

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Ekosistem Mangrove

Mangrove adalah tumbuhan yang hidup pada daerah pasang surut yang didominasi oleh beberapa jenis pohon yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah yang memiliki substrat berlumpur dan mampu bertahan terhadap perubahan salinitas (Soerianegara, 1987; Nybakken, 1988; Komiyama, 2005; Murdiyarto et al., 2015). Hutan mangrove merupakan tipe hutan tropika yang khas tumbuh sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Hutan mangrove dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang memiliki muara sungai yang besar dan delta yang aliran airnya mengandung lumpur. Dilihat dari fungsi bagi ekosistem perairan, ekosistem mangrove memberikan tempat untuk memijah dan membesarkan berbagai jenis ikan, *crustacea*, dan spesies perairan lainnya (Nagelkerken & Van Der Velde 2004). Komponen dasar rantai makanan di ekosistem mangrove adalah serasah yang berasal dari tumbuhan mangrove (daun, ranting, buah, batang dan sebagainya). Serasah mangrove yang jatuh ke perairan akan diurai oleh mikroorganisme menjadi partikel-partikel *detritus* sebagai sumber makanan bagi biota perairan yang memiliki perilaku makan dengan menyaring air laut. Serasah daun diperkirakan memberikan kontribusi yang penting pada ekosistem mangrove, tingginya produktifitas yang dihasilkan serasah daun yaitu sebanyak 7- 8 ton/tahun/Ha (Rahmila, 2018). Mangrove merupakan formasi tumbuhan pantai yang khas di sepanjang pantai tropis dan sub tropis yang terlindung. Formasi mangrove merupakan perpaduan antara daratan dan lautan. Mangrove tergantung pada air laut dan air tawar sebagai sumber makanannya serta

endapan debu (*silt*) dari abrasi daerah hulu sebagai bahan pendukung substratnya. Air pasang memberi makanan bagi hutan dan air sungai yang kaya mineral memperkaya sedimen dan rawa tempat mangrove tumbuh.

Bentuk hutan mangrove dan keberadaannya dipengaruhi oleh faktor darat dan laut. Karakteristik hutan mangrove dapat dilihat dari berbagai aspek seperti iklim, temperatur, salinitas, curah hujan, geomorfologi, hidrologi, dan drainase. Mangrove umumnya tumbuh pada daerah intertidal yang jenis tanahnya berlumpur, berlempung atau berpasir. Mangrove hidup pada daerah yang tergenang air laut secara berkala, baik setiap hari maupun yang hanya tergenang pada saat pasang purnama. Frekuensi genangan menentukan komposisi vegetasi hutan mangrove. Ekosistem mangrove terdapat pada daerah yang terlindung dari gelombang besar dan arus pasang surut yang kuat, air pada ekosistem ini bersalinitas payau (2-22‰) hingga asin (38 ‰) (Bengen 2002b). Komunitas fauna hutan mangrove membentuk percampuran antara dua kelompok yaitu (Sarker et al., 2019):

1. Kelompok fauna daratan/terrestrial yang umumnya menempati bagian atas pohon mangrove, terdiri atas insekta, ular, primata, dan burung. Kelompok ini tidak mempunyai sifat adaptasi khusus untuk hidup di dalam hutan mangrove, karena mereka melewati sebagian besar hidupnya di luar jangkauan air laut pada bagian pohon yang tinggi, meskipun mereka dapat mengumpulkan makanannya berupa hewan laut pada saat air surut.
2. Kelompok fauna perairan/akuatik, yang terdiri atas dua tipe, yaitu tipe yang hidup di kolom air, terutama berbagai jenis ikan dan udang dan tipe yang menempati substrat baik keras (akar dan batang pohon mangrove) maupun

lunak (lumpur), terutama kepiting, kerang, dan berbagai jenis avertebrata lainnya.

Fauna yang hidup di ekosistem mangrove, terdiri atas berbagai kelompok, yaitu: burung, mamalia, mollusca, crustacea, dan ikan. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Gopal & Chauchan (2006), pada daerah mangrove di Sundarbans India terdapat 8 spesies mamalia, 10 spesies reptilia dan 3 spesies burung yang hidup dan berasosiasi dengan mangrove. Dahuri *et al.*, (2004) mengatakan bahwa di Indonesia tercatat setidaknya 202 jenis tumbuhan mangrove, meliputi 89 jenis pohon, 5 jenis palma, 19 jenis pemanjat, 44 jenis herba tanah, 44 jenis epifit dan satu jenis paku. Dari 202 jenis tersebut, 43 jenis yang merupakan mangrove sejati (*true mangrove*). Vegetasi mangrove dapat dibagi menjadi tiga, yaitu vegetasi utama, vegetasi pendukung, dan vegetasi asosiasi. Di Pulau Bali dan Lombok ditemukan 17 spesies vegetasi utama, 13 spesies vegetasi pendukung dan 19 spesies vegetasi mangrove asosiasi.

2.2 Faktor Lingkungan yang Berpengaruh di Ekosistem Mangrove

2.2.1 Topografi Pantai

Topografi pantai merupakan faktor penting yang mempengaruhi karakteristik struktur mangrove, khususnya komposisi spesies, distribusi spesies dan ukuran serta luas hutan mangrove. Semakin datar pantai dan semakin besar pasang surut, maka semakin lebar hutan mangrove yang akan tumbuh (Majid *et al.*, 2016).

2.2.2 Iklim

Faktor iklim yang berpengaruh bagi pertumbuhan mangrove meliputi cahaya matahari, curah hujan, suhu udara, dan angin.

a. Cahaya

Tanaman mangrove umumnya membutuhkan intensitas matahari tinggi atau penuh, sehingga zona pantai tropis merupakan habitat ideal bagi mangrove. Kisaran intensitas cahaya optimal untuk pertumbuhan mangrove adalah 3000-3800 kkal/m²/hari (Sari dan Dwi., 2014).

b. Curah Hujan

Kondisi curah hujan dapat memberikan pengaruh bagi lingkungan dan pertumbuhan mangrove. Hal ini terutama disebabkan oleh suhu air dan udara serta salinitas air permukaan tanah yang berpengaruh pada daya tahan spesies mangrove. Mangrove akan tumbuh dengan subur pada daerah dengan kisaran curah hujan rata-rata 1500-3000 mm/ tahun (Ghufrona et al., 2015).

c. Suhu Udara

Keadaan suhu yang baik, akan menentukan proses fisiologis seperti fotosintesis dan respirasi. Menurut Kusmana et al. (2005), mengatakan bahwa mangrove yang terdapat di bagian Timur pulau Sumatera tumbuh pada suhu rata-rata bulanan dengan kisaran 26.3 °C pada bulan Desember sampai dengan 28.7 °C. Untuk setiap jenis mangrove, dibatasi pada lingkungan suhu yang berbeda bagi pertumbuhannya. Kusmana *et al.*, (2005) mengatakan kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan beberapa jenis mangrove, yaitu: *Avicennia marina* tumbuh baik pada suhu 18-20 °C, *R. stylosa*, *Ceriops spp.*, *Excoecaria agallocha* dan *Lumnitzera racemosa*, *Ceriops spp.*, *Excoecaria agallocha* dan *Lumintzera racemosa* pertumbuhan daun segar tertinggi dicapai pada suhu 26-28 °C, suhu optimum *Bruguiera spp.* 27 °C, *Xylocarpus granatum spp.* Berkisar antara 21-26 °C dan *X. granatum* 28 °C. Pertumbuhan mangrove yang baik memerlukan suhu rata-rata

minimal 20°C. Temperatur rata-rata udara yang penting untuk pertumbuhan mangrove berkisar 20° - 40°C. Suhu air juga merupakan faktor penting yang menentukan kehidupan mangrove. Suhu yang baik untuk kehidupan mangrove tidak kurang dari 20°C, sedangkan kisaran suhu musiman tidak lebih dari 5°C. Temperatur yang tinggi (>40°C) cenderung tidak mempengaruhi kehidupan tumbuhan mangrove.

d. Angin

Angin juga berpengaruh terhadap gelombang dan arus pantai yang dapat menyebabkan abrasi dan mengubah struktur mangrove, meningkatkan evapotranspirasi dan angin kuat dapat menghalangi pertumbuhan menyebabkan karakteristik fisiologis abnormal (Indriyanto, 2008).

2.2.3 Salinitas

Mangrove merupakan tumbuhan yang memiliki kemampuan toleransi terhadap kisaran salinitas yang luas, mereka juga dapat bertahan hidup pada lingkungan pantai yang sering kali tidak digenangi oleh air. *Avicennia* spp merupakan jenis yang paling memiliki kemampuan toleransi tinggi terhadap kisaran salinitas yang luas dibandingkan dengan jenis lainnya (Arfan dan Taufieq, 2017). *Avicennia marina* mampu tumbuh dengan baik pada salinitas yang mendekati air tawar sampai dengan salinitas 90 ‰. Pada kondisi salinitas yang ekstrim ini, pohon tumbuh kerdil, dan kemampuan untuk menghasilkan buah menjadi hilang. Namun demikian, tumbuhan mangrove tidak dapat bertumbuh pada lingkungan yang benar-benar tawar (Arfan dan Taufieq, 2017).

2.2.4 Arus

Arus laut merupakan salah satu faktor penting bagi pertumbuhan dan perkembangan mangrove, terutama untuk peletakan atau penancapan semaian mangrove. Arus susur pantai mempunyai kontribusi terhadap pola penyebaran mangrove. Arus yang sangat berperan di kawasan hutan mangrove adalah arus pasang surut (Arfan dan Taufieq, 2017). Daerah-daerah yang terletak di sepanjang sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut, panjang hamparan mangrove kadang-kadang bisa mencapai puluhan kilometer, seperti yang terdapat di Sungai Barito (Provinsi Kalimantan Selatan). Panjang hamparan mangrove tergantung pada intrusi air laut yang sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Liu dan Li, 2008).

2.2.5 Pasang Surut

Zonasi vertikal hutan mangrove mempunyai kaitan erat dengan pasang surut. Di Indonesia, areal yang selalu digenangi, walaupun pada saat pasang rendah, umumnya didominasi oleh *Avicennia alba* dan *Sonneratia alba*. Areal yang digenangi oleh pasang sedang, didominasi oleh *Rhizophora* spp. Adapun areal yang digenangi pada saat pasang tinggi, dimana areal ini lebih ke arah darat, umumnya didominasi oleh jenis-jenis *Bruguiera* spp dan *Xylocarpus granatum granatum*. Areal yang hanya digenangi pada saat pasang tertinggi saja, umumnya didominasi oleh jenis *Bruguiera sexangula* dan *Lumnitzera littorea* (Toriman et al., 2013).

2.2.6 Keterlindungan

Fisiografis pantai menentukan lokasi bertumbuh dan berkembangnya komunitas mangrove. Mangrove dengan pertumbuhan yang baik biasanya terdapat di daerah pantai yang terlindung dari gelombang dan angin yang kuat, misalnya di

daerah pantai yang memiliki terumbu karang yang baik serta tidak terlewat oleh arus pantai yang kuat (Edwards et al., 2011). Menurut Nybakken (1992) biasanya mangrove dapat tumbuh dengan baik di tempat-tempat yang terlindung dari gelombang dan memiliki pergerakan air yang minimal. Walters *et al.*, (2008) mengemukakan bahwa umumnya lebar hutan mangrove jarang melebihi 4 km, kecuali pada beberapa estuari serta teluk yang dangkal dan tertutup. Pada daerah seperti ini, lebar hutan mangrove dapat mencapai 18 km, seperti yang terdapat di Sungai Sembilang (Provinsi Sumatera Selatan) atau bahkan bisa mencapai lebih dari 30 km seperti yang terdapat di Teluk Bintuni (Provinsi Papua).

2.2.7 Batimetri

Daerah pantai yang perairannya dangkal merupakan tempat yang banyak ditumbuhi mangrove. Kondisi tersebut dapat terlihat di daerah sepanjang pantai timur Pulau Sumatera (Selat Malaka), bagian timur, selatan dan barat Pulau Kalimantan, bagian tenggara pantai Pulau Irian (Laut Arafuru), serta di Pulau Halmahera. Vegetasi mangrove yang terdapat di daerah-daerah tersebut umumnya didominasi oleh famili *Rhizophoraceae*, *Sonneratiaceae* dan *Verbenaceae*. Menurut Saputra et al. (2016) mangrove banyak ditemukan di pantai-pantai yang perairannya dangkal dan memungkinkan ujung semaian mencapai dasar perairan dan menancap untuk kemudian bertumbuh. Selanjutnya, mengemukakan bahwa secara umum mangrove tidak ditemui di tempat-tempat dimana benih tidak dapat mengakar.

2.2.8 Substrat Mangrove

Endapan lumpur yang cukup memadai merupakan salah satu faktor penentu kehadiran dan perkembangan mangrove. Sebagian besar hutan mangrove yang ada di pulau-pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Irian berasosiasi dengan substrat berlumpur. Jadi kebanyakan mangrove mempunyai kecenderungan umum untuk bertumbuh di substrat lunak. Mangrove juga dapat berkembang baik pada substrat kapur, seperti hutan mangrove yang terdapat di Pulau Rambut (Teluk Jakarta), Pulau Panjang dan Pulau Berau (Provinsi Kalimantan Timur). Tekstur tanah sangat mempengaruhi jenis tumbuhan yang bertumbuh di atasnya. *Rhizophora* spp, *Avicennia* spp dan *Bruguiera* spp umumnya tumbuh baik pada tanah dengan fraksi liat di atas 65 % dan lumpur sekitar 20-30 % (Waas dan Nababan, 2010). *Avicennia* spp, *Ceriops* spp, *Lumnitzera* spp, *Xylocarpus granatum* spp, *Sonneratia* spp dan *Laguncularia* spp merupakan jenis-jenis yang menyukai tanah yang cepat mengalirkan air tanah, sedangkan *Nypa* dan *Bruguiera* spp lebih menyukai tanah yang mampu menyimpan air (Kristiyanto, 2013). Tipe substrat yang cocok untuk pertumbuhan mangrove adalah lumpur lunak dan batuan-batuan organik yang lembut. Tanah vulkanik juga merupakan substrat yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan mangrove (Waas dan Nababan, 2010).

2.2.9 Oksigen Terlarut

Keadaan oksigen terlarut sangat penting bagi eksistensi flora dan fauna mangrove (terutama dalam proses fotosintesis dan respirasi) dan percepatan dekomposisi serasah sehingga konsentrasi oksigen terlarut berperan mengontrol distribusi dan pertumbuhan mangrove (Hilmi et al., 2015). Konsentrasi oksigen terlarut harian tertinggi dicapai pada siang hari dan terendah pada malam hari, yang

dibatasi oleh waktu, musim, kesuburan tanah, dan organisme akuatik. Menurut Jesus (2012) konsentrasi oksigen terlarut untuk mangrove 1.7-3.4 mg/l, lebih rendah dibanding diluar mangrove sebesar 4.4 mg/l.

2.3 Zonasi Ekosistem Mangrove

Zonasi hutan mangrove dari suatu tempat ke tempat lain berbeda tergantung pada kombinasi faktor-faktor yang mempengaruhi. Zonasi dapat juga diputuskan oleh kondisi lokal seperti penguapan air dari tanah yang mengakibatkan terjadi hipersalinitas. Hipersalin cenderung mematikan bakau membentuk daerah gundul (Nybakken 1992) (Kurniadi et al., 2015). Ekosistem mangrove sangat rumit, karena terdapat banyak faktor yang saling mempengaruhi, baik didalam maupun diluar pertumbuhan dan perkembangannya. Berdasarkan tempat tumbuhnya kawasan mangrove dibedakan menjadi beberapa zonasi. Selain itu tiga zona yang terdapat pada kawasan mangrove yang disebabkan terjadinya perbedaan penggenangan yang juga berakibat pada perbedaan salinitas (Wantasen, 2013). Hal ini yang membuat adanya perbedaan jenis dikawasan ekosistem mangrove. Adapun pembagian kawasan mangrove berdasarkan penggenangan sebagai berikut (Brown, 2006); (Wulan, 2014):

1. Zona “proksimal” yaitu zona yang terdekat dengan laut, pada zona ini biasanya akan ditemukan jenis-jenis seperti *Rhizophora apicuta*, *R. mucronata* dan *Sonneratia alba*.
2. Zona “middle” yaitu kawasan antara laut dan darat, pada zona ini biasanya akan ditemukan *S. casularis*, *R. alba*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Avicenia marina*

3. Zona “distal” yaitu zona yang terjauh dari laut, pada zona ini biasanya akan ditemukan jenis-jenis *Heritiera littolis*, *Pongamia*, *Pandanus* spp, dan *Hibiscus tiliaceus*.

Substrat, salinitas, kedalaman dan lama penggenangan serta ketahanan terhadap gelombang dan arus adalah faktor penentu tumbuh dan menyebarnya jenis-jenis mangrove (Poedjirahajoe et al., 2011). Pada daerah hutan mangrove yang sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut, urutan vertikalnya dari spesies mangrove sangat jelas kelihatan. Tipe zonasi mangrove di Indonesia menurut Poedjirahajoe (2007) adalah:

- Daerah yang paling dekat dengan laut ditumbuhi jenis *Avicennia* dan *Sonneratia* biasanya tumbuh pada lumpur dalam kaya bahan organik
- Lebih kearah darat, umumnya didominasi oleh *Rhizophora* spp. Di zona ini juga ditumbuhi *Bruguiera* dan *Xylocarpus granatum*
- Kearah darat setelah zona *Rhizophora* spp, hutan mangrove didominasi oleh *Bruguiera* spp. Daerah yang paling dekat dengan daratan dimana terdapat zona transisi antara hutan mangrove dan hutan daratan rendah, umumnya ditumbuhi *Nypa* dan pandan laut (*Pandanus* spp).

2.4 Fungsi dan Manfaat Ekosistem Mangrove

Peranan penting ekosistem mangrove bagi kehidupan dapat diketahui dari banyaknya makhluk hidup, baik yang hidup diperairan, di atas lahan maupun tajuk-tajuk pohon mangrove serta ketergantungan manusia terhadap ekosistem tersebut (Ulqodry et al., 2010). Nilai keuntungan tidak langsung dari ekosistem mangrove dirasakan lebih tinggi jika dibandingkan manfaat langsungnya. Nilai penting

ekosistem mangrove antara lain menurunkan tingkat abrasi di pantai dan sungai, mencegah banjir, mencegah intrusi air laut, menurunkan tingkat polusi (pencemaran) produksi bahan organik sebagai sumber makanan, sebagai wilayah/daerah asuhan, pemijahan, dan mencari makan untuk berbagai jenis biota laut (Hartoko et al., 2013). Mangrove juga akan menjadi sumberdaya penting dalam ekowisata di banyak negara. Pada kenyataannya ekosistem ini menjaga kestabilan garis pantai, menyediakan penghalang alami dari badai, taufan, pasang surut yang tidak menentu dan bencana alam lainnya. Untuk beberapa kasus, ekosistem mangrove juga telah berkontribusi secara signifikan terhadap kehidupan sosial ekonomi masyarakat di sekitarnya.

Terdapat 6 fungsi ekosistem mangrove ditinjau dari ekologi dan ekonomi (Karimah, 2017), yaitu:

- (1) Mangrove menyediakan daerah asuhan untuk ikan, udang dan kepiting, dan mendukung produksi perikanan di wilayah pesisir.
- (2) Mangrove menghasilkan serasah daun dan bahan-bahan pengurai, yang berguna sebagai bahan makanan hewan-hewan estuari dan perairan pesisir.
- (3) Mangrove melindungi lingkungan sekitar dengan melindungi daerah pesisir dan masyarakat di dalamnya dari badai, ombak, pasang surut dan topan.
- (4) Mangrove menghasilkan bahan organik (*organic biomass*) yaitu karbon dan menurunkan polusi bahan organik di daerah tepi dengan menjebak dan menyerap berbagai polutan yang masuk ke dalam perairan.
- (5) Dari segi estetika, mangrove menyediakan daerah wisata untuk pengamatan burung, dan pengamatan jenis-jenis satwa lainnya.

(6) Mangrove merupakan sumber bahan baku kayu dan atap dari nipah untuk bahan bangunan, kayu api dan bahan bakar, serta tambak untuk budidaya perikanan. Benih mangrove dapat dipanen dan dijual. Ikan, udang-udangan dan kerang juga dapat dipanen dari ekosistem mangrove. Akuakultur dan perikanan komersial juga tergantung dari mangrove untuk perkembangan benih dan ikan-ikan dewasa.

Selain itu, ekosistem mangrove juga berfungsi dalam penyediaan habitat alami bagi fauna yang menurut Rusydi (2015) terdiri 5 habitat, yakni:

- (1) Tajuk pohon yang dihuni oleh berbagai jenis burung, mamalia, dan serangga.
- (2) Lubang yang terdapat di cabang dan genangan air di cagak antara batang dan cabang pohon yang merupakan habitat yang cukup baik untuk serangga (terutama nyamuk).
- (3) Permukaan tanah sebagai habitat *mudskipper* dan keong/kerang.
- (4) Lubang permanen dan semi permanen di dalam tanah sebagai habitat kepiting dan katak.
- (5) Saluran-saluran air sebagai habitat buaya dan ikan/udang.

Secara fisik hutan mangrove dapat berfungsi sebagai hutan lindung. Sistem perakaran yang khas pada tumbuhan mangrove dapat menghambat arus dan ombak, sehingga menjaga garis pantai tetap stabil dan terhindar dari pengikisan (abrasi). Selain itu juga sebagai penyangga daratan dari rembesan air laut serta penghalang angin. Ekosistem mangrove sebagai jalur hijau berfungsi sebagai penyaring berbagai jenis polutan yang dibawa oleh sungai atau aliran air lainnya yang masuk ke ekosistem ini. Peranan hutan mangrove yang paling menonjol dan tidak tergantikan oleh ekosistem lain adalah kedudukannya sebagai mata rantai yang

menghubungkan kehidupan ekosistem laut dan daratan, serta kemampuannya untuk menstimulir dan meminimasi terjadinya pencemaran logam berat dengan menangkap dan menyerap logam berat tersebut (Thomas et al., 2017).

Fungsi penting lainnya dari ekosistem mangrove adalah manfaat sosial ekonomi bagi masyarakat sekitarnya, yaitu sebagai sumber mata pencaharian dan produksi dari berbagai jenis hutan dan hasil ikutan lainnya. Warpur (2016) mengidentifikasi kurang lebih 70 macam kegunaan pohon mangrove bagi kepentingan manusia, baik produk langsung maupun tidak langsung yang sebagian besar telah dimanfaatkan oleh masyarakat. Manfaat langsung, seperti: bahan baku bangunan, alat tangkap, pupuk pertanian, bahan baku kertas, makanan, obat-obatan, minuman dan tekstil. Produk tidak langsung dapat berupa tempat rekreasi dan edukasi. Fungsi biologis hutan mangrove adalah sebagai sumber kesuburan perairan, tempat perkembangbiakan dan pegasuhan berbagai biota laut, tempat bersarangnya burung-burung (khususnya burung air), habitat berbagai satwa liar dan sumber keanekaragaman hayati (Saru, 2014).

Kontribusi yang paling penting dari hutan mangrove dalam kaitannya dengan ekosistem pantai adalah serasah daunnya. Diperkirakan hutan mangrove mampu menghasilkan bahan organik dari serasah daun sebanyak 7-8 ton/ha/tahun. Tingginya produktivitas ini disebabkan karena hanya 7% dari dedaunan yang dihasilkan dikonsumsi langsung oleh hewan di dalamnya, sedangkan sisanya oleh makroorganisme dan organisme pengurai diubah sebagai detritus atau bahan organik mati dan memasuki sistem energi (Aprianis, 2011). Sistem perakaran dan tajuk yang rapat serta kokoh merupakan habitat alami yang aman untuk spesies perairan berkembang biak, selain itu mangrove berfungsi sebagai pelindung pantai,

penstabilisasi, penyangga serta pencegah abrasi yang diakibatkan oleh arus, gelombang, dan angin bagi kelangsungan hidup manusia dan mamalia di darat dan biota perairan di laut (Jumnongsong et al., 2015).

Strategi pengelolaan mangrove dalam zona penanaman melibatkan serangkaian praktik untuk memastikan pertumbuhan dan keberhasilan ekosistem mangrove di area yang dituju. Berikut adalah beberapa strategi pengelolaan mangrove zona penanaman:

- **Pemilihan Lokasi yang Tepat:** Memilih lokasi yang sesuai untuk penanaman mangrove dengan mempertimbangkan faktor seperti kedalaman air, salinitas, kualitas tanah, dan iklim setempat. Memastikan bahwa kondisi lingkungan memadai untuk pertumbuhan mangrove yang sehat.
- **Penanaman Mangrove yang Beragam:** Menerapkan pendekatan beragam dalam penanaman mangrove dengan menggunakan spesies yang berbeda. Memilih spesies mangrove yang sesuai dengan kondisi lokal dan memperhatikan keanekaragaman genetik untuk meningkatkan ketahanan ekosistem.
- **Persiapan Lahan yang Tepat:** Melakukan persiapan lahan sebelum penanaman dengan membersihkan area dari sampah, gulma, atau vegetasi invasif lainnya. Memastikan tanah yang cukup subur dan kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan mangrove.
- **Pengawasan dan Perawatan:** Melakukan pengawasan yang rutin untuk memantau kondisi pertumbuhan mangrove. Memberikan perawatan seperti penyiraman, pemangkasan, dan pemeliharaan yang diperlukan untuk memastikan pertumbuhan yang optimal.

- **Pengendalian Hama dan Penyakit:** Melakukan pengendalian hama dan penyakit yang dapat membahayakan pertumbuhan mangrove. Menerapkan praktik pengendalian yang ramah lingkungan, seperti penggunaan predator alami atau metode biologi lainnya.
- **Edukasi dan Partisipasi Masyarakat:** Melibatkan masyarakat lokal dalam pengelolaan zona penanaman mangrove. Memberikan edukasi tentang pentingnya mangrove dan manfaatnya bagi lingkungan. Mendorong partisipasi aktif dalam kegiatan penanaman, pemeliharaan, dan perlindungan mangrove.
- **Pengendalian Akses dan Penggunaan Lahan:** Mengatur akses dan penggunaan lahan di sekitar zona penanaman mangrove untuk mencegah aktivitas yang dapat merusak ekosistem. Mengembangkan kebijakan yang mendukung perlindungan dan pengelolaan mangrove secara berkelanjutan.
- **Pemantauan dan Evaluasi:** Melakukan pemantauan rutin terhadap zona penanaman mangrove untuk mengevaluasi pertumbuhan, keberhasilan, dan dampak dari strategi pengelolaan yang diterapkan. Menggunakan hasil pemantauan untuk melakukan penyesuaian dan perbaikan jika diperlukan.
- **Kolaborasi dengan Pihak Terkait:** Membangun kolaborasi dengan pihak terkait, termasuk lembaga pemerintah, organisasi non-pemerintah, dan komunitas lokal. Bekerja sama dalam upaya pengelolaan mangrove untuk memastikan kesinambungan dan efektivitas langkah-langkah yang diambil.

Strategi pengelolaan mangrove zona penanaman ini bertujuan untuk memastikan pertumbuhan yang sukses dan pemeliharaan ekosistem mangrove yang sehat. Hal ini penting dalam menjaga keberlanjutan mangrove sebagai habitat penting, penyerap karbon, dan perlindungan pesisir.

2.5 Mitigasi Bencana Perubahan Iklim dan Konsep Pengelolaan Ekosistem Mangrove

Sejak tahun 1880, bumi telah menghangat 0.6-0.8 °C dan itu diproyeksikan akan meningkat 2-6 °C pada tahun 2100 dan sebagian besar disebabkan oleh berbagai macam faktor (Bappenas, 2018). Peningkatan suhu atmosfer dan laut tidak mempunyai pengaruh yang besar terhadap ekosistem mangrove, karena tingkat perubahan yang diproyeksikan jauh lebih rendah dari pada tingkat adaptasi mangrove terhadap perubahan yang terjadi sehingga hal ini masih dapat ditolerir oleh ekosistem mangrove. Hampir seluruh kawasan pesisir di Indonesia tergolong sebagai kawasan dengan potensi bencana alam. Jenis bencana yang kerap kali dihadapi oleh mereka yang tinggal di pulau kecil dan berdekatan dengan pantai dan laut adalah gelombang pasang/abrasi dan gelombang tsunami.

Menurut data BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana), setidaknya telah terdata sebanyak 15 bencana gelombang pasang/abrasi dan 1 bencana tsunami yang menimpa Indonesia tahun 2012. Kerugian yang diakibatkan dari bencana tersebut tentu tidak sedikit. Selain 37 orang yang meninggal, sebanyak 3.855 orang lainnya menderita dan mengungsi, serta kerusakan terhadap ratusan rumah dan sarana publik lainnya (BNPB, 2012). Dampak dan kerugian yang diakibatkan dari peristiwa bencana, tak hanya memberikan pembelajaran perihal rencana strategis untuk mitigasi dan fasilitas pendukung lainnya, melainkan juga kesadaran akan pentingnya menjaga kelestarian lingkungan terkait pada pengurangan resiko bencana. Peristiwa tsunami tahun 2004 yang menimpa Aceh dan kawasan pesisir lainnya di negara Asia Tenggara, telah menunjukkan adanya keterkaitan antara pengurangan resiko bencana dan pelestarian lingkungan hidup. Sejumlah kawasan pesisir dengan tingkat kelebatan hutan mangrove yang tinggi, ternyata mampu

menekan laju gelombang pasang, sehingga resiko yang diakibatkan tidak akan sebesar kawasan pesisir lain yang tak memiliki mangrove. Salah satu bagian terpenting dari kondisi geografis Indonesia sebagai wilayah kepulauan adalah wilayah pantai dan pesisir dengan garis pantai sepanjang 81.000 km. Wilayah pantai dan pesisir memiliki arti yang strategis karena merupakan wilayah interaksi/peralihan (*interface*) antara ekosistem darat dan laut yang memiliki sifat dan ciri yang unik, dan mengandung produksi biologi cukup besar serta jasa lingkungan lainnya.

Kekayaan sumber daya yang dimiliki wilayah tersebut menimbulkan daya tarik bagi berbagai pihak untuk memanfaatkan secara langsung atau untuk meregulasi pemanfaatannya karena secara sektoral memberikan sumbangan yang besar dalam kegiatan ekonomi misalnya pertambangan, perikanan, kehutanan, industri, pariwisata dan lain-lain. Mangrove memiliki banyak fungsi fisik, ekonomi, sosial-budaya, dan lingkungan bagi masyarakat dan kawasan pesisir. Akar-akar mangrove yang kokoh akan dapat menangkap sedimen dan mencegah abrasi. Selain itu, mangrove pun dapat berperan sebagai pelindung dari bencana gelombang pasang yang biasanya seringkali dihadapi mereka yang tinggal di dekat laut. Mempertimbangkan kelestarian hutan mangrove bagi mitigasi bencana atau upaya preventif mengurangi dampak buruk dan resiko bencana, tentu menjadi suatu keharusan. Ada banyak keuntungan yang didapatkan dari proses mitigasi yang berbasis pada alam. Mitigasi bencana melalui mangrove untuk bencana gelombang pasang/abrasi dan tsunami misalnya, tak hanya akan memberikan manfaat fisik dan lingkungan, tetapi juga memberikan manfaat lain yang bisa diberdayakan oleh masyarakat pesisir dan pihak lainnya. Karena mangrove merupakan daerah bagi

berbagai satwa untuk berkembang biak, maka kelestarian hutan mangrove akan berdampak langsung bagi hadirnya berbagai ikan, udang, kepiting, lebah madu, aneka burung, dan fauna lainnya yang dapat dimanfaatkan sebagai mata pencaharian penduduk dan pengembangan eko-wisata/ecotourism.

Li et al (2014) berpendapat bahwa mangrove akan bergerak ke arah darat seiring dengan peningkatan suhu global. Suhu dapat mempengaruhi fotosintesis mangrove, asupan air, transpirasi, dan kehilangan kadar garam. Sebagian besar mangrove tumbuh dan berkembang pada suhu udara rata-rata 25°C dan berhenti memproduksi daun ketika rata-rata suhu udara turun di bawah 15°C. Pada suhu di atas 25°C, beberapa spesies mangrove menunjukkan penurunan rata-rata pembentukan daun, dan pada daun temperatur 38-40°C, hampir tidak ada proses fotosintesis yang terjadi pada mangrove (Barbier et al., 2011). Berdasarkan penelitian Greiving et al (2015) proyeksi karbondioksida di atmosfer telah meningkat dari 280 ppm pada tahun 1880 dan hampir 582 ppm pada tahun 2020. Peningkatan CO₂ mempengaruhi perubahan pola curah hujan yang disebabkan oleh perubahan iklim yang memiliki efek mendalam pada pertumbuhan ekosistem mangrove (Latifah et al., 2018). Penurunan curah hujan dapat meningkatkan salinitas. Peningkatan salinitas dalam tanah dan air dapat mempengaruhi di jaringan mangrove. Peningkatan salinitas dan kurangnya air tawar mengakibatkan penurunan produktivitas mangrove, pertumbuhan, kelangsungan hidup bibit, dan dapat mengubah komposisi spesies yang kurang toleran terhadap perubahan ini. Peningkatan frekuensi air yang tinggi dapat mempengaruhi kesehatan mangrove dan komposisi karena perubahan dalam salinitas, perekrutan, genangan, dan perubahan dalam transport sedimen (Walker et al., 2013).

Pada abad terkini, permukaan laut *eustatic* telah meningkat 10 - 20 terutama disebabkan oleh ekspansi termal dari air laut dan pencairan es glasial yang disebabkan oleh pemanasan global (Panigrahi dan Pratap, 2012). Kombinasi kenaikan permukaan laut global dan dampak lokal yang menyebabkan penurunan penutupan mangrove yang mengancam mangrove di seluruh dunia. Kenaikan muka laut adalah tantangan terbesar perubahan iklim terhadap ekosistem mangrove. Catatan geologi menunjukkan bahwa sebelumnya fluktuasi permukaan laut telah menciptakan gangguan terhadap komunitas mangrove. Mangrove dapat beradaptasi dengan kenaikan permukaan laut secara alami asalkan tanpa ada tekanan dari manusia, catatan untuk hal ini adalah apabila ada ruang ekspansi yang memadai, dan kondisi lingkungan lainnya terpenuhi (Young, 2010).

Mitigasi dampak perubahan iklim adalah serangkaian tindakan yang dirancang untuk mengurangi atau meminimalkan dampak negatif dari perubahan iklim yang telah terjadi atau yang akan datang. Tujuan utama mitigasi perubahan iklim adalah mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) yang bertanggung jawab atas pemanasan global, perubahan iklim, dan bencana. Strategi mitigasi perubahan iklim dengan pendekatan struktur melibatkan penggunaan teknologi, infrastruktur, dan praktik berbasis struktur untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan meminimalkan dampak perubahan iklim. Berikut adalah beberapa contoh strategi mitigasi perubahan iklim dengan pendekatan struktur:

- Energi Terbarukan: Memperluas penggunaan energi terbarukan seperti energi surya, energi angin, hidroenergi, atau energi biomassa. Investasi dalam pembangkit listrik terbarukan dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang menyebabkan emisi gas rumah kaca.

- Efisiensi Energi: Meningkatkan efisiensi energi dalam sektor bangunan, transportasi, dan industri. Menggunakan teknologi dan desain bangunan yang hemat energi, mendorong penggunaan kendaraan ramah lingkungan, dan menerapkan praktik efisiensi energi di industri untuk mengurangi konsumsi energi dan emisi.
- Pengelolaan Limbah: Mengimplementasikan sistem pengelolaan limbah yang efisien dan berkelanjutan. Mengurangi emisi gas rumah kaca dari pengelolaan sampah dengan memprioritaskan daur ulang, kompos, atau teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan.
- Pengelolaan Air: Mengelola sumber daya air dengan bijaksana, termasuk peningkatan efisiensi penggunaan air, pengembangan infrastruktur pengendalian banjir dan pengairan yang berkelanjutan, dan konservasi air.
- Penanaman hutan mangrove: Mendorong penanaman hutan mangrove dan rehabilitasi lahan terdegradasi sebagai upaya penyerapan karbon. Penanaman pohon membantu mengurangi kadar karbon di atmosfer dan memperbaiki kondisi ekosistem.
- Adaptasi Infrastruktur: Memperkuat infrastruktur untuk menghadapi perubahan iklim yang sudah terjadi atau yang diperkirakan. Misalnya, membangun tanggul laut, sistem drainase yang adaptif, atau peningkatan ketahanan bangunan terhadap cuaca ekstrem.

Strategi mitigasi perubahan iklim dengan pendekatan non-struktur melibatkan kebijakan, regulasi, dan praktik yang tidak bergantung pada infrastruktur fisik atau teknologi tertentu. Berikut adalah beberapa contoh strategi mitigasi perubahan iklim dengan pendekatan non-struktur:

- **Kebijakan Energi dan Karbon:** Menerapkan kebijakan dan regulasi yang mengarah pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan promosi energi bersih. Contohnya, pengenalan pajak karbon, penggunaan sertifikat energi terbarukan, insentif fiskal untuk investasi dalam energi bersih, dan penghapusan subsidi bahan bakar fosil.
- **Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat:** Meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat tentang perubahan iklim serta pentingnya pengurangan emisi. Melakukan kampanye edukasi, pelatihan, dan sosialisasi untuk mendorong perubahan perilaku yang ramah lingkungan dan penggunaan energi yang efisien.
- **Pengelolaan Risiko Bencana:** Mengintegrasikan perubahan iklim dalam pengelolaan risiko bencana. Mengembangkan rencana mitigasi bencana yang mempertimbangkan perubahan iklim, termasuk pengurangan kerentanan dan peningkatan ketahanan terhadap bencana seperti banjir, badai, atau kekeringan.
- **Pengurangan Deforestasi:** Mengurangi deforestasi dan meningkatkan konservasi hutan mangrove. Melalui kebijakan perlindungan hutan, pemberdayaan masyarakat lokal, dan pengembangan alternatif ekonomi yang berkelanjutan untuk mengurangi tekanan terhadap hutan dan memperkuat penyerapan karbon.
- **Adaptasi dan Pengembangan Kapasitas:** Mengembangkan kapasitas adaptasi masyarakat dan sektor terhadap perubahan iklim. Memberikan pelatihan dan dukungan untuk menghadapi dampak perubahan iklim, seperti pengelolaan air yang adaptif, pertanian yang tahan iklim, dan infrastruktur yang tangguh terhadap cuaca ekstrem.

- **Monitoring dan Pelaporan:** Mengimplementasikan sistem pemantauan dan pelaporan emisi gas rumah kaca serta dampak perubahan iklim. Membangun sistem yang transparan dan akuntabel untuk mengukur kemajuan mitigasi dan memfasilitasi pengambilan keputusan berbasis bukti.

Pendekatan metode identifikasi, prediksi, dan evaluasi dampak perubahan iklim digunakan untuk memahami dan mengukur dampak yang mungkin terjadi akibat perubahan iklim. Berikut adalah penjelasan singkat tentang tiga pendekatan tersebut:

- **Identifikasi Dampak:** Pendekatan identifikasi dampak perubahan iklim melibatkan pengumpulan data dan informasi tentang sistem ekologi, sosial, dan ekonomi yang rentan terhadap perubahan iklim. Tujuannya adalah mengidentifikasi elemen-elemen yang mungkin terpengaruh oleh perubahan iklim, seperti wilayah pesisir, sektor pertanian, ketersediaan air, dan kesehatan masyarakat. Identifikasi ini memberikan pemahaman awal tentang potensi dampak perubahan iklim yang dapat terjadi di suatu wilayah atau sektor.
- **Prediksi Dampak:** Pendekatan prediksi dampak perubahan iklim melibatkan penggunaan model dan skenario untuk memproyeksikan dampak perubahan iklim di masa depan. Model iklim digunakan untuk memperkirakan perubahan suhu, curah hujan, tinggi permukaan air laut, dan variabel iklim lainnya. Selanjutnya, model ekologi, sosial, atau ekonomi digunakan untuk memperkirakan bagaimana perubahan iklim dapat mempengaruhi sistem tersebut. Prediksi ini membantu dalam perencanaan mitigasi dan adaptasi untuk mengurangi dampak negatif dan memanfaatkan peluang yang mungkin muncul.

- **Evaluasi Dampak:** Pendekatan evaluasi dampak perubahan iklim dilakukan untuk mengevaluasi dampak yang telah terjadi atau sedang terjadi pada suatu sistem akibat perubahan iklim. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi saat ini dengan kondisi masa lalu, serta mengidentifikasi perubahan yang terjadi dan dampaknya terhadap sistem yang relevan. Evaluasi ini membantu dalam memahami konsekuensi perubahan iklim yang telah terjadi dan mengevaluasi keefektifan tindakan mitigasi dan adaptasi yang telah dilakukan.

2.5.1 Peranan Ekosistem Mangrove Sebagai Zona Penyangga

Mangrove memiliki berbagai macam manfaat bagi kehidupan manusia dan lingkungan sekitarnya. Nilai pakai tak langsung dari ekosistem mangrove adalah dalam bentuk fungsi-fungsi ekologi yang vital, termasuk pengendalian terhadap abrasi pantai, stabilisasi sedimen, perlindungan bagi terumbu karang di dekatnya terhadap padatan-padatan tersuspensi, perlindungan bagi tata guna lahan di wilayah pantai dari badai dan tsunami, pencegahan terhadap intrusi garam dan permurnian alam perairan pantai terhadap polusi (Renzi et al., 2019). Kemampuan mangrove untuk mengembangkan area pertumbuhannya ke arah laut merupakan salah satu peran penting mangrove dalam pembentukan lahan baru. Akar mangrove mampu mengikat dan menstabilkan substrat lumpur, pohonnya mengurangi energi gelombang dan memperlambat arus, sementara vegetasi secara keseluruhan dapat menerangkap sedimen dan mempertahankan lahan yang telah ditumbuhinya. Proses pengikatan dan penstabilan hanya terjadi pada pantai yang telah mengalami pemadatan dari substrat pembentuknya. Mangrove berfungsi sebagai pelindung pantai mengingat sistem perakarannya yang dapat meredam ombak, arus, serta menahan sedimen. Dalam beberapa kasus, penggunaan vegetasi mangrove untuk

penahan abrasi lebih murah dan memberikan dampak ikutan yang menguntungkan dalam hal meningkatkan kualitas perairan di sekitarnya, dimana hal ini tidak bisa diperoleh dari penggunaan struktur bangunan keras (Ilman et al., 2016).

Mangrove juga berfungsi meredam pasang laut dan rob. Kedalaman air laut di depan mangrove lebih besar daripada di belakang mangrove. Perakaran mangrove mampu mengurangi energi arus atau aliran pasang surut melalui mekanisme peningkatan koefisien gesekan. Keberadaan mangrove juga mampu meredam energi gelombang. Pengurangan energi tersebut akibat gesekan, turbulensi, dan pecahnya gelombang yang terjadi di akar, batang, dan ranting mangrove. Mangrove juga bisa menjadi pengendali pencemaran air. Contoh menarik adalah riset tentang rawa yang ditanam mangrove di Hongkong. Rawa itu dapat digunakan untuk mengolah limbah dengan biaya rendah sehingga ditetapkan menjadi salah satu dari 12 kiat atau kunci dalam melindungi lingkungan. Salah satu nilai ekologis dari ekosistem mangrove telah digunakan sebagai pengolah limbah cair. Selama penelitian di Hongkong, di 18 lahan mangrove, peningkatan konsentrasi nutrient dan logam berat di temukan di tanah, hal ini menunjukkan bahwa mangrove dapat berperan sebagai “perangkap potensial” polutan dari limbah antropogenik. Sejak tahun 1990, percobaan lapangan dan eksperimen rumah hijau telah diujikan efek dari penggunaan ekosistem mangrove untuk mengolah limbah. Hasil dari studi lapangan di Pelestarian Sumberdaya Alam Nasional Futian, China, mengindikasikan penambahan konsentrasi polutan di lahan mangrove tidak menyebabkan terdeteksinya kerusakan pada tanaman mangrove, invertebrata bentik, atau spesies algae. Melalui sistem tersebut, limbah cair dapat diolah setiap hari. Mekanisme pengendalian pencemaran itu terjadi melalui proses – proses

absorbs, filtrasi, biodegradasi, presipitasi, sedimentasi, penyerapan oleh tanaman, dan evaporasi (Dale et al., 2014).

Perlindungan pantai dengan mangrove membutuhkan ketebalan hutan tidak kurang dari 50 sampai dengan 1000 m, tergantung kondisi hidro – oseanografi dan ketinggian tsunami yang terjadi di daerah tersebut. Ketebalan hutan yang difungsikan sebagai lapis penyangga (*buffer zone*) menurut Keppers 32/90 adalah 130 kali tinggi pasang surut. Penentuan tebal greenbelt mangrove, disamping mempertimbangkan aspek teknis juga harus meninjau peran ekologis mangrove untuk mendukung ekosistem kehidupan biota laut dan fauna darat. Penetapan jalur hijau mangrove (Istomo et al., 2017) disesuaikan dengan kondisi ekologis dan sosial ekonomi masyarakat setempat dengan memperhatikan: (i) Besar pasang surut air laut atau lebar luapan air pasang; (ii) Besar gelombang laut; (iii) Topografi pantai; (iv) Jenis dan kedalaman tanah; (v) Komposisi jenis dan kerapatan vegetasi mangrove; (vi) Jenis pemanfaatan areal di sekitar jalur hijau; (vii) Keadaan sosial, ekonomi dan budaya masyarakat setempat. Seperti diketahui bahwa tujuan penetapan jalur hijau hutan mangrove adalah untuk perlindungan tanaman lingkungan pesisir dalam rangka mencegah terjadinya abrasi pantai, banjir, intrusi air laut, meredam tsunami, menyerap limbah, usaha budi daya di wilayah belakangnya dan pelestarian flora dan fauna serta tempat makan berbagai biota perairan, di samping meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Agar konsep lebih terpadu dan komprehensif, maka aspek sosial – ekonomi khususnya masyarakat pesisir, juga harus menjadi pertimbangan. Satu aspek teknis lainnya yang juga sangat penting adalah tebal hutan yang melebihi kebutuhan, juga akan memberikan

dampak buruk terhadap lingkungan pantai dan muara sungai seperti pada Tabel 2 berikut ini (Subandono dan Budiman, 2009).

Tabel 2.1 Lebar Jalur Hijau dan Untung Ruginya

Lebar jalur hijau	Keuntungan	Kerugian	Keterangan
Besar	<ul style="list-style-type: none"> • Pantai terlindungi • Ekologis sukses 	Lahan sempit	usaha Dibutuhkan informasi lebar / tebal hutan maksimal
Ideal	Optimal	Minimal	Keppres 32/90; Inmendagri No.26/1997
Kecil/hilang	Lahan usaha luas	<ul style="list-style-type: none"> • Abrasi • Tsunami • pencemaran 	Dibutuhkan informasi lebar / tebal hutan maksimal

Hasil penelitian Martosubroto dan Naamin (1979) diacu dalam Subandono dan Budiman (2009) menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara luas kawasan mangrove dengan produksi perikanan budidaya. Ekosistem mangrove yang terjaga dengan baik punya potensi wisata yang menarik. Kegiatan ekowisata ini sekaligus memberikan informasi lingkungan yang diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan dan kesadaran masyarakat dalam mencintai alam. Disisi lain mangrove juga menunjang kegiatan perikanan, baik tangkap maupun budidaya. Hal itu tak terlepas dari peran hutan mangrove sebagai kawasan pemijahan, daerah asuhan, dan mencari makan bagi ikan, udang, dan kerang – kerangan. Mangrove juga melindungi dan melestarikan habitat perikanan serta mengendalikan dan menjaga keseimbangan rantai makanan di pesisir. Berdasarkan tabel diatas maka pendekatan dengan menganalisa lebar luasan mangrove adalah pendekatan yang cukup optimal untuk melindungi pantai dari bahaya abrasi, abrasi, dan sedimentasi bahkan pencemaran. Data yang dibutuhkan untuk menganalisa

lebar optimal mangrove adalah tunggang pasut dan lebar dari ekosistem mangrove. Dari tabel dibawah ini terlihat bahwa semakin tebal hutan pantai maka tingkat peredaman gelombang kian tinggi, arus dan gaya hidrolis kian melemah. Untuk gelombang setinggi 3m yang menerjang hutan pantai selebar 50 m, maka jangkauan *run-up* yang masuk ke daratan tinggal 98% (Birkmann et al., 2013). Sementara itu pada kasus yang sama (tinggi gelombang 3 m dan lebar hutan pantai 50 m) maka tinggi genangan setelah melewati hutan pantai tinggal 86%. Arus setelah melewati hutan pantai itu tinggal 71%. Begitu juga dengan gaya hidrolisnya setelah melewati hutan pantai tinggal 53%. Kekuatan hutan pantai meredam gelombang makin terbukti jika hutannya kian tebal. Terlihat bahwa jika lebar hutannya 400 m diterjang gelombang dengan ketinggian 3 m maka jangkauan run-up tinggal 78%, tinggi genangan setelah melewati hutan pantai tersisa 18%, arus setelah melewati hutan pantai tinggal 31%, dan gaya hidrolik setelah melewati hutan pantai hanya tersisa dua persen (Costa dan Kropp, 2012).

Dari beberapa penjelasan tadi dapat dirangkum bahwa hutan mangrove memiliki lima fungsi, yaitu: fungsi fisik, kimia, biologi, ekonomi dan fungsi wanawisata.

A. Fungsi fisik hutan mangrove adalah sebagai berikut:

- Menjaga garis pantai agar tetap stabil
- Melindungi pantai dan tebing sungai dari proses abrasi atau abrasi, serta menahan atau menyerap tiupan angin kencang dari laut ke darat
- Menahan sedimen secara periodik sampai terbentuk lahan baru
- Sebagai kawasan penyangga proses intrusi atau rembesan air laut ke darat.

B. Fungsi kimia hutan mangrove adalah sebagai berikut:

- Sebagai tempat terjadinya proses daur ulang
- Sebagai penyerap karbondioksida
- Sebagai pengolah bahan-bahan limbah hasil pencemaran industri (bioremediator)

C. Fungsi biologi hutan mangrove adalah sebagai berikut;

- Sebagai penghasil bahan pelapukan yang merupakan sumber makanan penting bagi invertebrata kecil pemakan bahan pelapukan (*detritus*), yang kemudian berperan sebagai sumber makanan bagi hewan yang lebih besar
- Sebagai kawasan pemijah atau asuhan (*nursery ground*) bagi udang, ikan, kepiting, kerang dan sebagainya yang setelah dewasa akan kembali ke lepas pantai
- Sebagai kawasan untuk berlindung, bersarang, serta berkembang biak bagi burung dan satwa lain
- Sebagai sumber genetika
- Sebagai habitat alami bagi berbagai jenis biota darat dan laut.

D. Fungsi ekonomi hutan mangrove adalah sebagai berikut:

- Penghasil kayu, misalnya kayu bakar, arang serta kayu untuk bahan bangunan dan perabot rumah tangga
- Penghasil bahan baku industri, misalnya; pulp, kertas, tekstil, makanan, obat-obatan, alkohol, kosmetik dan zat warna
- Penghasil bibit ikan, udang, kerang, kepiting, telur burung, dan madu

E. Fungsi wanawisata hutan mangrove antara lain adalah sebagai berikut

- Sebagai kawasan wisata pantai, pendidikan, konservasi dan kegiatan penelitian

Ekosistem mangrove mempunyai manfaat ganda dan merupakan mata rantai yang sangat penting dalam memelihara keseimbangan biologi di suatu perairan. Selain itu hutan mangrove merupakan suatu kawasan yang mempunyai tingkat produktivitas tinggi. Tingginya produktivitas ini karena memperoleh bantuan energi berupa zat-zat makanan yang diangkut melalui gerakan pasang surut. Keadaan ini menjadikan hutan mangrove memegang peranan penting bagi kehidupan biota seperti ikan, udang, moluska dan lainnya. Selain itu hutan mangrove juga berperan sebagai pendaur zat hara, penyedia makanan, tempat memijah, berlindung dan tempat tumbuh. Penting untuk memahami sumber-sumber bencana perubahan iklim ini dalam rangka melindungi dan mengelola ekosistem mangrove dengan baik, serta mengambil langkah-langkah mitigasi yang tepat untuk mengurangi dampak negatif perubahan iklim pada mangrove. Sumber bencana perubahan iklim yang berpotensi menimbulkan bahaya dan resiko lingkungan pada ekosistem mangrove:

- Kenaikan Permukaan Air Laut: Perubahan iklim menyebabkan kenaikan suhu global yang mengakibatkan pelelehan es di kutub dan gletser. Hal ini menyebabkan kenaikan permukaan air laut yang dapat mengancam ekosistem mangrove yang berada di daerah pesisir. Kenaikan permukaan air laut dapat menyebabkan keabuan mangrove dan merusak pertumbuhan serta keberlanjutannya.

- Banjir dan Intrusi Air Laut: Perubahan iklim dapat meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir, terutama di daerah pesisir. Banjir yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi atau gelombang pasang yang tinggi dapat menyebabkan intrusi air laut ke ekosistem mangrove. Tingginya salinitas air dapat membahayakan mangrove karena spesies-spesies mangrove biasanya lebih toleran terhadap air tawar.
- Badai dan Angin Kencang: Perubahan iklim juga dapat menyebabkan peningkatan intensitas badai tropis dan angin kencang. Badai dan angin kencang dapat merusak mangrove dengan menerbangkan daun dan cabang, merusak akar, atau bahkan menjatuhkan pohon secara keseluruhan. Hal ini dapat mengganggu pertumbuhan dan keberlanjutan ekosistem mangrove.
- Peningkatan Suhu dan Kekeringan: Peningkatan suhu global yang disebabkan oleh perubahan iklim dapat menyebabkan kekeringan di beberapa daerah. Kekeringan dapat menyebabkan kekeringan tanah dan air, yang mengganggu pertumbuhan mangrove yang membutuhkan air untuk bertahan hidup. Peningkatan suhu juga dapat meningkatkan laju penguapan air dan mengurangi ketersediaan air bagi mangrove.
- Perubahan Pola Hujan: Perubahan iklim dapat mempengaruhi pola hujan dengan meningkatkan kejadian curah hujan yang ekstrem atau mengubah musim hujan dan kemarau. Perubahan ini dapat mempengaruhi ketersediaan air untuk mangrove, baik dengan kelebihan air yang mengakibatkan banjir, maupun kekurangan air yang mengakibatkan kekeringan.

- Perubahan Kimia dan Pencemaran: Perubahan iklim dapat mempengaruhi kualitas air dan kondisi kimia di ekosistem mangrove. Perubahan suhu dan salinitas air dapat mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi spesies mangrove. Selain itu, perubahan iklim juga dapat memperburuk pencemaran lingkungan, seperti peningkatan aliran limbah dan nutrisi dari daratan ke perairan, yang dapat merusak keseimbangan ekosistem mangrove.

2.6 Pengertian dan Kualifikasi Pulau-Pulau Kecil

Menurut Undang-undang No. 27 Tahun 2007 tentang pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil definisi Pulau Kecil adalah pulau dengan luas lebih kecil atau sama dengan 2000 km² (dua ribu kilometer persegi) beserta kesatuan ekosistemnya. Berdasarkan karakteristik pulau-pulau kecil juga diartikan sebagai wilayah daratan yang terbentuk secara alamiah yang dikelilingi oleh air laut dan selalu berada diatas permukaan air pada waktu air pasang. Gevanaa et al (2015) menyatakan bahwa karakteristik pulau-pulau kecil adalah secara ekologis terpisah dari pulau induknya (*mainland island*), memiliki batas fisik yang jelas dan terpencil dari habitat pulau induk, sehingga bersifat insular; mempunyai sejumlah besar jenis endemik dan keanekaragaman yang tipikal dan bernilai tinggi; tidak mampu mempengaruhi hidroklimat; memiliki daerah tangkapan air (*catchment area*) relatif kecil sehingga sebagian besar aliran air permukaan dan sedimen masuk ke laut serta dari segi sosial, ekonomi dan budaya masyarakat pulau-pulau kecil bersifat khas dibandingkan dengan pulau induknya. Ada tiga kriteria menurut Le Cornu et al (2018) yang dapat digunakan dalam membuat batasan pulau kecil, yaitu: (1) Batasan fisik (luas pulau), (2) Batasan ekologis (proporsi spesies endemik dan

terisolasi), dan (3) Keunikan budaya. Selain ketiga kriteria tersebut, terdapat indikasi besar-kecilnya pulau terlihat dari kemandirian penduduknya dalam memenuhi kebutuhan pokok (Dahuri *et al.*, 2004). Menurut Barner et al (2015) menggolongkan pulau atau kepulauan berdasarkan pada proses geologinya, yaitu:

1. Pulau Benua (*Continental Island*), tipe batuan kaya akan *silica*. Biota yang terdapat pada tipe ini, sama dengan yang terdapat di daratan utama.
2. Pulau Vulkanik (*Vulcanic Island*), terbentuk dari kegiatan gunung berapi, yang timbul perlahan-lahan dari dasar laut ke permukaan. Tipe batuan dari pulau ini adalah *basalt, silica* (kadar rendah).
3. Pulau Karang Timbul (*Raised Coral Island*), terbentuk oleh terumbu karang yang terangkat ke atas permukaan laut karena proses geologi. Jika proses ini berlangsung terus, maka karang yang timbul ke permukaan laut berbentuk teras-teras seperti sawah di pegunungan.
4. Pulau Daratan Rendah (*Low Island*), adalah pulau dimana ketinggian daratannya dari muka laut rendah. Pulau-pulau dari tipe ini, paling rawan terhadap bencana alam, seperti angin topan dan gelombang tsunami.
5. Pulau Atol (*Atolls*), adalah pulau karang berbentuk cincin. Pada umumnya adalah pulau vulkanik yang ditumbuhi oleh terumbu karang yang berbentuk *fringing reef*, kemudian berubah menjadi *barrier reef*, dan akhirnya menjadi pulau atol.

Gelcich et al (2012) membuat klasifikasi pulau-pulau kecil berdasarkan morfologi dan genesis pulau sebagai berikut: (1) Pulau berbukit, dan (2) Pulau datar. Pulau berbukit terdiri dari: Pulau Vulkanik, Pulau Tektonik, Pulau Teras Terangkat, Pulau Petabah (*monadnock*), dan Pulau Gabungan. Pulau datar terdiri

dari: Pulau Aluvium, Pulau Koral, dan Pulau Atol yang memiliki luas daratan lebih kecil dari 50 km², misalnya pulau-pulau di kepulauan Takabonarate, yang lebarnya kurang dari 150 m dengan panjang antara 1000 hingga 2000 m. Menurut Micheli et al (2012) proses terbentuknya pulau antara lain:

1. Penurunan muka laut, contohnya: P. Akat, P. Sekikir, P. Abang Besar di Kepulauan Riau.
2. Kenaikan muka laut, contohnya: Kepulauan Lingga, P. Batam, P. Karimun Kecil, juga di kepulauan Riau.
3. Tektonik, zona penunjaman (*subduction*), contohnya : P. Christmas, P. Nias.
4. Tektonik, zona pemekaran (*spreading*), contohnya : Kepulauan Hawaii.
5. Amblesan daratan, contohnya: P. Digul.
6. Abrasi, contohnya: P. Popole di Jawa Barat.
7. Sedimentasi, contohnya: pulau-pulau di Segara Anakan, P. Bengkalis.
8. Vulkanisme, contohnya: P. Krakatau, P. Ternate, P. Manado Tua.
9. Biologi, biota terumbu karang dan biota asosiasinya, contohnya: pulau-pulau di Kepulauan Seribu.
10. Biologi, biota lain (mangrove, lamun, dan lain-lain) contohnya: P. Karang Anyar, P. Klaces, dan P. Mutean di Segara Anakan.
11. Pengangkatan daratan, contohnya: P. Manui di Sulawesi.
12. Buatan manusia, contohnya: lapangan udara Kansai Osaka Jepang.

Secara umum pulau-pulau kecil memiliki karakteristik yang unik, antara lain: berukuran kecil (*smallness*), terisolasi (*isolation*), ketergantungan (*dependence*), rentan (*vulnerability*). Sifat rentan dimaksudkan karena memiliki kerapuhan ekologis (*ecological fragility*) (Weeks, 2013).

2.6.1 Jasa Lingkungan Pulau-Pulau Kecil

Kawasan pulau-pulau kecil menyediakan sumberdaya alam yang produktif baik sebagai sumber pangan dari kekayaan ekosistemnya, seperti ekosistem mangrove, lamun, dan terumbu karang, beserta biota yang hidup di dalamnya. Disamping itu pula menjadi media komunikasi, kawasan rekreasi, pariwisata, konservasi, dan jenis pemanfaatan lainnya (Souza dan Ramos, 2010). Di wilayah pulau-pulau kecil terdapat satu atau lebih ekosistem pesisir dan sumberdaya pesisir. Ekosistem pesisir tersebut dapat bersifat alamiah ataupun buatan (man-made). Ekosistem alami antara lain terumbu karang (*coral reef*), hutan bakau (*mangrove*), padang lamun (*seagrass*) pantai berpasir (*sandy beach*), pantai berbatu (*rocky beach*), formasi *pes-caprea*, formasi *baringtonia*, estuaria, laguna, dan delta. Ekosistem buatan antara lain berupa: kawasan pariwisata, kawasan budidaya (*mariculture*), dan kawasan pemukiman (Souza dan Ramos, 2010).

Sumberdaya alam secara umum dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok. Kelompok pertama, adalah yang disebut sebagai kelompok *stock* atau sumberdaya tidak terpulihkan (*exhaustible*). Sumberdaya kelompok ini dianggap memiliki suplai yang terbatas, sehingga eksploitasi terhadap sumberdaya tersebut akan menghabiskan cadangan sumberdaya, misalnya: mineral, metalik, minyak, gas dan sebagainya. Kelompok kedua, adalah sumberdaya alam yang disebut *flow* atau sumberdaya yang dapat dibaharui. Sumberdaya ini diasumsikan memiliki suplai yang *infinite* atau tidak terbatas. Kelompok sumberdaya ini ada yang tergantung pada proses biologi untuk regenerasinya dan ada yang tidak. Perikanan, kehutanan, peternakan dan sebagainya masuk kedalam kelompok sumberdaya yang regenerasinya tergantung pada proses biologi. Sementara energi surya, gelombang

pasang surut, angin, udara dan sebagainya, masuk kedalam kelompok sumberdaya alam yang tidak tergantung pada proses biologi. Meskipun ada sumberdaya yang bisa melakukan proses regenerasi, jika titik kritis kapasitas maksimum regenerasinya sudah terlewati, sumberdaya ini akan berubah menjadi sumberdaya yang tidak dapat diperbaharui (Dinesh dan Ghoshal, 2013). Sumberdaya alam di kawasan pulau-pulau kecil terdiri dari sumberdaya alam yang dapat pulih (*renewable resources*), antara lain: ikan, plankton, benthos, moluska, krustasea, mamalia laut, rumput laut, lamun, bakau, terumbu karang; dan sumberdaya alam yang tidak dapat pulih (*non-renewable resources*), antara lain: minyak dan gas, bijih besi, pasir, timah, bauksit, dan mineral serta bahan tambang lainnya (Wu et al., 2014).

Potensi lestari ikan laut adalah 6.2 juta ton per tahun, baru dimanfaatkan 58.5 juta ton per tahun, sehingga masih terdapat sekitar 2.6 juta ton per tahun atau 45% potensi yang belum dimanfaatkan (Dahuri *et al.*, 2004). Selain potensi ikan laut, potensi budidaya perikanan masih banyak yang belum dimanfaatkan secara optimal. Baik budidaya pantai (tambak), maupun budidaya laut. Potensi budidaya pantai 830.200 ha yang tersebar diseluruh wilayah tanah air, baru dimanfaatkan 356.308 ha untuk budidaya ikan bandeng, mujair, kakap, udang windu, dan spesies lainnya (Triarso, 2012). Sumber energi yang berasal dari proses-proses kelautan lainnya bersifat *nonexhaustive* (tidak pernah habis) seperti: energi gelombang, pasang surut, angin, dan OTEC (*ocean thermal energy conversion*) (Hartman, 2016). Potensi jasa-jasa lingkungan yang terdapat di kawasan pulau-pulau kecil, seperti pariwisata bahari dan perhubungan laut, merupakan potensi yang mempunyai nilai tinggi bagi peningkatan pendapatan baik masyarakat sekitar

maupun pendapatan nasional. Dengan keanekaragaman dan keindahan yang terdapat dipulau-pulau kecil, merupakan daya tarik tersendiri dalam pengembangan pariwisata. Khususnya, kawasan terumbu karang yang banyak terdapat di perairan laut Indonesia. Luas kawasan terumbu karang diperkirakan 7.500 km², umumnya terdapat ditaman laut dengan sekitar 263 jenis ikan hias laut. Selain itu, Indonesia merupakan komunitas mangrove terluas di dunia, yaitu 4.25 juta ha atau 27 % dari 15.9 juta ha luas hutan mangrove di dunia (KKP, 2019).

Ekosistem pulau-pulau kecil juga memiliki peran dan fungsi yang dapat menentukan bukan saja bagi kesinambungan pembangunan ekonomi, tetapi juga bagi kelangsungan hidup umat manusia. Yang terutama adalah fungsi dan peran ekosistem pesisir dan lautan di pulau-pulau kecil sebagai pengatur iklim global (termasuk dinamika *la-nina*), siklus hidup dan biogeokimia, penyerap limbah, sumber plasma nutfah, dan sistem penunjang kehidupan lainnya di daratan.

Meningkatnya pertumbuhan penduduk dan pesatnya kegiatan pembangunan di pulau-pulau kecil bagi berbagai peruntukan, misalnya: pemukiman, perikanan (baik tangkap maupun budidaya), pariwisata, apalagi pertambangan, akan membuat tekanan ekologis terhadap ekosistem dan sumberdaya laut. Meningkatnya tekanan, baik secara langsung misalnya kegiatan konversi lahan, maupun tidak langsung misalnya pencemaran oleh limbah berbagai kegiatan pembangunan, akan mengancam keberadaan dan kelangsungan kehidupan di pulau-pulau kecil. Oleh karena itu pemanfaatan sumberdaya di kawasan tersebut mestinya secara seimbang dibarengi dengan upaya konservasi, sehingga dapat berlangsung secara optimal dan berkelanjutan.

2.6.2 Pemanfaatan Pulau-Pulau Kecil

Perhatian pengelolaan pulau-pulau kecil di Indonesia baru dimulai sejak berdirinya Departemen Kelautan dan Perikanan. Pengelolaannya pun tidak akan sama untuk seluruh Indonesia, tetapi disesuaikan dengan latar geografisnya, karakter ekosistem, dan sosial budaya masyarakat setempat. Arah kebijakan pengelolaan, harus berkelanjutan dan berbasis masyarakat. Pendekatan yang digunakan adalah mengkombinasikan 3 pendekatan, yaitu : (1) hak, (2) ekosistem dalam alokasi ruang wilayah pulau dan gugus pulau, dan (3) sesuai kondisi sosial budaya setempat (Lee *et al.*, 2014). Menurut Dale *et al* (2014) beberapa jenis pemanfaatan yang pernah dan sedang dilakukan di pulau-pulau kecil antara lain sebagai:

Daratan Negara, contohnya: Indonesia, Filipina, Singapura, Maldives;

1. Penetapan batas wilayah perairan Negara atau antar Negara, contohnya P. Christmas;
2. Pembangunan, termasuk wilayah pemukiman, contoh P. Kelapa;
3. Kegiatan dan mencari nafkah masyarakat, contohnya: P. Batam;
4. Rekreasi, wisata, dan olahraga, contohnya: P. Putri, P. Kotok, P. Bidadari;
5. Konservasi keanekaragaman hayati dan budaya, contohnya: P. Galapagos, P. Rambut;
6. Konservasi budaya, contohnya: P. Onrust;
7. Pendidikan, contohnya: P. Pari;
8. Perhubungan, termasuk perhubungan laut dan udara, contohnya: P. Ambon;
9. Penghasil sumberdaya mineral, hayati, dan energi, contohnya: P. Misima di Papua Nugini;

10. Kegiatan tertentu, contohnya: P. Pabelokan;
11. Pertahanan keamanan, contohnya: P. Sambu;
12. Penjara, contohnya: P. Nusakembangan, P. Alcatraz.

Dalam kaitannya dengan program pemanfaatan pulau-pulau kecil di Indonesia, maka yang diperlukan adalah beberapa aspek normatif, akurat, dan data baru. Berdasarkan pendapat dari Castellanos-Galindo et al (2014) kondisi, potensi dan peluang dalam optimasi sumberdaya, beberapa bahan pertimbangan sebagai berikut: (1) keterpaduan dan keberlanjutan, (2) pemberian nilai ekonomi lingkungan, (3) Penataan ruang, (4) pengamanan fungsi lindung, (5) pemberdayaan masyarakat setempat, (6) peningkatan pendapatan masyarakat, (7) pengendalian pencemaran dan kualitas air, dan (8) pembangunan kawasan pemukiman. Ada beberapa hal yang menjadi dasar bagi penzonasian untuk pemanfaatan pulau-pulau kecil (Liu et al., 2019), yaitu:

1. Ukurannya yang sangat kecil, sehingga sumberdaya lahan menjadi sangat penting.
2. Ketersediaan air tawar yang sangat terbatas, sehingga sering menjadi faktor penentu yang membatasi daya dukung pulau.
3. Tingkat kerentanan yang tinggi terutama oleh pengaruh eksternal (pencemaran, sampah, dan lain-lain).
4. Tekanan penduduk yang besar dalam eksploitasi sumberdaya.
5. Tuntutan pertumbuhan ekonomi.
6. Ketidak serasian pemanfaatan dan adanya konflik pemanfaatan.

Penetapan zonasi peruntukan tersebut, melalui dua mekanisme pokok, yaitu (a) mekanisme teknis, dan (b) mekanisme sosial (Liu et al., 2019). Mekanisme teknis dilakukan dengan pertimbangan-pertimbangan teknis-ekologis sebagai hasil dari identifikasi sumberdaya alam dipulau-pulau kecil. Mekanisme sosial dilakukan dengan pertimbangan-pertimbangan sosial sebagai hasil dari identifikasi potensi sosial dan kelembagaan. Pembangunan berkelanjutan mempunyai arti ekonomis kesetaraan, efisiensi, dan pertumbuhan terus-menerus. Juga mengandung arti sosial seperti pemberdayaan, partisipasi, mobilitas sosial, kohesi sosial, identitas kultural serta sasaran integritas ekologis dan keanekaragaman hayati. Bertujuan meningkatkan kesejahteraan masyarakat untuk memenuhi hidup saat ini dan yang akan datang. Pemanfaatan sumberdaya pulau-pulau kecil harus dicapai melalui pemberdayaan masyarakat (*community-based management*). Artinya, memberi perhatian utama pada masyarakat yang mendiami pulau-pulau kecil tersebut, sebab mereka merupakan bagian dari sistem yang ada. Konsep perikanan tradisional (*tradisional fisheries*) seperti “Sasi” di Maluku, dan “Eha” di Talaud, dan beberapa tempat lain dengan budayanya masing-masing, terbukti mampu melakukan *self control* terhadap pemanfaatan pulau-pulau kecil. Penggunaan teknologi yang sesuai, tingkat kolektifitas yang tinggi antara anggota komunitas kawasan pulau-pulau kecil, dan adanya *traditional knowledge* yang mencerminkan upaya ketahanan sumberdaya alam dalam jangka panjang menjadi variable yang penting dalam paradigma ini (Zhang, 2015). Dengan demikian, pemanfaatan pulau-pulau kecil yang berkelanjutan bukan semata-mata ditujukan untuk kepentingan kelestarian sumberdaya alam yang ada (*as resources*) atau keuntungan ekonomi semata (*as rents*) tetapi lebih dari itu, yaitu untuk keberlanjutan kebutuhan

masyarakat yang mendiami kawasan tersebut, yang ditunjang oleh keberlanjutan kelembagaan (*institutional sustainability*). Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia dalam rangka pencapaian visi dan misi Departemen Kelautan dan Perikanan telah menetapkan strategi pemberdayaan pulau-pulau kecil, yaitu: meningkatkan potensi sosial ekonomi masyarakat, dengan menitik beratkan pada model-model pengelolaan, meningkatkan pengelolaan sumberdaya dan rehabilitasi ekosistem melalui pengembangan kebijakan, peningkatan kapasitas sumberdaya manusia dan lembaga, peningkatan sistem informasi dan data, serta penggunaan model, pilot proyek, dan kegiatan lapangan. Tujuannya adalah meningkatkan pengelolaan sumberdaya alam pulau-pulau kecil dengan melibatkan peran serta masyarakat dan memperbaiki ekosistem atau kualitas lingkungan hidup. Lebih jauh lagi Sahin dan Mohamed (2014), menyatakan bahwa kebijakan menyangkut pulau-pulau kecil pada dasarnya haruslah berbasiskan kondisi dan karakteristik bio-geofisik serta sosial ekonomi masyarakatnya, mengingat peran dan fungsi kawasan tersebut sangat penting baik bagi kehidupan ekosistem sekitar maupun bagi kehidupan ekosistem daratan (*mainland*). Maksudnya agar sumberdaya tersebut dapat dimanfaatkan secara terus menerus. Salah satu cara yang diterapkan adalah menetapkan Daerah Perlindungan laut (DPL), dengan maksud: perlindungan sumberdaya perikanan, pelestarian genetik dan plasma nutfah serta mencegah rusaknya bentang alam.

2.6.3 Dampak regulatif UU 23 tahun 2014

Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah memiliki dampak regulatif terkait kewenangan pengelolaan mangrove di Indonesia. Beberapa dampak regulatif yang terkait dengan pengelolaan mangrove dalam UU tersebut adalah sebagai berikut:

- **Pembagian Kewenangan:** UU No. 23 Tahun 2014 memberikan pembagian kewenangan antara pemerintah pusat dan pemerintah daerah dalam pengelolaan mangrove. Pemerintah pusat memiliki kewenangan terkait penetapan kebijakan nasional, standarisasi teknis, pengawasan, dan evaluasi terhadap pengelolaan mangrove. Sementara itu, pemerintah daerah memiliki kewenangan untuk melaksanakan pengelolaan mangrove di wilayahnya dengan mempertimbangkan kebijakan nasional.
- **Kewenangan Daerah dalam Pengelolaan Mangrove:** UU tersebut memberikan wewenang kepada pemerintah daerah untuk mengelola mangrove di wilayahnya sesuai dengan prinsip otonomi daerah. Pemerintah daerah memiliki tanggung jawab untuk melaksanakan perlindungan, pemeliharaan, dan pengembangan mangrove serta penyusunan rencana tata ruang wilayah yang memperhatikan keberlanjutan mangrove.
- **Partisipasi Masyarakat:** UU No. 23 Tahun 2014 mendorong partisipasi masyarakat dalam pengelolaan mangrove. Pemerintah daerah diharapkan melibatkan masyarakat lokal, termasuk masyarakat adat, dalam proses pengambilan keputusan dan pelaksanaan pengelolaan mangrove. Hal ini bertujuan untuk menjaga kearifan lokal dalam pengelolaan dan pelestarian

mangrove serta memperkuat peran masyarakat dalam menjaga keberlanjutan ekosistem tersebut.

- Penegakan Hukum dan Sanksi: UU tersebut juga memberikan ketentuan mengenai penegakan hukum dan sanksi terkait pelanggaran dalam pengelolaan mangrove. Pelanggaran terhadap ketentuan pengelolaan mangrove yang ditetapkan dalam UU dapat dikenai sanksi administratif dan pidana sesuai dengan hukum yang berlaku.

Dampak regulatif UU No. 23 Tahun 2014 ini bertujuan untuk mengatur kewenangan dan tanggung jawab dalam pengelolaan mangrove, mendorong partisipasi masyarakat, dan melindungi serta melestarikan ekosistem mangrove sebagai bagian penting dari keanekaragaman hayati dan pesisir yang berkelanjutan.

2.7 Kerentanan Pulau-Pulau Kecil

Selain punya potensi yang besar, pulau-pulau kecil juga mengandung potensi mudah rusak baik secara ekologi, ekonomi maupun sosial. Berbagai potensi kerusakan yang dianggap berbahaya adalah resiko-resiko secara *anthropogenic* dan secara alamiah (Viegas et al., 2013). Resiko-resiko adalah suatu kejadian dan proses-proses bahwa dapat dengan kurang baik mempengaruhi integritas biologi atau kesehatan dari ekosistem-ekosistem. Itu diharapkan bahwa karena pulau-pulau bersifat kecil, manusia dan lingkungan alami sudah membatasi kapasitas untuk menyerap goncangan-goncangan yang kapasitasnya kecil. Semakin besar tingkat kerentanan pada pulau-pulau kecil, pada gilirannya akan merupakan penghalang yang lebih besar kepada pembangunan berkelanjutan. Permasalahan yang mendasar pada negara yang memiliki pulau-pulau kecil adalah karakteristik pulau kecil

terutama *smallness* dari pulau kecil tersebut, walaupun kenyataannya *smallness* bukan satu-satunya masalah pulau kecil, pembangunan dan kegiatan *antropogenik* yang tidak lestari juga membuat pulau kecil ini menjadi rentan (Van et al., 2014).

Berdasarkan uraian-uraian tersebut, kebutuhan akan strategi khusus untuk mencapai pembangunan berkelanjutan di dalam pulau-pulau kecil menjadi pertimbangan yang sangat penting. Mengenai ketahanan, perlu adanya satu konsep yang penting yakni konsep resiliensi. Menurut Shapcott et al (2011), ada dua definisi-definisi yang agak berbeda menyangkut resiliensi. Definisi yang pertama mengacu pada beberapa sistem dekat keseimbangan stabil, dan yang kedua, yang dipromosikan oleh Emmanuel dan Kruger (2012), yang menggambarkan sebagian gangguan dapat diserap sebelum sistem itu berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lainnya. Menggunakan konsep yang kedua dari resiliensi, kita dapat memusatkan perhatian pada tingkat gangguan atau guncangan-guncangan eksternal seperti indeks kerentanan. Beberapa alasan yang dikemukakan oleh Chiocci et al (2008) mengapa pulau kecil rentan antara lain adalah:

1. Ukurannya kecil yang berdampak pada keterbatasan pada sumberdaya daratan.
2. Insularitas dan remoteness yang berdampak pada biaya transportasi dan waktu tempuh yg lama dari daratan utama.
3. Ketersingkupan terhadap gangguan atau bencana yang besar
4. Kemampuan mitigasi terhadap bencana yang terbatas
5. Sumberdaya manusia yang rendah, dan pertumbuhan penduduk yang tinggi
6. Ketergantungan pada biaya eksternal dan pasar internal yang terbatas.

2.7.1 Konsep Kerentanan

Menurut Rick (2011) kerentanan digambarkan sebagai atribut yang potensial dari suatu sistem untuk dirusakkan oleh dampak-dampak yang bersifat *exogenous*. Tingkat guncangan diperkirakan berasal dari eksternal dengan menggunakan variabel-variabel ekologi dan ekonomi dalam menyusun indeks kerentanan pulau-pulau kecil. Tujuan dari suatu indeks kerentanan adalah untuk menaksir tingkat gangguan atau guncangan-guncangan eksternal pada suatu sistem. Selain itu Ranjan (2019) mendefinisikan kerentanan adalah tingkat dimana manusia dan sistem alam akan mengalami kerugian karena gangguan dan tekanan dari luar. Salah satu contoh rentannya pulau kecil akibat dari tekanan dari luar adalah perubahan iklim global yang mempengaruhi kenaikan muka air laut. Karakteristik dari kerentanan pulau-pulau kecil dapat dibagi dalam tiga bagian, yaitu:

1. Kerentanan dapat dicirikan oleh ketersingkapan suatu sistem terhadap bencana alam dan bagaimana bencana tersebut mempengaruhi kehidupan manusia dan infrastruktur yang ada di wilayah tersebut.
2. Dalam kaitannya dengan manusia, kerentanan bukan hanya dilihat sebagai hubungan fisik semata, dalam hal ini kerentanan ditentukan oleh ketidakwajaran dari distribusi dari efek negatif dan resiko diantara kelompok masyarakat yang ada pada suatu wilayah.
3. Berdasarkan pandangan antara kejadian/peristiwa secara fisik dan fenomena sosial yang menyebabkan ketersingkapan terhadap resiko dan keterbatasan kapasitas masyarakat dalam merespon bencana alam yang akan muncul.

Menurut Giri et al (2011) pulau-pulau kecil memiliki tingkat kerentanan lingkungan yang sangat tinggi. Hal ini didasari alasan bahwa : (1) keterbatasan asimilasi dan daya dukung yang berdampak pada permasalahan pengolahan limbah, persediaan air dan yang menyangkut ukuran Pulau-Pulau Kecil ; (2) memiliki luasan perairan yang lebih besar dibandingkan daratan, membuat pulau-pulau kecil mudah terkena abrasi; (3) ekosistem yang rapuh, karena daya tahan yang rendah terhadap pengaruh luar dan dalam; (4) mudah terkena dampak dari bencana alam; (5) sangat rentan terhadap kenaikan muka air laut; (6) Perkembangan ekonomi dan produksi perikanan tidak sebanding dengan perkembangan jumlah penduduk dan tingkat pendidikan. Kajian terhadap kerentanan pulau-pulau kecil meliputi kerentanan lingkungan, kerentanan sosial, dan kerentanan ekonomi. Masing-masing kerentanan ini berbeda satu sama lain. Hal ini disebabkan oleh: (1) lingkungan termasuk didalamnya sistem yang kompleks dengan perbedaan di setiap level kelompok spesies dan karakteristik habitat; (2) berbeda dengan indikator umum untuk manusia (sosial) yang dapat digunakan dengan secara luas dengan menggunakan asumsi bahwa kebutuhan dan ambang batas untuk resiko pada umumnya sama, sedangkan indikator untuk lingkungan dibatasi oleh kondisi geografi; (3) indikator ekonomi dapat diekspresikan dalam unit uang yang dapat digunakan secara luas diseluruh dunia dengan menggunakan pembandingan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kerentanan pulau-pulau kecil dapat dibagi dalam tiga faktor, yaitu: faktor global, faktor regional dan faktor lokal. Proses global adalah perubahan iklim yang berdampak terhadap kenaikan muka laut dapat mengancam keberadaan pulau-pulau kecil. Proses regional adalah pengaruh pencemaran yang berasal dari kota-kota yang berkembang pesat yang letaknya

tidak jauh dari pulau-pulau kecil (Thompson, 2018). Proses lokal adalah kerusakan lingkungan dan sumberdaya yang terjadi di pulau-pulau kecil sebagai dampak dari pertumbuhan penduduk. Selain itu, kerentanan pulau-pulau kecil juga dapat disebabkan karena karakteristik pulau-pulau kecil itu sendiri, seperti sifat insularitas pulau dan sifat *remoteness* pulau. Kerentanan lingkungan pulau-pulau kecil juga disebabkan oleh keterbukaan pulau terhadap alam, degradasi lingkungan yang dialami pulau-pulau kecil, dan kemampuan resiliensi pulau-pulau kecil. Hamzah dan Hampton (2013) menggambarkan kerentanan sebagai sebuah fungsi *overlay* dari ketersingkapkan (*exposure*), sensitivitas (*sensivity*), dan kapasitas atau kemampuan adaptif (*adaptive capacity*).

Ketersingkapkan merupakan salah satu elemen pembangunan kerentanan. Ketersingkapkan merupakan sebuah atribut dari hubungan antara sistem dan gangguan (*system and perturbation*). Keterkaitan antara kerentanan dengan ketersingkapkan juga dikemukakan oleh Chui dan Terry (2013), dimana kerentanan merupakan salah satu konsep dari kerentanan, yang memiliki pengertian umum dalam hal tingkatan dan jangka waktu dari suatu sistem berinteraksi dengan gangguan. Ketersingkapkan digambarkan kondisi iklim yang berlawanan dengan operasional dari sistem dan perubahan dari kondisi tersebut. Suatu masyarakat dan sistem alam yang berbeda juga akan mengalami ketersingkapkan yang berbeda dalam hal besaran (*magnitude*) dan frekwensi dari suatu gangguan. Smale et al (2011) berpendapat bahwa sensitivitas merefleksikan respon dari suatu sistem terhadap pengaruh iklim (kenaikan muka laut) dan tingkat perubahan yang diakibatkan oleh perubahan tersebut. Sistem dikatakan sensitif apabila respon dari suatu sistem terhadap perubahan iklim tinggi, yang secara signifikan dipengaruhi

oleh perubahan iklim skala kecil. Pemahaman sensitivitas dari suatu sistem juga memerlukan pemahaman terhadap ambang batas dimana perubahan itu direspon oleh pengaruh iklim termasuk kenaikan muka laut. Dalam pendefinisian kerentanan dari suatu sistem, hal yang pertama diperlukan adalah pemahaman terhadap sensitivitas dari sistem terhadap tekanan yang berbeda dan mengidentifikasi ambang batas dari sistem manusia yang akan terkena dampak (Chui dan Terry., 2013). Sementara itu menurut Friess (2014) sensitivitas adalah tingkatan dari suatu sistem yang dipengaruhi atau berhubungan dengan stimulus karena perubahan iklim. Kapasitas adaptif adalah kemampuan dari sistem untuk menyesuaikan terhadap perubahan iklim (termasuk iklim yang berubah-ubah dan ekstrim) yang membuat potensi dampak lebih moderat, mengambil manfaat atau untuk mengatasi konsekuensi dari perubahan tersebut (Fussel & Klien 2006). Kapasitas adaptif merupakan sifat yang sudah melekat dari suatu sistem yang didefinisikan sebagai kapasitasnya untuk beradaptasi terhadap ketersingkapan. Dalam hal ini, kapasitas adaptif direfleksikan dari resiliensi, misalnya sebuah sistem yang resilien memiliki kapasitas untuk mempersiapkan, menghindari, mentolerir dan memulihkan diri dari resiko atau dampak.

2.7.2 Indeks Kerentanan

Indeks umumnya melibatkan sejumlah indikator untuk menghasilkan sebuah indeks tunggal. Untuk menghasilkan sebuah indeks tunggal, keragaman data dan indikator perlu distandarisasi dalam suatu unit yang sama. Indeks adalah tanda (signal) yang mengukur, menyederhanakan, dan mengkomunikasikan realita yang kompleks dari suatu kondisi. Indeks ini sangat berguna karena dapat membantu dalam menentukan target dan standar untuk memantau perubahan dan

membandingkan entitas yang berbeda dalam hal tempat dan waktu. Schroter *et al.*, (2005) menyajikan 8 tahapan dalam melakukan kajian kerentanan, termasuk dalam menyusun indeks kerentanan pulau-pulau kecil, yaitu (1) mendefinisikan wilayah studi, baik secara spasial maupun temporal (2) mencari dan mengumpulkan informasi terkait dengan wilayah studi, melalui kajian literatur dan diskusi dengan peneliti sebelumnya; (3) mengembangkan hipotesis siapa/apa yang mengalami kerentanan; (4) mengembangkan model kerentanan dengan menguraikan ketersingkapan, sensitivitas, dan kapasitas adaptif, mengidentifikasi faktor pendorong; (5) menentukan indikator untuk elemen kerentanan, seperti indikator ketersingkapan, indikator sensitivitas, dan indikator kapasitas adaptif; (6) mengoperasikan model kerentanan, melalui pembobotan dan penggabungan indikator, validasi hasil; (7) pengembangan lebih lanjut dengan memilih skenario dan aplikasi model; dan (8) mengkomunikasikan hasil kajian kerentanan kepada *stakeholders*.

2.8 Pengertian Mitigasi

Indonesia sebagai negara kepulauan merupakan negara yang sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim. Untuk itu pemerintah dan seluruh penduduk Indonesia harus segera mewaspadaikan hal ini dan menentukan langkah-langkah strategis untuk mitigasi. Secara umum dapat dibedakan 4 (empat) macam kemungkinan dampak kenaikan permukaan air laut (Calado *et al.*, 2010):

1. Dampak fisik: peningkatan kerusakan karena banjir dan gelombang pasang, abrasi pantai dan peningkatan sedimentasi, perubahan kecepatan aliran sungai, meningkatnya gelombang laut, dan meningkatnya keamblesan (*subsidence*) tanah.
2. Dampak ekologis: hilang/mengurangnya wilayah genangan (*wetland*) di wilayah pesisir, intrusi air laut, evaporasi kolam garam, hilang/mengurangnya tanaman pesisir, hilangnya habitat pesisir, berkurangnya lahan yang dapat ditanami, dan hilangnya biomassa non-perdagangan.
3. Dampak sosio-ekonomi: terpengaruhnya lingkungan permukiman, kerusakan/hilangnya sarana dan prasarana, kerusakan masyarakat/desa pantai, korban manusia dan harta benda bila terjadi gelombang pasang, perubahan kegiatan ekonomi di wilayah pesisir, peningkatan biaya asuransi banjir, hilang/berkurangnya daerah rekreasi pesisir, meningkatnya biaya penanggulangan banjir.
4. Dampak kelembagaan/hukum: perubahan batas maritim, penyesuaian peraturan perundangan, perubahan praktek pengelolaan wilayah pesisir, perlu dibentuknya lembaga baru untuk menangani kenaikan paras laut, dan peningkatan pajak.

Melihat akan dampak yang ditimbulkan oleh perubahan iklim ini maka mitigasi dapat diartikan sebagai semua tindakan untuk mengurangi dampak dari satu bencana yang dapat dilakukan sebelum bencana itu terjadi, termasuk kesiapan dan tindakan-tindakan pengurangan resiko jangka panjang. Adaptasi adalah suatu proses yang menentukan bagaimana suatu strategi menekan, menyesuaikan, dan mampu mengambil manfaat dari dampak suatu kejadian iklim diperluas,

dikembangkan, dan diterapkan. Kedua istilah ini menjadi penting karena menyangkut strategi pengelolaan ekosistem mangrove menghadapi perubahan alam. Kementerian Kelautan dan Perikanan telah melakukan program-program dalam menunjang tujuan pengelolaan Pulau-pulau Kecil (PPK) seperti (a) Pembangunan Sentra Kelautan dan Perikanan di PPK dan Perbatasan dengan tujuan membangun dan mengintegrasikan proses bisnis kelautan dan perikanan berbasis masyarakat melalui optimalisasi pemanfaatan sumberdaya kelautan dan perikanan, (b) Pensertipikatan Hak Atas Tanah di PPK/Terluar dengan tujuan menjaga kedaulatan Negara dan pengamanan titik dasar pulau serta mempertahankan budaya masyarakat adat dan lokal di PPKT, (c) Bantuan Sarana Ekonomi Produktif di Pesisir dan PPKT sebagai stimulan untuk menggerakkan perekonomian berbasis kebutuhan masyarakat di Pesisir dan PPKT, (d) Infrastruktur Dermaga Apung di Pulau-Pulau Kecil.

Melalui mitigasi, usaha yang dapat dilakukan adalah mengurangi dampak pemanasan global dari sumbernya. Gunanya agar laju kerusakan itu melambat. Pada saat bersamaan, dapat dilakukan persiapan diri untuk beradaptasi dengan perubahan yang ada. Diharapkan akan ditemukan suatu titik temu yang menjamin kelangsungan hidup manusia.

2.9 Analisis Citra Radiometrik, Atmosferik, Geometrik

Data satelit biasanya mengandung noise dan ketidaksesuaian dengan kenampakan sebenarnya yang disebabkan oleh beberapa hal seperti perbedaan posisi matahari saat akuisisi data, perbedaan geometrik, dan lain lain. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi agar proses analisis memiliki nilai akurasi yang baik.

Terdapat beberapa koreksi yang digunakan untuk memperbaiki gambar citra sebagai berikut:

- Koreksi radiometrik dan atmosferik

Koreksi radiometrik merupakan perbaikan akibat distorsi yang disebabkan oleh posisi matahari. Koreksi ini dilakukan dengan mengubah digital number (DN) menjadi nilai surface reflectance atau yang biasa dikenal dengan Top of Atmospheric (ToA). Konversi nilai DN dilakukan menggunakan persamaan: $L\lambda = ((LMAX-LMIN)/(Qcalmax-Qcalmin)) \times (Qcal-Qcalmin) + LMIN \dots (1)$

Dimana:

$L\lambda$: Nilai radian pada sensor untuk setiap band

$LMAX$: Nilai radian maksimum sensor

$LMIN$: Nilai radian minimum sensor (RADIANCE_MINIMUM_BAND)

$Qcalmax$: Nilai digital maximum (QUANTIZE_CAL_MAX_BAND)

$Qcalmin$: Nilai digital minimum (QUANTIZE_CAL_MIN_BAND)

$Qcal$: Nilai digital number (DN)

Setelah mengkonversi nilai digital number, nilai pixel kemudian dikoreksi berdasarkan posisi matahari untuk menghilangkan perbedaan nilai pantulan yang diakibatkan oleh posisi matahari. Posisi matahari terhadap bumi berubah bergantung pada waktu perekaman dan lokasi objek yang direkam. Persamaan untuk mengkoreksi sudut matahari yaitu: $ToA = (\pi \times L\lambda \times d^2) / (ESUN \times \cos\theta) \dots (2)$ dimana $\theta = (90 - sun\ elevation) \times (\pi / 180)$

Keterangan:

π : 3,14159

$L\lambda$: Nilai radian pada sensor untuk setiap band

d : Jarak bumi-matahari (*earth sun distance*)

ESUN : *Mean Exoatmospheric Solar Irradiances*

θ : Sudut zenith matahari

Tahap akhir koreksi adalah mengubah nilai menjadi surface reflectance menggunakan metode dark pixel correction dengan persamaan: $R_c = R - R_{si} \dots$ (3)

dimana $R_{si} = (Mean\ R_w - (2 \times StDev\ R_w))$

Keterangan:

R_c : Surface reflectance

R : ToA reflectance

R_w : Reflektan tubuh air dalam dan jernih

Mean : Rata-rata

Stdev : Standar deviasi

- Koreksi geometrik

Koreksi geometrik berfungsi untuk mereduksi kesalahan geometrik yang terekam oleh citra agar menghasilkan citra dengan system koordinat dan skala yang seragam serta sesuai dengan koordinat di bumi.

2.10 Pengelolaan Ekosistem Mangrove

Melihat akan fungsi mangrove yang sangat strategis dan makin meluasnya kerusakan yang terjadi maka upaya pelestarian mangrove harus segera dilakukan dengan intensif. Pengelolaan ekosistem mangrove merupakan suatu upaya untuk memelihara, melindungi, dan merehabilitasi agar pemanfaatan terhadap ekosistem ini dapat berkelanjutan. Tujuan pengelolaan ekosistem mangrove menurut Datta et al (2012), adalah mencapai manfaat yang sebesar-besarnya dari hutan secara

serbaguna dan lestari. Pada dasarnya, pengelolaan hutan mangrove merupakan penerapan cara-cara pengurusan dan pengusahaan hutan serta teknik kehutanan ke dalam usaha pemanfaatan sumberdaya alam hutan tersebut. Pengelolaan hutan mangrove harus memperhatikan keterkaitan dengan ekosistem di sekitarnya, sehingga tidak boleh berorientasi sempit karena apabila terjadi kelebihan eksploitasi terhadap sumberdaya mangrove maka hal ini akan mengakibatkan ketidakseimbangan dalam ekosistem tersebut. Pengelolaan ekosistem mangrove yang berkelanjutan diharapkan dapat mempertahankan produktivitas ekosistem mangrove dan kawasan sekitarnya, agar kelestarian ekosistem mangrove dapat diperoleh.

Kebijakan pengelolaan ekosistem wilayah pesisir pada masa lalu lebih berorientasikan pada peningkatan eksploitasi sumberdaya yang mengakibatkan tekanan terhadap hutan mangrove melebihi daya dukungnya. Kebijakan tersebut pada masa sekarang telah dirasakan dampaknya dengan timbulnya akumulasi permasalahan ekonomi dan ekologi yang umumnya dapat terlihat dengan adanya penurunan kualitas ekosistem pesisir. Di lain pihak, upaya rehabilitasi dan konservasi ekosistem mangrove tidak mampu mengimbangi laju degradasinya. Kondisi ini diperburuk dengan adanya persepsi masyarakat bahwa kepemilikan sumberdaya hutan mangrove seharusnya merupakan milik bersama (*common property*) seolah-olah menjadi bukan milik siapapun (*nobody property*). Hal ini terjadi karena masyarakat, terutama mereka yang tinggal di sekitar wilayah pesisir yang diharapkan secara langsung dapat berperan dalam pengelolaan hutan merasa terpinggirkan.

Pengelolaan dan pengembangan ekosistem mangrove untuk daerah pesisir dapat dijumpai pada hampir seluruh kawasan pantai yang memiliki ekosistem mangrove. Pada dasarnya terdapat tiga pilihan untuk pengelolaan dan pengembangan mangrove: (1) Perlindungan ekosistem dalam bentuk aslinya; (2) Pemanfaatan ekosistem untuk menghasilkan berbagai produk dan jasa yang didasarkan pada prinsip kelestarian; (3) Pengubahan ekosistem alami untuk suatu pemanfaatan tertentu. Perlindungan terhadap hutan mangrove merupakan salah satu upaya pengelolaan berkelanjutan terhadap ekosistem ini. Wujud nyata perlindungan dimaksud dapat dilakukan melalui penetapan suatu kawasan konservasi sebagai suatu bentuk sabuk hijau di sepanjang pantai dan tepi sungai. Bentuk perlindungan seperti ini cukup efektif dilakukan dan membawa hasil yang baik. Berkaitan dengan perlindungan ekosistem mangrove dengan penentuan kawasan konservasi seperti diuraikan diatas, perlu dilakukan suatu zonasi terhadap ekosistem mangrove dengan tujuan pengaturan berbagai bentuk kepentingan terhadap ekosistem ini. Menurut Bosire (2008), zonasi mangrove merupakan salah satu langkah pertama untuk pengawasan dan pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan. Menurut persetujuan internasional terhadap zonasi mangrove terdapat tiga zona utama yaitu: zona pemeliharaan, zona perlindungan, dan zona pengembangan. Rehabilitasi merupakan kegiatan/upaya, termasuk didalamnya pemulihan dan penciptaan habitat dengan mengubah sistem yang rusak menjadi yang lebih stabil. Pemulihan merupakan suatu kegiatan untuk menciptakan suatu ekosistem atau memperbaharunya untuk kembali pada fungsi alamiahnya. Pelestarian hutan mangrove merupakan usaha yang sangat kompleks untuk dilaksanakan, karena kegiatan tersebut sangat membutuhkan sifat akomodatif dari

segenap pihak yang berada di sekitar kawasan. Namun demikian, sifat akomodatif ini akan lebih dirasakan manfaatnya bilamana keberpihakan kepada masyarakat yang sangat rentan terhadap sumberdaya mangrove diberikan porsi yang lebih besar.

Upaya penghutanan kembali daerah tepi sungai dan pantai telah dilakukan oleh masyarakat Tongke-Tongke Sulawesi Selatan dengan melibatkan masyarakat secara langsung (Hidayatullah et al., 2014), selain itu juga pengelolaan mangrove dilakukan dengan cara mengembangkan daerah wisata seperti yang telah dilakukan pada daerah Cilacap (Ratini et al., 2016). Keterlibatan masyarakat ini memberikan hasil yang positif terhadap kelestarian ekosistem mangrove dan peningkatan pendapatan masyarakat yang berada di sekitar ekosistem mangrove yang dikelola. Dalam kenyataannya, pertimbangan ekonomi dan ekologis tidak dapat dipisahkan dalam mengevaluasi berbagai alternatif pengelolaan mangrove. Pernyataan ini mencerminkan tumbuhnya apresiasi makna ekonomi ekosistem mangrove. Karena itu konservasi dan pemanfaatan mangrove tergantung sepenuhnya pada perencanaan yang terintegrasi dengan mempertimbangkan ekosistem mangrove yang ada. Usulan pengembangan dan kegiatan insidental yang memengaruhi ekosistem mangrove hendaknya mencerminkan perencanaan dan pengelolaan (Sutaryo *et al.*, 2013).

2.12 Partisipasi Masyarakat Dalam Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir Berbasis Masyarakat

Partisipasi masyarakat dalam mengelola sumberdaya wilayah pesisir yang berbasis masyarakat adalah program pengelolaan yang dirasakan mampu memotivasi masyarakat untuk turut melestarikan dan melindungi ekosistem mangrove. Partisipasi masyarakat dapat dibagi dalam tiga kelompok, yaitu kelompok partisipasi sukarela (*voluntary participation*), partisipasi dengan dorongan (*induced participation*), dan partisipasi dengan tekanan (*forced participation*). Strategi pelibatan masyarakat dalam pelestarian hutan mangrove adalah dengan menerapkan sistem insentif yang diharapkan dapat merangsang dan memacu usaha-usaha kegiatan pengelolaan ekosistem mangrove. Sistem insentif tersebut diantaranya dilakukan melalui peningkatan kualitas sumberdaya manusia dan peningkatan peranserta masyarakat (Sutaryo *et al.*, 2013). Pengelolaan sumberdaya wilayah pesisir berbasis masyarakat (PSWP-BM) bertujuan untuk melibatkan partisipasi masyarakat secara lebih aktif dalam perencanaan dan pelaksanaan pengelolaan sumberdaya. PSWP-BM dimulai dari suatu pemahaman bahwa masyarakat memiliki kapasitas dalam memperbaiki kualitas hidup mereka sendiri dan mampu mengelola sumberdaya mereka dengan baik. Yang dibutuhkan tinggal dukungan untuk mengatur dan mendidik masyarakat dalam memanfaatkan sumberdaya yang tersedia secara berkelanjutan bagi tercapainya kebutuhan-kebutuhan mereka. Keuntungan utama dari PSWP-BM adalah keadilan dan efektivitas kesinambungannya (*sustainability*).