

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi, Kriteria Lahan, Tipe Zonasi Hutan Mangrove

2.1.1. Definisi Hutan Mangrove

Rahman dkk (2021) menyebutkan hutan mangrove ialah pohon dan tumbuhan semak-semak yang hidup di habitat bakau atau sekelompok tumbuhan yang berbeda satu dengan lainnya, namun mempunyai kesamaan adaptasi morfologi dan fisiologi terhadap habitat yang dipengaruhi oleh pasang surut yang mana mangrove akan tergenang air laut pada saat pasang dan bebas dari genangan pada waktu surut. Hal ini sesuai dengan definisi hutan mangrove oleh Wijayanti (2009), yakni hutan dengan kemampuan pertumbuhan di sekitar muara sungai, area pasang surut dan daerah tepi laut. Demikian pula dengan Mulyadi dkk., (2009) yang mendefinisikan mangrove memiliki arti secara ekologi tumbuhan sebagai pohon dan semak yang dapat hidup di kawasan intertidal maupun subtidal di estuari pasang tropik serta subtropik.

Pada tanaman mangrove memiliki ciri khas sebab merupakan tumbuhan yang mampu hidup di laut maupun darat. Pneumatofor atau akar nafas umumnya dimiliki mangrove. Perakaran semacam ini merupakan cara tumbuhan mangrove beradaptasi dengan kondisi tanah miskin oksigen bahkan tidak ada oksigen (anaerob). Selama dua puluh tahun ini, ekosistem mangrove kualitasnya menurun drastis. Kini hutan mangrove hanya merupakan komunitas mangrove dengan tebal 10-100 meter di muara sungai. Dominasi pada *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, *Sonneratia caseolaris* yang memiliki manfaatnya tersendiri. Seperti pohon *Avicennia caseolaris*, dapat mengakumulasikan logam berat pencemar dengan melakukan penyerapan dan penyimpanan di bagian daun, batang, serta akar, jadi *Avicennia caseolaris* memiliki peran sebagai filter dan melakukan reduksi pencemaran pada perairan laut. Lain daripada itu, manfaat mangrove secara

ekonomis yaitu sebagai penghasil kayu. Manfaat lainnya ialah melindungi ekosistem darat dan laut (Djamaluddin, 2018).

Dari uraian di atas, terdapat dua pertimbangan penting agar pengelolaan mangrove mulai dari perencanaan hingga evaluasi dapat tercapai, yaitu (i) kriteria lahan mangrove; (ii) Tipe zonasi mangrove.

2.1.2. Kriteria Lahan Mangrove

Terdapat banyak kriteria lingkungan utama yang menentukan kelangsungan hidup dan pertumbuhan mangrove. Kriteria lahan mangrove secara lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kriteria Lahan Mangrove

NO	PARAMETER	KELAS	NILAI	BOBOT
1	Salinitas (‰)	29 – 33	3	2
		25 -<29 atau > 33-37	2	
		< 25 atau > 37	1	
2	pH	7-8,5	3	1
		6,5-<7 atau >8,5 -	2	
		9,5	1	
3	Bahan organik sedimen	>10,1	3	1
		4,1 – 10	2	
		<4	1	
4	Frekuensi genangan (hr/bln)	20	3	2
		10 – 19	2	
		<10 atau >20	1	
5	tinggi genangan maksimal (m)	< 0,5	3	2
		0,5 – 1	2	
		>1	1	
6	Arus (cm/dt)	<1	3	1
		1 – 10	2	
		> 10	1	
7	Gelombang	<0,5	3	2
		0,51 – 1	2	
		>1	1	
8	Substrat	Pasir atau lanau	3	2
		Lempung	2	
		Gravel	1	

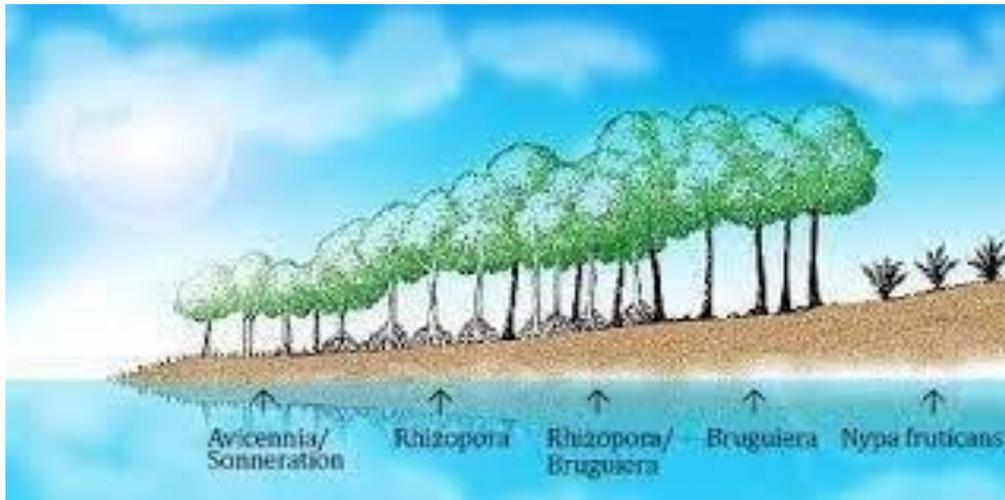
Lanjutan Tabel 1

NO	PARAMETER	KELAS	NILAI	BOBOT
9	Penggunaan Lahan	Mangrove, hutan rawa	3	1
		Pertambakan	2	
		Pemukiman. Industri	1	
10	<i>Land Subsidence</i> (cm/tahun)	<1	3	2
		1-4	2	
		>4	1	
11	<i>Sea level rise</i> (mm/tahun)	<4,99	3	2
		5 - 9,99	2	
		> 9,99	1	
12	Erosi	0	3	2
		0,1 - (-2)	2	
		>-2	1	
13	Interaksi lahan terhadap arus dan gelombang	terlindungi	3	2
		agak terlindungi	2	
		terbuka	1	
14	Ketebalan Mangrove	>500	3	4
		>200 – 500	2	
		>50 – 200	1	
15	Kerapatan mangrove	>15- 25	3	4
		>10 – 15	2	
		>5 – 10	1	
16	Jenis Mangrove	>5	3	2
		3 – 5	2	
		1 – 2	1	
17	Kemiringan	<10	3	1
		10 – 25	2	
		>25 - 45	1	
18	Jarak dari sungai	<0,5 m	3	1
		>1 – 2 m	2	
		>2 - 5 m	1	

Sumber : Zaky dkk (2012), Wardhani (2011), (Hutabarat, A. A. F., 2009), (Khomsin, 2005).

2.1.3. Tipe Zonasi Mangrove

Strategi dalam penanaman mangrove, salah satunya memperhatikan tipe zonasi mangrove (Gambar 1). Strategi ini merupakan cara mempertahankan ekosistem hutan mangrove yang merupakan ekosistem yang sangat penting baik secara sosial, ekonomi dan ekologi (Rahman dkk, 2021).



Gambar 1. Tipe Zonasi Mangrove Rahman dkk (2021), dan Bengen (2001)

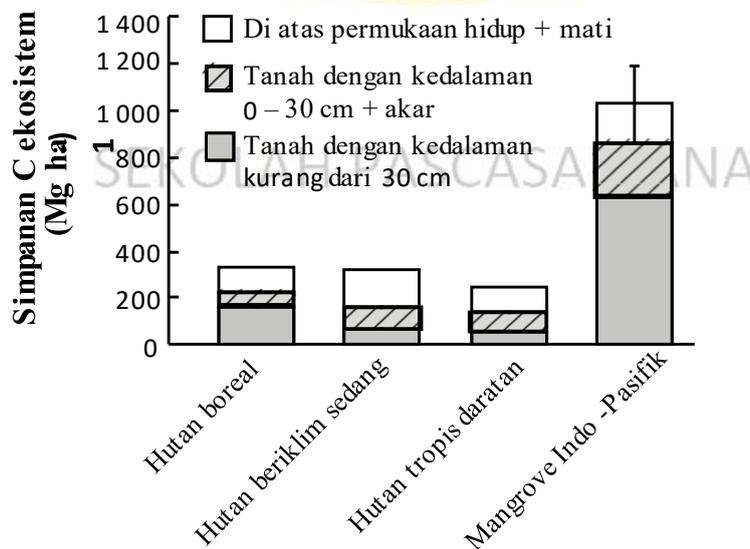
Jenis vegetasi mangrove sangat beragam, dan setiap jenis memiliki toleransi terhadap salinitas dan substrat tanah yang berbeda-beda. Bengen (2001) menyebutkan bawa pasang surut, salinitas, dan substrat tumbuh merupakan faktor pembatas pertumbuhan mangrove. Berikut ini adalah zonasi mangrove yang banyak ditemui di Indonesia.

1. Zona *Avicennia*, dikenal pula dengan nama api-api. Sesuai untuk daerah dengan substrat berpasir. *Avicennia* spp dan *Sonneratia alba* cocok ditanam di daerah dengan lumpur yang dalam dan kaya bahan organik. Terkadang dijumpai pula *Sonneratia alba* tumbuh pada pasir berlumpur. Zona ini terkena pasang surut rata-rata 20 hari/bulan. *Avicennia* spp dan *Sonneratia alba* ini sangat kuat dalam menahan ombak karena memiliki sifat pada akarnya yang muncul dari bawah ke atas seperti pasak sehingga keduanya cocok ditanam di bagian terdepan garis pantai (Priyono, 2012)
2. Zona *Rhizophora*, dikenal pula dengan nama bakau. Terletak di belakang zona *Avicennia*. Memiliki akar tunggang yang melengkung. Berkembang pada daerah pasang surut yang luas, dari tingkat yang tergenang setiap pasang naik sampai daerah yang hanya tergenang pasang purnama tertinggi. Sesuai untuk daerah dengan substrat berlumpur. *Rhizophora* juga banyak dipilih untuk penahan erosi pantai dan program rehabilitasi. *Rhizophora mucronata*

mempunyai kemampuan tumbuh baik pada lumpur yang dalam dan tahan terhadap angin dan ombak (Priyono, 2012).

3. Zona *Bruguiera*, dikenal pula dengan nama tumu/tanjang/bius. Terletak di belakang zona *Rhizophora*. *Bruguiera* ini mampu hidup pada sedimen yang lebih berat (tanah liat) pada tingkat pasang-purnama yang tinggi (kurang lebih 2 kali dalam sebulan). *Bruguiera* dapat ditanam lebih ke arah darat yang tanahnya lebih keras (Priyono, 2012)
4. Zona *Nypa fruticans*, merupakan zona yang berbatasan dengan daratan. Tidak tahan dengan salinitas yang tinggi. Salinitas yang ditoleransi yaitu 0 – 10 ‰. (Priyono, 2012)

Mangrove juga terkenal memberi berbagai macam kebaikan ekosistem, seperti produksi perikanan, produksi serat, mengendalikan sedimen serta melindungi pantai dari tsunami/badai. Mangrove ialah satu diantara hutan yang menyimpan karbon paling tinggi di daerah tropis yaitu dengan nilai rata-rata sampel: $1.023 \text{ Mg C ha}^{-1} \pm 88 \text{ s.e.m}$. Nilai ini tinggi dibanding rata-rata simpanan karbon pada beberapa tipe hutan lain di dunia (Gambar 2) (Donato *et al.*, 2011).



Gambar 2. Perbandingan Simpanan C Mangrove dengan Nilai Simpanan Berbagai Tipe Hutan.

Daerah hutan mangrove selain mempunyai fungsi fisik untuk menahan abrasi pantai, secara fungsi biologi mangrove berfungsi penyedia bahan makanan pada

ikan, kepiting, dan kerang, udang, juga sebagai sumber energi organisme pantai misalnya algae, nekton, dan plankton (Bismark et al., 2008). Pada umumnya secara fisik fungsi hutan mangrove ialah sebagai penjaga garis pantai supaya tetap stabil, pelindung pantai serta tebing pada sungai, pelindung bencana erosi maupun bahaya abrasi, penahan atau penyerap hempasan angin kencang dari laut menuju darat, sebagai penahan sedimen periodik hingga membentuk lahan baru, mempunyai fungsi sebagai daerah penyangga terjadinya intrusi. Fungsi secara kimia mangrove yaitu penyerap karbondioksida, proses terjadinya daur ulang sehingga menghasilkan oksigen (O_2), pereduksi limbah cemaran industri dan kapal di lautan. Secara biologi fungsi hutan mangrove ialah sumber makanan invertebrata pemakan bahan pelapukan (detritus) yang berasal dari pelapukan tumbuhan mangrove, kemudian berperan pula menjadi makanan hewan lain yang ukurannya lebih besar, menjadi daerah pemijahan maupun *nursery ground* (daerah asuhan) ikan, udang, kerang, kepiting. Selain itu peran biologi mangrove yakni sebagai daerah untuk berlindung, berkembang biak dan bersarang bagi burung-burung serta satwa lain, sebagai tempat berbagai macam biota darat maupun laut. Hutan mangrove secara ekonomi mempunyai fungsi penghasil kayu, misalnya kayu bahan bangunan, arang, kayu bakar, alat-alat rumah tangga, bahan baku industri, contohnya tekstil, kertas, pulp, obat-obatan, zat pewarna, kosmetik, alkohol, dan, penyamak kulit, penghasil bibit udang, kepiting, ikan, kerang, telur burung, madu. Hutan mangrove juga berfungsi sebagai wanawisata yaitu sebagai daerah wisata alami dengan keindahan pantai, vegetasi, satwa, berperahu mengelilingi mangrove, penelitian, tempat pendidikan dan konservasi (Zaitunah et al., 2018).

2.2. Kawasan Restorasi Hutan Mangrove

2.2.1. Pengertian Restorasi Hutan

Restorasi hutan adalah proses pengembalian kesatuan ekologis dalam rangka peningkatan kesejahteraan masyarakat di wilayah hutan yang telah terdegradasi atau terdeforestasi (Lamb & Gilmour, 2003; Priatna et al., 2019). Hobbs et al.

(2007), menyatakan bahwa restorasi merupakan proses mekanisme yang secara terencana merubah keadaan lingkungan dalam rangka membentuk lagi suatu ekosistem bersifat asli dan mempunyai nilai sejarah.

Menurut SERI-IUCN (2004), restorasi merupakan suatu proses untuk membantu memulihkan suatu ekosistem yang telah terdegradasi, telah mengalami kerusakan atau mengalami kehancuran. Hal ini merupakan suatu kegiatan yang disengaja dilakukan untuk menginisiasi atau mempercepat proses ekologi. Selanjutnya menurut Hobbs et al. (2007), menjelaskan bahwa restorasi merupakan suatu upaya untuk mengembalikan unsur biotik baik flora maupun fauna serta unsur abiotik (tanah, iklim, topografi) pada kawasan hutan, sehingga tercapai keseimbangan hayati. Restorasi ekologi (ekosistem) ini dapat dilakukan melalui penanaman, pengayaan, permudaan alam dan atau pengamanan ekosistem.

Restorasi dalam rangka mencapai struktur dan komposisi species semula dapat dilaksanakan melalui kegiatan reintroduksi aktif, utamanya melalui cara penanaman dan pembenihan species flora semula. Kegiatan restorasi adalah pengembalian habitat atau ekosistem pada komplemen alami species, struktur komunitas, dan fungsi alami lain species semula yang ada, sehingga mampu mencapai struktur serta komposisi species semula (Laughlin et al, 2008; Hobbs et al., 2007).

2.2.2. Kebijakan Restorasi Hutan

Kebijakan restorasi hutan ini diluncurkan pemerintah pada tahun 2004 melalui Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 159 Tahun 2004 tentang restorasi ekosistem di kawasan hutan produksi dan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 18 Tahun 2004 tentang kriteria hutan produksi yang dapat diberikan izin usaha pemanfaatan hasil hutan kayu pada hutan kayu pada hutan alam dengan kegiatan restorasi ekosistem. Kebijakan ini dibuat karena muncul keprihatinan para kalangan pecinta lingkungan atas kondisi hutan Indonesia yang terus mengalami degradasi dan deforestasi.

Kebijakan restorasi ekosistem diluncurkan di tengah upaya pemerintah melakukan upaya rehabilitasi hutan yang tidak memberikan hasil. Adanya degradasi sumber daya hutan yang terus meningkat dan telah menimbulkan dampak negatif yang sangat luas, baik aspek lingkungan/ekologi, ekonomi, kelembagaan, sosial dan budaya, melatarbelakangi dibentuknya kebijakan restorasi. Kebijakan restorasi merupakan terobosan baru dalam sejarah kehutanan Indonesia, dengan memungkinkan hutan produksi yang tidak ditebang dalam jangka waktu tertentu. Melalui restorasi diharapkan akan membantu berfungsinya kembali hutan sebagai penyeimbangan ekosistem, baik biotik maupun abiotik. Selain itu, juga akan memberikan kontribusi dalam upaya menyelamatkan keragaman hayati dan mitigasi perubahan iklim (Permenhut No. P.61 Tahun 2008).

Hobbs et al. (2007), menyebutkan bahwa restorasi suatu wilayah untuk mencapai struktur dan komposisi spesies semula dapat dilakukan melalui suatu program reintroduksi yang aktif, terutama dengan cara menanam dan membenihkan spesies tumbuhan semula.

2.2.3. Tujuan Restorasi Hutan

Indrawan *et al.* (2012), menyatakan bahwa tujuan restorasi adalah untuk mengembalikan struktur, fungsi, keanekaragaman, serta dinamika dari ekosistem terkait. Pengetahuan tentang komposisi, struktur, dan fungsi dari hutan alami, begitu juga nilai rata-rata dan variasi kisaran, sangat diperlukan untuk menetapkan tujuan restorasi dan untuk mengevaluasi keberhasilan suatu kegiatan restorasi (Kuuluvainen *et al.*, 2002 dalam Nita SRN, 2020). Selanjutnya, tujuan restorasi ekologi dapat ditentukan hanya melalui penetapan kondisi-kondisi acuan (Kamada, 2005 dalam Nita SRN, 2020). Hal tersebut sejalan dengan SERI-IUCN (2004), yang mendefinisikan ekosistem acuan sebagai ekosistem yang sesungguhnya atau model konseptual dari suatu ekosistem yang digunakan untuk menetapkan tujuan dan perencanaan dari suatu proyek restorasi, serta evaluasinya. Oleh karena itu, maka dalam kegiatan restorasi ekologi diperlukan adanya suatu ekosistem acuan yang digunakan untuk menetapkan tujuan yang ingin dicapai dari kegiatan restorasi.

2.2.4. Fungsi Restorasi Hutan

Fungsi dari kegiatan restorasi ekologi dalam konservasi ekosistem hutan menurut Kuuluvainen *et al.*, (2002) dalam Nita SRN (2020) adalah sebagai berikut :

- 1) Hutan konservasi seringkali jauh dari kondisi alamiahnya karena pengelolaan sebelumnya. Kegiatan restorasi dapat digunakan untuk meningkatkan kealamian dari struktur hutan dalam rangka mempertinggi kuantitas dan kualitas bagi jenis lokal (*local species*).
- 2) Kawasan-kawasan konservasi saat ini pada umumnya berukuran kecil dan terisolasi. Restorasi dapat digunakan untuk memperbesar dan melengkapi kawasan-kawasan konservasi yang berukuran kecil dan terfragmentasi dalam rangka menciptakan unit-unit yang terhubung agar lebih besar dan lebih baik.
- 3) Prinsip-prinsip restorasi dapat digunakan pada hutan yang dikelola (hutan produksi) yang mengelilingi kawasan konservasi untuk menciptakan daerah penyangga (*bufferzone*) antara hutan produksi dengan hutan konservasi. Selain itu juga meningkatkan fungsi konservasi dari kawasan tersebut.
- 4) Prinsip-prinsip restorasi dapat diterapkan pada hutan produksi alam secara keseluruhan untuk meningkatkan kualitas habitat dari matrik hutan.

Beberapa penjelasan tentang pengertian, kebijakan, tujuan dan fungsi restorasi hutan mengerucut tentang rencana restorasi hutan mangrove. Rencana restorasi hutan mangrove sering dijumpai koordinasi yang kurang antara *stakeholder* yang terlibat. Bila dilihat dari sisi biogeografi wilayah, hutan mangrove dalam pengelolaannya melibatkan berbagai kepentingan. Kustanti (2011) menjelaskan bahwa pemahaman sumber daya hutan beserta lingkungan di sekitarnya akan menyumbangkan inspirasi terhadap pembangunan yang tepat. SDM dalam pengelolaan hutan mangrove di wilayah pesisir merupakan hal yang perlu diperhatikan. SDM tersebut meliputi masyarakat sekitar hutan, pengambil

kebijakan (pemerintahan), akademisi (perguruan tinggi), LSM, pengusaha, pemerhati, lembaga internasional dan lain sebagainya.

2.2.5. Keberhasilan Restorasi Hutan

Tindakan pemulihan kondisi hutan dalam waktu yang diharapkan lebih cepat adalah dengan kegiatan restorasi. Menurut Hobbs et al. (2007), keberhasilan kegiatan restorasi perlu didukung beberapa komponen antara lain :

1. Melakukan identifikasi luas areal dan pemetaan atas kerusakan ekosistem dan atau penurunan populasi flora dan fauna, serta penyebab hal tersebut.
2. Mempersiapkan teknis restorasi dan rehabilitasi yang digunakan dalam rangka pemulihan ekosistem dan atau populasi dan jenis dari flora dan fauna serta pemantauan seperti kegiatan monitoring dan evaluasi.
3. Diperlukan adanya peran serta dan keterlibatan masyarakat setempat di dalam kegiatan restorasi guna mendukung keberhasilan program restorasi tersebut.

Selain itu, keberhasilan menurut Walters (1997) antara lain ditandai dengan indikator sebagai berikut :

1. Restorasi dipandang oleh masyarakat lokal dapat memberikan keuntungan ekonomi bagi masyarakat tersebut.
2. Restorasi disusun sesuai dengan pola pemanfaatan sumberdaya dan lahan oleh masyarakat.
3. Memiliki pengetahuan lokal dan keahlian yang terkait dengan restorasi dan berhasil didokumentasikan oleh proyek.
4. Terdapat kelompok masyarakat/organisasi lokal yang secara efektif dapat dimobilisasi untuk mendukung dan mengimplementasikan kegiatan restorasi.
5. Adanya kebijakan yang terkait restorasi dan faktor politik yang mendukung dalam rangka tercapainya upaya restorasi.

2.3. Kondisi Sosial Ekonomi Wilayah Pesisir

Wilayah pesisir yakni area peralihan ekosistem laut dan darat yang mempunyai pengaruh perubahan di laut dan darat (UU-RI NO. 27/2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir & Pulau-Pulau Kecil, 2007). Pesisir merupakan area bentangan daratan yang berasal dari laut sejauh transformasi topografi utama di permukaan daratan. Pesisir memiliki potensi besar, tetapi mudah terkena resultan aktivitas manusia. Sebagian besar aktivitas pembangunan, baik langsung ataupun tidak langsung membebani ekosistem pesisir. Wilayah pesisir selain itu sangat rawan terhadap bencana, karena memiliki pengaruh langsung dari peristiwa yang berlangsung baik di laut maupun di darat (Sunaryo *et al.*, 2018)

Menurut Helmi *et al.* (2020), struktur bentang lahan adalah bagian dari karakteristik ekologis berdasarkan bentuk spasial ekosistem yang kuat. Pada ekosistem pesisir memiliki sifat alami maupun buatan (*man made*). Ekosistem alami pesisir diantaranya hutan mangrove, coral reefs (terumbu karang), pantai berpasir (*sandy beach*), padang lamun (*sea grass*), estuaris, formasi pes caprea, delta, laguna, dan formasi baringtonia. Ekosistem buatan diantaranya sawah pasang surut, tambak, area pariwisata, area agroindustry, area permukiman, area industry (Dahuri, 2004).

Kondisi sosial ekonomi masyarakat pesisir sekeliling hutan mangrove memiliki karakter yang berbeda dengan kondisi hutan lain. Sebagian besar masyarakatnya mempunyai mata pencaharian nelayan, petani, karyawan, wiraswasta, pertukangan, buruh tani, dan jasa. Sebagai nelayan didukung dengan kondisi alam yang letaknya di perbatasan darat dan laut, sedangkan menjadi petani untuk menggarap lahan darat di sekitaran tambak dan tanaman padi (Kustanti, 2011). Pada sector jasa sebagian masyarakat pesisir memiliki mata pencaharian di bidang jasa pariwisata. Menurut Riwayatiningasih & Purnaweni (2017), pariwisata merupakan salah satu hal penting dalam membangun wilayah dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat, karena mempunyai faktor kunci berupa pendapatan, menciptakan lapangan kerja, mengembangkan infrastruktur dan bisnis.

Perencanaan pariwisata sangat diperlukan agar tidak merusak lingkungan dan dapat mendukung pembangunan berkelanjutan.

2.4. Teknologi Pemodelan geospasial

2.4.1. Pengertian

Pemodelan geospasial atau SIG (Sistem Informasi Geospasial) ialah sistem informasi berdasar komputer dengan rancangan agar dapat bekerja memanfaatkan data yang mempunyai informasi keruangan atau mempunyai referensi spasial. Sistem ini digunakan sebagai penangkap, pengecek, pengintergrasi, pemanipulasi, penganalisis dan penampil data secara spasial guna mereferensikan pada kondisi bumi. Teknologinya mengintergrasi operasi-operasi keseluruhan dari database, antara lain quert serta analisis statistik yang mampu secara visual dan analisis yang unik dengan pemetaan. Kemampuan tersebut menjadi pembeda antara pemodelan geospasial dengan sistem informasi lain yang bermanfaat untuk menjelaskan peristiwa, merencanakan strategi serta prediksi mengenai sebuah kejadian (Adil, 2017). Menurut Arofah dkk. (2017), pemodelan geospasial merupakan system informasi dengan perpaduan antara data teks (atribut) dan data grafis obyek yang dikoneksikan secara geografis di bumi (*georeference*). Hal ini sesuai dengan Setiaji dkk. (2015) bahwa pemodelan geospasial adalah suatu system yang memiliki daya untuk menangani data yang berorientasi geografis yang mencakup pemasukkan, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data), manipulasi dan analisis serta pengembangan produk dan percetakan.

Pemodelan geospasial dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem diantaranya, yaitu : pertama : input, berfungsi mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan data atribut dari berbagai sumber. Data yang digunakan harus dikonversi menjadi format digital yang sesuai. Salah satu tehnik mengubah data analog menjadi data digital adalah dengan cara digitasi; kedua : manipulasi, merupakan penyesuaian terhadap data masukkan untuk proses lebih lanjut, misalnya penyamaan skala, perubahan system proyeksi, generalisasi dan

sebagainya; ketiga : manajemen data, proses penyimpanan, pengorganisasian, dan pengolahan data memerlukan *Database Management System (DBMS)*; keempat : query, adalah penelusuran data menggunakan lebih dari satu atau layer yang dapat memberikan informasi untuk analisis dan memperoleh data yang diinginkan; kelima : analisis, kemampuan analisis data spasial untuk memperoleh informasi baru dengan pembuatan model skenario “*what if*”. Salah satu fasilitas analisis yang banyak dipakai adalah analisis tumpang susun peta (*overlay*); keenam : visualisasi, penyajian hasil berupa informasi baru atau basis data yang ada, baik dalam bentuk *softcopy* maupun dalam bentuk *hardcopy* seperti dalam bentuk peta, tabel, grafik dan sebagainya. Sistem pemodelan geospasial merupakan sistem yang terintegrasi di tingkat fungsional dan jaringan yang terdiri dari beberapa komponen, yaitu perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), data (*data*), sumberdaya manusia (*people*), dan metode (*method*) (Setiaji et al., 2015).

Pada pemodelan geospasial terdiri dari dua jenis data antara lain data dalam rangka mempresentasikan aspek keruangan dan data untuk mempresentasikan aspek deskriptif. Pada data untuk mempresentasikan aspek keruangan dari fenomena disebut pula data koordinat, posisi, spasial atau ruang. Sedangkan data untuk mempresentasikan aspek deskriptif dari obyek yang diformasikan disebut juga data atribut atau data nonspasial (Arofah dkk., 2017). Aplikasi pemodelan geospasial pemanfaatannya sangat beragam dan luas, beberapa diantaranya adalah di bidang perencanaan, sumberdaya alam, kependudukan, bencana, lingkungan, manajemen utility, pertanahan, dll. Penggunaan pemodelan spasial pada penelitian ini terdapat dalam sumberdaya alam pesisir menggunakan data posisi, koordinat, ruang atau spasial pada aspek fisik-kimia kesesuaian lahan. Sedangkan penggunaan pemodelan spasial data atribut digunakan pada aspek ekologi, aspek ekonomi dan aspek sosial. Pada pemodelan spasial atribut sebelumnya dilakukan analisis menggunakan metode AHP.

2.4.2. Perkembangan Penggunaan Pemodelan Geospasial

Kemajuan analisis pemodelan spasial saat ini sangat fantastis, digunakan oleh peneliti-peneliti dunia dalam berbagai bidang. Di bidang pertanian dapat digunakan

untuk mengetahui sebaran residu insektisida oleh Indratin et al., (2020) dan Poniman et al., (2020) serta penelitian perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan (Harniawati et al., 2021). Pada bidang kelautan misalnya digunakan oleh ahli kelautan dalam pelestarian keanekaragaman hayati laut, ekosistem karbon biru pesisir pada penelitian (Iswandi et al., 2020), (Sudirman et al., 2018), (M.Helmi, *et al*, 2018). Pada bidang lingkungan dan antipasti penanggulangan bencana diterapkan dalam penilaian intensitas gempa dan pembuatan peta indeks kerentanan tsunami, kegiatan ekowisata dan juga pertumbuhan perkotaan dilakukan oleh penelitian (M. Helmi *et al*, 2020). Metode analisis spasial juga bisa dan dikombinasikan dengan metode analisis lain seperti Analisis Komponen Hierarki (HCA) dan Principal Component Analysis (PCA) untuk kemudian disebut statistik multivariate analisis (Putranto et al., 2020). Karena teknik ini terbukti fleksibel dan efektif dalam berbagai hal. Pemodelan geospasial dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan daerah yang sesuai untuk lahan mangrove. Hal utama dalam proses pemetaan pemodelan geospasial juga dapat dilakukan dengan menggunakan penginderaan jauh dari platform satelit (Mutaqin et al., 2020).

2.4.3. Citra Satelit GeoEye

Citra GeoEye ialah citra milik perusahaan GeoEye dengan resolusi tinggi yang peluncurannya dilakukan tanggal 6 September 2008 oleh Vandenburg Air California. Citra GeoEye mempromosikan citra permukaan bumi menggunakan ketelitian istimewa dan menggunakan akurasi relative tinggi di bandingkan dengan citra satelit beresolusi tinggi lain (Satellite Imaging Corporation, 2013; Bakara, 2014).

GeoEye *I* secara kolektif mengadakan perekaman saluran *panchromatic* menggunakan resolusi spasial 0,41 meter dan saluran *multispectral* menggunakan resolusi spasial 1,5 meter. Namun berbasis kebijakan dari pemerintah Amerika Serikat resolusi keruangan yang diperbolehkan pada keperluan *profitable* yakni resolusi 0,5 meter dan 2 meter. Satelit *GeoEye* ini dapat menghasilkan gambar beresolusi 0,41 meter pada sensor *panchromatic* (hitam-putih) dan 1,65 meter pada

sensor *multispectral* (berwarna). Kapasitas ini memiliki desain pemetaan sangat optimal untuk skala besar. *GeoEye I* melaju dengan kecepatan 7,5 km per detik dan memiliki orbit pada ketinggian 681 km diatas permukaan bumi (ditunjukkan dalam Tabel 2). *GeoEye I* juga mempunyai tingkat akurasi (ketepatan) tiga meter, yang artinya bahwa pemakai satelit *GeoEye* mampu memetakan alam serta karakteristik *artificial* pada jarak tiga meter dari area sesungguhnya pada permukaan bumi dengan tidak menggunakan *point control* utama. Level ketepatan akurasi ini belum pernah dilalui system pencitraan komersial lainnya.

Tabel 2. Karakteristik sensor satelit *GeoEye*

Imaging Mode	Panchromatic	Multispectral
Spatial Resolution	0.41 meter	1.65 meter
Spectral Range	450 – 900 nm	450 – 520 nm (blue)
		520 – 600 nm (green)
		625 – 695 nm (red)
		760 – 900 nm (near IR)
Swath Width	15.2 km	
Off-Nadir Imaging	Up to 60 degrees	
Dynamic Range	11 bit per pixel	
Mission Life	Expectation > 10 years	
Revisit Time	Less than 3 day	
Orbitas Altitude	681 km	
Nodal Crossing	10.30 am	

Sumber : (GeoEye-1 Satellite Sensor <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/geoeye-1.html>, n.d.)

2.5. Analytical Hierarchy Process (AHP)

Berdasarkan Hutagalung dan Azlan (2020), AHP merupakan model dalam rangka membangun pemikiran dan mendefinisikan permasalahan dengan membuat asumsi untuk mendapatkan penyelesaian yang dikehendaki dan dapat dimungkinkan pengujian kepekaan hasilnya. AHP menganalisis pertimbangan dan nilai – nilai khusus secara logis berdasarkan imajinasi, pengetahuan dan pengalaman. Proses AHP juga dapat memberikan kerangka terhadap partisipasi masyarakat dalam mengambil keputusan atau menyelesaikan masalah. Saaty, T. L., & Vargas (2012) menjelaskan kelebihan pengaplikasian metode AHP antara lain :

- a. Memberikan pemodelan tunggal yang mudah dipahami dan sesuai untuk bermacam-macam permasalahan yang tidak terorganisasi.
- b. Memiliki sifat yang kompleks dan saling kebergantungan dalam menyelesaikan masalah dengan menyelaraskan desain deduktif dan desain berlandaskan sistem serta menangani saling keterikatan elemen sistem
- c. Elemen-elemen system pada berbagai tingkat yang berlainan dan kelompok unsur yang sejenis disusun secara hirarki
- d. Penetapan beberapa prioritas mampu memberikan ukuran skala objek dan konsistensi yang logis pada semua pertimbangan yang dipakai serta menunjukkan perkiraan semua kebaikan tiap-tiap pilihan/alternatif.
- e. Memungkinkan pemilihan alternatif terbaik berlandaskan tujuan dan tidak memaksakan konsensus, tapi mensintesa hasil yang representative dari penilaian yang berbeda.
- f. Memungkinkan memperhalus arti pada permasalahan dan memperbaiki pengertian dan pertimbangan melalui repetisi.

Analisa pada metode AHP tepat sekali dalam menyelesaikan masalah yang bersifat fleksibel dalam pemanfaatannya dan mampu dipergunakan pada berbagai kepentingan studi atau penelitian. AHP dapat mewakili berbagai disiplin ilmu seperti ilmu sosial, politik, ekonomi, perencanaan, dll. Karena AHP mempunyai karakteristik yang komprehensif mampu mengatasi berbagai kendala yang terdapat pada pemodelan kuantitatif sehingga hasil penelitian dapat dilakukan menyeluruh dan bisa dipertanggungjawabkan. Namun disisi lain AHP mempunyai kekurangan, yaitu unsur subjektifitas pada prosesnya. Hal ini karena AHP berlandaskan pendapat informan ahli dalam penentuan variabel-variabelnya (Sari, 2011).

Tabel 3. Nilai Tingkat Kepentingan dalam AHP

Tingkat kepentingan	Nilai Penting Suatu Kriteria Relatif terhadap Kriteria Lain
1	Kedua kriteria berkontribusi sama penting terhadap tujuan
3	Salah satu kriteria sedikit lebih penting dibandingkan kriteria yang lain
5	Salah satu kriteria lebih penting dibandingkan kriteria yang lain
7	Salah satu kriteria sangat penting dibandingkan kriteria yang lain
9	Salah satu kriteria sangat lebih penting dibandingkan kriteria yang lain
2, 4, 6, 8	Nilai antara dua tingkat yang berdekatan

Sumber : Saaty, T. L., & Vargas (2012)

Pada penelitian ini AHP digunakan pada penentuan prioritas pengembangan kawasan restorasi mangrove berdasarkan pemilihan lokasi oleh para pemangku kepentingan. AHP memiliki keunggulan dapat dianalisis dengan menggunakan spasial modeling data atribut. Analisis ini kemudian dapat dioverlay dengan spasial modeling data keruangan.

SEKOLAH PASCASARJANA