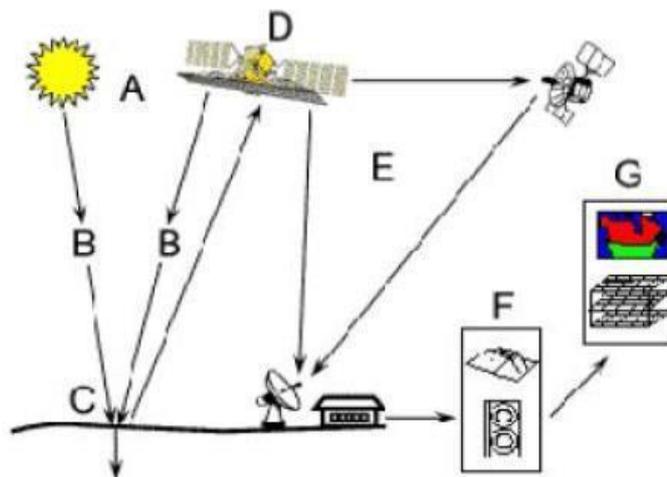
2.2.1 Pengertian Penginderaan Jauh

Teknologi pemotretan udara mulai diperkenalkan pada akhir abad ke-19, teknologi ini kemudian dikembangkan menjadi teknologi penginderaan jauh atau *remote sensing*. Manfaat pemotretan udara dirasa sangat besar dalam perang dunia I dan II, sehingga foto udara dipakai dalam eksplorasi ruang angkasa. Sejak saat itu

penginderaan jauh dikenal dalam dunia pemetaan. Berikut ini beberapa definisi mengenai penginderaan jauh:

- a. Penginderaan jauh adalah ilmu atau seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah, atau gejala, dengan cara menganalisis data yang diperoleh atau gejala yang akan dikaji (Kiefer & Lillesand, 1990)
- b. Penginderaan jauh merupakan teknik yang dikembangkan untuk memperoleh dan menganalisis tentang bumi. Informasi itu berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi.
- c. Penginderaan jauh dapat disebut sebagai seni atau ilmu karena perolehan informasi secara tidak langsung dilakukan menggunakan metode matematis dan statistik berdasarkan algoritma tertentu (ilmu), dan proses interpretasi terhadap citra tidak hanya berdasar pada ilmu namun juga pengalaman dan kemampuan menangkap kesan dari kenampakan objek pada citra.

Buku *Fundamentals of Remote Sensing* dijelaskan bahwa sebagian besar proses penginderaan jauh melibatkan interaksi antara pancaran insiden dan target yang diinginkan (CCRS, 2014). Skema dari proses perolehan citra penginderaan jauh dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Skema Penginderaan Jauh (CCRS, 2014)

2.2.2 Citra Digital

Citra (*image* atau *scene*) merupakan representasi dua dimensi dari suatu objek di dunia nyata. Dalam penginderaan jauh, citra merupakan gambaran bagian permukaan bumi sebagaimana terlihat dari ruang angkasa (satelit) atau dari udara

(pesawat terbang) (Eddy Prahasta, 2008). Citra dapat diimplementasikan dalam dua bentuk yaitu analog dan digital. Salah satu bentuk citra analog adalah foto udara atau peta foto (*hardcopy*), sedangkan satelit yang merupakan data hasil rekaman sistem sensor merupakan bentuk citra digital.

2.2.3 Citra Landsat

Teknologi penginderaan jauh satelit dipelopori oleh NASA Amerika Serikat dengan diluncurkannya satelit sumberdaya alam yang pertama, yang disebut ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*) pada tanggal 23 Juli 1972, menyusul ERTS-2 pada tahun 1975, satelit ini membawa sensor RBV (*Retore Beam Vidcin*) dan MSS (*Multi Spectral Scanner*) yang mempunyai resolusi spasial 80 x 80 m. Satelit ERTS-1, ERTS-2 yang kemudian setelah diluncurkan berganti nama menjadi Landsat 1, Landsat 2, diteruskan dengan seri-seri berikutnya, yaitu Landsat 3, 4, 5, 6,7 dan terakhir adalah Landsat 8 yang diorbitkan tanggal 11 Februari 2013, NASA melakukan peluncuran satelit *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM).

Seperti dipublikasikan oleh USGS, satelit landsat 8 terbang dengan ketinggian 705 km dari permukaan bumi dan memiliki area scan seluas 170 km x 183 km (mirip dengan landsat versi sebelumnya). NASA sendiri menargetkan satelit landsat versi terbarunya ini mengemban misi selama 5 tahun beroperasi (sensor OLI dirancang 5 tahun dan sensor TIRS 3 tahun). Tidak menutup kemungkinan umur produktif landsat 8 dapat lebih panjang dari umur yang dicanangkan sebagaimana terjadi pada landsat 5 (TM) yang awalnya ditargetkan hanya beroperasi 3 tahun namun ternyata sampai tahun 2012 masih bisa berfungsi.

Satelit landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Di Antara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS. Sebagian besar kanal memiliki spesifikasi mirip dengan landsat 7. Berikut merupakan tabel yang menjelaskan karakteristik band-band yang terdapat pada citra Landsat 8 dan Landsat 7.

Tabel 2. Perbedaan Band Landsat 7 ETM+ dengan Landsat 8 (USGS, 2013)

Band-band Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)				Band-band Landsat 8 OLI (<i>Thermal Infrared Sensor</i>) dan TIRS (<i>Thermal Infrared Sensor</i>)				
No Band	Resolusi Spasial	Nama Band	Gelombang (μm)	No Band	Resolusi Spasial	Nama Band	Gelombang (μm)	Kegunaan
				Band 1	30 m	Coastal /Aerosol	0.433-0.453	Pesisir, Partikel Halus
Band 1	30 m	Blue	0.441-0.514	Band 2	30 m	Blue	0.450-0.515	Tutupan Vegetasi
Band 2	30 m	Green	0.519-0.601	Band 3	30 m	Green	0.525-0.600	Vegetasi Perbukitan
Band 3	30 m	Red	0.631-0.692	Band 4	30 m	Red	0.630-0.680	Tutupan Vegetasi
Band 4	30 m	NIR	0.772-0.898	Band 5	30 m	NIR	0.845-0.885	Biomassa, Garis Pantai
Band 5	30 m	SWIR-1	1.547-1.749	Band 6	30 m	SWIR-1	1.560-1.660	Kandungan Air
Band 6	60 m	TIR	10.31-12.36	Band 10	100 m	TIR-1	10.60-11.20	Pemetaan Panas
				Band 11	100 m	TIR-2	11.50-12.50	Pemetaan Panas
Band 7	30 m	SWIR-2	2.064-2.345	Band 7	30 m	SWIR-2	2.100-2.300	Kandungan Air
Band 8	15 m	Pan	0.515-0.896	Band 8	15 m	Pan	0.500-0.680	Mempertajam Citra
				Band 9	10 m	Cirrus	1.360-1.390	Awan Cirrus

Perbedaan pada Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI dan TIRS terletak pada *band Thermal Infrared*. Terdapat satu *band Thermal Infrared* pada Satelit Landsat 7 ETM+ sedangkan pada Satelit Landsat 8 OLI dan TIRS memiliki dua *band Thermal Infrared*. Selain perbedaan jumlah *band Thermal Infrared* resolusi spasial dari kedua satelit tersebut berbeda, yaitu 60 meter pada Satelit Landsat 7 ETM+ dan 100 meter pada Satelit Landsat 8 OLI dan TIRS. Satelit Landsat 8 OLI dan TIRS terdapat dua band baru yaitu *band Coastal/Aerosol* dan *band Cirrus* yang tidak ada pada Satelit Landsat 7 ETM+.

2.2.4 Klasifikasi Citra

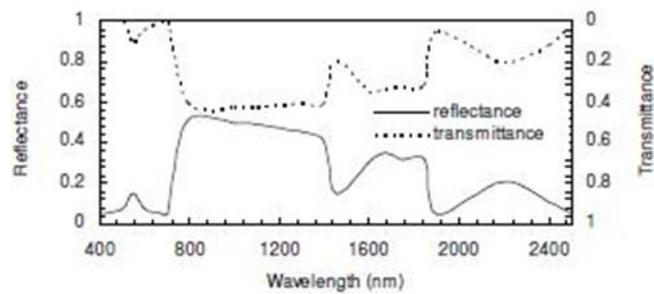
Klasifikasi citra secara digital merupakan suatu pengkelasan piksel ke dalam suatu kategori tutupan lahan tertentu. Secara garis besar proses pengelasan meliputi klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dan klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*). Klasifikasi terbimbing lebih menekankan pada kemampuan pengkategorian spektrum obyek berdasarkan interpretasi visual terhadap citra yang dilakukan oleh analis, sedangkan klasifikasi tidak terbimbing mengarah pada proses pengelasan oleh perangkat lunak berdasarkan pada nilai digital pada setiap piksel citra (Ardiansah, 2017).

Gabungan (komposit) band dilakukan untuk mendapatkan ketajaman objek dan menghasilkan warna komposit yang optimum untuk memberi tampilan yang untuk mengidentifikasi objek tertentu. Proses kombinasi band diawali dengan memilih 3 (tiga) band yang digunakan untuk membuat citra komposit dengan memasukkan setiap band ke dalam filter RGB. Komposit tersebut masing - masing adalah band 4, 5 dan 3 untuk citra Landsat - 7 sedangkan untuk landsat - 8 digunakan kombinasi 5, 6 dan 4. Penampakan citra yang didapatkan untuk kombinasi ini menghasilkan penampakan orange untuk vegetasi dan merah kegelapan pada objek mangrove (Nana Suwargana, 2013 *dalam* Asriningrum & Parwati, 2017).

2.3 Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Pemantauan Mangrove

2.3.1 Pendekatan Spektral

Teknologi penginderaan jauh yang mempergunakan satelit menyediakan kemampuan untuk memberi gambaran dan mengamati dinamika vegetasi pada area yang luas secara berulang-ulang, termasuk seluruh permukaan (As-syakur, 2009). Variabilitas spektral (yang bergantung pada panjang gelombang) dari reflektan mungkin merupakan sumber informasi yang paling dimanfaatkan pada penginderaan jauh untuk permukaan tanah. Vegetasi memantulkan energi dalam jumlah sedikit pada panjang gelombang biru dan merah, tetapi terdapat peningkatan pemantulan pada pada panjang gelombang sekitar 700 nm dan reflektan tinggi pada inframerah dekat (NIR) (Heiskanen, 2007).



Gambar 3. Reflektansi dan Transmittansi Spektrum dari Daun Sehat

Gambar 3 menunjukkan hubungan reflektansi dan transmittansi daun sehat terhadap panjang gelombang spektrum. Reflektansi paling rendah terjadi pada spektrum dengan panjang gelombang kisaran 650 nm (*visible red* pada spektrum cahaya tampak). Hal ini dikarenakan terjadinya penyerapan oleh pigmen klorofil yang terdapat pada sisi terluar dari daun. Reflektansi paling tinggi terjadi pada spektrum dengan panjang gelombang kisaran 700 – 1000 nm (*near infrared*). Pemantulan yang tinggi ini disebabkan oleh dinding sel gabus dan rongga udara dalam daun (As-syakur, 2009a).

Kehadiran mangrove secara spektral sebenarnya merupakan fungsi pantulan dari kanopi dan latar belakang tanah (tepatnya lumpur), dan kadang-kadang air khususnya ketika mangrove tersebut tergenang air pasang. Seperti halnya vegetasi lain, pantulan kanopi mangrove sebenarnya bervariasi, tergantung pada arsitektur kanopi, struktur percabangan daun (filotaksis), struktur internal daun, dan kerapatannya (Danoedoro, 1989). Pantulan lumpur dan air pada semua saluran, kecuali biru (0,4 – 0,5 μm), cenderung menurunkan pantulan vegetasi mangrove, dan membuat liputan mangrove dapat dibedakan secara spektral dari penutup lahan lain dengan relatif mudah. Kadangkala masalah batas antara mangrove dengan vegetasi bukan mangrove di batas dalam atau batas antara ekosistem mangrove dengan ekosistem lain di daratan.

Dalam klasifikasi multispektral, perlu dilakukan pengambilan sampel spektral secara cermat pada dua area yang diketahui dengan pasti kemudian dikomputasi tingkat keterpisahan spektralnya (*spectral separability*) terlebih dahulu, sebelum eksekusi klasifikasi. Hasil komputasi separabilitas akan menunjukkan apakah keduanya nanti dapat dipetakan terpisah, Kemampuan memisahkan ini tentu saja tergantung pada resolusi spasial dan jumlah saluran yang

digunakan, dimana penggunaan saluran-saluran inframerah tengah dan jauh disertai resolusi spasial yang lebih tinggi akan sangat membantu. Semakin besar panjang gelombang yang digunakan (hingga sekitar 2,5 μm), semakin bagus kontras antara mangrove dengan bukan mangrove yang dihasilkan, sebagai akibat kontribusi pantulan lumpur dan air terhadap pantulan vegetasi di atasnya.

2.3.2 Indeks Vegetasi

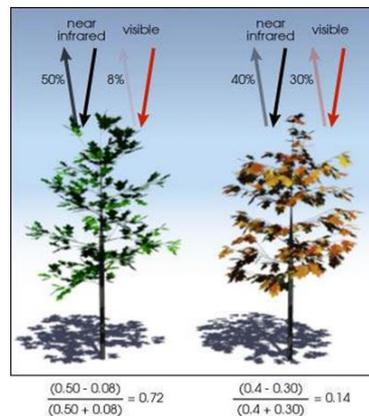
Indeks vegetasi adalah besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal data *digital* nilai kecerahan (*brightness*) beberapa kanal data sensor satelit. Untuk pemantauan vegetasi, dilakukan proses perbandingan antara tingkat kecerahan kanal cahaya merah (*red*) dan kanal cahaya inframerah dekat (*near infrared*). Fenomena penyerapan cahaya merah oleh klorofil dan pemantulan cahaya inframerah dekat oleh jaringan mesofil yang terdapat pada daun akan membuat nilai kecerahan yang diterima sensor satelit pada kanal-kanal tersebut akan jauh berbeda. Pada daratan non-vegetasi, termasuk diantaranya wilayah perairan, pemukiman penduduk, tanah kosong terbuka, dan wilayah dengan kondisi vegetasi yang rusak, tidak akan menunjukkan nilai rasio yang tinggi (minimum) (Sudiana & Diasmara, 2008).

Menurut Horning *dalam* As-syakur (2009) penghitungan indeks vegetasi biasanya menggunakan perhitungan aljabar sederhana, indeks vegetasi didesain untuk memperkuat sinyal vegetasi pada data yang didapat dengan penginderaan jauh dan menyediakan ukuran perkiraan dari jumlah vegetasi yang hijau dan sehat. La Puma dkk. *dalam* As-syakur, 2009 mengemukakan bahwa *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan alat yang populer untuk menilai berbagai aspek dari proses tanaman, ketika secara simultan menentukan variasi spasial pada tutupan vegetasi. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{\text{Near Infrared Band} - \text{Visible Red Band}}{\text{Near Infrared Band} + \text{Visible Red Band}}$$

Pengukuran vegetasi menggunakan NDVI membutuhkan dua *input* yaitu *band Near Infrared* dan *band Visible Red*. Menurut Weier & Herring (2000), penggunaan dua *input* tersebut didasari oleh teori bahwa tumbuhan sehat cenderung

memberi banyak pantulan pada gelombang *Near Infrared* dan sedikit pantulan (lebih banyak menyerap) gelombang tampak atau *visible*.



Gambar 4. Ilustrasi NDVI oleh Robert Simmon

Gambar 4 menunjukkan pantulan gelombang dari tumbuhan sehat dengan warna daun hijau dan tumbuhan kering dengan warna daun coklat. Persentase pantulan gelombang *visible red* pada tumbuhan sehat lebih sedikit daripada tumbuhan kering. Persentase pantulan gelombang *near infrared* pada tumbuhan sehat lebih sedikit daripada tumbuhan kering. Berdasarkan perhitungan NDVI pada Gambar 3 terlihat bahwa tumbuhan sehat memiliki nilai NDVI lebih besar daripada tumbuhan kering.

NDVI tersebar antara 0 dan 1 untuk permukaan bervegetasi, gurun memiliki nilai mendekati nol dan hutan tropis mendekati 1. Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan hubungan antara rentang nilai NDVI dengan tingkat kerapatan tajuk Mangrove

Tabel 3. Hubungan antara Rentang Nilai NDVI dan Tingkat Kerapatan Tajuk

Nilai NDVI	Tingkat Kerapatan Tajuk
$0.43 \leq \text{NDVI} \leq 1,00$	Lebat
$0,33 \leq \text{NDVI} \leq 0,42$	Sedang
$-1.0 \leq \text{NDVI} \leq 0.32$	Jarang

Hasil antara NDVI dari Landsat 7 dan Landsat 8 tersebut menunjukkan bahwa adanya korelasi positif (berbanding lurus) antara hasil NDVI Landsat 7 dan Landsat 8. Dari hasil uji yang telah dilakukan diperoleh nilai koefisien regresi (R²) sebesar 0,631 dan koefisien korelasi (r) 0,7943 yang memiliki artian bahwa

pengaruh variabel Landsat 7 terhadap Landsat 8 adalah sebesar 79% yang menunjukkan hubungan yang kuat (Amliana, Prasetyo, & Sukmono, 2016).

2.3.3 Koreksi Reflektan

Nilai piksel pada citra satelit komersial menunjukkan paparan dari permukaan bumi dalam bentuk *Digital Number* (DN) yang dikalibrasi ke suatu rentang nilai. Konversi DN ke dalam paparan nyata perlu dilakukan untuk analisis komparatif dari beberapa citra yang diambil oleh sensor yang berbeda. USGS (2013) memberikan persamaan koreksi reflektan untuk citra Satelit Landsat 8. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\rho\lambda = \frac{MpQcal + Ap}{\sin(\theta SE)}$$

Keterangan:

- $\rho\lambda$ = TOA *planetary reflectance*
- Mp = *band-specific multiplicative rescaling factor dari metadata*
(REFLECTANCE_MULT_BAND_x, dimana x adalah nomor band)
- Ap = *Band-specific additive rescaling factor dari metadata*
(REFLECTANCE_ADD_BAND_x, dimana x adalah nomor band)
- $Qcal$ = *Quantized and calibrated standard product pixel values* (DN)
- θSE = *Local sun elevation angle* (SUN_ELEVATION)

Nilai Mp dan Ap berbeda di tiap-tiap *band* dari citra yang diakuisisi oleh masing-masing sensor. Indeks vegetasi dicari menggunakan NDVI dengan *input band Visible Red* dan *band Near Infrared*, sehingga koreksi reflektan dilakukan pada masing-masing citra band tersebut. Maka untuk mengenali objek tersebut adalah menara yaitu dengan melihat bayangannya.

2.4 Pola Spasial Temporal

Pola spasial adalah pola pengembangan paragraf dengan objek berupa *space* atau ruang. Pola spasial merujuk pada kemampuannya dalam melakukan perhitungan dan menerangkan keterkaitan spasial antara fitur yang berbeda dalam sebuah basis data menerangkan keterkaitan data dalam suatu *layer* yang sama ataupun antar *layer* yang berbeda. Pola spasial mengarah pada klasifikasi, penataan,

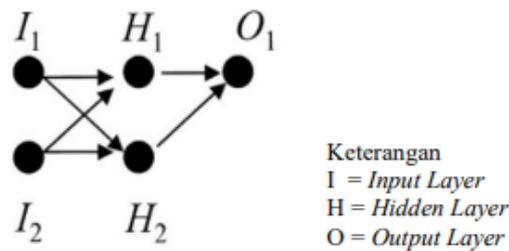
tumpang susun geometris, dan pemodelan kartografis. Pola spasial juga merupakan suatu teknik analisis untuk mengukur distribusi suatu kejadian berdasarkan keruangan (Scott & Warmerdam, 2008). Keruangan yang dimaksud disini adalah variabel yang ada di permukaan bumi seperti kondisi topografi, vegetasi, perairan.

Pola spasial mengarah pada analisis data yang berfokus pada konteks investigasi suatu bentuk pola dengan berbagai atribut atau gambaran di dalam studi kewilayahan dan dengan menggunakan pemodelan berbagai keterkaitan untuk tujuan meningkatkan pemahaman dan prediksi atau simulasi suatu kejadian dalam suatu area (Ernan, dkk, 2009).

2.5 Prediksi Penutupan Lahan

Prediksi penutupan lahan dan perkembangan suatu wilayah di masa yang akan datang dapat diprediksi menggunakan pendekatan *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Cellular Automata* (CA). Pemodelan ANN dan CA dapat menentukan peluang perubahan suatu penutupan/penggunaan lahan menjadi penutupan/penggunaan lahan lainnya. Sementara Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan untuk membangun suatu aspek spasial dan membangun variabel-variabel pendorong yang mempengaruhi perubahan (Rahma, 2020).

Artificial Neural Network (ANN) atau yang biasa dikenal dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah pengolah informasi yang terinspirasi dari cara kerja sistem saraf secara biologis seperti otak yang memproses informasi. Elemen utamanya adalah struktur dari sistem pengolah informasi itu sendiri yaitu elemen pemrosesan yang saling terkoneksi (neuron) dengan jumlah besar dan bekerja bersama untuk menyelesaikan masalah yang spesifik. JST dipercaya bisa diimplementasikan untuk pengenalan maupun klasifikasi. Ide mendasar dari ANN adalah mengadopsi mekanisme berpikir sebuah sistem yang menyerupai otak manusia. ANN 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 untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan (Tasha, 2012).



Gambar 5. Ilustrasi ANN

Automata seluler (*cellular automata*) adalah model sederhana dari proses terdistribusi spasial (*spatial distributed process*) dalam GIS (Baja, 2012). Salah satu kelebihan CA adalah dapat diintegrasikan dengan model lain baik yang berbasis visual, statistik, maupun kecerdasan buatan (Wijaya & Umam, 2015). Menurut (Parasdyo & Susilo, 2012) bentuk tradisional CA terdiri dari lima komponen utama yaitu cell, state, rules, neighborhood, dan time. Matriks peluang transisi akan dihasilkan pada proses ini dan dijadikan dasar untuk melakukan proyeksi penggunaan lahan ke depan. Bentuk dari matriks transisi tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

$$p = (P_{ij}) = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{vmatrix}$$

P_{ij} merupakan nilai peluang perubahan penggunaan lahan i menjadi penggunaan lahan j , dimana n menunjukkan jumlah kelas penggunaan lahan. Validasi pemodelan ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan dari peta prediksi penggunaan lahan yang dihasilkan. Salah satu metode umum yang digunakan untuk validasi model adalah metode statistik kappa. Kappa dapat dihitung dari tabel kontingensi antara dua set data. Nilai untuk Kappa berkisar dari 1 yang berarti menunjukkan kesepakatan yang sempurna, hingga -1 menunjukkan tidak ada kesepakatan sama sekali. Perhitungan Kappa dapat dilihat pada persamaan 1 – 6 (NextGIS, 2013).

$$1. \text{Kappa} = (P(A) - P(E)) / (1 - P(E)) \quad (1)$$

$$2. \text{Kappa Loc} = (P(A) - P(E)) / (P_{\max} - P(E)) \quad (2)$$

$$3. \text{Kappa Histo} = (P_{\max} - P(E)) / (1 - P(E)) \quad (3)$$

Dimana:

$$P_0 = \sum_{i=1}^c p(a = i \wedge s = i) \quad (4)$$

$$P_e = \sum_{i=1}^c p(a = i) \cdot p(s = i) \quad (5)$$

$$P_{Max} = \sum_{i=1}^c \min (p(a = i) \cdot p(s = i)) \quad (6)$$

$p(a=i \wedge s=i)$ adalah sel dari tabel kontingensi, $p(a=i) \cdot p(s=i)$ adalah jumlah semua sel dalam baris ke- i , ($p(a=i)$, $p(s=i)$) adalah jumlah semua sel dalam kolom ke- i , dan c adalah jumlah dari kategori raster.

2.6 Uji Validasi

Performa dari suatu model klasifikasi dapat diukur tingkat akurasinya dengan melakukan evaluasi. Menurut Rasepta, (2016) performa dari suatu model klasifikasi dapat diukur dengan tingkat akurasinya berdasarkan *Confusion matrix*. *Confusion matrix* merupakan alat yang berguna untuk menganalisis seberapa baik classifier mengenali tuple dari kelas yang berbeda. TP dan TN memberikan informasi ketika classifier benar, sedangkan FP dan FN memberikan informasi ketika classifier salah. Tabel 4 adalah contoh dari *confusion matrix*. Dalam penerapannya pada pembuatan kelas penutupan lahan menggunakan citra digital *confusion matrix* dapat mengevaluasi sekaligus sebagai penentu validitas terhadap hasil klasifikasi, karena dapat mengukur seberapa besar ketepatan suatu model klasifikasi.

Tabel 4. Confusion Matrix (Rasepta, 2016)

	<i>Actual Class</i>		
		Ya	Tidak
<i>Predictive Class</i>	Ya	TP	FN
	Tidak	FP	TN
	Total	P'	N'

Akurasi merupakan persentase dari data yang diprediksi secara benar.

Perhitungan akurasi adalah:

$$Akurasi = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)} \times 100\%$$

Keterangan:

TP : *True positives*, merupakan jumlah data dengan kelas positif yang diklasifikasikan positif.

TN : *True negatives*, merupakan jumlah data dengan kelas negatif yang diklasifikasikan negatif.

FP : *False positives*, merupakan jumlah data dengan kelas positif diklasifikasikan negatif.

FN : *False negatives*, merupakan jumlah data dengan kelas negatif diklasifikasikan positif.

2.7 Kegiatan Rehabilitasi

Rehabilitasi lahan merupakan suatu usaha memperbaiki, memulihkan kembali dan meningkatkan kondisi lahan yang rusak agar dapat berfungsi secara optimal baik sebagai unsur produksi, media pengatur tata air, maupun sebagai unsur perlindungan alam dan lingkungannya (Wahono, 2002). Rehabilitasi bertujuan memulihkan kembali lingkungan hidup yang telah rusak dan telah menjadi lahan kritis yang disebabkan karena ulah manusia maupun bencana alam. Lahan rusak yang disebabkan karena ulah manusia seperti illegal logging, kegiatan ladang berpindah, dan lainnya.

Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999, Rehabilitasi Hutan dan Lahan dimaksudkan untuk memulihkan, mempertahankan dan meningkatkan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung, produktivitas dan peranannya dalam mendukung sistem kehidupan tetap terjaga. Kegiatan Rehabilitasi Hutan dan Lahan diselenggarakan melalui kegiatan reboisasi, penghijauan, pemeliharaan, pengayaan tanaman, atau penerapan teknik konservasi tanah secara vegetatif dan sipil teknis pada lahan kritis dan tidak produktif. Kegiatan reboisasi dan penghijauan pada umumnya dilakukan pada tanah kritis dan areal bekas pembalakan. Kedua kegiatan tersebut memerlukan bibit dalam jumlah besar dan berkualitas baik. Sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk yang diikuti dengan meningkatnya aktivitas pembangunan saat ini, telah menempatkan kawasan hutan mangrove pada eksploitasi menjadi sasaran yang potensial untuk kegiatan pertambakan, pertanian dan pemukiman.

Pemanfaatan wilayah pesisir yang semakin meningkat tersebut selain memberikan dampak positif melalui peningkatan taraf hidup dan lapangan kerja kepada masyarakat pantai, namun juga mempunyai akibat yang negatif terhadap ekosistem mangrove, jika pemanfaatannya tidak ramah lingkungan dan tidak terkendali. Karenanya kegiatan rehabilitasi hutan mangrove yang telah kritis kondisinya perlu dilakukan untuk memulihkan dan mengembalikan fungsi perlindungan, pelestarian dan fungsi produksinya. Upaya untuk merehabilitasi lahan hutan mangrove yang telah kritis adalah dengan cara melakukan penghijauan dengan memerlukan teknik yang spesifik. Disamping penguasaan teknik penanaman, perlu juga dipelajari formasi jenis tumbuhan yang membentuk atau jenis penyusun hutan mangrove pada lokasi yang akan dilakukan penanaman. Umumnya hutan terdiri dari tumbuhan penyusun utama, antara lain *Avicennia sp.*, *Rhizophora sp.*, *Sonneratia sp.* atau *Bruguiera sp.* Adapun langkah- langkah kegiatan dalam upaya pelaksanaan penghijauan lahan mangrove yang telah rusak menurut Sugiarto dan Ekariono (1996) adalah pengadaan bibit, seleksi bibit, persemaian dan media semai, pengangkutan bibit, penanaman dan pemeliharaan. Pengadaan bibit untuk penghijauan ini sebaiknya diambil dari pohon induk yang sehat dan sudah berumur lebih 10 tahun ke atas.

Pengambilan bibit diupayakan diambil dekat dengan lokasi yang akan dilakukan penanaman. Pengambilan bibit harus diseleksi, yaitu memilih bibit yang sehat, ukuran antara 45-75 cm, lurus, kuat dan jika diambil dari biji yang sudah tumbuh harus memilih bibit yang memiliki pertumbuhan sesuai dengan umurnya. Pengambilan bibit tersebut sebaiknya dilakukan pada bulan September untuk jenis *Rhizophora sp.* atau bulan November - Desember untuk jenis *Avicennia sp.* karena pada bulan tersebut bibit jenis mangrove sudah cukup layak tanam (Wirjodamodjo dkk, 1978).