

EKOLOGI, MANFAAT & REHABILITASI HUTAN PANTAI INDONESIA



**FAISAL DANU TUHETERU
MAHFUDZ**



Balai Penelitian Kehutanan Manado

**EKOLOGI, MANFAAT & REHABILITASI
HUTAN PANTAI INDONESIA**

Faisal Danu Tuheteru
Mahfudz



BALAI PENELITIAN KEHUTANAN MANADO
Manado, 2012

Pengarah:
Dr. Ir. Bambang Trihartono, M.F.
(Kepala Pusat Penelitian dan pengembangan Produktivitas Hutan)
Dr. Ir. Mahfudz, M.P.
(Kepala Balai penelitian Kehutanan Manado)

Penyunting:
Dr. Ir. Martina A. Langi, M.Sc

Tuheteru, FD dan Mahfudz. 2012. Ekologi, Manfaat & Rehabilitasi,
Hutan Pantai Indonesia. Balai Penelitian Kehutanan Manado. Manado,
Indonesia. 178 hal.

ISBN 978-602-96800-2-7

Diterbitkan oleh:
Balai Penelitian Kehutanan Manado
Jl. Raya Adipura, Kel. Kima Atas Kec. Mapanget
Manado, Indonesia
Telp: 0431 3666683
Email: bpk_mdo@yahoo.com
Web: www.bpk-manado.litbang.dephut.go.id

Cetakan Pertama, 2012

Foto Sampul:
M. Farid Fahmi
Eva Betty Sinaga

Tata letak dan desain sampul:
Lulus Turbianti

KATA PENGANTAR

Indonesia telah dikarunia 15 formasi hutan alam yang terbentang dari ujung barat di Sabang sampai ujung timur di Merauke yang merupakan habitat utama berbagai jenis flora dan fauna. Salah satu dari 15 formasi hutan tersebut adalah hutan pantai. Hutan pantai merupakan bagian dari ekosistem pesisir dan laut yang menyediakan sumberdaya alam yang produktif baik sebagai sumber pangan, penghasil obat-obatan yang bernilai ekonomi tinggi, tambang mineral dan energi, maupun kawasan rekreasi atau pariwisata pantai serta penemuan produk *biochemical*. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kebutuhan ekonomi masyarakat yang tinggi maka desakan terhadap hutan pantai sangat mengkhawatirkan. Data menunjukkan bahwa luas vegetasi pantai dari tahun ke tahun cenderung menurun, jika pada tahun 1996 luas vegetasi pantai mencapai 180.000 ha sampai tahun 2004 hanya tersisa 78.000 ha

Mengingat begitu besar desakan terhadap hutan pantai dan kurangnya literatur yang berhubungan dengan hutan pantai di Indonesia maka penulis berkeinginan untuk menulis buku " Ekologi, Manfaat dan Rehabilitasi Hutan Pantai Indonesia" . Kehadiran buku ini diharapkan dapat menjadi salah satu media atau sarana yang dapat memperkaya khazanah ilmu pengetahuan serta menambah koleksi materi pendidikan konservasi di Indonesia. Isi buku diawali dengan informasi hutan Indonesia dan segala permasalahannya kemudian dilanjutkan dengan materi ekologi hutan pantai, fungsi dan manfaat hutan pantai, bentuk-bentuk kerusakan dan dampak yang ditimbulkan serta rehabilitasi dan konservasi hutan pantai. Buku ini dapat dijadikan pegangan bagi mahasiswa program sarjana dan pascasarjana yang mendalami bidang ekologi hutan, dendrologi, silvikultur, mikrobiologi kehutanan serta konservasi sumberdaya alam hayati dan hutan.

Atas terselainya buku ini, kami sampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Cecep Kusmana, MS [Staf Pengajar Fakultas Kehutanan IPB], Prof. Dr. Andi Bahrin, M.Agric.Sc [Staf Pengajar Fakultas Pertanian Unhalu], Ir. Hj. Husna Faad, MP [Staf Pengajar Jurusan Kehutanan Unhalu], Ir. Rr. Anna S Kartika, MM [staf Pusat Informasi Konservasi Alam], Ir. Iwan Tri Cahyo Wibisono [Wetlands Indonesia Programe] serta Eva Prihatiningtyas, S. Hut., M.Si (Dosen Fak.

Kehutanan Univ. Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan) atas segala masukan yang sangat berarti dan berharga dalam persiapan awal publikasi, serta kepada semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

Manado, Mei 2012

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
1. PENDAHULUAN.....	1
2. HUTAN DAN PERMASALAHANNYA	5
2.1. Pengertian Hutan	5
2.2. Formasi Hutan Indonesia	6
2.3. Fungsi dan Manfaat Hutan	13
2.4. Kerusakan Hutan.....	20
3. EKOLOGI HUTAN PANTAI	23
3.1. Jenis Pantai di Indonesia.....	23
3.2. Ekologi Hutan pantai Indonesia	28
3.3. Faktor Habitat Hutan Pantai	51
4. FUNGSI DAN MANFAAT HUTAN PANTAI.....	61
4.1. Fungsi Fisik Hutan pantai	61
4.2. Fungsi Ekologi Hutan Pantai	72
4.3. Fungsi Sosial dan Ekonomi Hutan Pantai	77
5. KERUSAKAN HUTAN PANTAI DAN DAMPAKNYA.....	85
5.1. Faktor Penyebab Kerusakan Hutan Pantai.....	85
5.2. Dampak Kerusakan.....	89
6. REHABILITASI DAN KONSERVASI HUTAN PANTAI.....	93
6.1. Rehabilitasi Hutan Pantai.....	93
6.2. Budidaya Jenis Tumbuhan Hutan Pantai	96
6.3. Kepentingan Konservasi	112
7. HUBUNGAN CEMARA LAUT DENGAN FRANKIA	123
7.1. Cemara Laut	123
7.2. Frankia	127
7.3. Hubungan Frankia dan C. Equisetifolia Miq	136
7.4. Hubungan Fungi mikoriza dan C. Equisetifolia Miq.....	139

8.	BUDIDAYA PERTANIAN DI LAHAN PASIR	147
8.1.	Pendahuluan	147
8.2.	Budidaya Jenis Tanaman Semusim.....	148
8.3.	Analisa Usaha Budidaya Tanaman Semusim.....	151
9.	PENUTUP	155
10.	DAFTAR PUSTAKA.....	157
11.	GLOSARIUM	167

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Jenis dan golongan HHBK.....	16
Tabel 2.	Dampak bentuk kerusakan terhadap fungsi hutan	21
Tabel 3.	Perbedaan pantai berpasir kasar dan halus	25
Tabel 4.	Jenis burung yang mengunjungi tanaman <i>Erythrina orientalis</i> saat berbunga	30
Tabel 5.	Jenis Tumbuhan berkayu yang umumnya ditemukan di hutan pantai Asia Tenggara	40
Tabel 6.	Bentuk toleransi tanaman terhadap salinitas	52
Tabel 7.	Rata-rata nilai salinitas tanah di hutan pantai cagar alam Leuweung Sancang, Jawa Barat.....	54
Tabel 8.	Adaptasi tanaman di gumuk pasir pantai terhadap tekanan faktor lingkungan	55
Tabel 9.	Analisis sifat kimia tanah di hutan pantai cagar alam Leuweung Sancang, Jawa Barat.....	57
Tabel 10.	Jenis-jenis burung pantai di Indonesia.....	73
Tabel 11.	Jumlah jejak dan sarang 4 (empat) jenis penyu di pantai Jamursba Medi, Papua.....	76
Tabel 12.	Sebaran pantai di Indonesia sebagai kawasan pariwisata	78
Tabel 13.	Manfaat vegetasi hutan tanaman untuk obat-obatan	82
Tabel 14.	Potensi dan penyebaran sumber daya mineral di laut Indonesia.....	84
Tabel 15.	Kejadian abrasi pantai di beberapa daerah di Indonesia	90
Tabel 16.	Kriteria persemaian untuk budidaya tanaman pantai.....	98
Tabel 17.	Kriteria lokasi penanaman yang sesuai untuk tanaman pantai.....	99
Tabel 18.	Taman Nasinal di Indonesia yang memiliki ekosistem hutan pantai	114
Tabel 19.	Kawasan Pelestarian alan dan Kawasan suaka Alam berupa dataran yang memiliki perairan laut	

(kawasan konservasi pesisir dan laut)	116
Tabel 20. Penggunaan pohon Casuarina untuk berbagai tujuan.....	126
Tabel 21. Karakteristik sumber inokulum frankia	135
Tabel 22. Pengaruh inokulasi frankia ORS 021001 pada <i>C. Equisetifolia</i> umur 11 bulan	136
Tabel 23. Perbandingan performa 2 klon <i>C. Equisetifolia</i> yang diinokulasi dan tidak diinokulasi frankia	137
Tabel 24. Pengaruh inokulasi frankia strain ORS 021001 terhadap biomassa dan serapan N <i>C. Equisetifolia</i> umur 1, 2 dan 3 tahun penanaman	137
Tabel 25. Daftar jenis FMA dan EcM yang berasosiasi dengan <i>C. Equisetifolia</i>	141
Tabel 26. Pertumbuhan dan biomassa tanaman <i>C. Equisetifolia</i> yang diinokulasi dengan FMA dan frankia	144
Tabel 27. Serapan hara tanaman <i>C. Equisetifolia</i> yang diinokulasi dengan FMA dan frankia	145
Tabel 28. Analisa pendapatan usaha tani lahan pantai berpasir	151
Tabel 29. Analisa finansial usaha tani lahan pantai berpasir	152

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Pantai, mangrove dan terumbu karang di Asia Tenggara	2
Gambar 2.	Pembukaan Konferensi dan Pameran Nasional Penyelamatan Hutan pantai dan Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Pesisir oleh Presiden RI, Bapak Dr. Susilo Bambang Yudhoyono (detik.com).....	4
Gambar 3.	Contoh zonasi pada hutan mangrove di Segara Anakan, Cilacap Jawa Tengah (Noor <i>et al.</i> 2006)	7
Gambar 4.	Hutan pantai di TWA Pulau Pombo, Maluku Tengah	8
Gambar 5.	Penampang melintang keberadaan fauna pada gumuk pasir di wilayah tropik.....	26
Gambar 6.	Jenis <i>Myrmecodia</i> sp. (Rubiaceae) yang berasosiasi dengan vegetasi pantai.....	29
Gambar 7.	Buah dan biji dari beberapa jenis pohon hutan pantai yang penyebarannya di bantu arus air laut	31
Gambar 8.	Kecenderungan umum tanaman di gumuk pasir pantai berdasarkan latitude.....	32
Gambar 9.	Profil tumbuhan hutan pioneer <i>Casuarina equisetifolia</i> - <i>Hibiscus tiliaceus</i> di pantai Minarjerwi, Papua Bagian Selatan.....	34
Gambar 10.	Profil tumbuhan pantai yang didominasi <i>Cocos nucifera</i> - <i>Casuarina equisetifolia</i> - <i>Terminalia catappa</i> - <i>Hibiscus tiliaceus</i> di pasir hitam pantai Minarjerwi, Papua Bagian Selatan	34
Gambar 11.	Kenampakan <i>Ipomea pes-caprae</i> (L.) Sweet.....	35
Gambar 12.	Kenampakan jenis <i>Spinifex littoreus</i> Merrill di gumuk pasir di Kabupaten Kebumen	37
Gambar 13.	Kenampakan pohon <i>Barringtonia asiatica</i>	43

Gambar 14. Kenampakan pohon nyamplung (<i>Callophyllum inophyllum</i>).....	43
Gambar 15. Kenampakan pohon ketapang (<i>Terminalia catappa</i>) seperti pagoda	44
Gambar 16. Kenampakan pandan (<i>Pandanus tectorius</i>)	44
Gambar 17. Daun, bunga dan buah waru (<i>Hibiscus tiliaceus</i>)	45
Gambar 18. Pohon cemara laut (<i>Casuarina equisetifolia</i>)	45
Gambar 19. Kenampakan bunga dan buah bintaro (<i>Cerbera manghas</i> L.).....	46
Gambar 20. Kenampakan daun dan buah binoang laut (<i>Hernandia peltata</i>)	47
Gambar 21. Kenampakan batang berbanir, buah dan biji merbau.....	48
Gambar 22. Kenampakan <i>Pongamia pinnata</i> Merril.....	49
Gambar 23. Kenampakan daun dan bunga <i>Scaevola taccada</i>	55
Gambar 24. Penampang melintang keberadaan tanaman pada gumuk pasir di wilayah tropik.....	53
Gambar 25. Variasi bentuk daun pada beberapa pohon di hutan pantai yang memiliki kutikula dan lapisan lilin yang berperan dalam adaptasi terhadap garam	57
Gambar 26. Penampang melintang faktor abiotik pada gumuk pasir di wilayah tropik.....	59
Gambar 27. Gambar ikonos yang memperlihatkan peran hutan pantai dalam mereduksi tsunami di pangandaran Jawa Barat, tampak sebelum dan sesudah tsunami tahun 2006	65
Gambar 28. Performa tanaman cemara udang sebagai tanggul angin di Pantai Samas, Bantul Yogyakarta, tahun tanam 2004	67
Gambar 29. Turbulensi angin yang dibuat oleh shelterbelt	69
Gambar 30. Reduksi kecepatan angin oleh tanggul (tebal 1 H) dengan tingkat porositas.....	70
Gambar 31. Sketsa sembilan jalur shelterbelt dari tiga jenis	

	dengan tinggi dan kerapatan yang berbeda	71
Gambar 32.	Tiga jenis pigeon yang sudah terancam punah dan hanya ditemukan di hutan pantai	75
Gambar 33.	Penampang Model 1 rehabilitasi pantai.....	95
Gambar 34.	Penampang Model 2 rehabilitasi pantai.....	95
Gambar 35.	Koreksi terhadap strategi penanaman dari depanpantai ke belakang.....	96
Gambar 36.	Performa anakan beberapa jenis vegetasi pantai.....	111
Gambar 37.	Sebaran alami <i>Casuarina</i> sp. di dunia.....	123
Gambar 38.	Casuarina dan pemanfaatannya di China	126
Gambar 39.	Kultur strain frankia yang diisolasi dari <i>C. Cunninghiana</i>	129
Gambar 40.	Alur transfer C dan N dalam bintil akar.....	130
Gambar 41.	Proses terbentuknya bintil akar yang terjadi	132
Gambar 42.	Hubungan frankia dan tanaman inang. Proses infeksi frankia ke dalam akar tanaman dan kemudian terbentuk bintil akar dan bantuan P maka frankia dapat memfiksasi nitrogen bebas. N hasil asimilasi dapat digunakan untuk pertumbuhan dan produksi biomassa.....	138
Gambar 43.	Budidaya tanaman pertanian di Pantai Samas , Bantul Yogyakarta	150

1. PENDAHULUAN

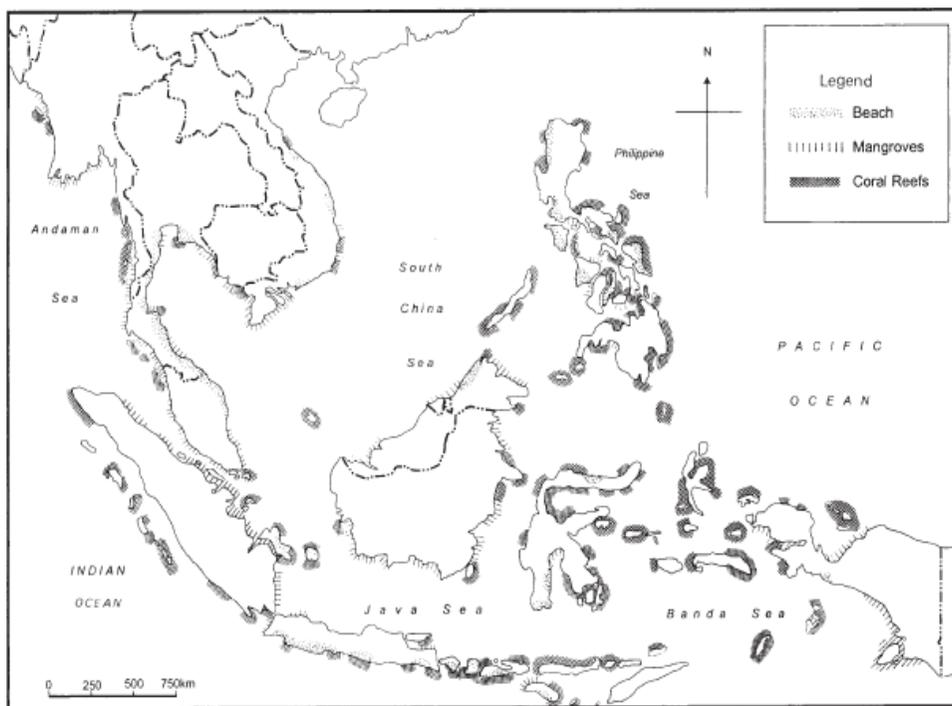
Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan jenis flora dan fauna dengan tipe hutan yang bervariasi di dunia, sehingga Indonesia dikenal sebagai negara "*mega biodiversity*" ketiga setelah Brazil dan Zaire. Keanekaragaman yang tinggi ini didukung oleh wilayah yang luas dengan banyak kepulauan dan berada di daerah tropis yang memiliki pedoagroklimat yang sesuai. Indonesia memiliki sekitar 17.508 pulau dengan panjang pantai sekitar 81.000 km (Gambar 1), masing-masing mempunyai ciri khas tersendiri dan memiliki potensi sumberdaya yang produktif. Diperkirakan Indonesia juga memiliki 90 tipe ekosistem, baik di daratan maupun perairan dan terdapat 15 formasi hutan alam yang tersebar dari ujung barat di Sabang sampai ujung Timur di Merauke yang merupakan habitat utama banyak spesies tumbuhan dan hewan.

Salah satu formasi hutan tersebut adalah hutan pantai. Hutan pantai yang dimaksud disini tidak termasuk hutan mangrove. Di Indonesia, formasi hutan ini mempunyai keunikan tersendiri. Hutan pantai juga merupakan bagian dari ekosistem pesisir dan laut yang menyediakan sumberdaya alam yang produktif baik sebagai sumber pangan, tambang mineral maupun energi, media komunikasi dan edukasi maupun kawasan rekreasi atau pariwisata serta penemuan produk *biochemical*.

Namun, seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan dinamika pembangunan regional yang tidak taat asas kelestarian lingkungan hidup, tipe hutan tersebut akhir-akhir ini mulai mengalami kerusakan yang berarti. Data menunjukkan bahwa luas vegetasi pantai dari tahun ke tahun cenderung menurun, jika pada tahun 1996 luas vegetasi pantai mencapai 180.000 ha sampai tahun 2004 hanya tersisa 78.000 ha.

Rusaknya ekosistem hutan pantai dapat menimbulkan berbagai permasalahan terutama berkaitan dengan abrasi pantai, intrusi air laut,

perubahan iklim mikro, dan turunnya nilai produktivitas hayati di ekosistem pantai. Pada tahun 1997 tercatat lebih dari 60 lokasi pantai dan muara di 17 propinsi telah terjadi bencana abrasi pantai diantaranya di seluruh pantai utara Jawa, pantai timur Sumatera, dan pantai Sulawesi Selatan. Selain itu juga kekhawatiran berbagai pihak akan tenggelamnya 2.000 pulau di Indonesia pada tahun 2030 akibat naiknya permukaan air laut seiring dengan perubahan iklim global dan rusaknya ekosistem pesisir bukanlah hal yang tidak mungkin jika keadaan ini terus berlanjut.



Gambar 1. Pantai, mangrove dan terumbu karang di Asia Tenggara (*Sumber : Morgan and Valencia 1983; WCMC 1997; BAKOSURTANAL 1998 dalam Wong 2005*).

Keasadaran masyarakat akan pentingnya hutan pantai di Indonesia mulai muncul pasca tsunami di Aceh pada 26 Desember 2004. Di beberapa daerah di Indonesia, gerakan penyelamatan hutan pantai dalam bentuk penanaman telah

dan sedang dilakukan. Gerakan-gerakan tersebut muncul atas inisiatif individu, kelompok, lembaga-lembaga non pemerintah, maupun yang dikelola pemerintah daerah setempat. Untuk terus menggugah masyarakat Indonesia, baru-baru ini Gerakan Perempuan Tanam dan Pelihara (GPTP) 2010 telah mengadakan Konferensi dan Pameran Nasional dengan tema "Penyelamatan Hutan Pantai dan Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Pesisir" bertempat di Gedung Manggala Wanabakti (Gedung Kementerian Kehutanan RI) Jakarta pada Tanggal 23-25 November 2010 (Gambar 2). Kegiatan tersebut dibuka resmi oleh Presiden Republik Indonesia, Bapak Dr. Susilo Bambang Yudhoyono (SBY). SBY dalam sambutannya menyatakan bahwa penyelamatan hutan pantai bisa membantu masyarakat Indonesia di kawasan pesisir keluar dari lilitan kemiskinan dan saatnya melakukan rehabilitasi terhadap hutan pantai dan mangrove yang rusak serta perlu perlindungan terhadap garis pantai Indonesia .

Menyadari parahnya kerusakan lingkungan hidup dan hutan yang memiliki arti penting bagi keberlangsungan hidup seluruh mahluk hidup, baik untuk generasi sekarang maupun yang akan datang maka perlu ada gerakan moral dari semua komponen bangsa untuk terus membangun kesadaran kolektif anak bangsa demi menjaga dan melestarikan lingkungan hidup. Salah satu gerakan yang telah dan sedang dilakukan di Indonesia adalah gerakan pendidikan konservasi.



Gambar 2. Pembukaan konferensi dan pameran nasional penyelamatan hutan pantai dan peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir oleh Presiden RI, Bapak Dr. Susilo Bambang Yudhoyono (detik.com).

Pendidikan konservasi bertujuan untuk menanamkan pengetahuan dan kesadaran akan pentingnya lingkungan hidup dan hutan, mengembangkan keterampilan dan menumbuhkan kepedulian dan sikap hidup ramah lingkungan. Pendidikan ini diarahkan kepada seluruh lapisan masyarakat, terutama bagi para siswa atau generasi muda umumnya yang sedang menuntut ilmu pengetahuan, serta mereka yang berperan, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penentuan kebijakan dan atau usaha pembangunan kawasan hutan dan konservasi serta para pelaku ekonomi dan sebagainya. Output akhir dari pendidikan konservasi ini adalah kita merasa terpanggil untuk turut mengabdikan diri dalam upaya mengurangi kemerosotan sumber daya hutan dan kerusakan lingkungan hidup.

2. HUTAN DAN PERMASALAHANNYA

2.1. Pengertian Hutan

Dalam berbagai literatur terdapat beberapa pengertian/definisi hutan, namun pada dasarnya semua mempunyai maksud yang sama. Pengertian hutan dapat ditinjau dari faktor-faktor : wujud biofisik lahan dan tumbuhan, fungsi ekologi, kepentingan kegiatan operasional dan status hukum lahan hutan. Berikut ini dijelaskan beberapa pengertian hutan.

1. Hutan adalah suatu komunitas tumbuhan yang didominasi oleh pohon atau tumbuhan berkayu lain, tumbuh secara bersama-sama dan cukup rapat (Sharma, 1992 *dalam* Suhendang, 2002).
2. Hutan adalah masyarakat tetumbuhan yang dikuasai atau didominasi oleh pohon-pohon dan mempunyai keadaan lingkungan yang berbeda dengan keadaan di luar hutan (Soerianegara dan Indrawan, 2005).
3. Hutan adalah suatu hamparan lapangan bertumbuhan pohon-pohon yang secara keseluruhan merupakan persekutuan hidup alam hayati beserta alam lingkungannya dan yang ditetapkan oleh Pemerintah sebagai hutan (UU Nomor 5 Tahun 1967 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Kehutanan).
4. Hutan adalah suatu hamparan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumberdaya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan (Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan).

Berdasarkan uraian pengertian hutan di atas, maka dapat diperoleh gambaran yang bersifat umum mengenai pengertian hutan, yaitu :

- Hamparan lahan yang ditumbuhi pohon-pohon dengan kerapatan dan luasan yang cukup.
- Kumpulan dari bidang-bidang lahan yang ditumbuhi pohon-pohon atau akan ditumbuhi pohon-pohon dengan kerapatan dan luasan yang cukup.

- Lahan dapat memiliki keadaan biofisik berhutan atau tidak berhutan, asal ditetapkan oleh pemerintah sebagai hutan atau kawasan hutan.
- Merupakan masyarakat tumbuhan yang didominasi oleh pohon-pohon atau tumbuhan berkayu lainnya.
- Merupakan satu kesatuan ekosistem
- Mampu menciptakan iklim mikro di dalam hutan yang berbeda dengan keadaan disekitarnya di luar hutan.

2.2. Formasi Hutan Indonesia

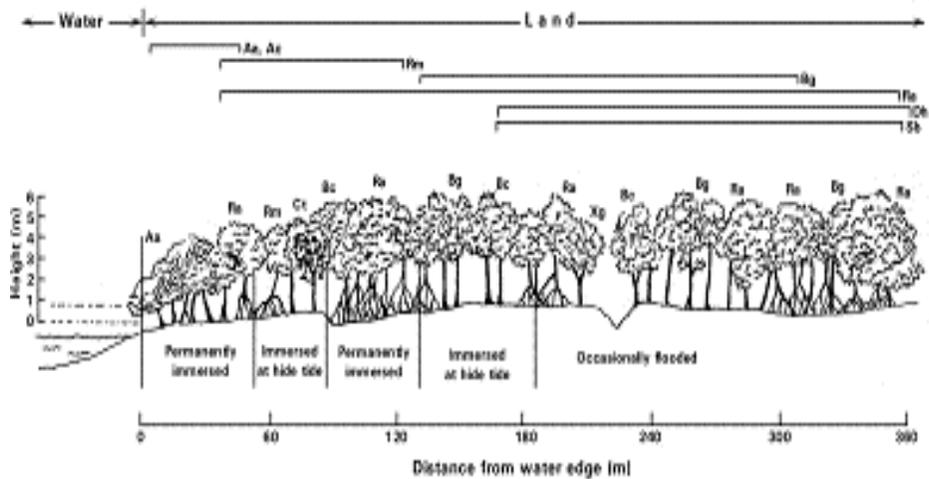
Indonesia mempunyai banyak tipe hutan yang masing-masing memiliki sifat-sifat khusus dan fungsi utama. Hutan hujan tropis Indonesia dikenal sebagai hutan yang paling kaya akan jenis dan ekosistem yang kompleks. Disebut hutan hujan tropis karena Indonesia berada di garis khatulistiwa dengan ciri iklim yang khas dimana temperatur dan kelembaban tinggi yang konstan dengan rata-rata curah hujan tahunan > 2000 mm atau lebih dan curah hujan bulanan tidak kurang dari 100 mm.

Berdasarkan karakter habitat yang dimiliki hutan tropika Indonesia seperti tanah, iklim, ketinggian tempat, topografi, geologi dan curah hujan, maka hutan tropika Indonesia dapat dikelompokkan ke dalam beberapa formasi hutan. Formasi hutan tersebut adalah :

1. Hutan Mangrove (*mangrove forest*)

Hutan mangrove adalah sebutan untuk komunitas tumbuhan yang hidup di daerah pasang surut pantai, tidak terpengaruh oleh iklim, tanah tergenang air laut, tanah berlumpur atau liat, tidak memiliki strata tajuk, pohon-pohon dapat mencapai tinggi 30 m. Pada umumnya, hutan ini didominasi oleh *Rhizophora* sp., *Avicennia* sp., *Ceriops* sp., dan *Bruguiera* sp. Pada umumnya, hutan mangrove terdiri dari beberapa zonasi. *Avicennia spp* pada umumnya berada di zona terdepan, dan diikuti oleh beberapa jenis campuran terutama *Rhizophora spp*, *Ceriops spp.*, di zona tengah. Sementara di zona belakang, *Xylocarpus spp.*, dan *Hiriteria littoralis* sering dijumpai. Zonasi ini bervariasi antar pantai, sesuai dengan karakteristik pantai seperti bentuk pantai, panjang pantai, ada tidaknya

sungai disekitarnya, kondisi substrat, perilaku pasang surut dll.



Gambar 3. Contoh zonasi pada hutan mangrove di segara anakan, Cilacap-Jawa Tengah (Noor *et al.* 2006).

2. Hutan Pantai (*beach forest*);

Daerah pantai merupakan daerah perbatasan antara ekosistem laut dan ekosistem darat. Karena hempasan gelombang dan hembusan angin maka pasir dari pantai membentuk gundukan ke arah darat. Setelah terbentuknya gundukan pasir itu biasanya terdapat hutan yang dinamakan hutan pantai. Secara umum, hutan ini terletak di tepi pantai, tumbuh pada tanah kering berpasir dan berbatu dan tidak terpengaruh oleh iklim serta berada di atas garis pasang tertinggi. Daerah penyebaran utama hutan pantai terdapat di Sumatera, Jawa, Bali dan Sulawesi. Dilaporkan pada tahun 1990 luas hutan pantai tersisa \pm 1 juta hektar (Fakuara, 1990) dan pada tahun 1996 tersisa 0,55 juta ha (Sugiarto dan Ekariyono, 1996).



Gambar 4. Hutan pantai di TWA Pulau Pombo, Maluku Tengah
(Foto : Koleksi pribadi).

3. Hutan rawa air tawar (*fresh water swamp forest*)

Hutan yang tumbuh tidak terpengaruh oleh iklim dan selalu tergenang air tawar dan atau daerah landai yang terdapat di belakang hutan mangrove dengan jenis tanah aluvial yang kaya hara. Pada umumnya, sumber air tawar berasal dari sungai yang ada didekatnya. Tegakan hutan selalu hijau dengan pohon-pohon mencapai 50 – 60 m dan terdiri dari beragam lapisan tajuk. Daerah penyebaran utama di Sumatera, Kalimantan dan Irian (Papua). Vegetasi pohon yang umumnya ditemui di tipe hutan ini adalah Pulai (*Alstonia* spp.), Jelutung (*Dyera* spp.), Simpur (*Dillenia* spp.), Terentang (*Camprosperma* spp.), *Elaeocarpus littoralis*, Jambi-jambu (*Sizygium* spp.), Rengas (*Gluta renghas*), dll.

4. Hutan rawa gambut (*peat swamp forest*)

Hutan yang tumbuh pada tanah organosol dengan ketebalan lapisan gambut 50 cm atau lebih, umumnya terdapat pada daerah yang memiliki tipe iklim A dan B menurut klasifikasi tipe iklim Schmidt dan Ferguson. Hutan ini juga dicirikan dengan tanah yang memiliki tingkat kemasaman rendah (pH 3,5-4,0). Tidak adanya unsur mineral pada substrat menjadikan tanah gambut miskin

hara (kesuburan tanah rendah). Luas hutan gambut mencapai 20,6 juta hektar (10,8 % dari daratan Indonesia & 50 % gambut tropis) yang tersebar di Sumatera (35 %), Kalimantan (32 %), Papua (30 %) dan Sulawesi (3 %). Jenis vegetasi yang ditemukan adalah Ramin (*Gonystylus bancanus*), Jelutung rawa (*Dyera lowii*), Tumih (*Combretocarpus ratundatus*), Mahang (*Macaranga* spp.), Pulai (*Alstonia pneumatophora*), Milas (*Parastemon urophyllum*), Balam-suntai (*Palaquium* spp.), Terentang (*Camnosperma coreaceum*), Geronggang (*Cratoxylon arborencens*), Simpup (*Dillenia excelsa*), dan Meranti batu (*Shorea uliginosa*).

5. Hutan Hujan Dataran Rendah (*lowland forest*)

Hutan yang tumbuh di bawah ketinggian 1.000 m di atas permukaan laut. Formasi hutan ini paling luas penyebarannya dan mempunyai keanekaragaman hayati yang paling tinggi, terdapat di daerah beriklim basah (tipe A & B), terutama pada tanah podsolik, latosol dan aluvial. Sebagian besar hutan di Indonesia adalah hutan hujan dataran rendah. Marga yang penting secara ekonomi antara lain dari famili Dipterocarpaceae, seperti : Shorea, Hopea, Dipterocarpus, Vatica dan Dryobalanops. Marga (genus) lain yang umumnya ditemukan adalah *Euderoxylon*, *Agathis*, *Altingia*, *Duabanga*, *Dyera* dll.

6. Hutan Hujan Pegunungan Bawah (*mountain forest*)

Hutan yang tumbuh pada ketinggian antara 1000 sampai 2000 m di atas permukaan laut, dengan curah hujan yang tinggi (terdapat di daerah beriklim basah tipe A dan B). Daerah penyebaran utama di Sumatera, Jawa, Sulawesi dan Papua. Jenis kayu yang umumnya adalah dari famili Lauraceae (Medang *Litsea cubeba* L., *L. angulata*., *L. fulva*., *L. polyantha*, *Cinnamomum burmani*), Fagaceae (*Castanopsis argentea*, *Quercus acuminatissima*), Cunoniaceae, Magnoliaceae, Hammamelidaceae, Ericaceae, dll.

7. Hutan Hujan Pegunungan Atas (*mountain forest*)

Hutan yang tumbuh pada ketinggian > 2000 mdpl, terdapat di daerah beriklim basah tipe A dan B. Daerah penyebaran utama di Sumatera, Sulawesi dan Papua. Jenis kayu yang umumnya adalah *Araucaria cunninghamii*,

Dacrydium spp., *Podocarpus imbricate*, *Litsea angulata*, *Litsea robusta* dll.

8. Hutan Musim Bawah

Lahan terbuka bertumbuhan berbagai jenis tumbuhan berkayu di daerah tropika dengan musim kering yang panjang dan diikuti musim hujan dengan curah hujan yang tinggi, atau hutan yang sifat-sifatnya mengikuti perubahan dua musim. Tipe hutan ini terdapat pada ketinggian 0-1000 m dpl & daerah-daerah yang memiliki tipe iklim C dan D dengan rata-rata curah hujan 1.000-2.000 mm per tahun dengan rata-rata suhu bulanan sebesar 21°-32°C. Vegetasi pada tipe hutan ini tumbuh pada tanah kering dan berbagai jenis tanah (litosol, mediteran dan grumusol). Daerah penyebaran utama di Jawa, Nusa Tenggara dan Sulawesi.

Vegetasi yang ada di tipe hutan musim ini didominasi oleh spesies-spesies pohon yang menggugurkan daun di musim kering, sehingga tipe ekosistem hutan musim disebut juga hutan gugur daun. Jenis yang umum ditemui : jati (*Tectona grandis*), Mahoni (*Swietenia mahagony*), sonokembang (*Pterocarpus indicus*), Sonokeling (*Dalbergia latifolia*), ampupu (*Eucalyptus alba*), cendana (*Santalum album*), dll.

9. Hutan Musim Tengah & Atas

Tipe hutan ini terdapat pada ketinggian 1000-4100 m dpl & terbatas penyebarannya di daerah beriklim musim/kering (tipe iklim C dan D). Daerah penyebaran utama di Nusa Tenggara, Sulawesi dan Papua. Jenis yang umum ditemui : *Casuarina junghuhniana*, *Eucalyptus spp.*, *Pinus merkusii* dan *Pinus insularis*.

10. Hutan Kerangas (Heath Forest)

Formasi hutan ini memiliki iklim selalu basah dan tumbuh pada tanah pasir podsol yang miskin hara dan pH cenderung masam. Daerah penyebaran utama di Sumatera, Kalimantan, Bangka Belitung dan Singkep. Beberapa jenis pohon yang umum dijumpai di hutan kerangas antara lain *Dacrydium elatum*, *Callophylum sp.*, *Shorea spp.*, *Gonystylus*, *Agathis lorantifolia* dan *Casuarina sumatrana*.

11. Hutan Savana

Tipe hutan ini berkisar dari padang rumput dengan pohon-pohon yang terpenjarang sampai dengan padang rumput yang berpohon dan merupakan klimaks api dengan tipe iklim E & F, jenis tanah mediteran, regosol dan grumusol. Dibeberapa tempat pohon-pohon di savana cukup rapat sehingga terbentuk hutan yang cukup lebat. Daerah penyebaran utama di Nusa Tenggara. Contoh : *Acacia leucophloea*, *Azadirachta indica*, *Borassus flabellifer*, *Corypha utan* dan *Eucalyptus alba*.

12. Hutan pada Tanah Kapur

Hutan ini terdapat terutama pada jenis tanah mediteran dan rensina dari bahan induk batu kapur. Hutan seperti ini ditumbuhi pohon dengan keanekaragaman jenis yang lebih sedikit. Daerah penyebaran utama di Papua, Maluku dan Sulawesi. Beberapa jenis pohon yang umum dijumpai di tipe hutan ini antara lain *Pangium edule*, *Antidesma bunius*, *Polyalthia sp.*, *Kalanchoe pinnata*, *Bischofia sp.* dan *Kleinhovia hospita*. Sering juga ditemukan : jati (*Tectona grandis*) dan eboni (*Dyospiros sp.*).

13. Hutan pada Batuan Ultra Basa

Hutan ini tumbuh pada tanah yang banyak mengandung mineral magnesium, besi, silika, kalsium, aluminium dan logam-logam berat lainnya. Penyebaran utama di Sulawesi, Maluku, Kalimantan dan Papua. Beberapa jenis pohon yang umum dijumpai di tipe hutan ini antara lain kemiri (*Aleurites moluccana*), kayu besi (*Metrosideros petiolata*), *Syzigium spp.*, *Horsfieldia sylvestris* dan *Knema palembanica*.

14. Hutan Riparian atau Tepi Sungai

Hutan ini terdapat di sepanjang sungai besar, merupakan vegetasi rawa musiman yang sangat berbeda dan bertanah aluvial. Penyebaran utama di Kalimantan dan Sumatera. Beberapa jenis tumbuhan yang umum dijumpai di hutan riparian antara lain Nipah (*Nypa fruticans*), sagu (*Metroxylon sago*), Aren (*Arenga pinnata*), Putat sungai (*Barringtonia congoidea*), Rengas sungai dan (*Gluta velutina*).

Selain berdasarkan faktor-faktor habitatnya, kawasan hutan Indonesia juga diklasifikasikan berdasarkan kategori status hukum fungsi penggunaan lahan (UU Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan), maka hutan di Indonesia digolongkan atas :

- **Hutan Lindung (*protection forest*).**

Kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan untuk mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut dan memelihara kesuburan tanah. Di kawasan hutan lindung ini tidak boleh dilakukan kegiatan pengambilan hasil hutan, penebangan, pemukiman dan sebagainya yang dapat berpengaruh terhadap mutu lingkungan di dalam dan sekitar hutan.

- **Hutan Produksi (*production forest*).**

Kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok produksi hasil hutan, yaitu : benda-benda hayati, non hayati dan turunannya, serta jasa yang berasal dari hutan. Maksudnya ialah hutan yang karena keadaan alamnya maupun kemampuannya dapat memberikan manfaat produksi dengan tetap memperhatikan kelestariannya. Hutan produksi dibagi atas hutan produksi terbatas (21,6 juta ha) dan hutan produksi yang dapat dikonversi (14,0 juta ha).

Pada umumnya, hutan produksi ini dikelola oleh perusahaan kehutanan baik HPH maupun HTI. Dari kegiatan produksi yang dilakukan ini, negara memperoleh pemasukan devisa melalui dana reboisasi (DR) dan PSDH yang dibayar oleh perusahaan berdasarkan realisasi produksinya.

- **Hutan Konservasi (*conservation forest*).**

Kawasan hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya. Kawasan konservasi terbagi atas 3 kelompok yaitu Kawasan Suaka Alam (Cagar Alam dan Suaka Margasatwa) dan Kawasan Pelestarian Alam (Taman Nasional, Taman Wisata Alam dan Taman Hutan Raya) serta Taman Buru. Sampai tahun 2006, pemerintah telah menunjuk 519 unit kawasan

konservasi dengan luas mencapai 28,16 juta ha terdiri dari 447 unit kawasan konservasi darat dan 42 unit di perairan laut. Kawasan konservasi yang terluas adalah Taman Nasional mencapai 58,5 % dengan jumlah 50 unit, sisanya adalah 16,2 % Cagar alam (237 unit), 19,45% Suaka Margasatwa (77 unit), 3,79% Taman Wisata Alam (119 unit), 1,2% Taman Hutan Raya_Tahura (21 unit) dan 0,8% Taman Buru (14 Unit). Kawasan Konservasi paling luas terdapat di Papua, terdiri dari 8,92 juta ha kawasan konservasi darat dan 1,98 juta ha kawasan konservasi laut.

2.3. Fungsi & Manfaat Hutan

Hutan merupakan penjelmaan kasih Tuhan yang menjadi salah satu sumber daya alam potensial dengan berbagai fungsi atau manfaat dalam menyangga kehidupan eksosistem. Fungsi atau manfaat hutan dapat berhubungan langsung dalam menunjang kehidupan sosial ekonomi masyarakat ataupun secara tidak langsung.

Manfaat hutan yang langsung bagi kehidupan manusia adalah sebagai sumber kayu bakar, bahan bangunan, bahan kerajinan, tumbuhan hias, obat-obatan tradisional, tambahan bahan bangunan atau sebagai sumber devisa negara. Sedangkan fungsi hutan secara tidak langsung antara lain memulihkan kualitas lingkungan hidup, seperti mengatur tata air, perlindungan bahaya erosi, memelihara iklim setempat, sebagai habitat satwa liar, untuk rekreasi dan lain-lain.

Di bawah ini dapat dijelaskan secara singkat fungsi dan manfaat hutan, diantaranya :

- **Hutan dan Kestabilan Iklim**

Hutan berperan penting dalam menjaga kestabilan iklim global. Proses pencegahan perubahan iklim hutan dikenal melalui peran hutan sebagai penyerap dan penyimpan kelebihan karbon atmosfer dalam bentuk biomassa dan jika hutan mengalami kerusakan maka hutan juga akan menjadi sumber peningkatan Gas Rumah Kaca (GRK) dengan menyuplai emisi karbon. Secara kimiawi, vegetasi hutan akan menyerap gas karbon (CO₂) via proses

fotosintesis. Jika hutan terganggu maka siklus CO₂ dan O₂ (udara bersih) di atmosfer akan terganggu. Tidak terkendalinya gas CO₂ di atmosfer, bersama-sama dengan uap air, gas CFCs, metana dan gas-gas rumah kaca lainnya, berpotensi meningkatkan suhu atmosfer bumi (baca ; pemanasan global) yang dapat menimbulkan perubahan iklim. Perubahan iklim adalah proses terjadinya perubahan kondisi rata-rata parameter iklim seperti rata-rata suhu udara, curah hujan, kelembaban udara, dimana perubahan tidak terjadi dalam waktu yang singkat.

▪ **Hutan dan Nilai Keanekaragaman Hayati**

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan jenis flora dan fauna dengan tipe-tipe hutan yang bervariasi di dunia, sehingga Indonesia dikenal sebagai negara "*mega biodiversity*" kedua setelah Brazil. Meskipun luasnya hanya 1,3 % dari permukaan bumi, Indonesia mempunyai posisi yang sangat penting di dunia ditinjau dari kekayaan keanekaragaman spesiesnya; Indonesia menduduki peringkat :

- kedua untuk mamalia (12 %), 515 spesies, 39 % endemik,
- ke empat untuk reptilia (7,3 %), 512 spesies, 29% endemik,
- kelima untuk burung (17 %), 1.519 spesies, 28% endemik,
- keenam untuk amfibi, 270 spesies, 37 % endemik,
- pertama untuk jenis palem, 477 spesies, 225 endemik, dan
- keempat untuk primata, 35 spesies, 18 % endemik.

Selain itu, Indonesia juga menduduki lima besar di dunia untuk kekayaan jenis tumbuhan dengan 38.000 spesies (55% endemik), memiliki 121 spesies kupu-kupu (44% endemik), 2.827 spesies invertebrata (selain ikan tawar) dan 1.400 spesies ikan air tawar. Indonesia juga merupakan salah satu pusat Vavilov di dunia. Vavilov adalah pusat-pusat penyebaran tumbuhan ekonomi (komersial) berupa buah-buahan tropik, jahe-jahean dan kayu.

Keanekaragaman hayati memiliki beragam nilai atau arti bagi kehidupan. Ia tidak hanya bermakna sebagai modal untuk menghasilkan produk dan jasa saja (aspek ekonomi) tetapi keanekaragaman hayati juga mencakup aspek sosial, lingkungan, sistem pengetahuan dan informasi dan etika serta kaitan di antara berbagai aspek ini.

- **Hutan dan Transfer Nilai Air**

Secara hidrologi, hutan memiliki kapasitas menahan dan atau menyerap air hujan dan menyimpannya di dalam tanah sehingga dapat mempertahankan air tanah dan menjaga ketersediaan cadangan air tanah. Manfaat penyimpanan air oleh hutan dapat ditrasfer nilainya untuk kepentingan 1) upaya pengembangan elemen pengendalian banjir, 2) pemanfaatan air untuk irigasi, 3) pembangkit tenaga listrik, 4) untuk air minum dan industri, 5) pengelolaan DAS, 6) lalu lintas air, 7) rekreasi, 8) perikanan, 9) pengendalian pencemaran air, 10) pengendalian tanaman air dan serangga, 11) drainase dan pengembangan rawa, 12) pengendalian sediment, 13) pengendalian intrusi air laut dan 14) pengendalian kekeringan dan pengembangan air tanah. Tidak hanya itu nilai kerusakan oleh banjir yang dapat dihindari sebagai hasil konservasi hutan juga tinggi.

- **Hutan dan Hasil Hutan Kayu**

Sebelum krisis melanda Indonesia, sektor kehutanan merupakan salah satu penggerak gerbong perekonomian nasional yang menempatkan Indonesia sebagai negara terbesar pengekspor produk kayu olahan. Dalam kurun 1992-1997, sektor kehutanan berhasil menyumbang devisa sebesar US\$ 16 milyar dan pada tahun 2003, ekspor kehutanan mencapai US\$ 6,6 milyar. Ekspor tersebut terdiri dari kayu lapis, kayu gergajian, kayu olahan, pulp dan kertas serta furniture. Selain kayu untuk industri, hutan juga menghasilkan kayu bakar dan arang (*fuel wood and charcoal*), Keduanya berasal dari bahan bakar kayu yaitu kayu yang dipanen untuk bahan bakar, baik untuk penggunaan masyarakat lokal maupun untuk industri. Konsumsi akan kayu bakar dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan, apalagi diiringi dengan naiknya bahan bakar minyak (BBM).

- **Hutan dan Hasil Hutan Non Kayu**

Paradigma baru sektor kehutanan memandang hutan sebagai sistem sumberdaya yang bersifat multi fungsi, multi guna dan memuat multi kepentingan yang pemanfaatannya diarahkan untuk mewujudkan sebesar-besarnya kemakmuran rakyat. Paradigma ini makin menyadarkan kita bahwa

produk hasil hutan bukan kayu (HHBK) merupakan salah satu sumber daya hutan yang memiliki keunggulan komparatif dan paling bersinggungan dengan masyarakat sekitar hutan. HHBK terbukti dapat memberikan dampak pada peningkatan penghasilan masyarakat sekitar hutan dan memberikan kontribusi yang berarti bagi penambahan devisa negara.

Secara umum HHBK dapat dikelompokkan ke dalam tiga golongan besar yakni kelompok rotan, kelompok bambu dan kelompok bahan ekstraktif, seperti resin, minyak atsiri, minyak lemak, bahan pewarna, bahan penyamak, bahan karet, getah-getahan, dll. Secara jelas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis dan golongan HHBK

No	Jenis HHBK	Golongan HHBK
1.	Resin	Gondorukem, kopal loba, kopal melengket, damar mata kucing, d. daging, d. rasak, d. pilau, d. batu, kemenyan, gaharu, kemedangan, shellak, jernang, frankensence, kapur barus, biga
2.	Minyak atsiri	Minyak cendana, m. gaharu, m. kayu putih, m. keruing, m. lawang, m. kenanga, m. ilang-ilang, m. eukaliptus, kayu manis, vanili, cendana, m. sereh, m. daun cengkeh, m. pala, m. kembang mas, m. trawas, minyak kilemo
3.	Minyak lemak, karbohidrat dan buah-buahan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Minyak lemak : tengkawang, kemiri, jarak, wijen, saga pohon, kenari, biji mangga, m. Intaran ▪ Karbohidrat atau buah-buahan : sagu, aren, nipah, lontar, asam, matoa, makadamia, duren, duku, nangka, mente, burahol, mangga, sukun, saga, gadung, iles-iles, talas, ubi, rebung, jamur, madu, garut, kolang-kaling, suweg

4.	Tanin dan getah	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tanin : akasia, bruguiera, rizophora, pinang, gambir, tingi ▪ Getah : jelutung, perca, ketiau, getah merah, balam, sundik, hanggang, getah karet hutan, getah sundik, gemor
5.	Tanaman obat dan hias	<p>Tanaman obat : aneka jenis tanaman obat asal hutan misalnya akar kuning, jahe hutan dll</p> <p>Tanaman hias : anggrek hutan, palmae, pakis, aneka jenis pohon indah</p>
6.	Rotan dan bambu	Segala jenis rotan (<i>Calamus spp</i> , <i>Daemonorops spp.</i> , <i>Khortalsia spp.</i> , bambu (<i>Dendrocalamus spp.</i> , <i>Schizostachum spp.</i>) dan nibung (<i>Oncosperma tiggilarium</i>)
7.	Hasil hewan	Sarang burung, sutera alam, shellak, buaya, ular, telur, daging, ikan, burung, lilin lebah, tandung, tulang, gigi, kulit, aneka hewan yang tidak dilindungi
8.	Jasa hutan	Air, udara (oksigen), rekreasi/ekoturime, penyanggah ekosistem alam
9.	Lain-lain	Balau, kupang, ijuk, lembai, pandan, arang, sirap, ganitri, gemor, purun, rumput gajah, sintok, biga, kalapari, gelam, kayu salaro, pohon angin, uyun, rumput kawat

▪ **Hutan Sebagai Penyedia Lapangan Kerja**

Sektor kehutanan telah membuka kesempatan kerja baru bagi masyarakat, terutama mereka yang tinggal di sekitar hutan. Laporan Badan Pusat Statistik tahun 2000 terlihat bahwa 48,8 juta jiwa dari 220 juta penduduk Indonesia tinggal di sekitar kawasan hutan. Tenaga kerja yang langsung terserap di sektor kehutanan mulai dari pembibitan, penanaman,

pemeliharaan, pemanenan sampai dengan industri kayu pada tahun 2000 lebih dari 3,09 juta orang dan penyerapan tenaga kerja tidak langsung sebesar 2,5 juta jiwa. Ini artinya lebih dari seperlima penduduk Indonesia masih memiliki ketergantungan pada hutan.

- **Hutan sebagai Penggerak Wilayah**

Peran sektor kehutanan tidak hanya menyumbang devisa dan pendapatan negara tetapi sektor ini juga berperan dalam pengembangan pusat-pusat pertumbuhan ekonomi regional, khususnya daerah pedalaman dan terpencil yang tercermin dari sumbangan terhadap infrastruktur di daerah, antara lain sarana transportasi jalan trans sepanjang 46.000 km dengan biaya Rp. 1,9 triliun, pembangunan sarana pendidikan sekolah sebanyak 6.750 buah serta rumah ibadah dan balai desa masing-masing kurang lebih 1.800 buah.

- **Hutan Membantu Pengendalian Penyakit dan Hama**

Perubahan ekosistem hutan dapat secara langsung meningkatkan patogen penyebab penyakit pada manusia, seperti kolera dan meningkatkan populasi organisme pembawa penyakit, seperti nyamuk malaria dan tikus. Masyarakat di sekitar hutan yang rusak rentan terkena penyakit malaria karena kawasan air tergenang bisa lebih banyak dan lubang-lubang dibebatukan akan lebih terbuka. Selain itu, populasi ikan pemakan organisme penyebab penyakit bagi manusia akan berkurang karena kualitas sungai sudah menurun.

Selain pengendali penyakit, hutan juga dapat mengendalikan hama . Kerusakan ekosistem hutan dapat menyebabkan ledakan populasi serangga atau mamalia yang mungkin menyerang tanaman budidaya yang ada di sekitar hutan. Kerusakan hutan juga akan mengusir banyak satwa khususnya yang menjadi pengendali hama secara alami diantaranya kelelawar pemakan serangga. Sebagai gambaran bahwa dalam satu hari satu individu kelelawar dapat memakan ratusan serangga.

- **Hutan dan Nilai Spritual**

Secara religius bahwa hutan diciptakan oleh Allah SWT tidak hanya diperuntukkan bagi manusia melainkan untuk seluruh makhluk yang ada.

Oleh karena itu manusia harus menjadikan hutan sebagai tempat yang nyaman untuk merenung dan memikirkan kekuasaan Allah yang luar biasa itu. Dalam Al Qur'an dikisahkan bagaimana Nabi Ibrahim a.s. melakukan perjalanan perenungan diri setelah beliau dibuang oleh bapaknya di hutan pada saat raja Namrudz berkuasa. Pada saat itu beliau menemukan jati diri dan akhirnya meyakini siapa tuhan yang sebenarnya

Ada hal menarik juga untuk menjadi perenungan bersama bahwa riwayat agama-agama besar di dunia menjelaskan bagaimana peran hutan dan pohon dalam turunnya suatu agama. Sebagai contoh Nabi Muhammad SAW, menulis dan mengumpulkan ayat-ayat Al Qur'an di kulit-kulit kayu (pelepah kurma) dan dedaunan. Budha mendapatkan pencerahan ketika beliau bersemedi di bawah pohon Bodhi dan Nabi Isa a.s dilahirkan oleh ibunya Maryam di bawah pohon kurma yang sedang masak buahnya. Setelah dilahirkan kemudian Maryam menggoyang-goyang pohon kurma itu untuk kemudian memakan buahnya guna menambah tenaga beliau. Sehingga pada manfaat ini dapat disimpulkan bahwa hutan dapat dijadikan sebagai promosi spiritual dan promosi moral.

- **Hutan sebagai Media Pendidikan dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan.**

Bagi sebagian ilmuwan, hutan merupakan objek kajian dan penelitian yang sangat menarik karena memiliki ekosistem hutan yang beragam. Ekosistem hutan tersebut memiliki berbagai jenis vegetasi hutan tropis, anggrek, jamur, tumbuhan obat-obatan, mamalia, reptilia, amphibia, burung, serangga, biota laut, bentang alam, gejala alam, pariwisata alam, budaya/sejarah, dan lain-lain. Kekhasan obyek yang menarik tersebut dapat menjadi daya tarik untuk diteliti guna pengembangan ilmu pengetahuan/teknologi, dan merupakan tantangan bagi para peneliti lokal/internasional.

Hutan telah melahirkan ratusan bahkan ribuan ilmuwan serta pakar menurut disiplin ilmu pengetahuannya dari berbagai perguruan tinggi (IPB, UGM, Univ. Mulawarman, dll) serta lembaga riset lainnya seperti Litbang Departemen Kehutanan, ICRAF, CIFOR, dll. Perkembangan penelitian di wilayah hutan dengan segala sumberdayanya akan dan terus dilakukan untuk mengetahui rahasia yang dikandungnya yang sampai saat ini belum

diketahui fungsi dan manfaatnya.

- **Hutan Sebagai Objek Ekoturisme dan Rekreasi Alam.**

Fungsi hutan ini merupakan salah satu bentuk dari fungsi sosial-budaya yang dapat diberikan oleh hutan. Ekoturisme adalah aktivitas pariwisata yang berwawasan lingkungan dengan menikmati keaslian pesona alam, keindahan flora-fauna, kemurnian budaya, kelestarian lingkungan serta ketenangan dan kesunyian. Pengembangan Ekoturisme di Indonesia mengandung lima prinsip yakni prinsip konservasi, pendidikan, ekonomi, partisipasi masyarakat dan prinsip rekreasi. Ekoturisme memiliki 3 dampak positif penting yakni, pertama, kebanyakan keaslian dan keasrian pesona alam dekat dengan kawasan masyarakat lokal yang mempunyai pendapatan ekonomi kecil, dengan kegiatan ini akan sedikit menambah pendapatan ekonomi masyarakat. Kedua, jika dikelola dengan efektif dapat dijadikan sebagai sarana penyadaran masyarakat. Ketiga, dengan adanya kegiatan alternatif tambahan dari ekoturisme dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Dengan demikian akan mengurangi tekanan pengrusakan sumber daya alam hutan.

2.4. Kerusakan Hutan

Sumberdaya hutan Indonesia akhir-akhir ini mulai terancam keberadaannya. Ancaman ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. Keadaan alam geomorfologi yang rentan terhadap erosi, banjir, tanah longsor dan kekeringan, abrasi, gempa bumi, gunung meletus serta gelombang laut.
2. Iklim/curah hujan yang tinggi yang potensial menimbulkan daya merusak lahan/tanah (erosivitas tinggi) dan
3. Aktivitas manusia diantaranya konversi kawasan hutan untuk tujuan pembangunan sektor lain misalnya untuk perkebunan, pertambangan dan transmigrasi, pencurian kayu atau penebangan liar (*illegal logging*) dan perdagangan illegal (*Illegal trade*), perambahan (*encroachment*) dan okupasi lahan serta kebakaran hutan, telah menyebabkan penutupan lahan pada

kawasan hutan berubah dengan cepat dimana kondisi hutan semakin menurun dan berkurang luasnya.

Kerusakan hutan merupakan fakta lain dari krisis sumber daya alam di Indonesia. Laporan Greenpeace tahun 2007 bahwa negara Indonesia masuk rekor dunia sebagai negara penghancur hutan tercepat di dunia. Hutan Indonesia berkurang seluas 59,17 juta hektar selama 25 tahun terakhir dengan laju deforestasi pada sekitar tahun 1982-1990 sekitar 0,9 juta hektar per tahun dan meningkat menjadi 2,83 juta hektar pada tahun 1997-2000 kemudian turun pada tahun 2000-2005 menjadi 1,08 juta hektar per tahun.

Akibat kerusakan hutan dan lahan tersebut, berdampak negatif kepada masyarakat seperti turunnya mutu lingkungan hidup yang memicu terjadinya banjir, banjir bandang, tanah longsor, erosi dan sedimentasi, hilangnya sumber daya air, hilangnya peran hutan dalam proses siklus ekologis (pengendalian siklus karbon, oksigen, unsur hara, air dan siklus iklim dunia), hilangnya biodiversitas akibat eksploitasi dan fragmentasi habitat serta hilangnya pendapatan negara.

Tabel 2. Dampak bentuk kerusakan terhadap fungsi hutan

Fungsi Hutan	Bentuk Penyebab			
	Illegal Logging	Pertambangan	Kebakaran Hutan	Perburuan Liar
Hutan Lindung	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan terhadap jasa lingkungan, • Gangguan tata air, • Erosi tanah • Salah satu pemicu banjir & tanah longsor 	<ul style="list-style-type: none"> • Menghancurkan ekosistem • Sedimentasi berat • Pencemaran dan pendangkalan sungai • Terjadi erosi 	<ul style="list-style-type: none"> • Jasa lingkungan hilang • Fungsi tata air hilang • Erosi tanah • Salah satu Pemicu banjir atau tanah longsor 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengganggu keragaman hayati

Hutan Produksi Terbatas	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan tata air • Erosi tanah • Merusak kelestarian produksi • Merugikan penerimaan negara 	<ul style="list-style-type: none"> • Kehilangan vegetasi • Pencemaran • Kesuburan tanah menurun 	<ul style="list-style-type: none"> • Fungsi tata air hilang • Erosi tanah • Merusak kelestarian usaha produksi • Merugikan penerimaan negara 	Mengganggu keragaman hayati
Hutan Produksi Tetap	<ul style="list-style-type: none"> • Merusak kelestarian produksi • Merugikan penerimaan negara 	<ul style="list-style-type: none"> • Kehilangan vegetasi • Pencemaran • Kesuburan tanah menurun 	<ul style="list-style-type: none"> • Merusak kelestarian produksi • Merugikan penerimaan negara 	Mengganggu keragaman hayati
Konservasi	<ul style="list-style-type: none"> • Merusak ekosistem • Ancaman terhadap satwa dan tumbuhan langka 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragmentasi Habitat • Mengancam keanekaragaman hayati 	<ul style="list-style-type: none"> • Menghilangkan ekosistem asli • Menghilangkan habitat satwa & tumbuhan langka • Mengancam keragaman hayati 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengancam satwa & tumbuhan langka • Mengganggu keragaman hayati

Sumber : diolah dari berbagai sumber

3. EKOLOGI HUTAN PANTAI

3.1. Jenis Pantai di Indonesia

Pantai merupakan suatu wilayah yang dimulai dari titik terendah air laut pada waktu surut hingga arah ke daratan sampai batas paling jauh gelombang atau ombak menjulur ke daratan yang ditandai dengan garis pantai. Garis pantai (*shore line*) merupakan tempat pertemuan antara air laut dan daratan. Garis pantai ini setiap saat berubah-ubah sesuai dengan perubahan pasang surut air laut.

Umumnya morfologi dan tipe pantai sangat ditentukan oleh intensitas, frekuensi dan kekuatan energi yang menerpa pantai tersebut. Daerah yang berenergi rendah, biasanya landai, bersedimen pasir halus atau lumpur, sedangkan yang terkena energi berkekuatan tinggi biasanya terjal, berbatu atau berpasir kasar (Soegiarto, 1993).

Berdasarkan klasifikasi pantai dari Shepard (Snead, 1982 *dalam* Sunarto, 2000), bentuk - bentuk pantai secara alami dapat dibedakan menjadi pantai primer dan pantai sekunder. Pantai primer adalah pantai yang morfologinya lebih dipengaruhi oleh proses – proses terestrial seperti erosi, deposisi, vulkanisme dan diatrofisme, sedangkan pantai sekunder sangat dipengaruhi oleh proses marin dan organisme. Pantai sekunder bisa jadi dahulunya pantai primer sebelum dipengaruhi oleh proses marin.

Pantai primer dapat dibedakan menjadi 4 (empat) bentuk yaitu **(1) *pantai erosi daratan***, merupakan pantai yang bentuk lahannya mengalami erosi dan sebagian mengalami penggenangan laut. Contohnya : lembah sungai yang tenggelam, pantai erosi glasial yang tenggelam, atau topografi karst yang tenggelam., **(2) *pantai pengendapan dari darat***, merupakan pantai yang terbentuk dari akumulasi endapan sungai, endapan glasial, endapan angin, maupun longsor yang langsung mengendap di laut **(3) *pantai gunung api***,

adalah pantai yang terbentuk sebagai akibat dari proses vulkanik meliputi pantai leleran larva, pantai tefra, pantai runtunan gunung api atau patahan kaldera dan **(4) pantai struktural**, merupakan pantai yang terbentuk oleh pelipatan, penyesaran atau pantai intrusi sedimen.

Pantai sekunder dapat dibedakan menjadi 3 bentuk yaitu (1) pantai erosi gelombang, merupakan pantai yang terbentuk oleh kerja gelombang. Pantai ini dapat memiliki garis pantai yang lurus atau tidak beraturan tergantung pada komposisi dan struktur batuan (2) pantai pengendapan dari laut, merupakan pantai yang terbentuk oleh pengendapan sedimen laut, seperti beting gisik, pulau penghalang, bura, rataan lumpur atau rawa garaman dan (3) pantai bentukan organisme, yakni pantai yang terbentuk oleh binatang dan tumbuhan laut, seperti terumbu yang dibangun oleh alga dan ositer serta rawa mangrove.

Secara umum kondisi dan jenis pantai di Indonesia berdasarkan letak, kondisi dan posisi pantai dapat dikelompokkan atas pantai berpasir, pantai berlumpur, pantai berawa dan pantai berbatu (Sugiarto dan Ekariyono, 1996). Berikut ini penjelasan keempat bentuk pantai tersebut :

a. Pantai Berpasir

Pantai berpasir merupakan pantai yang didominasi oleh hamparan atau dataran pasir, baik yang berupa pasir hitam, abu-abu atau putih. Selain itu terdapat lembah-lembah diantara beting pasir. Jenis tanah dipantai adalah *typic tropopsamment* dan *typic tropofluent*. Pantai berpasir tidak menyediakan substrat tetap untuk melekat bagi organisme, karena aksi gelombang secara terus menerus menggerakkan partikel substrat.

Umumnya fauna di wilayah pantai berpasir ditemukan dalam jumlah sedikit dan terbatas (McLachlan & Brown, 2006). Fauna yang ditemukan adalah organisme infauna makro (berukuran 1-10 cm) yang mampu menggali liang di dalam pasir dan organisme meiofauna mikro (berukuran 0,1-1 mm) yang hidup di antara butiran pasir. Secara umum ditemukan tiga zonasi dimana organisme hadir dalam jumlah besar, yaitu 1) zona bagian atas dihuni oleh keping dari genus *Ocypode*, *Amphipoda* dan *Krustacea* dari famili *Talitridae*,

2) zona pertengahan dihuni oleh moluska genus *Donax* dan beberapa spesies isopoda dan 3) zona yang lebih rendah dihuni oleh spesies keong (gastropoda), kepiting dan bulu babi (Echinoid) (Dahuri, 2003; McLachlan & Brown, 2006).

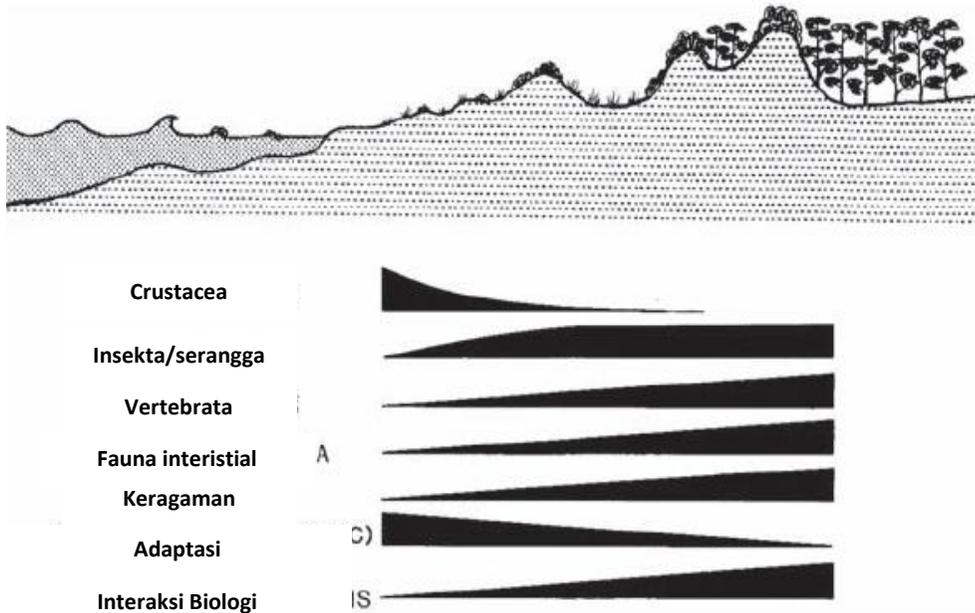
Pantai berpasir umumnya dijadikan kawasan wisata pantai karena keindahan alamnya. Kawasan pantai berpasir yang sudah berkembang seperti : kawasan pantai Sanur dan Kuta (Bali), Pantai Pangandaran, Carita & Pelabuhan Ratu (Jawa Barat), Parang Tritis (Yogyakarta), Pantai Natsepa & Liang (Maluku). Tumbuhan yang dominan tumbuh adalah kelapa (*Cocos nucifera*), cemara laut (*Casuarina equisetifolia*), waru laut (*Hibiscus tiliaceus*) dan ketapang (*Terminalia catappa*). Pada daerah pantai berpasir juga terdapat perbedaan pada butiran pasir, ditemukan pantai berpasir kasar dan pantai berpasir halus (Tabel 3).

Parameter utama yang sangat mempengaruhi daerah pantai berpasir adalah 1) pola arus yang dinamis, 2) gelombang yang akan melepaskan energinya di pantai, 3) angin yang juga merupakan pengangkut pasir, 4) kisaran suhu yang luas, 5) kekeringan, 6) partikel yang padat (kekeruhan), dan 7) substrat yang tidak stabil (Hutabarat *et al.*, 2009).

Tabel 3. Perbedaan pantai berpasir kasar dan halus

Pantai berpasir kasar	Perbedaan	Pantai berpasir halus
Curam	Kemiringan	Landai
Tinggi	Aksi gelombang	Rendah
Rendah	Kapilaritas	Tinggi
Tinggi	Permeabilitas	Rendah
Tinggi	Oksigen	Rendah
Sedikit	Bakteri	Banyak
Rendah	Bahan Organik	Tinggi

Sumber : Mays (1996) *dalam* Bengen (2002)



Gambar 5. Penampang melintang keberadaan fauna pada gumuk pasir di wilayah tropik (Sumber : McLachlan, 1991 *dalam* McLachlan & Brown, 2006).

b. Pantai Berlumpur

Pantai berlumpur merupakan hamparan lumpur sepanjang pantai yang dihasilkan dari proses sedimentasi atau pengendapan, biasanya terletak di dekat muara sungai. Lumpur tersebut terdiri atas partikel-partikel halus yang mengandung humus atau gambut. Tanah pantai ini mempunyai kandungan oksigen yang rendah dan hanya terdapat pada lapisan permukaan. Sedangkan kandungan asam sulfidanya cukup tinggi sehingga dapat mereduksi senyawa besi (ferri) di dalam tanah menjadi senyawa ferrosulfida (FeS_2) atau firit.

Umumnya organisme yang menempati daerah ini mengadaptasikan dirinya dengan dua cara yaitu menggali substrat dan membuat saluran habitat. Adaptasi terhadap kondisi anaerobik dan makanan dilakukan dengan cara membuat beberapa jalan yang dapat mengalirkan air dari permukaan yang

mengandung oksigen ke bawah. Adaptasi terhadap rendahnya ketersediaan oksigen adalah dengan membentuk alat pengangkut (misalnya, hemoglobin) yang dapat terus menerus mengangkut oksigen dengan konsentrasi yang lebih baik dibandingkan dengan pigmen yang sama pada organisme lain (Hutabarat *et al.*, 2009).

Tanah pantai berasal dari endapan lumpur yang di bawah oleh aliran sungai. Lumpur yang berasal dari laut mengandung cangkang-cangkang foraminifera, fragmen-fragmen karang, cangkang molusca dan bahan lain yang menjadi sumber kapur yang penting bagi pantai berlumpur.

Struktur dan komposisi tumbuhan di kawasan pantai berlumpur Indonesia merupakan formasi hutan mangrove yang didominasi oleh *Rhizophora* sp., *Avicennia* sp., *Bruguiera* sp., *Ceriops tagal.*, *Sonneratia* sp., dan *Xylocarpus* sp.

c. Pantai Berawa

Pantai berawa merupakan daerah yang tergenang air, baik secara permanen ataupun temporer. Tanah dan air pantai ini memiliki tingkat keasaman yang tinggi. Hutan berawa umumnya ditumbuhi oleh jenis tumbuhan seperti nipah (*Nypa fruticans*), nibung (*Oncosperma tigillaria*), sagu (*Metroxylon sago*), medang (*Decassia cassia*), jelutung (*Dyera* sp.), dll.

d. Pantai Berbatu

Pantai berbatu merupakan pantai yang berbatu-batu memanjang ke laut dan terendam di air. Umumnya terdiri dari bongkahan-bongkahan batuan granit. Pantai ini merupakan satu dari lingkungan pesisir dan laut yang cukup subur. Kombinasi substrat keras untuk penempelan, seringnya aksi gelombang dan perairan yang jernih menciptakan suatu habitat yang menguntungkan bagi biota laut.

Fauna yang ditemukan di pantai berbatu digolongkan dalam tiga zona yakni 1) zona supralitoral, terletak di atas air pasang yang masih menerima percikan air laut, ditemukan siput, Cyanobakteri, kadang-kadang algae merah (*Porphyra*) atau algae coklat (*Fucus*). 2) Zona eulitoral, berada antara

air pasang dan surut. Pada zona ini hidup kerang (*Balanus* sp.), Kerang (*Mytilus*) dan algae coklat (*Fucus*), siput gastropoda, kepiting (*Carcinus*) dan bulu babi. 3). Zona sublitoral berada di bawah air surut, ditemukan berbagai organisme ; algae koralin, tunicata, ikan, dsb.

Komunitas biota di daerah berbatu jauh lebih kompleks dari daerah lain karena bervariasinya relung (niche) ekologis yang disediakan oleh genangan air, celah-celah batu, permukaan batu dsb, dan hubungan mereka yang bervariasi terhadap cahaya, gerakan air, perubahan suhu dan faktor lainnya (Hutabarat *et al.*, 2009). Hal yang sama dijelaskan oleh Mackinnan *et al.*, (2000) bahwa biota atau fauna yang ditemukan di pantai berbatu-batu dapat menyesuaikan diri untuk bertahan terhadap kekuatan gelombang, kekeringan berkala, suhu tinggi dan salinitas yang berubah-ubah. Fauna tersebut mempunyai sarana yang efisien untuk mempertahankan pegangannya

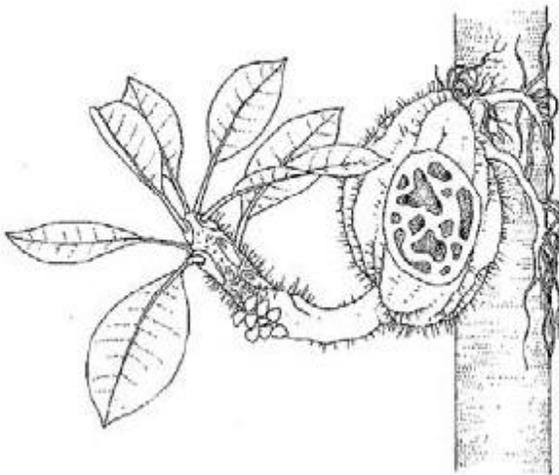
Parameter utama yang sangat mempengaruhi kondisi pantai berbatu adalah : a) fenomena pasang, dinamikanya sangat berpengaruh terhadap biota yang menginginkan kondisi alam yang bergantian antara tergenang dan terbuka, dan b) gelombang, energi yang dihempaskan bisa merusak komunitas biota yang menempel di batu-batuan, terutama pada batu yang langsung menghadap ke laut (Dahuri *et al.*, 2003).

3.2 Ekologi Hutan Pantai Indonesia

Indonesia merupakan salah satu negara dengan garis pantai terluas di Asia Tenggara (81.000 km). Di sepanjang pantai tersebut ditumbuhi oleh berbagai vegetasi pantai. Salah satunya adalah vegetasi hutan pantai. Istilah hutan pantai pertama kali disebutkan oleh Whitford (1911) sebagai salah satu tipe hutan. Kondisi hutan pantai umumnya berbentuk substrat pasir serta ditemukan beberapa jenis tumbuhan pioneer. Umumnya lebar hutan pantai tidak lebih dari 50 meter dan tidak jelas batas zonasinya dengan tipe hutan lainnya serta memiliki tinggi pohon mencapai 25 meter (Goltenboth *et al.*, 2006).

Soerianegara dan Indrawan (2005) menyebutkan beberapa ciri khas hutan pantai, antara lain 1) tidak terpengaruh iklim, 2) tanah kering (tanah pasir, berbatu karang, atau lempung), 3) tumbuh di pantai (tanah rendah pantai), 4) pohon-pohon kadang penuh dengan epifit antara lain paku-pakuan dan anggrek di Indonesia banyak ditemukan di pantai selatan Pulau Jawa, pantai barat daya Pulau Sumatera dan Pantai Sulawesi.

Secara umum hutan pantai memiliki keragaman jenis yang rendah. Biasanya di hutan pantai ditemukan jenis conifer (daun jarum), liana serta tumbuhan (pohon) berbunga yang disertai dengan kelimpahan *Pandanus* sp. dan *Barringtonia* sp. Beberapa jenis epifit juga ditemukan dibatang *Barringtonia* seperti dari jenis *Myrmecodia* sp (Gambar 6). Di hutan pantai tidak ditemukan komunitas vertebrata yang spesifik. Meskipun demikian, hutan pantai juga dijadikan sebagai habitat favorit jenis langka seperti *Cacatua* sp., *Tanygnathus* sp., atau *Megapodius* sp. dll. Beberapa jenis burung seperti tertera pada Tabel 4 juga ditemukan di jenis *Erythrina orientalis* saat musim berbunga.



Gambar 6. Jenis *Myrmecodia* sp. (Rubiaceae) yang berasosiasi dengan vegetasi pantai (Sumber : Goltenboth *et al.*, 2006).

Tabel 4. Jenis burung yang mengunjungi tanaman *Erythrina orientalis* saat berbunga

No	Jenis	Hubungan
1.	<i>Cacatua</i> sp.	Merusak bunga
2.	<i>Dicrurus hottentottus</i>	Polinator & mengambil nektar
3.	<i>Aegithina tiphia</i>	Polinator & mengambil nektar
4.	<i>Aplonis panayensis</i>	Polinator & mengambil nektar
5.	<i>Nectarinia jugularis</i>	Polinator
6.	<i>Anthreptes malacensis</i>	Polinator
7.	<i>Prionochilus</i> sp.	Polinator

Sumber : Goltenboth *et al.*, (2006)

Karakteristik suksesi hutan pantai biasanya didahului oleh dominasi tumbuhan merambat yakni *Ipomoea pes-caprae* yang selanjutnya disebut dengan *formasi pescaprae*. Di belakang formasi tersebut ditemukan formasi vegetasi inti hutan pantai yakni formasi *Barringtonia*. Kedua formasi tersebut tentunya memiliki komunitas tumbuhan yang khas sebagai penciri dari masing-masing formasi dan ditemukan pada 2 (dua) bahan induk yakni pada pantai berpasir dan pantai berbatu. Pola penyebaran benih beberapa jenis vegetasi hutan pantai biasanya dibantu oleh air laut (*Barringtonia* sp., *Terminalia catappa* dan *Callophyllum inophyllum*) (Gambar 7), burung seperti kelelawar (*Terminalia catappa* dan *Callophyllum inophyllum*) (Mabberley 1990 dalam Monk *et al.*, 2000) dan *Scaevola taccada* (Leenhout, 1959 dalam Whitten *et al.*, 1987) serta dibantu oleh angin seperti pada jenis *Heritiera* sp. (Goltenboth *et al.*, 2006).

Pantai Berpasir

Secara singkat penjelasan pantai berpasir sudah dijelaskan sebelumnya. Secara umum pantai berpasir bervariasi bentuknya berdasarkan deposit pantai diantaranya : gumuk pasir (*sand dunes*), spits dan pasir bawaan. Gumuk pasir, merupakan tumpukan bukit yang terbentuk oleh pasir yang tertiuip oleh angin. Beberapa daerah di Indonesia yang memiliki bukit-bukit pasir (gumuk pasir) diantaranya di Pantai utara Madura, Parangtritis dekat Yogyakarta, di barat laut

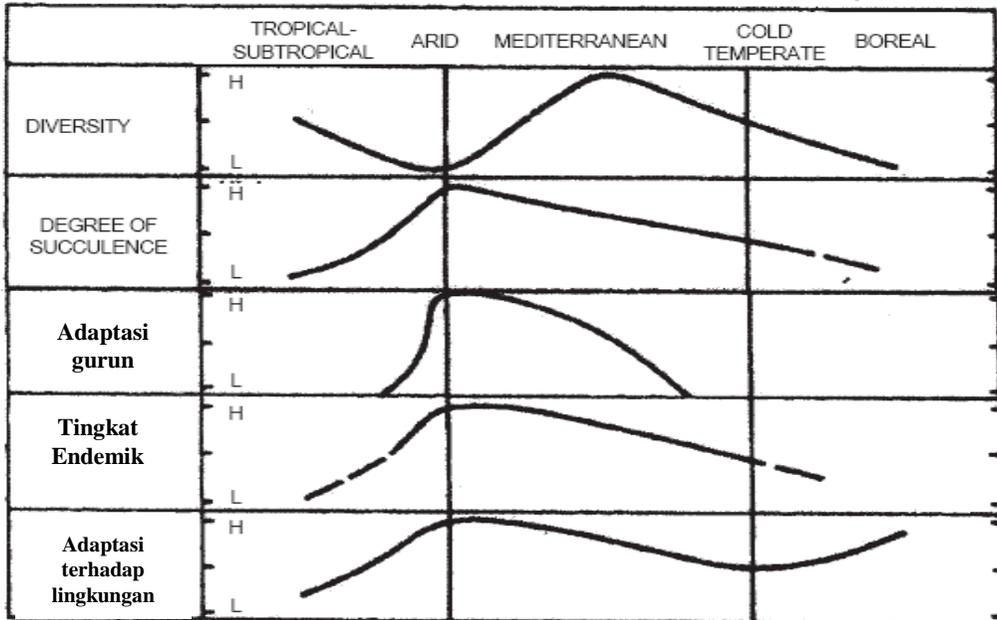
Jawa, dekat Puger dan di dekat sebuah danau dangkal di sebelah tenggara Lumajang serta di bagian barat Sumatera.

Salah satu tumbuhan khas dari gumuk pasir ini adalah rumput angin (*Spinifex littoreus*). Menurut Wong (2005) bahwa gumuk pasir di Parangtritis merupakan gumuk pantai (pasir) terbesar dan terbaik di wilayah Asia Tenggara. Secara umum gumuk pasir pantai di daerah tropis dan sub tropis memiliki keanekaragaman tanaman yang cukup tinggi dengan tingkat endemisitas dan derajat sekulensi tanaman yang rendah (Gambar 8).

Pantai berpasir sangat dinamik sesuai dengan kondisi musim. Kondisi musim sangat berpengaruh terhadap profil pantai, gradient pantai dan ukuran butiran pasir (Wong, 1981 dalam Wong, 2005). Butiran pasir ada yang terbentuk dari sedimen vulkanik hitam yang ditemukan di pantai Bali, Senggigi Lombok, Davao Bult (yang berasal dari material pegunungan Apo) (Bird, 1985 dalam Wong 2005). Selain itu, juga dijumpai jenis butiran pasir yang berasal dari pecahan karang seperti yang ditemukan di pulau Seribu.



Gambar 7. Buah dan biji dari beberapa jenis pohon hutan pantai yang penyebarannya dibantu arus air laut (kiri atas : buah *Calophyllum inophyllum*, kiri bawah : buah *Terminalia cattapa*, kanan : buah *Barringtonia asiatica*) (Koleksi foto Penulis).



Gambar 8. Kecenderungan umum tanaman di gumuk pasir pantai berdasarkan latitude, H = High & L = Low (Sumber : Hesp 1991 dalam McLachlan & Brown, 2006).

Di Asia Tenggara (termasuk Indonesia), terdapat 2 (dua) formasi vegetasi pantai berpasir yakni formasi ***Pes-caprae*** dan formasi ***Barringtonia***. Formasi ***Pes-caprae*** diambil dari nama jenis herba berbunga ungu, merambat dengan daun tebal seperti kaki kambing, *Ipomoea pes-caprae*. Formasi ini biasanya berada pada daerah pasang tertinggi dan pada semua pantai terbuka di daerah tropika yang sering ditumbuhi kelompok spesies perintis yang terpisah-pisah, yang masing-masing mungkin mempunyai kerapatan yang agak rendah. Beberapa di antara tumbuhan ini tumbuh dari biji yang terapung-apung yang terbawa ombak sampai ke batas pasang surut tertinggi. Leeuwen (1927) dalam Monk *et al* (2000) menjelaskan bahwa jenis *Ipomoea pes-caprae* biasanya tidak berbuah di tempat yang jauh dari garis pantai, karena jenis ini tampaknya mengalami penyerbukan oleh *Xylocopa* dan Hymenoptera lainnya.

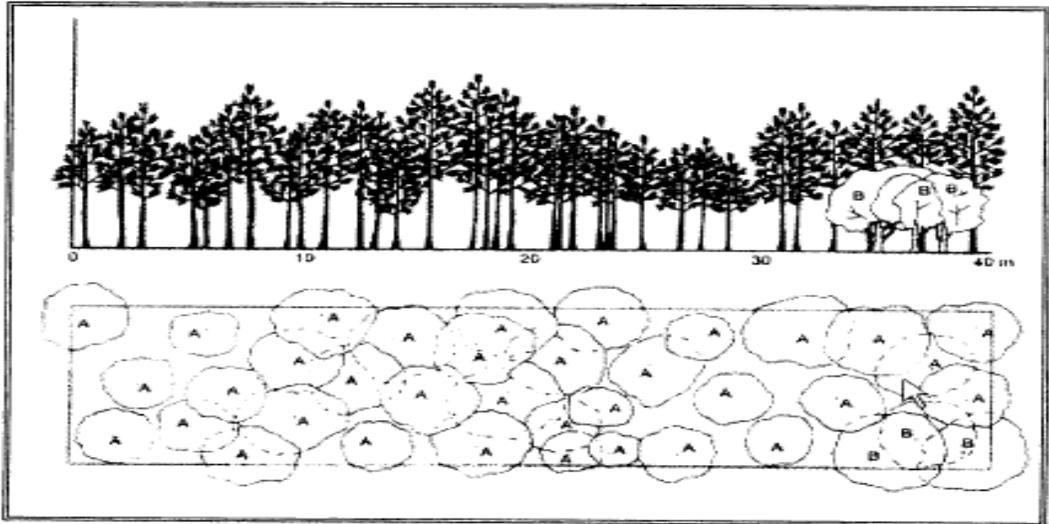
Zona ini memiliki jenis tumbuhan yang mampu tumbuh di tanah yang berkadar garam (salinitas) tinggi, mempunyai kemampuan menyesuaikan diri

pada keadaan pasir yang kering, terhadap angin, terhadap tanah yang miskin unsur hara dan terhadap suhu tanah yang tinggi serta memiliki akar yang dalam (Anwar *et al.*, 1984; Wong, 2005).

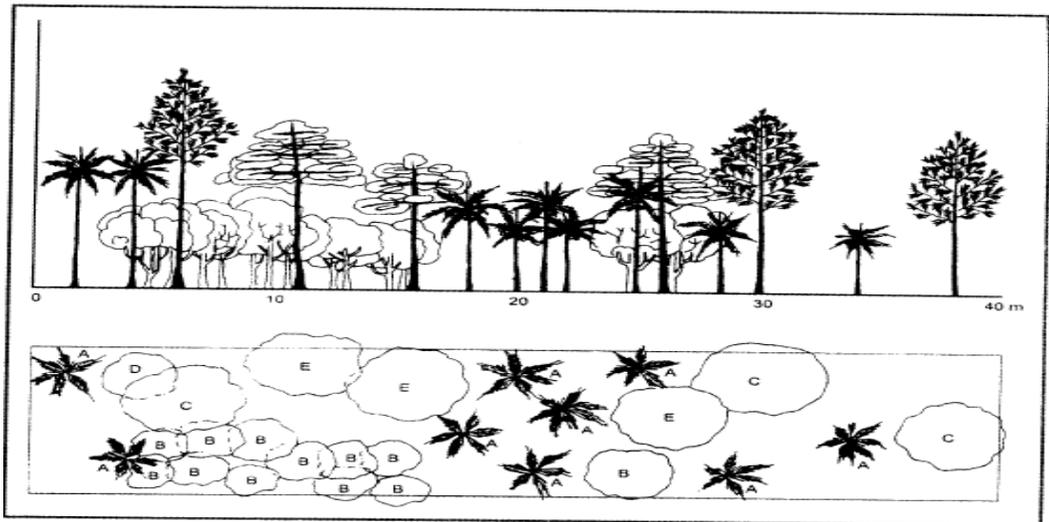
Tumbuhan yang biasa ditemukan pada formasi ini adalah 1) jenis-jenis legum, diantaranya *Canavalia maritima* & *Vigna marina*, 2) rumput-rumputan, diantaranya *Cyperus maritima* dan 3) semak-semakan yang menjalar di atas pasir, diantaranya *Spinefex littreus*, *Andropogon zizanioides* dan *Thuarea involuta*. Marga vegetasi yang ditemukan dominan pada formasi ini adalah *Ipomoea* (Convolvulaceae) dan *Canavalia* (Fabaceae). Pada kebanyakan pantai di Indonesia ditemukan tegakan cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) yang berasosiasi dengan formasi pes-caprae (Monk *et al.*, 2000; Wong, 2005) (Gambar 9). Selain itu juga ditemukan pohon kelapa (*Cocos nucifera*) dari famili Palmae yang tumbuh di wilayah pantai (Gambar 10). Goltenboth *et al.*, (2006) menyebutkan bahwa pohon kelapa merupakan jenis asli dan tumbuh baik di wilayah Asia Tenggara dan bukan penghuni asli ekosistem pantai. Pada zona ini sering ditemukan kepiting dan laba-laba. Secara umum, formasi ini ditemukan hampir di seluruh daerah di Indonesia (Anwar *et al.*, 1984; Whitten *et al.*, 1987; Whitten *et al.*, 1999; Monk *et al.*, 2000; Johns *et al.*, 2006).

Pada beberapa pantai di Indonesia terdapat modifikasi formasi pes-caprae yang sesuai dengan kondisi alami, diantaranya di pulau Gili Lombok dimana formasi pescaprae didominasi oleh kaktus. Sedangkan di Sulawesi Utara sangat miskin pescaprae karena pantai-pantainya memiliki pasir vulkanik hitam yang mengabsorpsi panas yang ekstrem (Whitten *et al.*, 1987).

Bagi praktisi rehabilitasi pesisir, keberadaan *Ipomoea pes-caprae* dijadikan sebagai indikator biologis yang menandakan bahwa lokasi tersebut memiliki kesesuaian yang tinggi untuk ditanami cemara, nyamplung, bintaro, ketapang, putat laut, waru dan jenis tanaman pantai lainnya (Wibisono dan Suryadiputra, 2006). Pengalaman ini telah dilakukan pada kegiatan rehabilitasi pantai pasca tsunami di Aceh.



Gambar 9. Profil tumbuhan hutan pioneer *Casuarina equisetifolia*-*Hibiscus tiliaceus* di pantai Minarjerwi, Papua Bagian Selatan. A. *Casuarina equisetifolia*; B. *Hibiscus tiliaceus*. (Sumber : Shea *et al.*, 1996 dalam Jhons *et al.*, 2006)



Gambar 10. Profil tumbuhan pantai yang didominasi *Cocos nucifera*-*Casuarina equisetifolia*-*Terminalia catappa*-*Hibiscus tiliaceus* di pasir hitam pantai Minarjerwi, Papua Bagian Selatan. A. *Cocos nucifera*; B. *Hibiscus tiliaceus* C. *Casuarina equisetifolia*; D. *Baringtonia* sp. E. *Terminalia catappa* . (Sumber : Shea *et al.*, 1996 dalam Jhons *et al.*, 2006).

Di bawah ini dapat dijelaskan deskripsi singkat jenis tumbuh-tumbuhan yang menyusun struktur dan komposisi formasi *Pes-caprae*, sebagai berikut :

***Ipomoea pes-caprae* (L.) Sweet.** atau katang-katang (Convolvulaceae) merupakan herba tahunan dengan akar yang tebal. Panjang batang 5-30 m dan menjalar, akar tumbuh pada ruas batang. Batang berbentuk bulat, basah dan berwarna hijau kecoklatan. Daun Tunggal, tebal, licin dan mengkilat. Bunga berwarna merah muda-ungu dan agak gelap di bagian pangkal bunga. Buah berbentuk kapsul bundar hingga agak datar dengan empat biji berwarna hitam dan berambut rapat. Ukuran: buah 12-17 mm, biji 6-11 mm. Jenis ini tumbuh liar mulai dari permukaan laut hingga 600 m, biasanya dipantai berpasir, tetapi juga tepat pada garis pantai, serta kadang-kadang pada saluran air. Ditemukan hampir diseluruh pantai tropis (Noor *et al.*, 2006).



Gambar 11. Kenampakan ***Ipomoea pes-caprae* (L.) Sweet.** (Koleksi pribadi)

***Canavalia maritima* Thou.** (Fabaceae) merupakan terna tahunan dengan batang yang melata atau memanjat, menjadi berkayu sejalan dengan umur. Polong menyilinder padat, merekah tersusun spiral, kadang-kadang meletus dan coklat muda. Daun berseling, berdaun tiga; daun pinak menjorong sampai hampir membundar. Perbungaan tandan, menggantung atau tegak. Bunga 2-3 menyatu, ungu-kemerahmudaan, kadang-kadang kebiruan, sering dengan bagian putih atau kuning; kelopak menggenta. Berbunga sepanjang tahun, walaupun di daerah subtropis. Biji menjorong, coklat dengan tanda yang agak lebih gelap. Bijinya ringan dan dapat mengapung dan kedap air. Tersebar luas sepanjang pantai di seluruh daerah tropis dan daerah subtropis yang hangat, kecuali daerah Mediteranian (www.prosea.net, 2009).

Vigna marina atau Kacang Laut (Fabaceae) adalah terna melata yang hidupnya singkat, batang agak sukulen, gundul atau dengan agak berbulu. Berdaun majemuk tiga, sukulen sampai berselaput. Bunga kuning. Buah polong agak menyilinder, tegak atau agak melengkung, tidak melekah, hitam. Biji agak membulat sampai mengginjal, coklat keabu-abuan, dengan hilum kekuningan yang menonjol. Jenis ini tumbuh alami di sekitar pantai berpasir atau berbatu, tepat di atas daerah pasang surut, di danau pantai dan di mulut sungai, tidak tumbuh pada daerah yang sangat tinggi. Tumbuh baik pada tanah basah dan berdrainase kurang bagus. Minimum curah hujan tahunan yang dibutuhkan 500 mm. Sangat peka terhadap hujan es dan sangat toleran pada garam (www.prosea.net, 2009; www.plantamor, 2009)

***Cyperus pedunculatus* (R. Br) Kern (Cyperaceae)** merupakan jenis teki yang agak sukulen dengan batang tegak dan berrimpang panjang, menjalar. Daun penuh sesak dan tebal. Perbungaan terdiri atas 3-7 bulir yang padat, melekat, membulat telur atau menjorong masing-masing dengan sekitar 30 buliran. Jenis ini melimpah secara lokal pada pantai pasir dan bukit pasir sepanjang pantai. Secara umum jenis ini menyebar di seluruh pantai tropik; dijumpai di seluruh Asia tenggara termasuk Indonesia (www.prosea.net, 2009).

***Spinifex littoreus* Merril** (Poaceae) merupakan jenis rumput yang tingginya dapat mencapai 90 cm, buliran dalam tandan disokong oleh seludang

yang berbentuk seperti gagang yang diikat pada struktur mementol yang berduri, dengan diameter mencapai 30 cm. daun yang kaku dan berduri berwarna hijau muda sampai kekuningan. Tumbuh secara berumpun cukup banyak sepanjang pantai dan bukit pasir. Ditemukan di pantai-pantai dari India dan Sri Lanka sampai Asia Tenggara termasuk Indonesia hingga ke Taiwan dan Jepang Selatan (Heyne, 1987; www.prosea.net, 2009).



Gambar 12. Kenampakan jenis *Spinifex littoreus* Merril di gumuk pasir di Kabupaten Kebumen (Foto : Adji)

Vetiveria zizanioides atau akar wangi (Poaceae) merupakan rumput menahun yang membentuk rumpun yang besar, padat dengan arah tumbuh tegak lurus, kompak, beraroma, bercabang-cabang, memiliki rimpang dan sistem akar serabut yang dalam. Daun berbentuk bangun garis, pipih, kaku, panjang 30-75 (-90) cm dan lebar 4-10(-15) mm. Perbungaan malai (tandan majemuk), panjang nya mencapai 15-40 cm, tersusun atas 6-10 lingkaran hingga 20 lingkaran yang lebih ramping, tiap tandan memiliki panjang mencapai 10 cm; ruas yang terbentuk antara tandan dengan tangkai bunga berbentuk benang,

namun di bagian apeksnya tampak menebal. Tumbuh baik pada kondisi lingkungan sangat basah atau sangat kering. Jenis ini dapat tumbuh pada kondisi tanah tandus dan pada tipe tanah yang beragam termasuk yang mengandung garam. Meskipun telah mengalami kebakaran, terinjak-injak, ataupun habis karena dimakan hewan, jenis rumput ini masih dapat tetap tumbuh. Saat ini telah tumbuh di seluruh daerah tropis dan banyak tempat di daerah subtropis (www.prosea.net, 2009)

Sesuvium portulacastrum (L.) L. atau disebut Gelang laut (Molluginaceae/Aizoaceae) merupakan herba tahunan, menjalar, seringkali memiliki banyak cabang. Panjangnya hingga 1 m dengan batang berwarna merah cerah, halus dan ditumbuhi akar pada ruasnya. Daun tebal berdaging, bulat memanjang hingga lanset, ujung membundar, ukurannya 2,5-7 x 0,5-1,5 cm. Bunga kecil warna ungu. Buah berbentuk kapsul, bundar dan halus, panjang melintang kira-kira 7 mm. Terdapat biji hitam berbentuk kacang, halus dan panjangnya 1,5 mm. Seringkali ditemukan disepanjang bagian tepi daratan mangrove, pada hamparan lumpur dan gundukan pasir, pada areal yang secara tidak teratur digenangi oleh pasang surut. Substrat tumbuh berupa pasir, lumpur dan tanah liat. Jenis pantropis, ditemukan di sepanjang pesisir Jawa, Madura, Sulawesi dan Sumatera serta di TWA Pulau Pombo (Heyne, 1987; Noor *et al.*, 2006)

Ischaemum muticum L atau rumput tembaga merupakan rumput menahun dengan akar rimpang yang panjang. Pelepah daun berwarna hijau terang atau ungu yang agak bertumpuk-tumpuk dengan helaian daun yang sangat pendek, bentuk lanset-membundar telur sampai memita. Perbungaan terminal, terdiri dari 2 tandan yang menyatu, buliran berpasang-pasangan, satu melekat dan satu bertangkai; buliran yang melekat gundul, sedangkan buliran yang bertangkai berambut. Jenis ini merupakan penjajah habitat terbuka dan terganggu yang agresif dan dapat berkembang menjadi belukar yang lebat pada saluran drainase dan selokan. Toleran terhadap kondisi basah, terutama banjir, dan musim kering yang pendek. Dijumpai di daerah-daerah dengan curah hujan lebih dari 1500 mm per tahun. Keberadaan jenis ini sebagai indikator kesuburan

tanah yang rendah. *Ischaemum muticum* berasal dari Asia Tenggara dan Selatan (www.prosea.net, 2009).

Formasi ***Barringtonia***, formasi ini merupakan zona terakhir yang berbatasan dengan tipe ekosistem hutan lainnya, terdapat pada daerah lepas pantai dengan kadar salinitas agak sedikit rendah. Makin jauh dari tepi pantai ke arah daratan semakin banyak ditemukan belukar dan pepohonan. Tumbuhan pada zona ini berdaun tebal dan mengkilap serta didominasi oleh *Barringtonia* sehingga kemudian disebut dengan formasi ***Barringtonia***. Anwar *et al.*, (1984) menjelaskan bahwa *Barringtonia asiatica* sebagai penciri zona ini tidak selalu terdapat di formasi ini. Buah dari pepohonan pada formasi ini mempunyai kemampuan untuk tetap mengembang di atas air sehingga mudah terbawa oleh arus laut. Fairchild (1943) dalam Monk *et al* (2000) menyebutkan buah *Barringtonia* dapat mengapung selama berminggu-minggu atau berbulan-bulan tanpa mengalami kerusakan.

Jenis tumbuhan yang menyusun struktur dan komposisi zona ini adalah Butun (*Barringtonia asiatica*), nyamplung (*Calophyllum inophyllum*), ketapang (*Terminalia catappa*), *Hernandia peltata*, *Cerbera manghas*, *Erythrina orientalis*, *Pongamia pinnata*, *Hibiscus tiliaceus*, *Guettarda speciosa*, *Morinda citrifolia*, *Sophora tomentosa*, dll. Vegetasi yang lain adalah *Euphorbia atoto*, *Vitex ovata*, *Scaevola taccada*, *Tournefortia argentea*, *Crinum asiaticum* L, *Pandanus tectorius* dan *Opuntia elatior* Mill. Secara umum jenis vegetasi pohon (berkayu) yang tumbuh di hutan pantai dapat ditemukan di hutan pantai Asia Tenggara (Tabel 5). Vegetasi pada zona ini toleran terhadap hembusan garam (air asin), terhadap tanah yang miskin hara dan masa kering secara musiman (Anwar *et al.*, 1984). Fauna yang lazim ditemukan di zona ini adalah kadal dan penyu.

Tabel 5. Jenis tumbuhan berkayu yang umumnya ditemukan di hutan pantai Asia Tenggara

Nama Ilmiah	Famili	Nama Ilmiah	Famili
<i>Cycas circinalis</i>	Cycadaceae	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Malvaceae
<i>Pongamia pinnata</i>	Fabaceae	<i>Thespesia populnea</i>	Malvaceae
<i>Erythrina orientalis</i>	Fabaceae	<i>Heritiera littoralis</i>	Sterculiaceae
<i>Pterocarpus indicus</i>	Fabaceae	<i>Melia dubia</i>	Meliaceae
<i>Intsia bijuga</i>	Fabaceae	<i>Xylocarpus granatum</i>	Meliaceae
<i>Calophyllum</i>	Guttiferae	<i>Xylocarpus</i>	Meliaceae
<i>inophyllum</i>		<i>moluccensis</i>	
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarinaceae	<i>Mimusops parviflora</i>	Sapotaceae
<i>Ficus sp.</i>	Moraceae	<i>Morinda citrifolia</i>	Rubiaceae
<i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae	<i>Scaevola taccada</i>	Goodeniaceae
<i>Osbornia octodonta</i>	Myrtaceae	<i>Premna odorata</i>	Verbenaceae
<i>Barringtonia asiatica</i>	Lecythidaceae	<i>Cocos nucifera</i>	Palmae
<i>Pempis acidula</i>	Lythraceae	<i>Pandanus tectorius</i>	Pandanaceae

Sumber : Goltenboth *et al.*, (2006)

Zona ini juga rentan terhadap gangguan, terutama aktivitas pengambilan kayu bakar dan kegiatan eksploitasi lainnya. Formasi *barringtonia* biasanya menempati areal yang tidak luas yaitu 25 - 50 m pada daerah yang landai dan akan berkurang luasnya di pantai yang terjal dan berbatu-batu. Menurut Sogiarto & Polunin (1981), area pantai yang tidak terganggu pada formasi ini biasanya ditumbuhi dengan pohon yang kanopinya dan kehadiran tumbuhan bawah yang cukup rapat. Jika terganggu dan terbuka, maka biasanya daerah ini ditumbuhi oleh paku-pakuan, rumput, jahe-jahean dan herba.

Di bawah ini dapat dijelaskan deskripsi singkat jenis tumbuh-tumbuhan yang menyusun struktur dan komposisi formasi *Barringtonia*, yakni sebagai berikut :

***Barringtonia asiatica* Kurz** (Lecythidaceae) atau yang dikenal dengan sebutan *keben* atau *butun* memiliki tinggi pohon antara 15-17 m (Gambar 13),

bunga putih dengan ukuran besar yang mekar pada malam hari dan pembungaan dibantu oleh kelelawar dan lebah madu. Buah besar berbentuk persegi empat dan penyebarannya dengan bantuan air laut. Jenis ini tumbuh pada ketinggian 0-350 m dpl (Sugiarto dan Ekariyono, 1996; Goltenboth *et al.*, 2006).

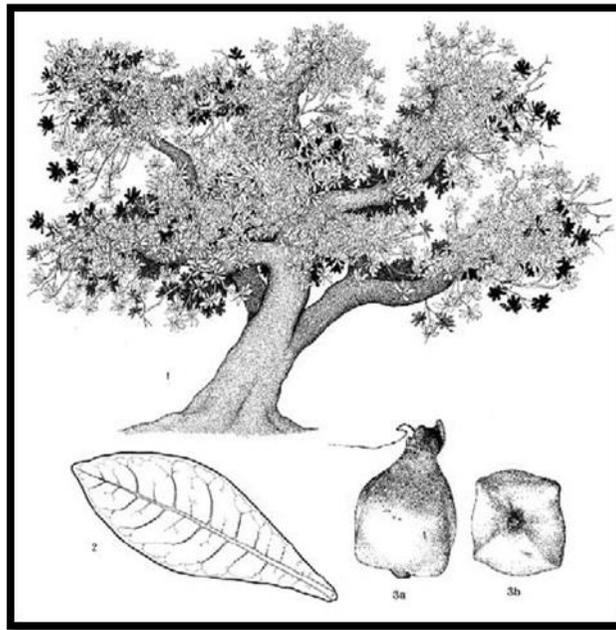
Calophyllum inophyllum L. (Guttiferae), jenis ini umumnya disebut dengan nama bintangur atau nyamplung. Pohon dengan tinggi sampai 30 m, diameter 80 cm ke atas dan memiliki getah lekat berwarna putih atau kuning (Gambar 14). Jenis ini memiliki daun besar, keras dan licin serta memiliki banyak urat, bentuk daun elips hingga bulat memanjang, buah berbentuk bulat seperti bola pingpong kecil, memiliki tempurung keras dan didalamnya terdapat satu biji dengan ukuran 2,5-4 cm. Tumbuh pada tanah dekat pantai sampai pada tanah kering di bukit-bukit sampai ketinggian 800 m dpl. Pohon berbuah sepanjang tahun. Penyebaran buah melalui arus laut atau oleh kelelawar (Sugiarto dan Ekariyono, 1996; Martawijaya, *et al.*, 2005; Noor *et al.*, 2006).

Terminalia catappa L. (Combretaceae) atau Ketapang, merupakan salah satu jenis yang mudah dikenali karena memiliki arsitektur pohon seperti pagoda (Gambar 15). Daunnya berbentuk bulat telur dan besar serta buahnya berbentuk panjang bulat agak gepeng. Ketapang tumbuh alami pada pantai berpasir atau berbatu. Toleran terhadap tanah masin dan tahan terhadap percikan air laut; sangat tahan terhadap angin dan menyukai sinar matahari penuh. Mampu bertahan hanya pada daerah-daerah tropis atau daerah dekat tropis dengan iklim lembab. Tumbuh baik pada semua jenis tanah dengan drainase baik (Sugiarto dan Ekariyono, 1996; Goltenboth *et al.*, 2006; Noor *et al.*, 2006).

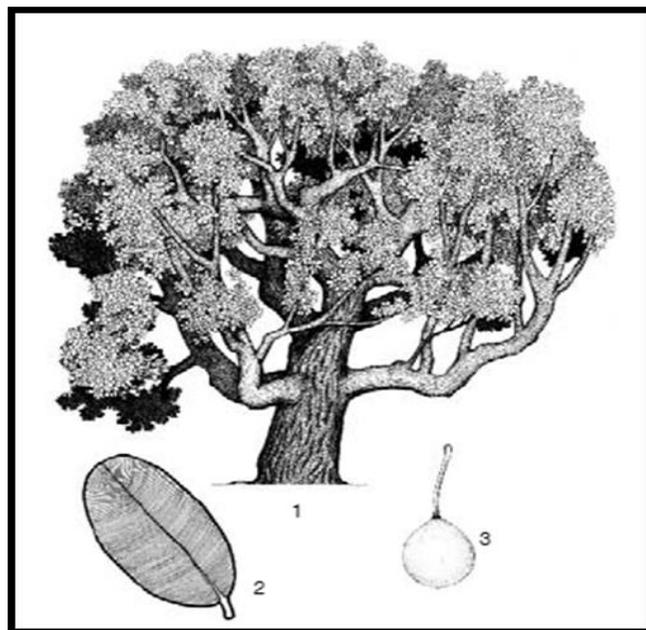
Pandanus tectorius ex Z (Pandanaceae) atau Pandan, pohon dapat mencapai ketinggian hingga 6 m (Gambar 16). Daun Berduri pada sisi daun dan ujungnya tajam. Panjang antara 0,5 – 2,0 meter, Bunga Warna merah ungu. Buahnya seperti buah nenas dan ketika matang berwarna kuning jeruk. Tumbuh pada habitat dengan substrat berpasir di depan garis pantai, terkena pasang surut hingga agak ke belakang garis pantai (Noor *et al.*, 2006).

***Hibiscus tiliaceus* L.** (Malvaceae) atau waru, pohon yang tumbuh tersebar dengan ketinggian hingga mencapai 15 m (Gambar 17). Daun agak tipis berbentuk hati, berkulit dan permukaan bawah berambut halus dan berwarna agak putih serta bersilangan. Bunga berbentuk lonceng. Saat mekar (sore hari) berwarna kuning muda dengan warna jingga/gelap di bagian tengah dasar, lalu keesokan harinya keseluruhan bunga jadi jingga dan rontok. Buah membuka menjadi 5 bagian dan memiliki biji khas yang berambut. Merupakan tumbuhan khas di sepanjang pantai tropis dan seringkali berasosiasi dengan mangrove. Umumnya juga ditemukan di sepanjang pinggir sungai di kawasan dataran rendah. Biji mengapung dan dapat tumbuh meskipun dimasuki air laut (Noor *et al.*, 2006).

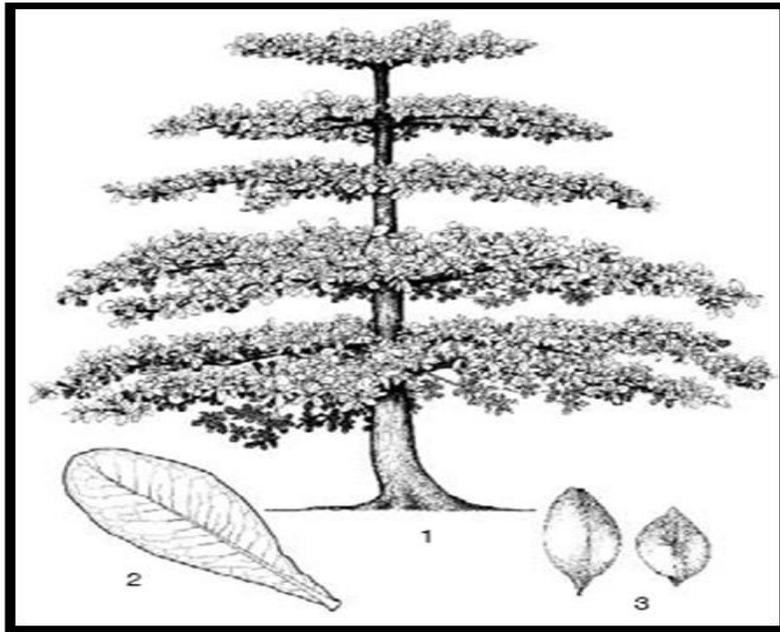
***Casuarina equisetifolia* Blanco.** (Casuarinaceae) atau Cemara laut. Jenis ini berbentuk pohon dengan percabangan halus dan memiliki daun seperti jarum (Gambar 18). Umumnya tumbuh di pinggir pantai berpasir, biasanya dari 0-100 m dpl. Jenis ini membutuhkan banyak sinar matahari, toleran terhadap air garam, tanah berkapur dan agak alkali dan sangat mudah adaptasi pada tanah kurang subur. Jenis ini dapat menambat (fiksasi) N₂ dari atmosfer dengan bantuan bakteri frankia (Goltenboth *et al.*, 2006; Noor *et al.*, 2006).



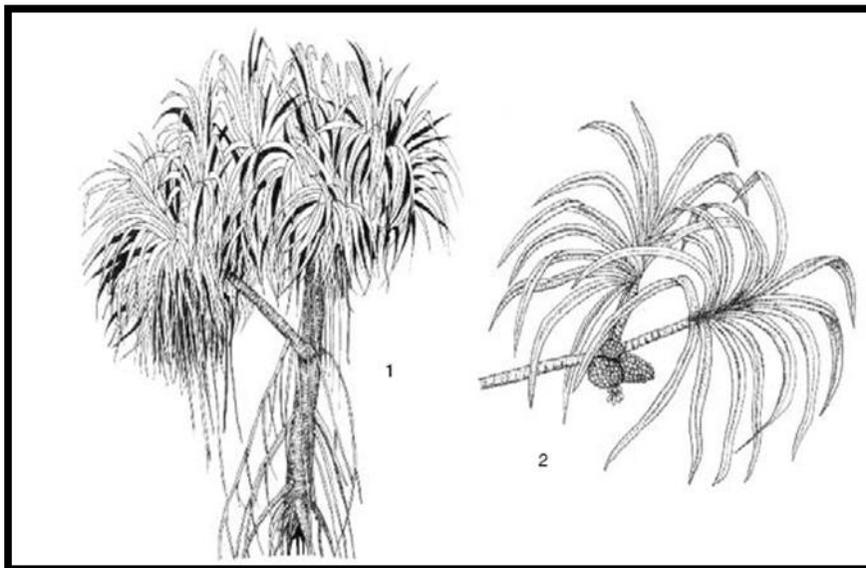
Gambar 13. Kenampakan ohon *Barringtonia asiatica* (1- struktur pohon, 2-daun tunggal & 3-buah) (Goltenboth *et al.*, 2006).



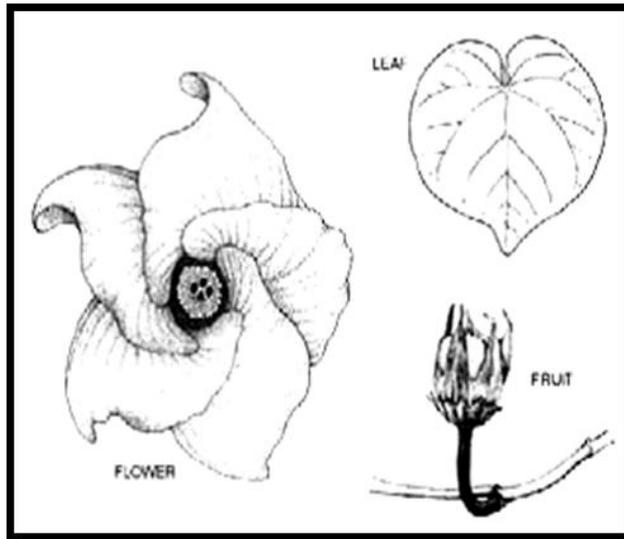
Gambar 14. Kenampakan pohon nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) (1- Pohon dewasa, 2-daun tunggal dan 3-buah) (Goltenboth *et al.*, 2006)



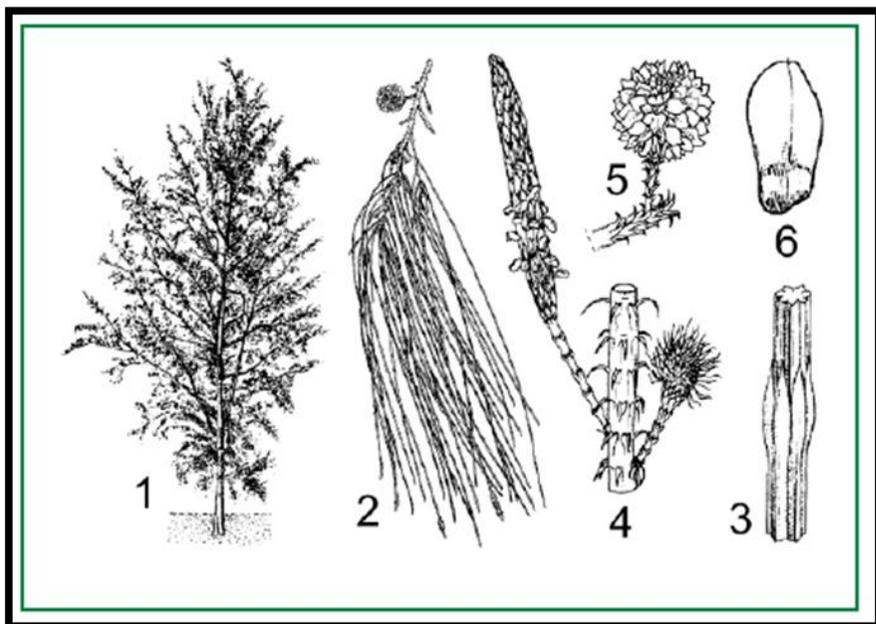
Gambar 15. Kenampakan ohon ketapang (*Terminalia catappa*) seperti pagoda (1-Pohon dewasa seperti pagoda, 2-daun tunggal dan 3-buah) (Goltenboth *et al.*, 2006)



Gambar 16. Kenampakan pandan (*Pandanus tectorius*) (1-struktur, 2-Cabang dengan buah) (Goltenboth *et al.*, 2006)



Gambar 17. Daun, bunga dan buah waru (*Hibiscus tiliaceus*) (Goltenboth *et al.*, 2006)



Gambar 18. Pohon cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) (1. Pohon muda; 2, ranting yang berbunga; 3, bagian dahan; 4. Bunga jantan dan betina; 5 infructescence; 6, buah) (Soerianegara & Lemmens, 1994).

***Cerbera manghas* L.** atau bintaro (Apocynaceae) merupakan pohon atau belukar dengan ketinggian mencapai 20 m. Daun agak gelap, hijau mengkilap di bagian atas dan hijau pucat di bagian bawah. Bentuk daun bulat memanjang atau lanset, seperti daun mangga dengan Ujung meruncing. Biasanya terdapat 20-30 bunga pada setiap tandan terletak di ujung cabang. Buah berbentuk bulat, hijau hingga hijau kemerahan, mengkilat dan berdaging. Ukuran: diameter buah 6-8 cm. Tumbuh di hutan rawa pesisir atau pantai hingga jauh ke darat (400 mdpl), menyukai tanah pasir yang memiliki sistem pengeringan yang baik, terbuka terhadap udara dari laut serta tempat yang tidak teratur tergenang oleh pasang surut. Jenis ini Kemungkinan tumbuh di seluruh Indonesia. Tercatat di Bali, Jawa, Sumatera Barat, Sulawesi Utara, Maluku dan Papua (Noor *et al.*, 2006).



Gambar 19. Kenampakan bunga dan buah bintaro (***Cerbera manghas* L.**)
(Koleksi pribadi)

***Hernandia peltata* atau Binoang laut (Hernandiaceae).** Tinggi pohon antara 10-20 m dengan daun berbentuk perisai. Batang pohon jarang yang lurus dan biasanya bercabang rendah. Bunga berbentuk malai bertangkai panjang dan berwarna putih kehijau-hijauan. Buah berwarna hitam dan keras yang diselubungi pembungkus yang tebal dengan ujung berlubang. Buah jenis ini sangat disukai oleh kalong. Ditemukan di sepanjang pantai berpasir pada semua

daerah tropis sepanjang pantai. Hampir di seluruh daerah Indonesia (Heyne 1987; Sugiarto & Ekariyono 1996).



Gambar 20. Kenampakan daun dan buah binoang laut (***Hernandia peltata***)
(Koleksi pribadi)

Intsia bijuga atau Merbau (Caesalpiniaceae). Pohon, dengan tinggi hingga 50 m dan diameter 160-250 cm; batang bebas cabang 25 m. Kulit mengandung banyak hijau daun. Biasanya berbanir dengan rata-rata mencapai lebar 2 m dan tebal 10 cm. Tajuk agak rapat dan berwarna tua. Daun majemuk bersirip genap, berselang. Bunga majemuk bentuk malai, tangkai utama 5-18 cm dan panjang tajuk bunga 1,5-2,5 cm. Buah merbau memiliki panjang \pm 8,5-23 cm dengan lebar 4-8 cm, satu buah berisi 1-8 biji. biji berbentuk polong, keras, pipih dan tanpa salut biji. Pembungaan : buah mekar pada bulan November-Januari dan buah tua pada bulan Mei-Agustus. Jenis ini sering ditemukan pada daerah tepi pantai dengan curah hujan lebih dari 2000 mm per tahun. Tumbuh di hutan primer atau sekunder pada berbagai tipe tanah, tetapi tidak pada gambut dengan iklim A-D. Umumnya ditemukan di Kalimantan, Sumatera dan Sulawesi, Maluku dan Papua. **Status Konservasi** : List Appendix III CITES : jenis Vulnerable (terancam punah) (Mahfudz *et al.*, 2004 & 2006).



Gambar 21. Kenampakan batang berbanir, buah dan biji merbau (Koleksi pribadi)

Pongamia pinnata Merril (Leguminosae), Semak atau pohon bercabang melebar. Pepagan halus atau melekah tegak lurus samar-samar, abu-abu. Daun menyirip ganjil, merah muda saat muda, hijau tua mengkilap di atas dan hijau pudar dengan urat menonjol di bawah saat tua; anak daun membulat telur, menonjol atau melonjong. Perbungaan tandan, berpasang-pasang dengan bunga yang sangat harum; mahkota bunga putih sampai pink, ungu di dalam, berurat kecoklatan di luar; membulat telur sungsang. Buahnya polong bertangkai pendek, berbiji 1-2. Biji membulat telur. Toleran terhadap kisaran suhu yang luas dan tumbuh pada ketinggian antara 0-1200 mdpl. Pertumbuhan yang paling bagus dijumpai pada tanah liat berpasir, tetapi akan tumbuh juga pada tanah berpasir dan tanah liat yang bergumpal-gumpal. Sangat toleran pada kondisi masin dan alkalinitas. Terdapat di seluruh Indonesia. (Noor *et al* 2006; www.prosea.net, 2009).



Gambar 22. Kenampakan ***Pongamia pinnata* Merril** (Koleksi pribadi)

***Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb** (Goodeniaceae). Herba rendah/semak/pohon, tingginya dapat hingga 3 m. Daun melebar ke arah atas, berwarna hijau kekuningan dan mengkilat, tepinya melengkung dan permukaan daun seperti berlapis lilin. Bentuk: bulat telur terbalik hingga elips. Ujung: membundar. Ukuran: 16,5-30 x 7,5-9,5 cm. Letak bunga: di ketiak daun. Daun mahkota: putih bersih, sering pada bagian dalamnya terdapat strip/garis berwarna jingga. Buah berbentuk kapsul, bulat. Ketika muda berwarna hijau muda, lalu menjadi putih ketika sudah matang. Ukuran: diameter buah 8-12 mm. Dijumpai secara soliter dan umumnya terbatas di pantai, terbatas pada pantai berpasir atau daerah batu berkarang, kadang-kadang dijumpai di daratan di atol Pasifik di habitat terganggu yang banyak mendapat sinar matahari dan di permukaan batuan. Ekspansi ke arah laut terbatas oleh kombinasi percikan garam dan salinitas substrat (Noor *et al.*, 2006).



Gambar 23. Kenampakan daun dan bunga *Scaevola taccada* (Koleksi pribadi)

***Crinum asiaticum* L.** ataus Bakung, Pandan seran (Maluku) merupakan terna yang bervariasi tingginya dengan umbi lapis, pada umbinya banyak tunas kuncup muncul, dan mempunyai batang palsu yang ditutupi oleh pelepah daun tua. Daun menjorong sempit sampai lebar, semi-tegak, margin mengutuh, licin. Bunga seperti payungan dengan 10-50 bunga, tangkai bunga panjang, warna pucat, bunga harum pada malam hari, tabung mahkota lurus, warna putih, kadang merah muda, kepala sari kuning, berubah ungu. Buah kapsul, agak membulat, berparuh, perikarp berdaging, hijau kekuningan, berbiji 1-5. Biji membulat telur, sering bersudut. Jenis ini dijumpai sepanjang pantai berpasir dan teduh, tempat-tempat yang lembab pada dataran rendah. Tersebar dari India sampai Asia Tenggara, termasuk Indonesia hingga ke bagian barat laut Australia dan Polinesia (www.prosea.net, 2009).

Pantai Curam dan Berbatu

Tipe pantai ini dominan terdapat di wilayah Sulawesi, paparan Sunda, bagian Selatan Sumatera dan Jawa. Biasanya tipe ini berasosiasi dengan jalur pegunungan dekat pantai (Wong, 2005). Pantai berbatu dijumpai pada daerah pantai dimana terdapat batu-batuan keras dan tahan terhadap benturan ombak laut. Tipe pantai ini biasanya curam sampai ke bawah permukaan laut dan tidak

terbentuk satu pantai yang lebar (Anwar *et al.*, 1984).

Menurut Wong (2005) bahwa ada beberapa tipe batuan pantai pada wilayah pantai berbatu di Indonesia diantaranya 1) granit, ditemukan di Bangka, Belitung, Pulau Bintan dan kepulauan Riau Lingga, 2) sandstones, ditemukan di Bako (Sarawak), 3) limestones tua, ditemukan di pulau Kaloatoa di Pantai Flores dan 4) Volcanic rock ditemukan di pulau Lembeh.

Tipe pantai dengan bentuk batuan cadas umumnya langsung ke laut dan tidak berpasir serta biasanya tidak kaya dengan vegetasi pantai (Whitten *et al.*, 1999). Hutan pada pantai ini umumnya tergolong formasi *Barringtonia* yang terdiri atas butun (*Barringtonia*), cemara (*Casuarina*), nyamplung (*Callophylum*), merbau (*Intsia*), ara (*Ficus*) dan pandan (*Pandanus*) (Whitten *et al.*, 1999; Goltenboth *et al.*, 2006).

3.3 Faktor Habitat Hutan Pantai

Habitat di pesisir pantai sangat menentukan aktivitas hidup makhluk hidup baik tumbuhan maupun hewan. Kondisi habitat sangat dipengaruhi oleh angin kencang dengan hembusan garam, kadar garam yang tinggi dalam tanah, penggenangan oleh air laut, aerasi tanah dan stabilitas tempat tumbuh (Ewusie 1990). Goltenboth *et al.*, (2006) menambahkan bahwa faktor – faktor yang mempengaruhi habitat diantaranya hembusan garam melalui udara, temperatur tinggi, kandungan hara rendah dan pergerakan (mobilitas) substrat pasir yang tinggi. Kondisi ekstrim seperti ini dapat membatasi tanaman yang akan ditanami maupun yang sudah tumbuh.

Hembusan angin dan garam, angin yang bertiup dari laut merupakan ciri khas pantai. Angin merupakan parameter lingkungan penting sebagai gaya penggerak dari aliran skala besar yang terdapat baik di atmosfer maupun lautan. Angin ini membawa butiran-butiran garam dari laut yang selanjutnya akan meningkatkan kandungan garam pasir pantai dan akan mempengaruhi pertumbuhan vegetasi di wilayah itu. Jumlah terbanyak dari garam tersebut meresap ke dalam tunas karena abrasi mekanis dan ion kloridanya terkumpul dalam ujung ranting dan daun sampai kadar yang merugikan. Akibatnya terjadi nekrosis daun dan menghambat pertumbuhan tanaman yang mempunyai toleransi yang rendah terhadap garam. Griffiths & Orians (2004) dalam Takle (2006) menjelaskan bahwa seberapa besar pengaruh garam terhadap

pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh jenis tanaman (tumbuhan).

Menurut Ghafoor *et al.*, (2004) dalam Sopandie (2006) menjelaskan bahwa, salinitas menyebabkan gangguan pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui : (a) penurunan potensial osmotik larutan tanah sehingga mengurangi ketersediaan air bagi tanaman, (b) peningkatan konsentrasi ion yang bersifat racun bagi tanaman atau memacu ketidakseimbangan dalam metabolisme hara, dan (c) perubahan struktur fisik dan kimia tanah.

Untuk menjaga keseimbangan kadar garam di dalam tanaman, maka tanaman mempunyai mekanisme toleransi terhadap salinitas. Mekanisme tersebut diantaranya mekanisme eksklusi dan inklusi. Tanaman yang memiliki mekanisme eksklusi menyimpan garam dalam konsentrasi yang rendah dalam tajuk karena tanaman mampu menahan garam di daerah perakaran. Tanaman dengan mekanisme inklusi akan menyimpan garam dalam konsentrasi tinggi dalam tajuk. Seaman (2004) dan Pitman & Lauchli (2007) mengelompokkan toleransi tanaman terhadap salinitas baik secara eksklusi maupun inklusi menjadi toleransi pada tingkat selular, jaringan dan tanaman (Tabel 6, 7 dan Gambar 26).

Tabel 6. Bentuk toleransi tanaman terhadap salinitas

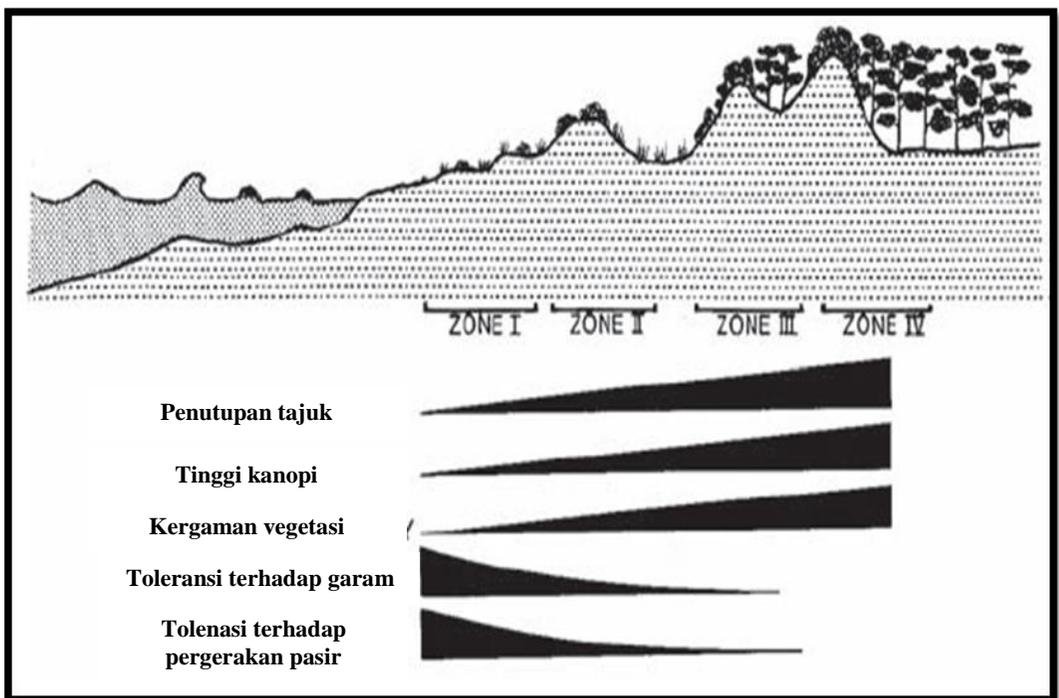
Morfologi	Pengurangan jumlah dan ukuran daun, pengurangan jumlah stomata per satuan luas, peningkatan sukulensi, penebalan kutikula dan lapisan lilin, peningkatan tyloses serta peningkatan lignifikasi akar
Fisiologis	Peningkatan sintesis osmolit kompatibel, penurunan rasio K^+/Na^+ , peningkatan kompartementasi Na^+ ke dalam vakuola, sekresi garam
Biokimia	Peningkatan produksi ABA dan peningkatan aktivitas enzim
Molekuler	Aktivitas gen yang berhubungan dengan selektivitas transport ion dan integritas membran

Sumber : Seaman (2004) dalam Sopandie (2006)

Selain menghembuskan garam ke daratan, angin juga memiliki gaya yang dapat melepaskan butiran tanah dari satu tempat ke tempat lain yang baru

untuk diendapkan (*deposition*). Kemampuan melepaskan butiran tanah oleh angin sangat dipengaruhi oleh kondisi kekasaran permukaan tanah dan besar butiran partikel tanah atau pasirnya (Baver *et al.*, 1976; Troeh *et al.*, 1980 dalam Sukresno, 2007) serta kecepatan angin itu sendiri (Schwab *et al.*, 1981 dalam Sukresno, 2007).

Kadar garam dan unsur hara dalam tanah/pasir, kadar garam dalam tanah/pasir berkurang dengan bertambahnya jarak dari laut sehingga berpengaruh terhadap zona tumbuhan (daya adaptasi terhadap salinitas) dimana jenis tumbuhan yang tahan (toleran) terhadap kadar garam cenderung terdapat di dekat laut (Tabel 7 & Gambar 24).



Gambar 24. Penampang melintang keberadaan tanaman pada gumuk pasir di wilayah tropik (Sumber : McLachlan, 1991 dalam McLachlan & Brown, 2006).

Tabel 7. Rata-rata nilai salinitas tanah di hutan pantai Cagar Alam Leuweung Sancang, Jawa Barat.

Jarak dari pantai (m)	Salinitas	
	Mm/ho/cm	Ppm
0-20	10,2	6.509,06
20-40	9,7	6.159,96
40-60	8,1	5.194,02
60-80	7,8	5.006,16
80-100	6,2	4.004,22
100-120	6,1	3.941,60
120-140	5,9	3.816,36
140-160	5,3	3.440,63
160-180	5,9	3.816,36
180-200	5,7	3.658,26

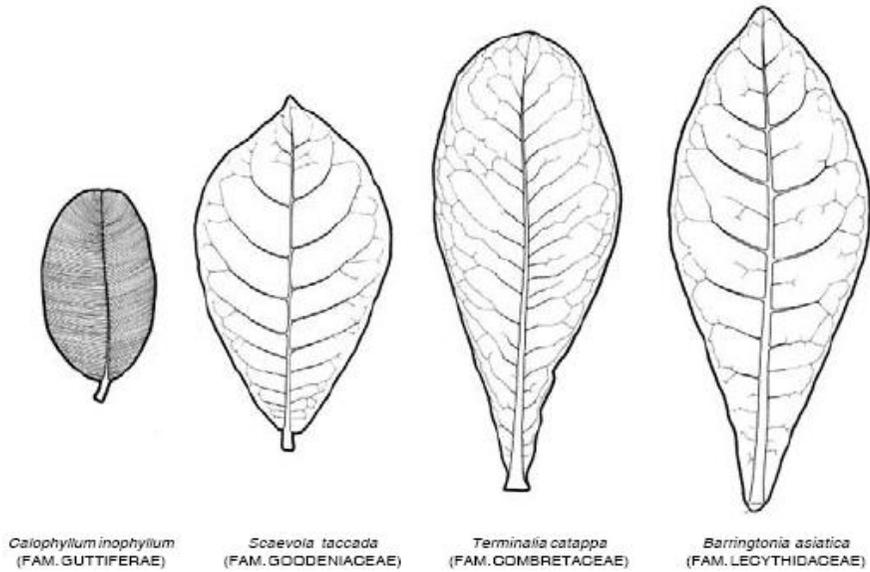
Sumber : Delvian (2003)

Tabel 8. Adaptasi tanaman di gumuk pasir pantai terhadap tekanan faktor lingkungan

Faktor tekanan	Bentuk adaptasi	Jenis tanaman
Hembusan garam	Resistensi terhadap garam	<i>Cakile</i> spp.
	Toleransi terhadap garam	<i>Salsola</i> spp.
Penguburan tanaman	Peningkatan jumlah benih, nodul, akar, tunas dan rhizome dan stolon	<i>Spinifex sericeus</i> , <i>Ammophila</i> spp., <i>Chamaecrista</i> spp.
Banjir dan penggenangan	Resisten terhadap penggenangan	<i>Cakile maritime</i>
	Buah yang terapung	<i>Spinifex</i> spp., <i>Cakile</i> spp.; beberapa taxa tanaman pantai tropika
Kondisi panas, intensitas cahaya tinggi, temperature tinggi dan tekanan angin Salinitas tanah/pasir	Daun menggulung	Semua Monocotyledonae, <i>Ammophila</i> spp.
	Orientasi daun (Phototropism)	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>
	Bulu/ rambut daun	<i>Spinifex</i> spp.,
	Pengguguran daun	<i>Ambrosia chamissonis</i>
	Lapisan lilin daun	Banyak jenis
	Akumulasi solut	<i>Ammophila arenaria</i> , beberapa jenis
	Sukulen	<i>Carpobrotus</i> spp.; <i>Cakile</i> spp.
	Resisten mekanik (sclerophylly)	Banyak jenis
	Efisiensi penggunaan air	Banyak jenis
	Adaptasi akar	Banyak jenis
	Fotosintesis C4 dan CAM	<i>Spinifex</i> spp. Dan banyak jenis tropis dan sub tropis
	Peningkatan toleransi terhadap panas	<i>Ammophila arenaria</i>
	Adaptasi osmotik	Beberapa jenis
	Resistensi terhadap garam	<i>Salsola kali</i>
	Akumulasi NaCl	<i>Salsola kali</i>
Ekstraksi garam	Chenopodiaceae; <i>Atriplex hastata</i>	
Sukulen	Dycotyledonae; <i>Carpobrotus</i> spp.	
Adaptasi osmotik	<i>Cakile</i> , <i>Ammophila</i>	
Kekurangan unsur hara	Akumulasi ion inorganik	<i>Suaeda maritime</i>

	Plant plasticity	<i>Festuca rubra</i>
	Penyerapan dari dekomposisi	<i>Cakile edentula</i>
	Fiksasi Nitrogen oleh Bakteri	Banyak jenis
	Penyerapan P oleh fungi mikoriza	Banyak jenis
Kompleksitas tekanan. Seperti : intensitasi cahaya tinggi, penguburan tanaman, salinitas, banjir, kondisi panas dan tekanan angin	Pergerakan hygroskopik	<i>Tortula princes</i>
	Variasi siklus hidup dan waktu pembungaan	<i>Elymus mollis; A. arenaria</i>
	Penyebaran benih	<i>Spinifex</i> spp.
	Morfologi benih	Beragam jenis
	Strategi perkecambahan	<i>Uniola</i> spp.
	Morfologi dan kerapatan tegakan	Beragam jenis
	Pengurangan ukuran daun	Banyak jenis

Sumber : Hesp (1991) dalam McLachlan & Brown (2006).



Gambar 25. Variasi bentuk daun pada beberapa pohon di hutan pantai yang memiliki kutikula dan lapisan lilin yang berperan dalam adaptasi terhadap garam (Goltenboth *et al.*, 2006).

Tabel 9. Analisis sifat kimia tanah di hutan pantai Cagar Alam Leuweung Sancang, Jawa Barat.

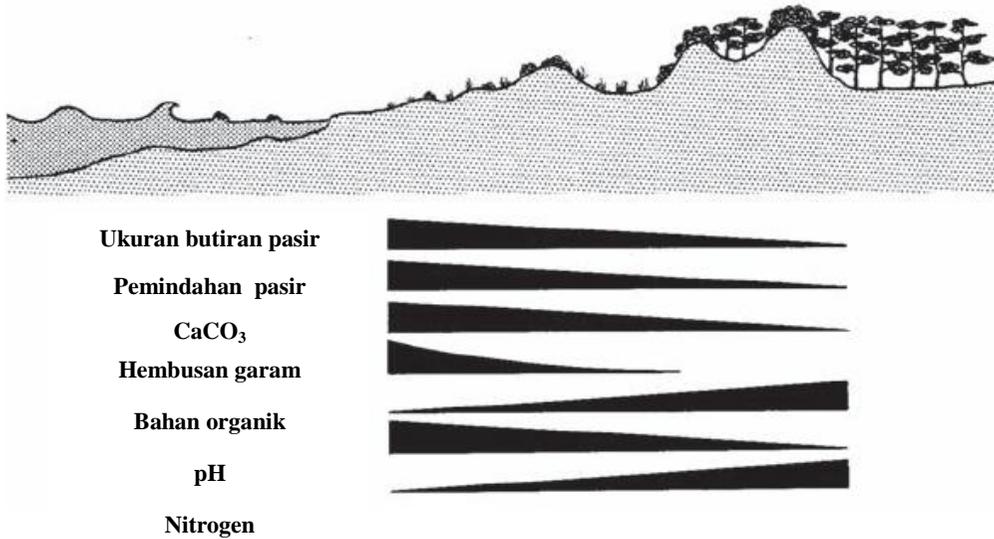
Jarak (m)	pH		N (%)	P (ppm)	K (ppm)	KTK	C.org (%)	Na (%)	Cl (%)
	Air	Kcl							
0-20	7,38	7,07	1,87	36,1	13,6	6,77	1,67	27,3	24,2
20-40	6,91	6,78	2,59	33,1	13,4	6,17	1,69	26,9	24,0
40-60	6,90	6,58	1,23	35,6	12,0	4,01	0,64	26,1	23,4
60-80	6,93	6,69	2,31	36,1	13,1	4,42	0,65	25,9	23,3
80-100	6,85	5,14	1,02	42,8	12,0	3,27	0,20	22,1	22,7
100-120	6,88	6,48	0,97	37,8	14,1	4,62	0,19	19,9	22,6
120-140	6,70	6,40	1,36	39,5	11,5	3,78	0,18	18,8	22,6
140-160	7,04	6,45	1,60	44,5	15,3	5,09	0,24	18,4	22,4
160-180	7,24	6,73	1,43	38,6	12,7	4,61	0,24	15,8	22,1
180-200	7,02	6,54	0,97	35,2	14,86	4,74	0,25	16,1	22,5

Sumber : Delvian (2003)

Tabel 9 diatas menunjukkan bahwa pH tanah cenderung netral dengan persentase Na dan Cl cenderung menurun seiring dengan jauhnya jarak dari garis pantai. Selain sifat kimia tanah pada hutan pantai seperti tertera pada Tabel 9, analisis sifat fisik dan kimia tanah berpasir juga telah dilakukan oleh DPU provinsi DIY pada tahun 2000 pada tanah pasir kawasan pantai selatan Prov. Yogyakarta hasilnya menunjukkan bahwa butir tanah didominasi oleh fraksi pasir (95 %) sedangkan fraksi debu dan lempungnya sangat rendah yakni masing-masing lebih kurang 3 %. Kandungan bahan organik juga sangat rendah (<1 %) sehingga berakibat pada sifat menyangga ion yang rendah. Kandungan hara tanah pasir pantai terinci sebagai berikut : kandungan N-Total (0.05-0.08%), p-total (100-150 ppm), K (0.09-0.2 cmol/kg), Mg (0.2-0.6 cmol/kg). semua dikategorikan rendah. Kondisi pH pada kondisi netral (pH berkisar 6.34 – 7.34).

Goltenboth *et al.*, (2006) menjelaskan bahwa belum ada penelitian khusus di Indonesia yang mempelajari aliran energi dan hara di hutan pantai. Diduga prosesnya hampir sama dengan ekosistem hutan lainnya. Unsur hara dalam tanah atau pasir di hutan pantai sangat dipengaruhi oleh : 1) masukan dari pelapukan mineral, 2) masukan dari atmosfer, 3) akibat pencucian unsur hara, 4) Siklus flora dan fauna dan 5) mineral yang tersimpan dalam tanah atau pasir (Ranwell 1972 *dalam* McLachlan & Brown, 2006). Goltenboth *et al.*, (2006) menyebutkan bahwa peningkatan kesuburan tanah dan perbaikan struktur tanah dapat dilakukan dengan cara ameliorasi bahan organik dan fiksasi nitrogen dari tumbuhan famili fabaceae (*Pongamia pinnata* dan *Erythrina orientalis*) atau *Casuarina equisetifolia*. Fiksasi nirtogen pada tanaman *C. Equisetifolia* dijelaskan pada bab tersendiri.

Sedangkan rantai makanan yang terjadi dalam ekosistem gumuk pasir di daerah pantai terjadi melalui tiga bentuk yakni melalui pengembalaan ternak (*grazers*), pelapukan (*detritivores*) dan biota dalam tanah (*interstitial fauna*)



Gambar 26. Penampang melintang faktor abiotik pada gunduk pasir di wilayah tropik (Sumber : McLachlan, 1991 *dalam* McLachlan & Brown, 2006).

Penggenangan sesekali oleh air laut, tumbuhan pada zona perintis seringkali tergenang oleh air laut akibat aktivitas ombak. Penggenangan ini akan meninggalkan garam di sekitar daun tumbuhan yang menambah tegangan air dalam tumbuhan tersebut. Kasus kematian vegetasi pasca tsunami di Aceh salah satu penyebabnya adalah genangan air laut dalam waktu beberapa hari dan umumnya penggenangan air laut ini melanda lokasi yang jauh dari pantai. Penggenangan dengan tingkat salinitas yang sangat tinggi menyebabkan dedaunan menguning, kering dan gugur dan pada akhirnya akan mengalami kematian.

Aerasi dan Porositas tinggi, konsekuensi dari butiran pasir yang besar dan rongga antar butiran yang besar pula menyebabkan air yang berasal dari hembusan garam maupun dari sumber lain menjadi cepat terserap ke bawah dengan sedikit yang tertahan untuk dikonsumsi tumbuhan yang hidup di sekitar pesisir untuk pertumbuhannya. Dengan kondisi ini maka dapat dikatakan tumbuhan pantai mirip dengan tumbuhan gurun yang tumbuh dalam lingkungan yang kering. Tumbuhan yang bertahan pada kondisi ini beradaptasi dengan memanfaatkan air embun pagi atau dengan kemampuan akar untuk menyerap

air pada kedalaman tertentu.

Stabilitas tempat tumbuh, hal ini terjadi karena aktivitas ombak yang dengan mudah sekali menggerakkan pasir sehingga stabilitas tempat tumbuh tumbuhan tidak mantap. Gerakan ombak dapat menyapu pasir sehingga dapat mengubur tumbuhan. Untuk mengatasi keadaan tersebut, beberapa jenis tumbuhan cenderung untuk melata (merambat) di atas pasir dan berakar pada buku-bukunya. Strategi ini juga dapat membantu menahan gumuk pasir yang dibentuk oleh angin. Contoh tumbuhan : *Ipomoea* spp., *Canavalia obtusifolia* dan *C. rosea*.

4. FUNGSI DAN MANFAAT HUTAN PANTAI

Selama ini masyarakat Indonesia menganggap remeh fungsi dan manfaat yang diberikan oleh hutan pantai sehingga banyak menimbulkan situasi dimana sumber alam ini menjadi terabaikan. Masyarakat Indonesia mulai sadar setelah melihat dan merasakan manfaat hutan pantai melindungi masyarakat beserta harta milik mereka dari serangan tsunami dan bencana pantai lainnya. Masih banyak fungsi dan manfaat lain dari keberadaan ekosistem hutan pantai yang selama ini telah dirasakan oleh manusia. Masing-masing fungsi tersebut digolongkan di dalam fungsi fisik, ekologi maupun ekonomi-sosial. Selanjutnya dapat dijelaskan fungsi-fungsi tersebut sebagai berikut :

4.1 Fungsi Fisik Hutan Pantai :

- Meredam Pukulan Gelombang Tsunami

Pantai Indonesia rawan terhadap tsunami. Daerah pantai yang rawan adalah pantai bagian barat Sumatera, pantai selatan Jawa, pantai utara dan selatan NTB dan NTT, kepulauan Maluku dan Maluku Utara, pantai utara Papua dan hampir garis pantai Sulawesi (Dahuri, 2007). Selain kejadian tsunami di Aceh dan Nias, telah tercatat telah terjadi tsunami di Pantai Pangandaran tahun 2006, di Flores Nusa Tenggara Timur tahun 1992 dimana memakan korban 1.952 orang. Hampir 30 % dari kejadian 17 kali tsunami di Indonesia sekitar tahun 1961-1998 terjadi di NTT. Tahun 1994, tsunami juga terjadi di Jawa Timur akibat gempa dan pada tahun 1996 di Irian Jaya (Papua) yang menelan 100 jiwa. Selain itu, pada tahun 1883 terjadi tsunami terparah dan terbesar di Indonesia ketika meletusnya Gunung Krakatau yang menelan 36.000 jiwa. Tidak kalah menariknya, salah satu daerah yang paling rawan tsunami adalah laut Maluku. Selama periode tahun 1600-2000, tercatat telah terjadi tsunami sebanyak 32 kejadian dimana 28 tsunami disebabkan oleh gempa tektonik dan 4 tsunami diakibatkan oleh meletusnya gunung api bawah laut.

Kejadian tsunami di Indonesia umumnya disebabkan oleh fenomena geofisik seperti gempa bumi, erupsi vulkanik di dasar laut dan longsoran. Dari ketiga penyebab itu, kontribusi terbesar (sekitar 90 %) diberikan oleh gempa bumi dibanding dengan dua penyebab lainnya (Latief *et al.*, 2000 *dalam* Dahuri, 2007). Pantai yang paling rentan terhadap bahaya tsunami adalah pantai dengan dataran pantai yang rendah terbuka. Tinggi rendahnya tingkat kerusakan yang terjadi karena tsunami ditentukan oleh kondisi morfologi pantai dan posisi daerah pesisir terhadap sumber gelombang.

Hutan pantai bersama dengan hutan mangrove mampu meredam amukan gelombang tsunami dengan dua cara yakni, **pertama**, hutan pantai memecah gelombang air laut yang datang dan memperlambat kecepatan arus laut dan **kedua**, hutan pantai berperan sebagai kanal alami sehingga memperkecil volume air yang masuk ke wilayah daratan. Hutan pantai juga, menghambat material laut yang terikut oleh arus gelombang tsunami seperti sampan (perahu), batang kayu dan kapal kargo serta puing-puing lainnya. Sebagai contoh bagaimana hutan pantai melindungi masyarakat di daerah Lhok Pawoh, Sawang, Aceh Selatan, yang selamat dari tsunami karena memiliki padang lamun, pantai berbatu dan terumbu karang yang masih baik (WIP, 2005). WI-IP (2005) juga menemukan fakta bahwa Desa Ladang Tuha, Aceh Selatan yang memiliki hutan pantai yang rapat dan kompak juga selamat dari tsunami.

Parameter penting dari hutan pantai yang dapat mereduksi amukan ombak tsunami adalah ketebalan hutan (*forest width*), kerapatan pohon (*tree density*), umur dan diameter pohon (*age and tree diameter*), tinggi (*tree height*) dan komposisi jenis (*species composition*) (Forbes and Broadhead, 2007). Di bawah ini dapat dijelaskan secara singkat peran dari masing-masing parameter hutan pantai seperti yang diuraikan oleh Forbes and Broadhead (2007), diantaranya :

Lebar hutan, merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam mitigasi bencana. Hasil simulasi menunjukkan bahwa lebar hutan lebih dari 100 meter membutuhkan energi 3 kali dan 6 kali dari peningkatan panjang gelombang (periode) yang berakibat pada peningkatan transmisi energi yang kecil. Dan untuk hutan yang lebarnya lebih kecil yaitu 50 meter, lebih nyata terlihat hilangnya kemampuan untuk menurunkan kekuatan daya seret. Dari simulasi tersebut, diduga bahwa semakin sempit (tidak lebar) suatu hutan pantai, maka semakin besar resiko periode tsunami yang terjadi (jauhnya

jangkauan tsunami). Dengan bertambahnya lebar hutan, akan secara progresif menurunkan resiko dan dampak potensialnya. Terdapat bukti bahwa beberapa daerah pantai sangat dekat dengan episentrum gempa yang menyebabkan tsunami Samudra India 2004 terlindung oleh mangrove dan pantai yang tebal. Pada beberapa lokasi di pantai Aceh, kepulauan Nicobar dan pantai Andaman, mangrove dan hutan pantai cukup lebar untuk mencegah tsunami yang massif.

Selain lebar hutan, kepadatan (kerapatan) hutan pantai juga merupakan penentu mitigasi tsunami meskipun kepadatan pohon hanya mempunyai efek kecil pada mitigasi. Kepadatan hutan berkaitan dengan kemampuan hutan untuk memantulkan/mengembalikan tsunami, selain itu juga menyerap energinya. Kepadatan sedang merupakan yang paling efektif dalam mitigasi tsunami. Jika terlalu jarang, seperti kebanyakan tanaman kelapa, gelombang akan langsung menyerang tanpa ada penghambatan. Sedangkan apabila hutan terlalu rapat/padat, seperti mangrove, gelombang besar akan melewatinya dan tidak terhambat. Di Kerala, India, tanaman kelapa yang ditanam rapat mampu melindungi pantai (Chanda *et al*, 2005 *dalam* Forbes and Broadhead, 2007) dan di Sri Lanka, kerusakan yang terjadi hanya sejauh 100 meter dimana jarak tanam sekitar 3 meter atau sekitar 14 batang pohon per 100 m². Namun pohon kelapa yang ditanam dengan jarak tanam yang lebar tidak memberi pengaruh nyata pada mitigasi tsunami.

Parameter lain yang turut berkontribusi dalam mitigasi tsunami adalah umur hutan dan diameter pohon. Umur hutan (rata-rata umur pohon-pohon kelas ukuran yang dominan) secara langsung berhubungan dengan tinggi dan diameter pohon. Seiring hutan semakin tua, efek mitigasinya semakin menurun setelah titik batas tertentu, hingga terdapat perbedaan yang sangat kecil dalam kemampuan mitigasi antara hutan berumur 40 dan 50 tahun. Survey lapangan setelah tsunami di Sri Lanka dan Thailand menunjukkan bahwa cemara tua (*Casuarina equisetifolia*) tetap berdiri setelah tsunami, tetapi gagal memberikan perlindungan (IUCN 2005a dan Tanaka *et al*, 2007 *dalam* Forbes and Broadhead, 2007). Hal ini juga dijelaskan oleh Harada dan Kawata (2005) bahwa hasil simulasi menunjukkan bahwa tanaman pinus umur 10 tahun memiliki daya reduksi terhadap tsunami yang tinggi bila dibandingkan umur 50 tahun.

Tinggi pohon dominan dan kodominan dalam hutan pantai mempunyai hubungan langsung dengan proyeksi area frontal tsunami. Tinggi hutan juga

penting dalam hubungannya dengan resiko lompatan tsunami. Semakin tinggi hutan, semakin besar area reflektif (penahan) sebagai 'dinding' penahan, maka akan dilompati begitu saja oleh tsunami dan air yang melewati atas kanopi akan mengalir relatif tak terredakan (Latief dan Hadi, 2006 *dalam* Forbes and Broadhead, 2007).

Parameter lain adalah komposisi jenis. Pembangunan hutan pantai mempunyai implikasi penting untuk level mitigasi tsunami. Dua aspek kritis dari komposisi spesies dan tipe hutan adalah konfigurasi vertikal perakaran, batang, percabangan dan dedaunan, dan perkembangan tanaman bawah. Jenis pohon yang mempertahankan cabang rendahnya atau mempunyai akar nafas (tunjang) (jenis Pandan laut dan vegetasi mangrove) mempunyai kontribusi yang signifikan terhadap kepadatan pada lapisan yang lebih rendah.

- **Mereduksi Terjadinya Abrasi Pantai**

Faktor yang menentukan terjadinya abrasi adalah energi arus atau gelombang laut, kondisi fisik tanah dan tingkat penutupan lahan. Tingkat penutupan oleh vegetasi pantai menjadi penentu terjadinya abrasi pantai melalui mekanisme pengikatan dan stabilisasi tanah pantai. Jika abrasi ini tidak dikendalikan selain menyulut peyusutan laut ke daratan juga mengkatalis terjadinya sedimentasi di sekitar pesisir pantai.



Gambar 27. Gambar Ikonos yang memperlihatkan peran hutan pantai dalam mereduksi tsunami di Pangandaran Jawa Barat, tampak sebelum dan setelah tsunami tahun 2006. (sumber: CRPS, www.crips.nus.edu.sg)

- **Melindungi ekosistem darat dari terpaan angin dan badai sekaligus sebagai pengendali erosi pasir pantai**

Penelitian tentang karakteristik dan efektivitas hutan pantai sebagai tanggul angin masih sedikit atau kurang (Takel *et al.* 2006). Vegetasi pantai dapat melindungi bangunan dan budidaya tanaman pertanian dari kerusakan akibat badai atau angin yang bermuatan garam dengan cara menghambat kecepatan dan memecah tekanan terpaan angin yang menuju ke pemukiman penduduk. Mekanisme tersebut terjadi karena pohon-pohon di hutan pantai umumnya besar (tinggi) dan rindang (Goltenboth *et al.*, 2006). Selain itu, keberadaan hutan pantai mampu memodifikasi iklim mikro pada daerah yang kecil dan menekan pergerakan salju, debu dan pasir. Di beberapa negara seperti Australia, New Zealand, Rusia, Cina dan Amerika Serikat memanfaatkan hutan pantai untuk melindungi tanaman pertaniannya.

Secara umum pengendalian kecepatan aliran angin dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara yakni cara mekanik dan cara vegetatif (Caborn, 1957 dalam Sukresno, 2007). Membuat jalur hijau (*greenbelt*) sebagai tanggul angin (*windbreak*) sejajar garis pantai merupakan salah satu bentuk pengendalian angin dengan cara vegetatif. Berdasarkan Keppres No. 32 tahun 1990 tentang

kawasan Lindung Sempadan Pantai, ditentukan lebar minimalnya 100 meter dari titik tertinggi pasang surut ke arah daratan dan berdasarkan SKB Menteri Pertanian dan Menteri Kehutanan No. 550/246/Kpts/4/1984 dan No. 082.Kpts-11/1984 tentang pengaturan Penyediaan lahan Kawasan Hutan untuk pengembangan usaha budidaya pertanian jalur hijau hutan pantai lebar minimalnya 200 meter.

Metode vegetatif dapat bersifat sementara (dengan menanam tanaman semusim), maupun bersifat tetap (dengan menanam tanaman pohon, semak atau belukar) yang sesuai dengan kondisi setempat. Untuk lahan pantai berpasir jenis tanaman yang ditanam pada kondisi sementara diantaranya jagung (*Zea mays* L.), ketela pohon (*Manihot utilisima* Pohl), dan cantel (*Andropogon sorghum*). Sedangkan pada kondisi tetap (permanen) dapat ditanami Jenis tanaman perdu dan semak, diantaranya pandan (*Pandanus tectorius* Parkinson ex Zucc), teki laut (*Cyperus maritima*), bakung (*Crinum asiaticum*), gabusan (*Scaevola taccada*), rumput glinting (*Thuarea involuta*, widuri (*Ximenea americana* L.) dan jenis – jenis tanaman bergetah lainnya (Kartawinata, 1979 dalam Harjadi & Oktavia, 2008).

Sedangkan untuk jenis pohon, umumnya jenis pohon cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) menjadi pilihan utama. Selain jenis tersebut, jenis ketapang, nyamplung, pandan dan kelapa juga dapat ditanam sebagai jalur pematah angin (Kartawinata, 1979; Sugiarto dan Ekariyono, 1996; Susdarmono, 2005 dalam Sukresno, 2007). Tanaman *C. equisetifolia* banyak ditanam sebagai tanaman tanggul angin di bagian utara dan barat benua Afrika, Yaman, Somalia, Timur Tengah, India dan Cina Selatan, sedangkan di Australia menggunakan jenis *Casuarina stricta* (Mashudi, 2005).

Menurut Whistler dan Elevitch (2004) dalam Sukresno (2007) bahwa pada lahan berpasir tanaman yang cocok sebagai tanggul angin adalah cemara laut. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan diantaranya : 1) dapat tumbuh pada permukaan laut sampai ketinggian 800 m dpl., 2) toleran terhadap kekeringan hingga 6 - 8 bulan., 3) dapat tumbuh bersamaan dengan tanaman lain di wilayah pantai dan dataran rendah, 4) dapat tumbuh pada berbagai kondisi tanah termasuk tanah-tanah jelek, dangkal, tidak subur atau tanah dengan kadar garam tinggi, 5) merupakan tanaman yang dapat mengikat nitrogen udara dengan bantuan *Frankia* sp., 6) merupakan tanaman cepat tumbuh (*fast*

growing species) dengan pertumbuhan dapat mencapai ketinggian 20-30 m, 7) pemanfaatannya sebagai tanaman agroforestry untuk tanggul angin, penstabil tanah, pelindung pantai dan pagar.



Gambar 28. Performa Tanaman cemara udang sebagai tanggul angin di Pantai Samas, Bantul Yogyakarta, Tahun tanam 2004 (kiri) dan tahun 1996 (kanan)

Selain pertimbangan diatas, Takle *et al.*, (2006) dan Torrey (1976) dalam Zoysa (2008) juga menyebutkan bahwa *Casuarina* sp., memiliki karakteristik yang dijadikan sebagai shelterbelt diantaranya memiliki akar yang kuat, secara ekstensif daun-daun dari cemara laut memiliki kemampuan untuk menahan kecepatan angin serta memiliki kemampuan memperbaiki tanah (pasir) yang mengandung kadar garam yang tinggi. Juga sebagai tempat polinasi madu dan burung (Goltenboth *et al.*, 2006).

Di India, telah dibuat daftar jenis-jenis yang dapat ditanami sebagai vegetasi hutan pantai serta berfungsi sebagai shelterbelts. Jenis-jenis tersebut adalah *Anacardium occidentale*, *Azadirachta indica*, *Bambusa arundinacea*, *Bixa orellina*, *Borassus flabellifer*, *Cassia fistula*, *Casuarina equisetifolia*, *Clerodendrum serratum*, *Cocos nucifera*, *Hibiscus tiliaceus*, *Pongamia pinnata*, *Salvadora persica*, *Sapindus emarginatus*, *Thespesia populneoides* dan *Vitex negundo* (Takle *et al.*, 2006).

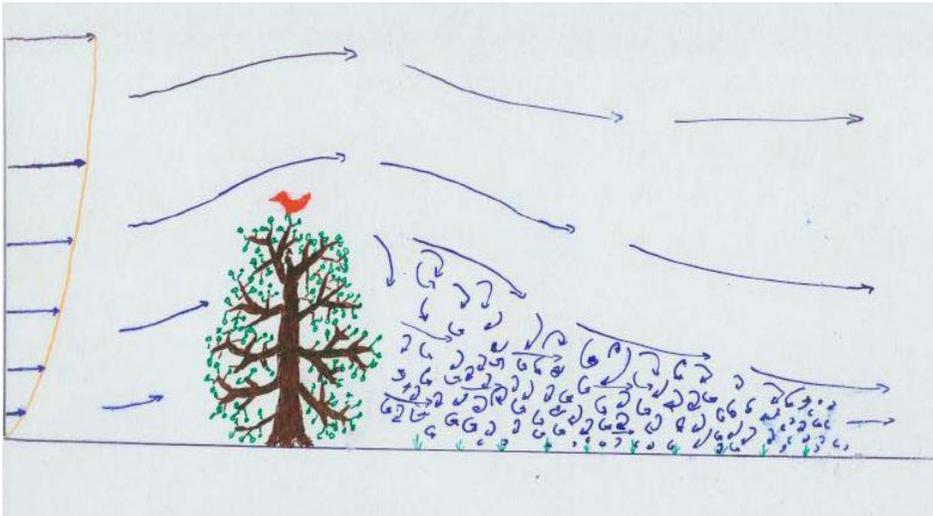
Di bawah ini ringkasan beberapa hasil penelitian tentang peran hutan pantai terhadap terpaan angin dan badai baik di Indonesia maupun di beberapa negara di dunia :

- Zoysa (2008), hutan pantai cemara laut mampu menahan kecepatan angin sebesar 3,10 mph bila dibandingkan sebelumnya yang kecepatan anginnya sebesar 3,72 mph
- Hasil penelitian Sukresno (2007) di Pantai Samas, Kab. Bantul Yogyakarta menunjukkan bahwa kecepatan angin rata-rata harian pada plot dibelakang tanggul angin (tanaman cemara laut) sebesar 5,27 mph, sedangkan di luar plot menunjukkan kecepatan angin yang lebih tinggi sebesar 6,06 mph untuk lokasi pemantauan di tepi laut dan 6,33 mph di puncak gumpuk pasir.
- Di Tamil Nadu (India), sabuk hijau cemara laut seluas 7,549 ha mampu menahan frekuensi badai Cyclon dan angin (Institute for Ocean Management, 2007).
- Environment Bay of Plenty (2007); shelterbelt tanaman cemara laut mampu mengurangi erosi pasir yang disebabkan oleh angin dan meningkatkan hasil pertanian sebesar 25 %.
- Edward *et al.*, (2006) *dalam* Zoysa (2008), di Jepang tanaman sabuk hijau cemara laut mampu melindungi tanaman budidaya pertanian dari hembusan garam yang dibawah oleh angin.
- China Internet Information Centre (2002) *dalam* Zoysa (2008), di Cina shelterbelt dengan luas 6,67 juta ha mampu efektif melindungi dan mengurangi volume air dan erosi pasir sebanyak 50 %.

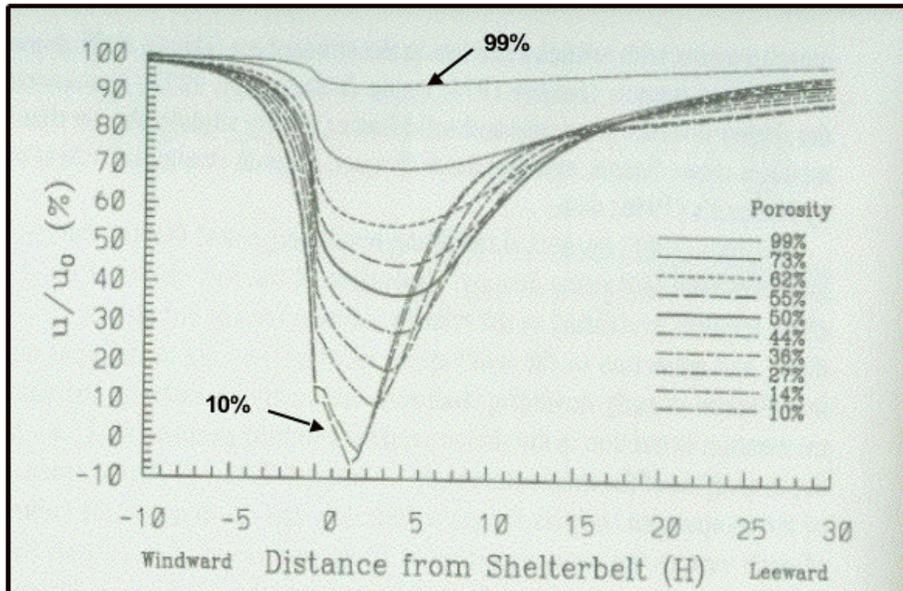
Menurut Brandle *et al.* (2000) *dalam* Takle *et al.* (2006) bahwa ada beberapa karakteristik vegetasi pantai penting yang berkontribusi terhadap efektivitas hutan pantai sebagai tanggul angin. Faktor-faktor tersebut adalah tinggi (*Height*), kerapatan (*density*), panjang (*length*), lebar atau ketebalan (*width*), kontinuitas (*continuity*), orientasi (*orientation*) dan bentuk penampang melintang (*cross-sectional shape*).

- karakteristik tinggi tanggul angin merupakan faktor utama dalam mengendalikan kecepatan angin. Visualisasi pengaruh tinggi tampak pada Gambar 30. Gambar 30 menjelaskan bahwa terjadi turbulensi angin di belakang shelterbelt serta angin yang melewati bagian atas shelterbelt akhirnya kembali membentuk pola aliran yang sama di atas shelter setelah terhalangi oleh vegetasi.

- Selain tinggi, kerapatan juga berpengaruh terhadap efektivitas tanggul angin. Kerapatan dijelaskan sebagai volume total tanggul angin yang dimiliki oleh vegetasi yang solid. Meskipun demikian vegetasi yang porous (longgar) juga dipakai untuk tanggul angin walaupun sedikit menurunkan angin dan tidak efektif untuk tujuan penahanan kecepatan angin (Gambar 30).

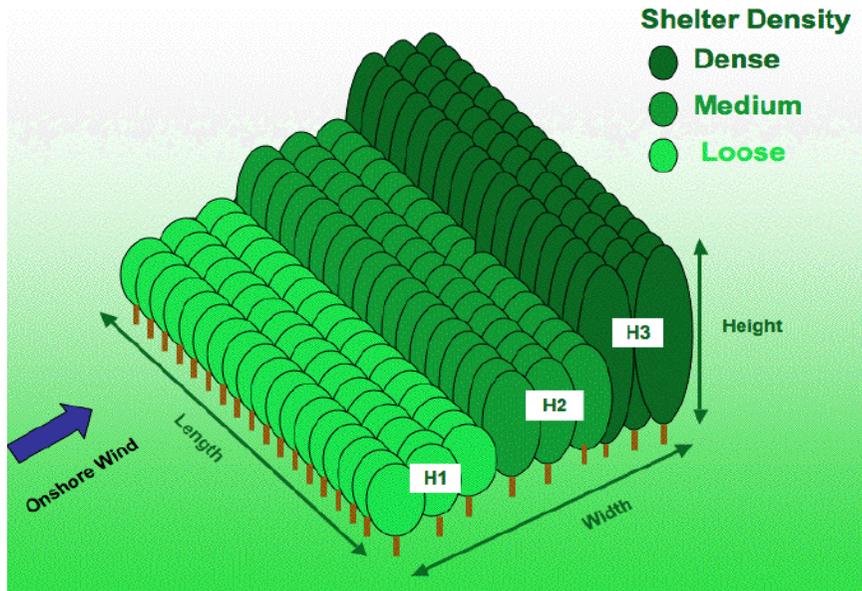


Gambar 29. Turbulensi angin yang dibuat oleh shelterbelt (Takle *et al.* 2006).



Gambar 30. Reduksi kecepatan angin oleh tanggul (tebal 1 H) dengan tingkat porositas 10 - 90 % (Takle *et al.* 2006).

- Panjang shelterbelt merupakan luasan lateral dari shelterbelt dimana posisinya berhadapan secara tegak lurus terhadap arah atau peristiwa terjadinya angin. Arah angin mengikuti wilayah luar (pinggiran) lateral shelterbelt dengan begitu panjang shelterbelt dapat mengurangi kecepatan angin.
- Lebar atau ketebalan shelterbelt, merupakan jarak tegak lurus (vertikal) terhadap panjang shelterbelt. Ketebalan dan kerapatan bersama sama menentukan besarnya (magnitude) penurunan kecepatan angin. Hasil observasi Read (1964) dalam Takle *et al.*, (2006) dan model numerik (Wang dan Takle, 1996b dalam Takle *et al.*, 2006) menunjukkan bahwa shelterbelt dengan 2 s/d 3 baris dapat melindungi lokasi penanaman. Ketebalan tanggul angin menjadi sangat cocok bagi perlindungan tanaman budidaya pertanian yang berada dibelakangnya. Karena dengan kondisi tersebut dapat mengurangi kecepatan angin, meningkatkan deposit garam dan reduksi badai yang melanda wilayah pantai.



Gambar 31. Sketsa sembilan jalur shelterbelt dari tiga jenis dengan tinggi dan kerapatan yang berbeda (Takle *et al.* 2006).

- Kontinuitas atau keseragaman shelterbelt merupakan salah satu indikator apakah disuatu lokasi tertentu terjadi penurunan kecepatan angin karena efek shelterbelt. Munculnya celah dalam tanggul angin cenderung untuk menekan aliran dan membuat pancaran lokal disekitar daerah yang aman sehingga berlawanan dengan proteksi area.
 - Orientasi. Kaitannya dengan maksimum jarak shelterbelt memproteksi angin. Jika angin tidak langsung terhadap shelterbelt, wilayah yang terlindungi dibatasi oleh daerah terbuka dari pinggir shelter.
 - Bentuk penampang melintang. Wang & Takle (1997a) menjelaskan bahwa penampang melintang relatif memiliki pengaruh yang kecil terhadap proteksi area.
- **Sebagai daerah pengontrol siklus air dan proses intrusi air laut.**
Mekanisme ini dapat terjadi melalui dua cara yakni dengan mempertahankan muka air tawar (air tanah) dan mencegah masuknya air pasang ke sungai. Keberadaan vegetasi di wilayah Pantai akan menjaga ketersediaan cadangan air permukaan yang mampu menghambat terjadinya intrusi air laut ke arah daratan. Kerapatan jenis vegetasi di sempadan pantai

dapat mengontrol pergerakan material pasir akibat pergerakan arus setiap musimnya.

4.2 Fungsi Ekologi Hutan Pantai

- Sebagai Habitat Flora dan Fauna

Hutan pantai merupakan habitat hidup berbagai flora dan fauna baik yang berstatus dilindungi, khas maupun endemik. Berbagai jenis vegetasi yang tumbuh baik di ekosistem hutan pantai adalah jenis vegetasi dari formasi pes-caprae yaitu *Ipomoea pes-caprae*, *Canavalia maritima*, *Vigna marina*, *Spinefex littreus*, *Ischaemum muticum*, *Cyperus maritima* serta dari formasi Barringtonia diantaranya *Barringtonia asiatica*, *Calophyllum inophyllum*, *Manilkara kauki*, *Intsia bijuga*, *Terminalia catappa*, *Hernandia peltata*, *Cerbera manghas*, *Erythrina orientalis*, *Pongamia pinnata*, *Hibiscus tiliaceus*, *Guettarda speciosa*, *Morinda citrifolia*, *Sophora tomentosa*, dll.

Sedangkan fauna yang hidup di hutan pantai diantaranya harimau sumatera (*Panthera tigris sumatrea*), kucing mas (*Catopuma temminckii*), Gajah Sumatera (*Elephas maximum sumatranus*), tapir (*Tapirus indicus*), Rusa sambar (*Cervus unicolor*), Siamang (*Hylobates syndactylus*), babi hutan (*Sus spp.*), Badak Jawa (*Rhinoceros sondaicus*), Banteng (*Bos javanicus*), penyu sisik (*Eretmochelys imbricata*), penyu hijau (*Chelonia mydas*), penyu belimbing (*Dermochelys coriacea*). Selain itu, juga ditemukan fauna dari jenis reptil seperti biawak (*Varanus salvator*), ular sanca (*Phyton sp.*), ular edhor (*Calloselasma rhodostoma*), primata (Kera ekor panjang_ *Macaca fascicularis*) dan burung pantai.

Burung pantai (*shorebirds*) merupakan sekelompok burung air yang secara ekologis bergantung kepada kawasan pantai sebagai tempat mereka mencari makan dan atau berkembangbiak. Di Indonesia, telah diidentifikasi sebanyak 65 jenis dari 214 jenis burung pantai yang ada di dunia (Tabel 10).

Tabel 10. Jenis-jenis burung pantai di Indonesia

No	Nama Ilmiah	Nama Indonesia	Sebaran di Indonesia	Status
JACANIDAE				
1.	<i>Irediparra gallinacea</i>	Burung-Sepatu jengger	K,C,M,T,P	penetap
2.	<i>Hydrophasianus chirurgus</i>	Burung-Sepatu teratai	S,K,J	Migran
3.	<i>Metopidius indicus</i>	Burung sepatu picisan	S,J	penetap
ROSTRATULIDAE				
4.	<i>Rostratula benghalensis</i>	Berkik-kembang besar	S,K,J,T	penetap
HAEMATOPODIDAE				
5.	<i>Haematopus longirostris</i>	Kedidir warna	M,T,I	penetap
6.	<i>Haematopus fuliginosus</i>	Kedidir kelam	J	Migran
RECURVIROSTRIDAE				
7.	<i>Himantopus himantopus</i>	Gagang-bayam belang	S,K,J,C,M,T,I	penetap
BURHINIDAE				
8.	<i>Esacus magnirostris</i>	Wili-wili	S,K,J,C,M,T,I	penetap
GLAREOLIDAE				
9.	<i>Glareola maldivarum</i>	Terik asia	S,K,J,C,M,T,I	Migran
10.	<i>Stiltia isabella</i>	Terik Australia	S,K,J,C,M,T,I	Migran
11.	<i>Pluvialis fulva</i>	Cerek kernyut	S,K,J,C,M,T,I	Migran
12.	<i>Pluvialis squatarola</i>	Cerek besar	S,K,J,C,M,T,I	Migran
13.	<i>Charadrius dubius</i>	Cerek kalung kecil	S,K,J,C,M,T,I	Migran
14.	<i>Charadrius alexandrinus</i>	Cerek titil	S,K,J,M	Migran
15.	<i>Charadrius peronii</i>	Cerek Melayu	S,K,J,C,T	penetap
16.	<i>Charadrius javanicus</i>	Cerek jawa	J	penetap
17.	<i>Charadrius ruficapillus</i>	Cerek topi merah	J,T,I	Migran
18.	<i>Charadrius placidus</i>	Cerek paruh panjang	J	Migran
19.	<i>Charadrius mongolus</i>	Cerek pasir Mongolia	S,K,J,C,M,T,I	Migran
20.	<i>Charadrius leschenaultii</i>	Cerek pasir besar	S,K,J,C,M,T,I	Migran
21.	<i>Charadrius veredus</i>	Cerek Asia	S,K,J,C,M,T,I	Migran
22.	<i>Vanellus cinereus</i>	Trulek Kepala Abu	C	
23.	<i>Vanellus macropterus</i>	Trulek Jawa	J	penetap
24.	<i>Vanellus miles</i>	Trulek bertopeng	M,T,I	penetap
25.	<i>Vanellus indicus</i>	Trulek gelambir merah	S	Migran
26.	<i>Erythronyx cinctus</i>	Cerek lutu-merah	I	Migran
SCOLOPACIDAE				
27.	<i>Scolopax saturata</i>	Berkik gunung merah	S,J,I	penetap

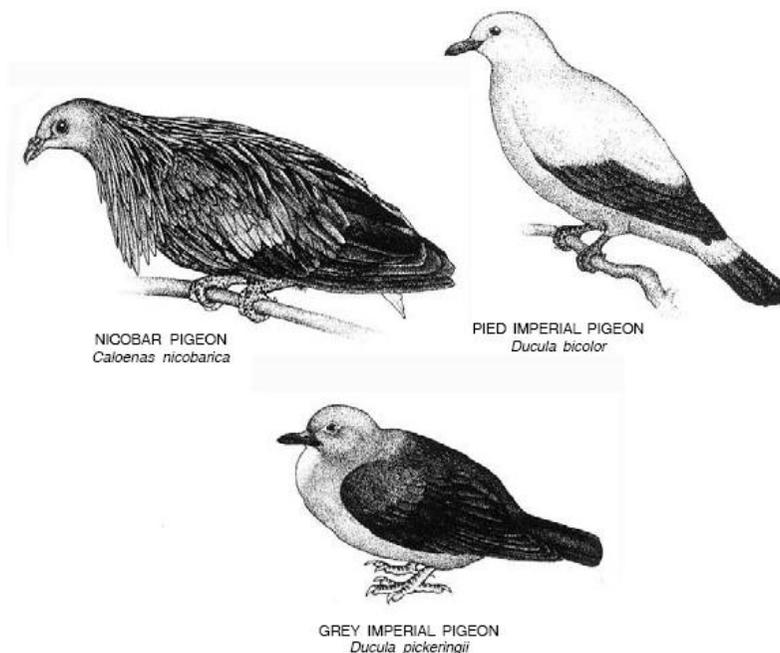
28	<i>Scolopax celebensis</i>	Berkik gunung sulawesi	C	penetap
29	<i>Scolopax rochussenii</i>	Berkik gunung Obi	M	penetap
30	<i>Gallinago hardwickii</i>	Berkik latham	I	penetap
31.	<i>Gallinago stenura</i>	Berkik ekor lidi	S,K,J,C,M,T	Migran
32	<i>Gallinago megala</i>	Berkik rawa	K,J,C,M,T,I	Migran
33	<i>Gallinago gallinago</i>	Berkik ekor kipas	J,M,T	Migran
34	<i>Limosa limosa</i>	Biru laut ekor hitam	S,K,J,C,M,T,I	Migran
35	<i>Lmosa lapponica</i>	Biru laut ekor blorok	S,K,J,C,M,T,I	Migran
36	<i>Numenius minutus</i>	Gajahan kecil	J,C,M,T,I	Migran
37	<i>Numenius phaeopus</i>	Gajahan pengala	S,K,J,C,M,T,I	Migran
38	<i>Numenius arguata</i>	Gajahan besar		Migran
39	<i>Numenius madagascariensis</i>	Gajahan timur	S,K,J,C,M,T,I	Migran
40	<i>Tringa erythropus</i>	Trinil tutul	S	Migran
41.	<i>Tringa totanus</i>	Trinil kaki merah	S,K,J,C,M,T,I	Migran
42	<i>Tringa stagnatilis</i>	Trinil rawa	S,K,J,C,M,T,I	Migran
43	<i>Tringa nebularia</i>	Trinil kaki hijau	S,K,J,C,M,T,I	Migran
44	<i>Tringa guttifer</i>	Trinil Nordmann	S	Migran
45	<i>Tringa flavipes</i>	Trinil kaki kuning	S	Migran
46	<i>Tringa ochropus</i>	Trinil hijau	S,K,J,C,I	Migran
47	<i>Tringa glareola</i>	Trinil semak	S,K,J,C,M,T,I	Migran
48	<i>Tringa cinereus</i>	Trinil bedaran	S,K,J,C,M,T,I	Migran
49	<i>Tringa hypoleucos</i>	Trinil pantai	S,K,J,C,M,T,I	Migran
50	<i>Tringa brevipes</i>	Trinil ekor kelabu	S,K,J,C,M,T,I	Migran
51.	<i>Tringa incanus</i>	Trinil penjelajah	I	Migran
52	<i>Arenaria interpres</i>	Trinil pembalik batu	S,K,J,C,M,T,I	Migran
53	<i>Limnodromus semipalmatus</i>	Trinil lumpur Asia	S,K,J	Migran
54	<i>Limnodromus scolopaceus</i>	Trinil lumpur paruh panjang	J	Migran
55	<i>Calidris tenuirostris</i>	Kedidi besar	S,K,J,C,M,T,I	Migran
56	<i>Calidris canutus</i>	Kedidi merah	S,K,J,C,M,T,I	Migran
57	<i>Calidris alba</i>	Kedidi putih	S,K,J,C,M,T,I	Migran
58	<i>Calidris ruficollis</i>	Kedidi leher merah	S,K,J,C,M,T,I	Migran
59	<i>Calidris temminckii</i>	Kedidi temminck	K	Migran
60	<i>Calidris subminuta</i>	Kedidi jari panjang	S,K,J,C,M,T	Migran
61.	<i>Calidris acuminata</i>	Kedidi ekor tajam	J,C,M,T,I	Migran
62	<i>Calidris ferruginea</i>	Kedidi golgol	S,K,J,C,M,T,I	Migran

63	<i>Limicola falcinellus</i>	Kedidi paruh lebar	S,K,J,C,M,T,I	Migran
64	<i>Philomachus pugnax</i>	Trinil rumbai	S,J,C	Migran
PHALAROPIDAE				
65	<i>Phalaropus lobatus</i>	Kaki rumbai kecil	S,K,J,C,M,T,I	Migran

Sumber : Howes et al (2003)

Keterangan : S (Sumatera), K (Kalimantan, tidak termasuk kalimantan Utara), J (Jawa sebagian termasuk Bali), C (Sulawesi), M (Maluku), T (Kepulauan Sunda Kecil, I (Irian Jaya =Papua).

Selain jenis – jenis yang tertera pada Tabel diatas, menurut Goltenboth *et al.* (2006) bahwa hutan pantai juga menjadi habitat bagi tiga jenis pigeon yang sudah terancam punah yakni *Caloenas nicobarica*, *Ducula bicolor*, *Ducula pickeringii*. Selain pigeon, jenis *Sula dactylatra*, *S. sula*, *S. leucogaster.*, *Fregatta minor*, serta *Anous stolidus* and *A. minutus* juga ditemukan sebagai penghuni hutan pantai. Jenis *Caloenas nicobarica*, telah dimasukkan ke dalam appendix CITES I.



Gambar 32. Tiga jenis pigeon yang sudah terancam punah dan hanya ditemukan di Hutan Pantai (Goltenboth *et al.*, 2006).

- **Sebagai Tempat Bertelur**

Hutan pantai dijadikan sebagai tempat penting bagi berbagai jenis penyu untuk bertelur. Salah satu faktor pendukungnya adalah tekstur pasir kwarsa yang didominasi oleh vegetasi pantai berupa tanaman pandan (*Pandanus tectorius*). Hasil penelitian di beberapa pantai menunjukkan bahwa sarang-sarang telur penyu yang padat ditemukan pada persentase penutupan oleh tumbuhan pandan (*Pandanus tectorius*) sebesar 40,4-85,2%. Ada sekitar 43 pantai di Indonesia yang dijadikan tempat untuk bertelur penyu (Jauhari *et al.* 1999). Bahkan salah satu kawasan pantai di Indonesia yang merupakan salah satu dari 6 tempat peneluran terbesar di dunia yakni kawasan pantai Jamursba Medi, Sorong (Heng & Chark, 1989 dalam Triantoro & Kuswadi, 2005) (Tabel 11).

Umumnya penyu sisik (*Eretmochelys imbricata*), penyu belimbing (*Dermochelys coriacea*) dan penyu hijau (*Chelonia mydas*) bertelur di Pantai Pangumbahan Sukabumi, Suaka Margasatwa Cikepuh (Jawa Barat), TN Kepulauan Seribu, TN Meru Betiri, TN Alas Purwo, TN Komodo, TN Bunaken, TN Manusela serta TN Cendrawasih. Selain penyu, pantai juga dijadikan tempat bertelur oleh burung seperti Maleo (*Macrocephalon maleo*) yang hampir ditemukan diseluruh pantai di Sulawesi dan Maluku.

Tabel 11. Jumlah jejak dan sarang 4 jenis penyu di pantai Jamursba Medi, Papua

Jenis Penyu		Periode			
		2000 (April-Des)	2001 (Jan-Des)	2002 (Jan-Des)	2003 (Jan-Des)
Belimbing	Jejak	2.356	3.554	2.085	2.534
	Sarang	2.264	3.358	2.004	2.439
Hijau	Jejak	223	113	53	61
	Sarang	205	103	53	61
Sisik	Jejak	46	15	25	36
	Sarang	43	15	25	35
Lekang	Jejak	473	432	170	370
	Sarang	435	422	167	365

Sumber : Bakarbesy & Samber (2004)

- **Jasa kesehatan lingkungan**

Hutan pantai juga berfungsi sebagai pengendali pemanasan global dan perubahan iklim, melalui penyerapan karbon dan memelihara iklim mikro. Mekanisme tersebut terjadi melalui proses fotosintesis yang terjadi pada daun tanaman dimana tumbuhan akan menyerap karbondioksida (CO₂) dan melepaskan zat oksigen (O₂). Keberadaan oksigen menjadi sangat penting bagi kesehatan makhluk hidup di bumi termasuk manusia.

- **Estetika daerah Perkotaan**

Penanaman pohon pada wilayah perkotaan menjadi sangat penting ditengah pesatnya konsumsi masyarakat terhadap kendaraan bermotor. Penanaman vegetasi pantai seperti jenis cemara laut (*C. Equisetifolia*) dan bintaro (*Cerbera manghas*) sepanjang jalan raya atau ditanam di taman-taman perkantoran. Keberadaan tanaman tersebut, selain untuk menambah keindahan kota juga menyerap CO₂ dan gas- gas lainnya yang dihasilkan oleh kendaran bermotor. Kita tahu bersama bahwa kendaraan bermotor menimbulkan kebisingan dan menghasilkan gas-gas tertentu (memakai bahan bakar fosil) yang berdampak negatif terhadap lingkungan perkotaan.

4.3 Fungsi Sosial dan Ekonomi Hutan Pantai

- **Wisata Pantai dan Tempat berkemah**

Wisata pantai merupakan salah satu bentuk kegiatan wisata bahari atau wisata kelautan. Wisata pantai sendiri didefinisikan sebagai wisata yang objek dan daya tariknya bersumber dari potensi bentang laut (*seascape*) maupun bentang darat pantai (*coastal landscape*). Pada bentang laut dapat dilakukan kegiatan wisata diantaranya berenang (*swimming*), memancing (*fishing*), bersampan yang meliputi mendayung (*boating*) dan snorkeling, berselancar yang meliputi selancar air (*wave surfing*) dan selancar angin (*wind surfing*), dll. Sedangkan pada bentang darat kegiatan yang dapat dilakukan berupa olahraga susur pantai, bola volly pantai, bersepeda pantai, panjat tebing pada dinding terjal pantai (*cliff*) dan menelusuri gua pantai. Disamping itu, bermain layang-layang, berjemur, berjalan-jalan melihat pemandangan, berkuda atau naik dokar pantai merupakan kegiatan lain dari rekreasi bentang darat pantai.

Umumnya pantai berpasir di Indonesia dijadikan sebagai kawasan pariwisata pantai yang menarik karena keindahan alamnya, seperti pantai Sanur dan Kuta (Bali), Pantai Pangandaran, Carita & Pelabuhan Ratu (Jawa Barat), Parang Tritis (Yogyakarta), Pantai Natsepa & Liang (Maluku). Sebaran pantai di Indonesia yang dijadikan sebagai tempat pariwisata secara jelas disajikan pada Tabel 12. Diharapkan dengan pengelolaan pariwisata pantai dengan baik dan benar maka akan dapat mendatangkan pendapatan asli daerah (PAD) yang tinggi serta meningkatkan ekonomi masyarakat di sekitar kawasan pariwisata.

Selain wisata pantai, kegiatan berkemah juga dapat dilakukan di pantai. Sambil berkemah, pengunjung dapat mendengarkan deburan ombak laut, kicauan burung dan makan ikan bakar. Beberapa daerah pantai yang dijadikan sebagai tempat berkemah yaitu Taman Nasional (TN) Alas Purwo, TN Karimunjawa dan TN Wakatobi.

Ekowisata penyu pada habitat alami penyu juga menjadi daya tarik tersendiri. Kegiatan ekowisata yang dapat dilakukan yaitu melihat penyu mendarat pada malam hari, melihat dan mengamati penyu bertelur, cara pengambilan dan penanaman telur (penetasan secara semi alami), melihat dan memberi pakan tukik dalam bak pemeliharaan serta pelepasan tukik.

Tabel 12. Sebaran pantai di Indonesia sebagai kawasan pariwisata

No	Provinsi	Nama Pantai
1.	Nanggroe Aceh Darussalam	Pantai Lhok Nga & Lampu'uk (Banda Aceh), Pantai Gapang & Iboih (Pulau Weh), Pantai Kasih dan Sumur Tiga (Kota Sabang), Pantai Tu'i Lhok (Aceh Barat)
2.	Sumatera Utara	Pantai Pandaan & Kalangan (Sibolga), Teluk Lagundri (Pulau Nias)
3.	Sumatera Barat	Pantai air manis, Pasir Jambak & Bungus (Kota Padang), Pantai Sikek (Kab. Pesisir Selatan), Pantai Pokai, Pulau Nyang Nyang dan pantai Bulasat (Kab. Kepulauan Mentawai)
4.	Riau	Pantai Selat Baru & pantai pulau Rupert (Kab. Bengkalis), objek wisata Bono (Kab. Pelalawan),
5.	Kepulauan Riau	Pantai Batu Bedaun (Kab. Lingga), Pantai Pongkar (Kab. Karimun)
6.	Sumatera Selatan	-

7.	Jambi	Pantai Pulau Berhala (Kota Jambi)
8.	Bangka Belitung	Pantai Matras, Pantai Batu dedaun, Pantai rebo, Pantai tikus layang, pantai teluk uber dan pantai Romodong
9.	Bengkulu	Pantai Nala dan pantai Panjang Gading Cempaka (Kota Bengkulu), pantai Duayu Sekundang, pantai muara way Hawang dan pantai muara kedurang (Bengkulu Utara), Pantai Seluma, Maras, Ngalam (Kab. Seluma),
10.	Lampung	Pantai Pasir putih, pantai Kalianda, pantai marina, pantai wartawan (Lampung Selatan), pantai Labuhan Jukung (Lampung Barat),
11.	Banten	Pantai Anyer, pantai karang bolong, pantai salira, pantai sangian (Kab. Serang), pantai carita (Kab. Pandeglan), pantai binuangeun, pantai cibobos, karang taraje, pulau manuk (Kab. Lebak),
12.	Jakarta	Pantai Ancol dan Kepulauan Seribu
13.	Jawa barat	Pelabuhanratu (Sukabumi), pantai Pangandaran (Tasikmalaya),
14.	Jawa Tengah	Pantai Marina (Semarang), Pantai Kartini (Rembang dan Jepara), Pantai Sendang Sikucing & pantai Jomblom (Kab. Kendal), Pantai Ayah, Karangbolong dan pantai Petanahan (kab. Kebumen), pantai Jati-Malang (Kab. Purworejo), Pantai Slamaran Indah (Kab. Pekalongan), Pantai Purwahamba Indah (Kab. Tegal), Pantai Randusanga(Kab. Brebes).
15.	Yogyakarta	Pantai Parangtritis, Samas, Pandansimo, Baron, trisik, Wesi Ombo, Pantai Glagah, Pantai Ngrehenan.
16,	Jawa Timur	Pantai Selatan Malang & Pantai Sendangbiru (Malang), pantai Ria Teleng & Pantai Plengkung (Blitar), Pantai Maneron, pantai Rongkang & pantai Siring Kemuning (Bangkalan),
17.	Bali	Pantai Kuta, legian, Seminyak, Tuban, Pantai Nyangnyang, pantai Suluban, pantai Kedonganan, pantai Jimbaran, pantai canggu (Kab. Badung), pantai Kusamba, kawasan nusa penida & pantai Atuh (Klungkung), pantai Klotok (karangasem), pantai Lovina (Kab. Buleleng), Pantai Candikusuma (Kab. Jembarana)
18.	Nusa Tenggara	Pantai Ampenan (Lombok), pantai Kuta & Tanjung A'an

Barat	(Lombok Tengah), pantai Segar, pantai Mawan, Tampa & Mawi (Lombok Selatan), labuhan haji (Lombok Timur), Pantai Lakey (Sumbawa),
19. Nusa Tenggara Timur	Pantai cepi Watu (Ruteng), pantai Waiterang (Ende), pantai Rua/Wanokaka & Marosi (Sumba), pantai Lasiana, Manikin, Barate, Sulamu, Uiasa, Oipoli, Tablolong, Oesina, Salupu & Bolow (Kupang),
20. Kalimantan Timur	Pantai Manggar segarasari & Melawai (Balikpapan), pantai Marina (Bontang), pantai Tanjung barat, Teluk Kaba, Teluk Lombok & Teluk Perancis (Kutai Timur), pantai Amal (Tarakan),
21. Kalimantan selatan	-
22. Kalimantan Tengah	Pantai Kubu (kotawaringin Timur),
23. Kalimantan Barat	Pantai Pasir Panjang, batu payung, pantai Gosong (Kab. Singkawang), Pantai Polaria, Sinam, Tanjung Batu, Bukit Raya Putri Serai, Dungun Laut, Camar Wulan & Tanjung Kemuning (Kab. Sambas)
24. Sulawesi Selatan	Pantai Kuri (Kab. Maros), Pantai Pasir Putih Korong Batu, Seruni & Lamalaka (Kab. Bantaeng), Pantai Ancue, tete, pantai pasir putih Bone Lampe & pantai Ujung Pattiro (Kab. Bone), Pantai Bira , Mandala Ria (Kab. Bulukumba), Pantai Pulau Harapan (Kab. Jeneponto), Pantai Kappe & Pantai Wae Tuwo (Kab. Pinrang), Pantai Topejawa (Kab. Takalar).
25. Sulawesi Tenggara	Pantai Nambo dan batu Gong (Kota Kendari), Pantai Melerua (Kab. Muna), Wakatobi
26. Sulawesi Utara	Pulau Bunaken (Kota Manado), Pantai Bentenan & pantai Kora-Kora (Minahasa),
27. Sulawesi Barat	Pantai Rangkas (Kab. Majene), wisata Bahari Palippis dan Labuang (Kab. Polewali Mandar)
28. Sulawesi Tengah	Pantai Taman Ria, pantai Talise, Pantai Tumbeleka, pantai Buluri & pantai Mamboro (Palu), pantai Madale & Tooni (Poso), Pantai Nalera (Parigi Moutong), Pantai Lambangan Pauno & pantai kilo lima (Banggai).
29. Gorontalo	Pantai Pohe, pantai Kwandang, Lahilote, Pantai indah, pantai

Karang Citra & pantai pasir Putih (Kota Gorontalo)

30. Maluku	Pantai Natsepa & Latuhalat (Kota Ambon), pantai Liang, pulau Pombo & pulau Banda (Kab. Maluku Tengah), Pantai Tahilopong & pantai Jikubesar (Kab. Buru), Pantai IIngel & pantai Leluan (Maluku Tenggara)
31. Maluku Utara	Pantai Cobo, pantai Manaf, pantai Kupaupa & Luari
32. Papua	Pantai Hamadi (Jayapura), Pantai Yendidori & pantai emfedi (Biak), pantai Wahario (Nabire), pantai Casuari (Sorong)

Sumber : Kantor Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata (2006)

- **Penghasil bahan baku industri kosmetik dan biodisel.**

Jenis tumbuhan yang tumbuh di hutan pantai mengandung bahan-bahan kimia yang dapat digunakan untuk kepentingan industri kosmetik, diantaranya : keben (*Barringtonia asiatica*), ketapang (*Terminalia cattappa*), dll. Sedangkan tanaman pantai yang berpotensi untuk dijadikan sebagai biodisel adalah nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dan kranji (*Pongamia pinnata* Merrill). Biji nyamplung segar mengandung minyak 40-55 %-b dan jika dalam kondisi kering mengandung 70-73%-b. Bahan aktif yang terkandung dalam biji nyamplung adalah Inophyllum A-E, Calophylloide dan asid calophynic. Minyak dari biji tanaman nyamplung ini sudah lama digunakan untuk penerangan di beberapa daerah seperti Maluku.

- **Sebagai Penghasil Obat-obatan**

Vegetasi yang tumbuh baik di ekosistem hutan pantai memiliki potensi ekonomi yang tinggi karena banyak mengandung zat bioaktif tinggi dibidang kedokteran. Beberapa jenis diantaranya : *Calophyllum lanigerum* berkasiat untuk *anti virus HIV* (sudah dipatenkan oleh USA dan Malaysia), *Calophyllum cannum* dan *Calophyllum dioscorii* untuk *anti kanker*. Secara singkat manfaat vegetasi hutan pantai sebagai bahan obat-obat disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Manfaat vegetasi hutan tanaman untuk obat-obatan

No	Jenis	Khasiat
1.	<i>Barringtonia asiatica</i>	Daun : Obat kudis, katarak, pegal-pegal, obat flu & radang tenggorokan
2.	<i>Calophyllum inophyllum</i>	Daun : Pembersih darah, peredam kejang. Biji : Mengurangi rasa sakit, penyebab muntah
3.	<i>Calophyllum lanigerum</i>	Anti virus HIV/AIDS
4.	<i>Calophyllum cannum</i>	Anti kanker
5.	<i>Calophyllum dioscorii</i>	Anti kanker
6.	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Akar : Disentri, diare, sakit kepala
7.	<i>Crinum asiaticum</i>	Akar : Mempermudah persalinan, obat luka, peluruh keringat. Daun : Pelembut kulit
8.	<i>Cerbera manghas</i>	Daun : Obat pencahar. Biji : Pencahar, penyebab muntah, gatal-gatal, rematik & flu
9.	<i>Erythrina orientalis</i>	Daun : Pelancar ASI, ekspektoran, peluruh haid, antipiretik
10.	<i>Euphorbia atoto</i>	Daun : Memperbanyak air susu
11.	<i>Hernandia peltata</i>	Biji : pembius
12.	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Akar : demam Daun : Peluruh dahak, perawatan rambut, paru-paru basah, batuk, TBC, diare & Memperlancar proses kelahiran
13.	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Akar : Beri-beri, sakit gigi, eksim. Daun : Bisul, payudara mengeras, nyeri, pegal-pegal, wasir. Biji : Obat kram, sakit kepala,
14.	<i>Morinda citrifolia</i>	Daun : Pelembut kulit, peluruh dahak. Buah : penyakit gula, beri-beri, penyakit hati, batuk, luka-luka & cuci perut
15.	<i>Pluchea indica</i>	Biji : Peluruh keringat, demam, sakit kepala, rematik. Daun : Peluruh keringat, scabies, kurang nafsu makan, rematik
16.	<i>Pongamia pinnata</i>	Daun : Penyakit kulit & rematik. Biji : Penyebab muntah

17.	<i>Terminalia cattapa</i>	Daun : Rematik, penyakit kulit, disentri & sariawan. Biji : Meredakan radang rongga perut
18.	<i>Scaevola taccada</i>	Akar : Beri-beri, sipilis, disentri. Daun : Obat sakit kepala, pegal-pegal, batuk, malaria, flu Biji : kanker
19.	<i>Sophora tomentosa</i>	Akar : Perut mulas, disentri. Daun : Luka karena ikan beracun. Biji : Muntah karena kolera, muntah darah, sakit kencing, kencing darah, perut mulas, disentri, sesak napas

Sumber : diolah dari berbagai sumber

- **Sumber Penghasil Bioenergi**

Vegetasi hutan pantai dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bangunan, kayu bakar, arang, pulp dan kertas, dll. Contoh : *Pongamia pinnata*, *Callophylum inophyllum*, *Terminalia cattapa*, *Casuarina equisetifolia*, *Intsia bijuga* dll. Jenis *Casuarina equisetifolia* pada umur 7-15 tahun produksi kayu bakarnya dapat mencapai 37-74 ton per hektar (Sukresno, 2007).

- **Sebagai Tempat Budidaya Pertanian**

Anggapan sebagian besar masyarakat Indonesia bahwa lahan pasir tidak dapat dijadikan sebagai lahan budidaya pertanian karena sulit mengikat air, penguapannya tinggi, kandungan bahan organik dan unsur hara yang sangat rendah, ternyata keliru. Hal ini terjawab dengan budidaya pertanian di beberapa daerah di Indonesia. Budidaya pertanian di lahan pasir di Desa Bugel Kecamatan Panjatan, Kulon Progo merupakan salah contoh daerah yang telah mengolah lahan pasir terlantar menjadi lokasi budidaya tanaman cabai, semangka, sayur mayur, kentang, ubi, bawang dan labu. Petani di daerah ini telah menerapkan pertanian berkelanjutan melalui penerapan teknologi ramah lingkungan dan mengintegrasikan pertanian dengan peternakan (*integrated farming system*) dengan cara mencampur tanah dengan bahan organik sehingga terjadi peningkatan produksi.

- **Mendukung kegiatan penelitian dan pendidikan.**

Daerah pantai merupakan laboratorium hidup yang sempurna untuk belajar ilmu lingkungan, geografi, sejarah dan banyak bidang studi lain karena kompleksitas ekosistem alami yang dimiliki.

- **Kekayaan Sumberdaya Mineral.**

Sumber daya mineral terdiri atas tiga kelas yaitu kelas A (mineral strategis : minyak, gas dan batubara serta bahan-bahan galian radioaktif lainnya; nikel, kobalt dan timah), kelas B (mineral vital : besi, mangan, bauksit, tembaga, timbal, seng; emas, platina, perak, dan belerang, dll), serta kelas C (mineral industri : batu permata, batu setengah permata; pasir kwarsa, kaolin, batu apung, marmer, batu tulis; batu kapur, dolomit, granit, andesit, basal, trakhit, tanah liat dan pasir sepanjang tidak mengandung unsur-unsur golongan a maupun b dalam jumlah yang berarti ditinjau dari segi ekonomi pertambangan.

Tabel 14. Potensi dan penyebaran sumber daya mineral di laut Indonesia.

No	Jenis	Lokasi
1.	Minyak Bumi	Lepas pantai
2.	Gas Alam	Lepas Pantai
3.	Mineral Radio aktif	Bangka, Belitung, Singkep, Karimun dan Kundur
4.	Chrom	Pantai Timur Sulawesi
5.	Fospor	Selatan Timor
6.	Logam (Fe, Mn, Cu dan Ni)	Kep. Sangihe dekat Gn. Awu
7.	Biji besi	Pantai Selatan Jawa, pantai barat Sumatera
8.	Mangan	Pantai barat Sumatera, slatan lombok, laut Banda, P. Damar, Utara Manado, Utara Halmahera, utara Kepala Burung Papua

Sumber : Katali dan hartono (1987) dan The Marine and Coastal Sector Definition Mission (1987) dalam Dahuri *et al.* 1996

5. KERUSAKAN HUTAN PANTAI DAN DAMPAKNYA

5.1 Faktor Penyebab Kerusakan Hutan Pantai

Akhir-akhir ini ekosistem hutan pantai mengalami kerusakan yang cukup berarti. Kerusakan tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia dan faktor eksternal lainnya (Clarck 1998; McLachlan and Brown, 2006). Wilayah pantai dijadikan sebagai tempat strategis bagi masyarakat umum, pengusaha, militer dan industri. Aktivitas manusia seperti pencemaran pantai dari aktivitas industri dan masyarakat, aktivitas rekreasi, perubahan bentang alam akibat aktivitas pembangunan dan aktivitas lain turut berkontribusi terhadap kerusakan pantai. Sedangkan faktor eksternal lainnya, seperti angin badai, hurricane dan tsunami serta pemanasan global yang berimplikasi terhadap perubahan iklim juga menjadi faktor lain dalam kerusakan hutan (McLachlan and Brown, 2006).

Berbagai aktivitas manusia tersebut di atas cenderung tidak mempertimbangkan daya dukung (*carrying capacity*) dan kemampuan alamiah untuk memperbaharui (*assimilative capacity*), serta kesesuaian penggunaannya. Kegiatan pembangunan pada kawasan pantai masih menitikberatkan pada pertimbangan ekonomi, dibanding aspek ekologi. Akibatnya ekosistem pantai mengalami degradasi fungsi yang sangat parah.

Secara garis besar faktor penyebab kerusakan hutan pantai yang terjadi di Indonesia disebabkan oleh :

5.1.1 Pencemaran Daerah Pantai

Umumnya pencemaran dan kontaminasi wilayah pantai disebabkan oleh beberapa sumber yakni dari limbah industri (berupa limbah padat dan cair), limbah cair pemukiman, pertambangan, pelayaran dan pertanian serta perikanan budidaya. Bahan pencemar utama berupa sedimen, unsur hara, logam berat (seperti merkuri, unsur radioaktif, asam, polyaromatic hydrocarbons (PAH) dan unsur kimia toksik lainnya), pestisida, organisme eksotik dan sampah (Clarck 1998; Dahuri *et al.*, 2008).

Selain sumber pencemaran dari limbah, pencemaran pantai juga dapat

terjadi karena tumpahan minyak mentah dari kapal tangker. Pencemaran juga dapat terjadi karena pengeboran minyak lepas pantai, terjadinya erosi permukaan tanah (surface run off) dari daratan dan dari rembesan alami, pencemaran panas dari energi nuklir (McLachlan & Brown, 2006).

5.1.2 Pemanasan Global

Pemanasan global yang diikuti dengan perubahan iklim telah dirasakan oleh semua negara di dunia. Baru-baru ini, Inter-Government Panel on Climate Change (IPCC) mempublikasi penelitian para pakar bahwa selama 1990-2005 telah terjadi peningkatan suhu bumi sebesar 0,15 hingga 0,3 derajat celsius dan diperkirakan pada tahun 2050 atau 2070 akan terjadi peningkatan menjadi 1,6-4,2 derajat celsius. Kenaikan suhu ini akan diiringi dengan bertambahnya volume air akibat mencairnya es di daerah kutub yang menyebabkan permukaan air laut meningkat, hal ini menjadi ancaman bagi daerah pesisir. Data Departemen Kelautan dan Perikanan RI bahwa kenaikan air laut di Indonesia mencapai sekitar 0,5 cm per tahun atau 10 cm dalam 20 tahun.

Akibat naiknya permukaan air laut telah menyebabkan Indonesia kehilangan lebih dari 20 pulau dan jika fenomena ini terjadi terus, di akhir abad ini Indonesia akan kehilangan 2.000 pulau. Hasil studi Pusat Pengembangan Kawasan Pesisir dan Laut, Institut Teknologi Bandung (ITB) tahun 2007 melaporkan bahwa permukaan air laut di teluk Jakarta naik setinggi 0,57 cm per tahun. Studi ini memperkirakan pada tahun 2050 sebagian wilayah Jakarta seperti Kosambi, Penjaringan, Cilincing serta sebagian Bekasi akan lenyap ditelan laut. Pada konteks hutan pantai, kenaikan muka air laut dapat menyebabkan meningkatnya laju abrasi pantai, merubah rezim salinitas pantai, terjadi perubahan vegetasi pantai dan pada akhirnya menyebabkan tergerusnya hutan pantai.

5.1.3 Perubahan Bentang Alam

Perubahan bentang alam berhubungan dengan aktivitas merubah kondisi geomorfologi lahan setempat untuk penggunaan lainnya (McLachlan & Brown, 2006). Perubahan bentang alam terjadi melalui berbagai bentuk : 1) eliminasi habitat untuk penggunaan alternatif (golf, penambangan mineral & konstruksi bangunan), 2) perubahan habitat selama penggunaan lahan (rekreasi,

pengembalaan ternak, eksplorasi minyak dan gas, penggunaan lahan dan konstruksi bangunan untuk kepentingan militer), 3) perubahan bentuk geomorfologi (penghilangan pasir untuk kepentingan pembangunan tanggul penahan banjir, tanggul untuk menghindari penggenangan, perbaikan bentang alam untuk rekreasi serta perubahan lingkungan untuk kehidupan liar),

4) perubahan viabilitas fauna (aktivitas ekoturisme dan introduksi jenis hewan piaraan), 5) perubahan bentang alam yang tidak stabil (pembangunan sarana navigasi, seawalls, groins, breakwaters, introduksi sediment baru, perubahan vegetasi, dll), 6) restorasi lahan (pasir) serta 7) perubahan kondisi eksternal (pencemaran akibat minyak, bahan radioaktif, sampah, pemupukan, herbisida, dll) (Clarck 1998; McLachlan & Brown, 2006).

5.1.4 Aktivitas Kegiatan Pariwisata dan Rekreasi;

Aktivitas pariwisata dan rekreasi dapat berdampak negatif terhadap kelestarian ekosistem pantai. Pembangunan sarana prasarana pariwisata seperti pembangunan hotel, resort, pembangunan dermaga & sarana lalu lintas turut berkontribusi terhadap menurunnya stabilitas fisik dan meningkatnya mobilitas pasir. Kegiatan lain seperti pengamatan perilaku, reproduksi, kelimpahan dan migrasi burung dan penyu yang tidak terkontrol (bagian dari ekoturisme) dapat mengganggu kehidupan dan tempat pembiakannya.

5.1.5 Penambangan bahan mineral

Penambangan pasir di beberapa negara merupakan salah satu aktivitas penting dan sudah lama dilakukan. Di Indonesia pun sudah lama terjadi. Sejak tahun 1980-an praktik penjualan pasir darat ke Singapura sudah dilakukan. Berdasarkan data penelusuran Kompas Edisi Sabtu 17 Maret 2007 disebutkan sebelum keluarnya kebijakan pelarangan ekspor pasir ke Singapura, kapal tongkang yang bermuatan pasir dan granit yang masuk ke wilayah penimbunan pasir di Singapura dapat mencapai 140 kapal tongkang. Jika diasumsikan selama 25 tahun ada 100 kapal tongkang pengangkut pasir darat (termasuk pasir pantai) per hari dengan muatan 1.500 metrik kubik, berarti jumlah pasir darat yang masuk ke Singapura selama 25 tahun tersebut mencapai 2,25 miliar metrik ton.

Salah satu kegunaan dari pasir yaitu dapat digunakan untuk kepentingan

konstruksi bangunan. Selain itu, pada wilayah tertentu seperti di Singapura sumber daya pasir digunakan untuk reklamasi wilayah pantainya untuk tujuan ekspansi wilayah dan pembangunan pusat bisnis keuangan, bandar udara internasional dan pusat industri lainnya.

Pada beberapa daerah di Indonesia, kegiatan penambangan pasir cenderung eksploitatif dengan tidak mempertimbangkan aspek ekologi dan lingkungan. Ternasuk di sepanjang pantai selatan Pulau Jawa, hampir seluruh gumuk-gemuk pasir telah mengalami kerusakan akibat aktivitas penambangan pasir yang berlebihan. Kerusakan areal gumuk pasir serta vegetasi penutupnya dapat menyebabkan penurunan fungsi dan kapasitas ekosistem pantai. Akibat dari penambangan pasir juga dapat menghilangkan sejumlah pulau di Indonesia.

Penambangan pasir nyaris menghilangkan sejumlah pulau di wilayah Kepri, seperti Pulau Sebaik. Bahkan selama tahun 1978-2002 sebanyak 10 pulau termasuk pulau Nipah, hilang. Pulau Nipah merupakan titik pangkal dalam penentuan batas negara RI-Singapura dan RI-Malaysia. Kasus yang sama di Kalimantan Timur. Di wilayah ini, tujuan pulau di pesisir Selat Makassar juga hilang karena penambangan pasir laut. Hilangnya pulau-pulau itu berdampak besar terhadap pola iklim, arus laut terutama perikanan.

Selain hilangnya pulau, penambangan pasir juga berdampak negatif terhadap kelestarian ekosistem pesisir. Lubang-lubang bekas penambangan menjadi saksi-saksi bisu dari aktivitas eksploitasi pasir tersebut. Tidak sampai disitu, keterbatasan dana dari pemerintah untuk mereklamasi lahan bekas penambangan merupakan masalah lain dari aktivitas penambangan tersebut.

5.1.6 Aktivitas manusia lainnya

Selain aktivitas manusia yang sudah dijelaskan sebelumnya, kegiatan pembukaan lahan secara masif untuk perkebunan kelapa dan usaha budidaya pertanian lainnya, intensifikasi penggunaan lahan, kebakaran serta penebangan liar juga berkontribusi terhadap degradasi lingkungan di wilayah pantai.

5.1.7 Faktor eksternal (kondisi alam)

Selain pemanasan global yang sudah dijelaskan diatas, faktor kondisi alam seperti banjir, El Nino, Hurricane (Cyclon dan Typhoons) termasuk tsunami turut

berkontribusi terhadap kerusakan hutan pantai. Hasil inventarisasi di Provinsi Nanggroe Aceh Darusalam (NAD) pasca kejadian tsunami tanggal 26 Desember 2004 dengan skala 9 SR menunjukkan bahwa telah terjadi kerusakan hutan pantai yang diperkirakan mencapai 50.000 ha.

5.2 Dampak Kerusakan

Dampak-dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan dengan adanya degradasi/kerusakan pantai diantaranya :

5.2.1 Erosi pantai/abrasi,

Di Indonesia, kejadian erosi pantai diawali di pantai selatan pulau Jawa sejak Tahun 1970-an dimana hutan-hutan mangrove dan pantai dikonversi untuk peruntukan lainnya. Kejadian erosi hampir merata di seluruh wilayah nusantara. Pada tahun 1997 tercatat lebih dari 60 lokasi pantai dan muara di 17 propinsi telah terjadi bencana abrasi pantai diantaranya di seluruh pantai utara jawa, pantai timur sumatera, dan pantai Sulawesi Selatan. Secara nasional, Departemen Pekerjaan Umum mencatat 40 persen dari panjang pantai Indonesia yang totalnya 30.000 kilometer saat ini dalam kondisi rusak. Beberapa pantai di Indonesia yang mengalami erosi pantai disajikan pada Tabel 12. Prasetya (2006) mengungkapkan bahwa ada beberapa parameter fisik yang digunakan untuk mengidentifikasi problem erosi pantai, yaitu geomorfologi pantai (tipe pantai dan proses pembentukan pantai), angin, ombak, pasang surut serta keberadaan vegetasi pantai.

Menurut Diposaptono (2001) bahwa erosi pantai yang terjadi di Indonesia disebabkan oleh aktivitas manusia dalam 5 bentuk yakni :

- *Erosi pantai karena terperangkapnya angkutan sedimen sejajar pantai akibat adanya bangunan tegak lurus garis pantai seperti : groin, jetty, breakwater pelabuhan dan lain-lain.* Contoh kasus : dibangunnya *breakwater* Pelabuhan Pulau Baai, dibangunnya Bandara Sepinggan dengan jalan reklamasi yang menjorok ke laut, dibangunnya bandara Ngurah Rai di pantai Kuta dengan jalan reklamasi yang menjorok ke laut , dibangunnya LNG Arun dengan jalan reklamasi yang menjorok ke laut.
- *Erosi pantai karena terjadinya arus pusaran akibat adanya bangunan seawall.* Gelombang yang mendekati pantai, oleh bangunan *massive seawall* sebagian

dipantulkan oleh *seawall* ke arah laut. Gelombang hasil pantulan ini akan berasosiasi dengan gelombang datang sehingga menimbulkan efek *standing wave* dan menimbulkan arus pusaran (*eddy current*) di sebelah kiri dan kanan dari *seawall*. *Standing wave* tersebut akan bersifat merusak pantai yang terekspose karena mempunyai daya hisap yang besar yang akan menghisap tanah sekitar bangunan *seawall*.

- *Erosi pantai karena berkurangnya suplai sedimen dari sungai akibat dibangunnya dam di hulu sungai dan pemindahan muara sungai.*
- *Erosi pantai akibat penambangan karang dan pasir pantai.* Salah satu dampaknya adalah mengakibatkan lereng pantai menjadi lebih terjal sehingga menimbulkan ketidakstabilan lereng pantai yang pada gilirannya akan menimbulkan terjadinya pemacuan erosi.
- Erosi karena penggundulan hutan (mangrove dan pantai).

Tabel 15. Kejadian abrasi pantai di beberapa daerah di Indoensia

No	Lokasi	Keterangan
1.	Pantai Selatan Jawa Barat	Tahun 1995-2001 (30,05 ha/tahun) dan 2001-2003 (35,35 ha/thn)
2.	Pantai Utara Jawa Barat	Tahun 1995-2001 (392,32 ha/tahun) dan 2001-2003 (370,3 ha/thn)
3.	Bengkulu	Teluk Sepang. Merubah jarak perkampungan warga dengan pinggir pantai dari ± 200 m menjadi ± 25 m (terjadi abrasi)
4.	Kab. Subang	Abrasi pantai sepanjang 5 m/thn di Legan kulon dan Pusakanagara
5.	Kabupaten Indramayu	Antara tahun 1995-2003 terjadi abrasi seluas 364, 60 Ha
6.	Kabupaten Cirebon	abrasi di Kapetakan, Mundu, Astanajapura, Klangeran, Babakan Losari
7.	Kab. Ciamis	Abrasi pantai sepanjang 1 Km di Kec. Pangandaran
8	Prov. Bali	Berdasarkan catatan paling tidak terdapat 35 lokasi di Bali yang mengalami abrasi dengan panjang sekitar 64 kilometer yang perlu segera mendapat penanganan, dari panjang pantai keseluruhan di Bali 438 kilometer.

9.	Pantai Utara Jawa Tengah	Kab Batang, Kendal, Semarang, Demak dan Jepara
----	-----------------------------	--

Sumber : Media massa

5.2.2 Terjadinya Erosi Pasir

Menurut Sukresno (2007) bahwa akibat dari erosi pasir yang ditimbulkan oleh angin dapat menyebabkan : 1) lahan pantai berpasir yang bertekstur kasar dan bersifat lepas sangat peka terhadap erosi angin, 2) pengendapan pasir yang dapat menutup wilayah budidaya dan pemukiman yang berada dibelakangnya dan 3) adanya butiran pasir bergaram yang terangkut oleh proses erosi dapat merusak tanaman budidaya serta meningkatkan proses korosi pada barang-barang logam serta 4) lahan pasir menjadi kritis dan terjadinya penurunan produktivitas lahan.

5.2.3 Intrusi air laut yang terjadi semakin cepat,

Keberadaan vegetasi di wilayah Pantai akan menjaga ketersediaan cadangan air permukaan yang mampu menghambat terjadinya intrusi air laut ke arah daratan. Oleh karena itu, jika vegetasi hutan pantai beserta ekosistemnya terganggu maka intrusi air laut akan cepat terjadi. Akibat dari intrusi ini dapat menyebabkan terjadi penurunan kualitas air tanah, korosi konstruksi bangunan pipa logam di bawah tanah serta masuknya air laut pada lahan budidaya masyarakat. Kejadian intrusi air di beberapa daerah di Indonesia sudah cukup mengkhawatirkan, salah satunya adalah di daerah Bali dimana intrusi air laut telah mencapai 1 km dari garis pantai.

5.2.4 Hilangnya sempadan pantai,

Berbagai aktivitas yang dilakukan di sekitar pantai juga berdampak pada hilangnya sempadan pantai. Kegiatan penambangan pasir (galian C) misalnya, merubah jarak perkampungan warga dengan pinggir pantai dari ± 200 m menjadi ± 25 m (terjadi abrasi).

5.2.5 *Menurunnya keanekaragaman hayati serta musnahnya habitat dan satwa-satwa tertentu.*

Mekanisme penurunan keanekaragaman hayati dapat terjadi secara langsung dalam bentuk eksploitasi jenis untuk tujuan tertentu dan terjadinya fragmentasi habitat (contoh : hilangnya habitat pemijahan penyu dan biota lain). Secara tidak langsung, pantai yang terbuka merupakan lingkungan yang tidak ramah. Kondisi fisiknya tidak mantap dengan variasi suhu, salinitas dan kelembaban yang besar serta terbuka terhadap angin dan ombak. Kondisi seperti ini menyebabkan beberapa jenis vegetasi mati akibat tidak mampu beradaptasi dengan intrusi air laut serta mengkatalis banyaknya tingkat kerawanan bencana akibat kerusakan lingkungan.

5.2.6 *Dampak sosial dan ekonomi,*

Seperti munculnya konflik antar masyarakat akibat perbedaan kepentingan dalam pengelolaan pantai, serta tingginya rasa tidak nyaman dan aman bagi masyarakat yang tinggal di daerah pesisir karena hembusan angin semakin kencang dan suara ombak yang terdengar sangat kuat serta hilangnya mata pencaharian masyarakat di sekitar kawasan pantai.

5.2.7 *Penurunan nilai kepariwisataan.*

Seiring dengan aktivitas manusia yang berdampak terhadap terdegradasinya struktur dan komposisi vegetasi penyusun hutan pantai yang merupakan salah satu daya tarik pariwisata menjadi hilang sehingga mengurangi keindahan pantai.

5.2.8 *Dampak lain yang ditimbulkan*

Akibat eksploitasi sumberdaya yang berlebihan menyebabkan ekosistem hutan pantai tidak dapat memainkan fungsi dan perannya dengan baik (menurunkan kapasitas atau kemampuan ekosistem), menurunkan kelimpahan sumber daya (deflesi nilai sumber daya) dan kualitas hidup makhluk hidup yang membutuhkan hutan, mengurangi perlindungan masyarakat dari ombak, toksisitas logam berat terhadap kesehatan vegetasi pantai dan manusia.

6. REHABILITASI & KONSERVASI HUTAN PANTAI

6.1 Rehabilitasi Hutan Pantai

Dalam penutup bukunya, Goltenboth *et al.* (2006) menyebutkan bahwa saat ini hutan pantai di Indonesia mengalami penurunan kualitas dan kuantitas yang sangat drastis. Faktor utama degradasi hutan pantai adalah aktivitas manusia baik dalam perluasan pemukiman maupun tuntutan kebutuhan ekonomi. Mengingat tekanan terhadap ekosistem hutan pantai serta bencana alam yang melanda negeri ini maka upaya konservasi dan rehabilitasi serta pembangunan jalur hijau hutan pantai merupakan kebutuhan yang mendesak (Mile dan Siarudin 2006; Goltenboth *et al.* 2006). Penurunan kualitas dan penggundulan wilayah pantai terus berlangsung maka perlu adanya program untuk menghidupkan kembali hutan pantai yang dapat memberikan keuntungan terutama dari sisi lingkungan.

Upaya Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah di lahan berpasir secara umum dilakukan untuk menurunkan kecepatan angin di atas permukaan tanah, menurunkan tingkat erodibilitas tanah, melindungi tanah permukaan dengan tanaman, mulsa dan bahan mudah tererosi lainnya serta meningkatkan kekasaran tanah permukaan. Atau dengan kata lain rehabilitasi dapat diarahkan untuk meningkatkan daya dukung ekologi dan geomorfologi pantai. Salah satu cara yang dapat digunakan dalam kegiatan rehabilitasi adalah penanaman jenis-jenis yang sesuai dengan lahan pantai yang berfungsi sebagai konservasi lingkungan dan genetik, produksi dan perlindungan.

Namun dalam pelaksanaan di lapangan terdapat beberapa permasalahan penanaman jenis pantai dalam skala luas dalam rangka rehabilitasi lahan pantai diantaranya ; (1) jenis tanaman yang sesuai untuk kondisi lahan pantai sangat terbatas baik jumlah maupun jenisnya. Hal ini disebabkan karena lahan pantai dengan ekosistem pasir merupakan lahan yang sangat marginal, (2) umumnya spesies pantai belum merupakan spesies yang komersial sehingga pembibitannya belum diusahakan dalam skala besar. Untuk kegiatan

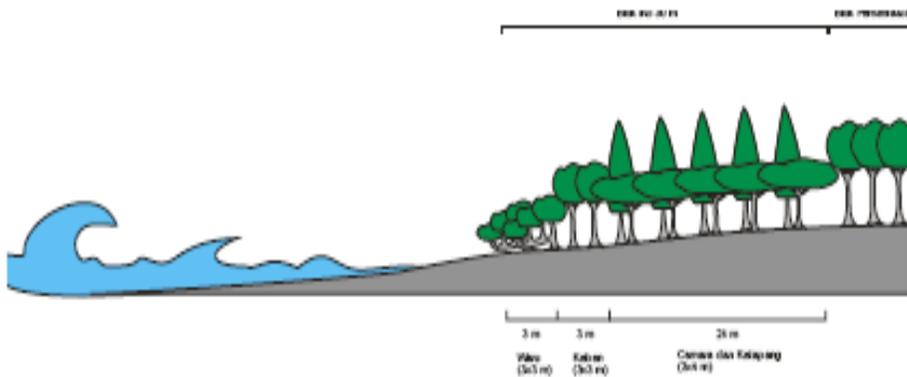
pembangunan jalur hijau dalam skala luas pengadaan bibit yang siap tanam merupakan salah satu kendala yang dihadapi serta (3) bibit yang tersedia saat ini belum didasarkan pada benih yang terseleksi (Mile 2007).

Hal tersebut juga menjadi pembatas dalam keberhasilan rehabilitasi wilayah pesisir di Provinsi NAD pasca tsunami. Menurut Wibisono dan Suryadiputra (2006) bahwa rendahnya keberhasilan dalam kegiatan pembibitan yang mendukung rehabilitasi pantai lebih disebabkan karena (1) kesulitan mendapatkan benih/bibit, (2) rendahnya kualitas benih, (3) kurangnya skill atau keahlian pelaksana pembibitan, (4) kesalahan memilih lokasi persemaian, (5) kesalahan memilih media serta (6) pengetahuan aklimatisasi bibit yang rendah.

Untuk mendukung keberhasilan rehabilitasi lahan pantai perlu memperhatikan kondisi ekologi, status tapak, kondisi ekonomi dan sosial budaya (Sumardi, 2008; Hanley *et al.*, 2009). Untuk mendukung hal tersebut maka dapat dilakukan strategi berupa identifikasi faktor pembatas pada tapak, menentukan jenis dan desain rehabilitasi, rumusan ameliorasi kondisi tapak serta pemberdayaan masyarakat (Sumardi, 2008). Selain faktor-faktor tersebut keterlibatan masyarakat dalam rehabilitasi hutan pantai sangat penting (Hanley *et al* 2009). Hal ini terbukti dalam program rehabilitasi hutan pantai Pasca Tsunami 2004 di Aceh.

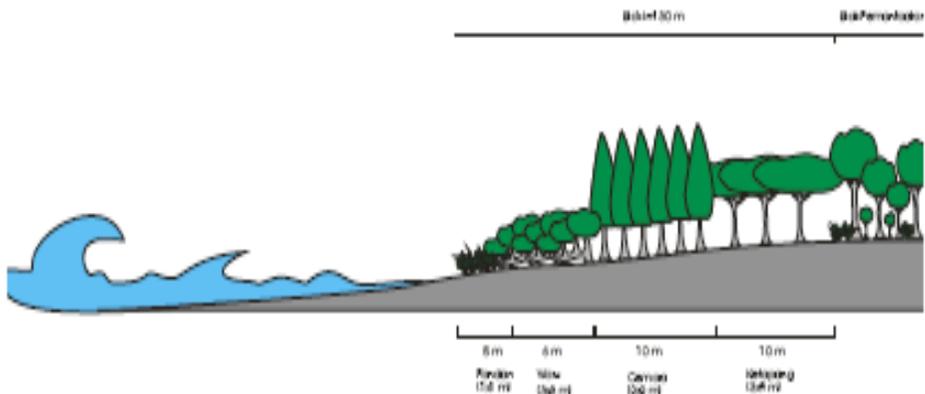
Beberapa model rehabilitasi hutan pantai telah diujicobakan. Diantaranya model rehabilitasi daerah hutan pantai yang diujicobakan di kawasan pantai selatan Ciamis (Mile 2007) dan rehabilitasi gumuk pasir di Yogyakarta dan Kebumen oleh Tim Rehabilitasi Fakultas UGM. Telah diujicobakan dua model rehabilitasi yang penyusunannya didasarkan pada tajuk pohon dalam memecah gelombang pasang. Kedua model tersebut adalah :

- Model 1 untuk lokasi di dalam objek wisata. Model ini dirancang khusus untuk jalur hijau yang berada di dalam objek wisata dengan pertimbangan utama dari segi estetika/keindahan tampilan pohon, lanskap, kenyamanan dan perlindungan. Komposisi tanaman dari arah pantai ditanami waru diikuti *baringtonia* setelah itu cemara dan ketapang.



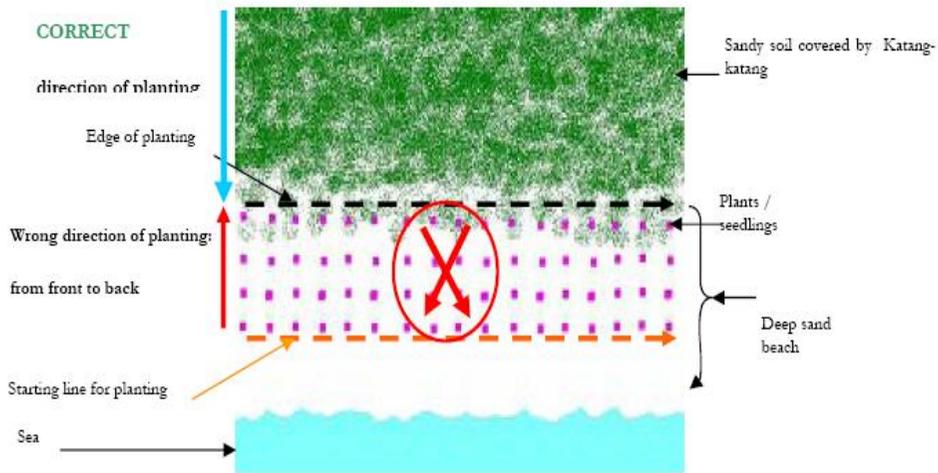
Gambar 33. Penampang Model 1 Rehabilitasi Pantai (Mile 2007)

- Model 2 untuk lokasi di luar objek wisata, dirancang untuk jalur hijau yang berada di luar objek wisata dengan pertimbangan utama fungsi perlindungan dan pengamanan terhadap kawasan pemukiman dibelakangnya.



Gambar 34. Penampang Model 2 Rehabilitasi Pantai (Mile 2007)

Menurut Wibisono dan Suryadiputra (2006) bahwa untuk memperbaiki dan meningkatkan keberhasilan penanaman tanaman pantai, sebaiknya penanaman dilakukan dari arah belakang menuju arah pantai, dan berakhir pada batas dimana pasir mendominasi wilayah dan tidak ada vegetasi yang tumbuh. Biasanya herba Katang-katang *Ipomea pes-caprae* dapat dijadikan indikator batas terakhir penanaman (Gambar 35).



Gambar 35. Koreksi terhadap strategi penanaman dari depan pantai ke belakang.

6.2 Budidaya Jenis Tumbuhan Hutan Pantai

Faktor pembatas dalam rehabilitasi lahan pantai adalah berkenaan dengan kondisi ekstrem kawasan pantai yaitu salinitas tinggi, kadar air tanah/pasir rendah, hembusan angin kencang, evaporasi tinggi, kandungan bahan organik rendah serta mobilitas tanah atau pasir yang tinggi. Dalam kondisi seperti itu, pemilihan jenis menjadi sangat penting. Strategi utama yang dilakukan adalah memilih jenis-jenis yang toleran dan sudah beradaptasi pada kondisi yang dijelaskan di atas serta kemampuan menguasai teknik budidayanya.

Menurut Goltenboth *et al.* (2006) bahwa syarat utama pemilihan jenis adalah jenis-jenis yang memiliki kutikula (baik dari ketebalan maupun lapisan lilinnya). Kutikula tersebut diharapkan berfungsi untuk mengurangi masuknya garam ke tubuh tanaman serta memiliki kemampuan beradaptasi dengan kondisi evaporasi yang tinggi. Beberapa jenis tanaman pantai yang memiliki kutikula adalah *Callophyllum* sp., *Scaevola taccada*, *Terminalia cattapa* dan *Barringtonia* sp (Goltenboth *et al.*, 2006). Selain pertimbangan ekologi yang disebutkan di atas, pertimbangan kondisi fisik, fungsi ekonomi jenis yang dipilih dan aspirasi masyarakat perlu menjadi perhatian dalam penentuan atau pemilihan jenis yang akan ditanam (Hanley *et al.*, 2009).

Khusus pada rehabilitasi wilayah gump pasir, pemilihan jenis harus memiliki syarat sebagai berikut (Berte, 2010) :

1. Memiliki kapasitas tumbuh yang baik pada kondisi lingkungan yang tidak subur
2. Memiliki sistem perakaran yang intensif serta dapat menghasilkan residu yang berdampak pada peningkatan kelembaban tanah.
3. Resisten daun dan batang terhadap kondisi kekeringan, angin panas serta tekanan abrasi.
4. Cepat tumbuh dan mudah diperbanyak
5. Memiliki kapasitas memperbaiki kesuburan tanah terutama jenis-jenis dari kelompok polong-polongan (legum).

Penguasaan teknik budidaya jenis dalam mendukung rehabilitasi hutan pantai belum banyak dikuasai. Pada bagian ini dapat dijelaskan teknik-teknik budidaya jenis tanaman pantai yang telah dikuasai. Secara garis besar teknik budidaya tanaman digolongkan menjadi 2 (dua) golongan yakni perbanyakan secara generatif dan vegetatif. Secara teknis silvikultur, perbanyakan generatif tanaman adalah perbanyakan dari bahan yang berasal dari biji hasil perkawinan antara bunga jantan dan betina. Biji (baca : benih) yang dihasilkan tanaman sangat bervariasi baik dari aspek ukuran, bentuk maupun volume per kilogramnya.

Secara umum dikenal dua tipe benih yaitu benih ortodoks (benih yang dapat disimpan dalam waktu yang lama sebelum dikecambahkan dengan kandungan air yang rendah) dan benih rekalsitran (benih yang tidak membutuhkan penyimpanan, disarankan setelah biji masak langsung ditabur pada bak persemaian). Benih rekalsitran biasanya memiliki kulit lunak, kandungan air tinggi dan tidak dapat disimpan dalam waktu yang lama (Schmidt, 2007). Perbanyakan tanaman pantai umumnya dilakukan secara generatif.

Sedangkan perbanyakan secara vegetatif merupakan cara aseksual (tanpa perkawinan) yaitu menggunakan bagian vegetatif dari tanaman seperti akar, batang, cabang maupun pucuk. Teknik vegetatif dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya cangkok, stek (akar, batang dan pucuk), sambungan/grafting dan kultur jaringan. Beberapa hal yang mempengaruhi

keberhasilan perbanyak tanaman secara vegetatif yaitu faktor tanaman itu sendiri (macam, umur, adanya tunas dan daun, serta kandungan makanan pada bahan tanaman), faktor lingkungan (media tanaman, kelembaban dan temperatur dan cahaya) dan Faktor pelaksanaan (waktu dan perlakuan sebelum pengambilan bahan vegetatif, pemotongan dan perlakuan, penggunaan zat tumbuh serta kebersihan dan pemeliharaan).

Untuk mendukung kegiatan budidaya maka ketersediaan persemaian menjadi sangat penting. Persemaian secara sederhana berfungsi sebagai lokasi penyiapan bibit tanaman sebelum ditanam di lapangan. Persemaian dapat dikategorikan dalam 2 (dua) bentuk yakni persemaian permanen dan non permanen. Pembangunan persemaian tanaman pantai perlu memperhatikan beberapa kriteria. Lokasi yang sesuai untuk pembangunan persemaian tanaman pantai adalah lokasi yang kering dan tidak mengalami genangan. Secara umum kriteria persemaian tanaman pantai dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Kriteria persemaian untuk budidaya tanaman pantai

No	Kriteria	Persemaian Tanaman Pantai
1.	Pemilihan lokasi dan kondisi persemaian	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tempat yang rendah ▪ Topografi datar ▪ Bebas dari angin kencang ▪ Dekat dengan lokasi penanaman ▪ Lokasi mudah dijangkau ▪ Dekat dengan tenaga kerja ▪ Dekat dengan sumber benih ▪ Tidak terkena pasang surut (genangan) air laut ▪ Tapak relatif keras ▪ Bebas dari banjir
2.	Sumber air	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Air tawar ▪ Berasal dari sungai atau sumur
3.	Media yang dipakai	Tanah, pasir dan kompos

Sumber : Wibisono *et al.* (2006)

Selain persemaian, lokasi penanaman juga menentukan tingkat keberhasilan program rehabilitasi pantai. Wibisono *et al.* (2006) telah

merumuskan kriteria lokasi penanaman yang sesuai untuk tanaman pantai seperti tertera pada Tabel 17. Menurut Wibisono dan Suryadiputra (2006) bahwa lokasi yang tidak prospektif untuk direhabilitasi pasca tsunami yang jika ditanami akan mengalami kegagalan diantaranya :

- Pantai berpasir yang masih labil
Pantai yang masih labil umumnya sangat dipengaruhi oleh dua faktor yakni angin dan ombak. Angin menyebabkan terjadinya erosi pasir dimana pasir akan berpindah dari suatu tempat ke tempat lain, sedangkan perilaku ombak seringkali mencapai garis belakang yang kemudian menyebabkan substrat berkadar garam tinggi.
- Pantai berpasir yang masih terbuka
Tidak adanya vegetasi di atas pantai berpasir umumnya diakibatkan olehnya tingginya kadar garam karena air pasang sesekali menggenangi pantai akibatnya lokasi ini menjadi tidak cocok bagi pertumbuhan tanaman.
- Daratan baru yang terbentuk.
Daratan yang baru terbentuk bukanlah lahan yang subur. Daratan baru tersebut umumnya ditutupi oleh karang dan memiliki salinitas yang tinggi. Kondisi substrat yang ekstrim seperti ini dapat menyebabkan kematian tanaman.

Tabel 17. Kriteria lokasi penanaman yang sesuai untuk tanaman pantai

No	Kriteria	Lokasi yang Sesuai untuk Tanaman Pantai
1.	Kondisi tanah	▪ Tanah berpasir
2.	Letak	▪ Dipesisir yang bebas dari pasang surut (bebas dari air asin)
3.	Salinitas	▪ Kering
4.	Sumber air	▪ Air tawar – payau
5.	Indikator	▪ Ditumbuhi oleh galaran/katang – katang (<i>Ipomoea pes-caprae</i>) (bibit ditanam disela-sela katang-katang)
6.	Lain-Lain	▪ Dekat dengan keberadaan para pekerja ▪ Bebas dari hewan ternak dan hama lainnya ▪ Lahan berpasir "terbuka" tidak layak tanam, karena panas matahari yang disimpan oleh pasir akan membuat layu/mati bibit tanaman

Sumber : Wibisono *et al.* (2006)

Di bawah ini dapat dijelaskan beberapa jenis tanaman pantai yang telah berhasil dikuasai metode perbanyakannya (perkembangbiakan).

6.2.1 Cemara laut (*Casuarina equisetifolia*)

Perbanyak tanaman ini dapat dilakukan generatif maupun vegetatif. Perbanyak secara **generatif** dapat dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu

1. **Pengumpulan Benih** : Biji cemara laut secara alami disebarkan melalui media angin dan air dan tidak memerlukan perlakuan pendahuluan. Buah yang telah matang berwarna hijau kekuningan dan berdiameter ± 1 cm. Untuk pengambilan buah dapat dilakukan dengan memanjat, menggunakan galah atau diguncangkan.
2. **Ekstraksi benih** : buah dijemur terlebih dahulu selama 1 minggu dengan cara diikat dengan jaring halus untuk menghindari benih diterbangkan oleh angin, buah akan mereka setelah kering dan bijinya akan keluar. Setiap buah berisikan lebih dari 20 biji bersayap.
3. **Penyimpanan benih** : metode penyimpanan benih yang biasanya digunakan adalah disimpan di refrigator dengan suhu/temperatur titik beku atau tempeartur dibawah titik beku (-6°C , 21°F). Dengan cara ini, maka benih dapat disimpan selama 6 bulan hingga satu tahun.
4. **Perkecambahan** : perlakuan awal benih sebelum dilakukan pengecambahan adalah dengan perendaman benih dalam air selama 2-5 hari. Media kecambah yang digunakan adalah campuran tanah, pasir dan sekam. Teknik perkecambahan dilakukan dengan menaburkan benih pada wadah dan selanjutnya ditutup dengan pasir dengan ketebalan sekitar 5 mm. Sebaiknya pengecambahan dilakukan dengan hati-hati karena benih berukuran kecil dan sangat ringan.
5. **Persemaian** : benih mulai berkecambah pada periode 4-22 hari (-40 hari), setelah 2-3 bulan benih yang dikecambahkan biasanya sudah berdaun 3-6 helai dengan tinggi 5-10 cm, media saph yang umumnya digunakan adalah tanah : pasir (2:1), ukuran polibag 10 x 15 cm atau 14 x 22 cm. Untuk meningkatkan keberhasilan dan performa tanaman maka Inokulasi kecambah dengan kultur murni galur efektif Frankia dan

mikoriza perlu dilakukan (*lihat bagian tujuh*). Selama pemeliharaan, tanaman harus terus disiram dan dinaungi berat. Setelah bibit berukuran tinggi 15-20 cm naungan berat diganti dengan naungan dengan intensitas 50 %.

6. **Penanaman** : bibit siap ditanam setelah berumur 6-7 bulan dengan tinggi minimal 30 cm (-50 cm). Penanaman dengan jarak tertentu sangat ditentukan oleh tujuan penanaman, jika diperuntukkan untuk produksi kayu bahan bakar maka direkomendasikan jarak tanam 1 x 1 m dengan tingkat produksi kayu kering sebanyak 200 ton/ha-250 ton/ha setelah 4 tahun. Namun, pada sistem agroforestri maka jarak perlu diperluas hingga 2,7 x 2,7 m. Sebelum penanaman perlu digali lubang tanam dengan ukuran 40 x 40 x 40 cm.

Sedangkan secara vegetatif dengan cara stek dan cangkok. Bahan stek batang dapat berupa ranting. Pembentukan akar dipercepat dengan hormon indole-3-butyric acid (IBA) atau indole-3-acetic acid (IAA). Di Cina Selatan stek diambil dari ranting dan direndam dalam larutan naphthalene-1-acetic acid (NAA) sebelum ditempatkan pada kantong plastik. Selain stek batang, metode cangkok juga dapat dilakukan dengan tingkat keberhasilan 40 %.

6.2.2 Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*)

Perbanyak secara **generatif** dapat dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu,

1. **Pengumpulan Benih** : pohon nyamplung berbuah sepanjang tahun dimana terdapat 150-180 butir per kg. Buah yang diambil adalah buah yang masak dengan ciri berwarna coklat kekuningan dan berbatok coklat dan sudah jatuh dari pohonnya. Pengumpulan buah menggunakan karung,
2. **Ekstraksi benih** : cangkang buah dipecahkan untuk mempermudah pengambilan benih. Buah yang telah terkelupas daging buahnya lebih cepat berkecambah
3. **Perkecambahan** : untuk mempercepat benih berkecambah sebaiknya benih direndam dalam air selama 2 hari kemudian dikering anginkan.

Perkecambahan benih membutuhkan waktu \pm 3 bulan dengan persen kecambah mencapai \pm 90 %.

4. **Persemaian** : biji dapat ditanam di polibag dengan media campuran tanah dan pasir (1 : 3). Benih ditanam dengan posisi horizontal dan dibenamkan hingga $\frac{1}{2}$ bagian bijinya. Agar tumbuh dengan baik, baiknya bibit nyamplung diberi naungan dengan intensitas rendah yaitu 50 %.
5. **Penanaman** : bibit siap ditanam setelah dipelihara selama 4-5 bulan dengan tinggi minimal 30 cm dan jumlah daun minimal 6 helai. Jarak tanam yang sesuai adalah 4 m x 4 m. Lokasi penanaman terletak di belakang pantai berpasir yang telah ditumbuhi herba dan rumput-rumputan.

6.2.3 Merbau (*Intsia bijuga*)

Perbanyakan tanaman dapat dilakukan baik secara generatif maupun secara vegetatif. Perbanyakan secara generatif dapat dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu ,

1. **Pengumpulan Benih** : Buah diambil dengan cara memanjat dan memetikinya serta pengumpulan dari lantai hutan di bawah pohon,
2. **Ekstraksi benih** : Dilakukan dengan menjemur buah di bawah sinar matahari selama 1-2 hari sampai buah merekah. Cara mengeluarkan benih dari buah adalah dengan mengupas buah secara manual,
3. **Penyimpanan benih** : Dapat disimpan dalam jangka waktu lama dengan menggunakan wadah kantong plastik yang diletakan di ruang ber AC, untuk menghindari terkontaminasi jamur maka benih sebelumnya dicampur dengan fungisida dalam bentuk tepung (Dithane M-45 dan Benlate). Benih bersifat ortodoks, dan
4. **Perkecambahan** : Pengikiran, kombinasi pengikiran dan perendaman air dingin 24 jam (93,33 %) serta perendaman H₂SO₄ selama 30 menit (100 %). Media pengecambahan = campuran pasir : tanah (1:1), media disterilkan lebih dahulu dengan cara penggorengan, serta
5. **Persemaian** , media saph yang umumnya digunakan adalah tanah, tanah : pasir (2:1 dan 3:1), ukuran polibag 15 x 20 cm. Semai yang

dapat dipindahkan ke polibag dengan kriteria jumlah daun sebanyak 4 helai. bibit siap ditanam setelah berumur 3 tahun.

6. **Penanaman**, dilakukan dengan jarak tanam 3 x 3 m (persentase tumbuh 80 %) dengan penggunaan pupuk kandang 250 g dan 500 g berkorelasi positif terhadap pertambahan tinggi dan diameter anakan *Intsia bijuga*. Pada lahan subur dimungkinkan tumpangsari mete dengan palawija dengan jarak tanam 5 x 5 m.

Sedangkan secara vegetatif dapat dilakukan dengan teknik stek pucuk dan stump. Stek Pucuk : keberhasilan 71 % dengan menggunakan hormon NAA dengan konsentrasi 100 ppm. Stump : ukuran stump yang baik untuk merbau adalah panjang bagian batang 10 cm dan panjang bagian akar 15 cm dan diameter leher akar stump antara 0,5 – 1 cm. Stump langsung tanam (70%), tanam satu minggu (56,7 %), 2 minggu (43,3%) dan 4 minggu (30 %).

6.2.4 Waru (*Hibiscus spp.*)

Perbanyakan secara generatif dapat dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu,

1. **Pengumpulan Benih** : buah diambil dengan cara dipanjat atau kapsul yang telah berwarna coklat kemudian dipanen dan dikumpulkan. Sebaiknya, pemanjatan dilakukan sebelum buah merekah. Karena kalau buah sudah matang dan merekah maka biji akan keluar dan diterbangkan oleh angin ke tempat lain. Setiap kapsul mengandung 5-15 benih.
2. **Ekstraksi benih** : dilakukan dengan menjemur. Untuk mempercepat pengeluaran benih maka pada saat penjemuran, buah dapat dipukul-pukul. Biji yang telah keluar selanjutnya dijemur kembali selama 1-3 hari,
3. **Penyimpanan benih** : benih disimpan dalam wadah kedap udara dan dalam ruang ber AC (18°C), dan
4. **Perkecambahan** : untuk mempermudah benih berkecambah sebaiknya dibuatkan goresan sedikit pada kulit pelapis benih dengan menggunakan pisau atau gunting kuku, diampelas atau benih direndam dalam air. Biji ditempatkan secara merata di atas media, kemudian ditutup dengan

- lapisan tipis pasir halus. Penyiraman dilakukan secara teratur 2 kali sehari dengan butiran air yang halus. Setelah 1-1,5 bulan, bibit siap disapih,
5. **Persemaian** : Media sapih yang umumnya digunakan adalah kompos dengan bahan dasar kulit ketelah pohon atau campuran tanah dan pupuk kandang (1 : 1). Bibit yang dipindahkan ke media sapih kemudian ditempatkan dibawah naungan dan disiram secara teratur pagi dan sore. Setelah tiga bulan, bibit siap ditanam di lapangan.

Perbanyak tanaman secara vegetatif dapat dilakukan dengan cara stek batang (cabang/ranting). Berikut ini tahapan penyetekan waru :

- **Pengadaan bahan stek**, bahan stek diambil dari pohon yang memiliki percabangan yang banyak dengan kriteria cabang yang lurus, telah berkayu dan menghadap ke atas serta berdiameter 1,5-2 cm. Panjang bahan stek berkisar antara 15 s/d 20 cm. Bagian pangkal stek sebaiknya dipotong miring (45°) guna memperluas bidang pertumbuhan akar.
- **Penanaman stek**, diawali dengan pencelupan pangkal stek ke dalam hormon atau zat pengatur tumbuh (misalnya : Rootone F) selanjutnya bahan stek ditancap sedalam 3-4 cm (sebaiknya ditugal dulu sebelum ditancap untuk mengurangi kerusakan kulit bahan stek) ke dalam polibag berisi media dengan komposisi tanah : pasir : kompos (3 : 1 : 1).
- **Pemeliharaan stek**, stek harus diletakan pada peneduh dan disiram 2 kali sehari. Biasanya 1 hingga 2 minggu akan mulai muncul tunas. Setelah berumur dua bulan, penyiraman dan pemberian naungan sudah dapat dikurangi.
- **Penanaman**, bibit yang siap tanam adalah yang telah berumur 4 bulan dengan tinggi 20 cm dan jumlah daun minimal 5 helai. Jarak tanam 1 m x 1 m dengan tujuan tanaman pagar atau peneduh, sedangkan untuk tujuan estetika dapat ditanam dengan jarak 5 m x 5 m.

6.2.5 Waru laut (*Thespesia populnea*.)

Perbanyak secara generatif dapat dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu,

1. **Pengumpulan Benih** : kapsul yang telah matang dapat dengan mudah dipetik atau jatuh dari pohon atau kapsul yang baru jatuh dapat diambil dari bawah pohon.
2. **Ekstraksi benih** : untuk memperoleh benih dari dalam kapsul dapat dilakukan dengan menghancurkan kapsul yang telah kering secara hati-hati.
3. **Penyimpanan benih** : benih dapat dikeringkan dan disimpan untuk waktu yang lama.
4. **Perkecambahan** dan **Persemaian**: untuk mempermudah benih berkecambah sebaiknya dibuatkan goresan sedikit pada kulit pelapis benih dengan menggunakan pisau atau gunting kuku, diampelas atau benih direndam dalam air. Sebelum dikecambahkan, benih sebelumnya diletakan dalam handuk basah kemudian dipindahkan ke dalam pot atau bak yang berisi tanah yang telah dikeringkan. Biji ditempatkan secara merata di atas media, kemudian ditutup dengan lapisan tipis pasir halus dengan ketebalan 5 mm. Penyiraman dilakukan secara teratur 2 kali sehari dengan butiran air yang halus. Setelah 1-1,5 bulan, bibit siap disapih,
5. **Penanaman** : bibit yang siap tanam adalah yang telah berumur 3-4 bulan dengan tinggi 15-25 cm.. Jarak tanam 1 m x 2 m atau 2 m x 3 m.

6.2.6 Sawokecik (*Manilkara kauki* Dubard)

Tanaman ini dapat diperbanyak secara generatif maupun vegetatif. Secara vegetatif dapat dilakukan dengan cara grafting dan cangkok. Sedangkan secara generatif diawali dengan tahapan :

1. **Pengumpulan Benih**, buah/benih biasanya dipanjat atau dipetik dengan tangan kemudian benih diekstraksi dari buah.
2. **Metode perkecambahan** dilakukan dengan cara menyemaikan benih di bawah naungan dengan posisi benih horizontal dimana hiliun berada (membutuhkan waktu 20 hari untuk berkecambah).

3. **Penyapihan** dilakukan pada anakan dengan tinggi di bawah 10 cm dan diberi hormon GBH dan atonik dengan konsentrasi 3 ml hormon dalam 1 liter air untuk mendorong tingkat pertumbuhan dan penambahan jumlah daun bibit di persemaian.

6.2.7 Kepuh (*Sterculia foetida*)

Tanaman kepuh dapat diperbanyak secara generatif dengan tahapan sebagai berikut :

1. Benih sebelum dikecambahkan biasanya diberi perlakuan pendahuluan untuk mematahkan dormansi benih dengan cara mengurangi ketebalan kulit benih (skarifikasi) atau menggunakan zat kimia seperti asam sulfat.
2. Media kecambah kepuh berupa campuran tanah:pasir (1 : 1) dengan cara $\frac{3}{4}$ bagian benih dalam media.
3. Penyapihan dilakukan pada saat kecambah sudah mempunyai 2 daun atau tinggi kecambah mencapai 5 cm. Media sapih yang dipakai adalah campuran pasir:tanah:kompos (2:7:1).
4. Umur semai dalam persemaian sampai ditanam di lapangan adalah 3 bulan dengan tinggi mencapai 25-30 cm.

Tanaman kepuh dapat juga diperbanyak secara vegetatif. Salah satu teknik yang sudah dikuasai adalah cara stek (stek pucuk dan stek batang). Hasil penelitian menunjukkan bahwa stek pucuk merupakan cara terbaik bila dibandingkan dengan stek batang, sedangkan berdasarkan keberhasilan dan kualitas perakaran stek pucuk maka Rootone-F sebanyak 150 mg/stek dan media tumbuh berupa media serabut kelapa merupakan zat pengatur tumbuh dan media stek yang baik.

6.2.8 Ketapang (*Terminalia cattapa*)

Perbanyakkan secara **generatif** dapat dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu,

1. **Pengumpulan Benih** : Buah ketapang yang diambil adalah buah yang telah matang dengan ciri berwarna hijau kekuningan. Pengambilan buah dapat dilakukan dengan memungut buah yang jatuh di sekitar pohon induk atau dengan cara menggunakan galah,

2. **Perkecambahan** : sebelum disemai, buah ketapang sebaiknya direndam dengan air selama 24 jam hingga jenuh air.
3. **Persemaian** : biji dapat ditanam langsung di polibag yang berukuran sedang dengan media campuran tanah berpasir. Benih ditimbun 2/3 bagiannya dengan posisi mendatar. Pemberian naungan perlu dilakukan dengan intensitas 30-50% selama 1-2 minggu sesudah proses pengecambahan benih, kemudian intensitas 25% selama 1 bulan, setelah itu dibiarkan memperoleh sinar matahari penuh selama 2 bulan sebelum dilakukan penanaman.
4. **Penanaman** : bibit siap ditanam rata-rata berumur 6 bulan dengan tinggi minimal 30 cm dengan jumlah daun minimal 4 - 6 helai. Jarak tanam yang sesuai 5 m x 5 m dengan pertimbangan tajuk yang lebar. Lokasi penanaman harus terbuka (karena jenis ini membutuhkan sinar matahari penuh) dan kering (tidak tergenang). Penanaman dilakukan pada musim hujan.

6.2.9 Putat Laut (*Barringtonia asiatica*)

Perbanyak secara **generatif** dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. **Pengumpulan Benih** : Buah putat laut yang diambil adalah buah yang telah matang dengan ciri berwarna hijau kekuningan. Umumnya buah putat terbawa atau terdampar di pantai akibat ombak laut. Benih dapat disimpan hingga 1 bulan lamanya.
2. **Perkecambahan** : jenis ini tergolong jenis yang lama berkecambah (karena memiliki lapisan serabut yang tebal). Untuk merangsang perkecambahan, benih diperam atau disimpan pada tempat yang teduh atau lembab. Teknik perkecambahan dapat dilakukan baik di bak kecambah atau langsung di tanam di dalam kantong plastik (polibag) ukuran sedang.
3. **Persemaian** : setelah 4-8 minggu, kecambah akan mulai muncul dan siap dipindahkan di polibag dengan ukuran 20 cm x 35 cm dengan media berpasir (perlu ditambahkan dengan kompos). Untuk mendukung keberhasilan tumbuh, sebaiknya dinaungi dari sinar matahari (naungan 50%)

4. **Penanaman** : bibit siap ditanam rata-rata berumur 4 bulan dengan tinggi minimal 50 cm dengan jumlah daun minimal 5 lembar. Jarak penanaman 2 m x 3 m atau 4 m x 4 m dalam penanaman campuran.

6.2.10 Bintaro (*Cerbera manghas*)

Perbanyak secara **generatif** dapat dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu,

1. **Pengadaan Benih** : Buah bintaro yang diambil adalah buah yang telah matang dengan ciri berwarna hijau kekuningan atau hijau kecoklatan. Buah baik untuk dibudidayakan adalah buah yang telah jatuh dengan sendiri,
2. **Perkecambahan** : sebaiknya benih dikecambahkan pada kondisi tempat yang lembab.
3. **Persemaian** : setelah 2-3 bulan, kecambah akan mulai muncul dan siap dipindahkan dipolibag dengan ukuran 14 cm x 22 cm atau 20 cm x 35 cm dengan media berpasir dan kompos.
4. **Penanaman** : bibit siap ditanam rata-rata berumur 6 bulan dengan tinggi minimal 40 cm dengan jumlah daun minimal 5 lembar.

6.2.11 Pandan (*Pandanus sp.*)

Tanaman ini dapat diperbanyak melalui buah (biji). Untuk mempercepat perkecambahan buah pandan sebaiknya diperam terlebih dahulu hingga muncul tunas kemudian dipindahkan ke polibag dengan media tanam tanah berpasir. Bibit yang siap tanam berumur 4-6 bulan dengan jarak tanam 3 m x 3 m atau 5 m x 5 m. Lokasi penanaman berada pada bagian belakang pantai berpasir terutama yang ditumbuhi *Ipomoea sp.*

6.2.12 Kranji (*Pongamia Pinnata Merril*)

Budidaya tanaman ini telah direview secara lengkap oleh Mukta & Sreevalli (2010). Perbanyakannya dapat dilakukan melalui biji maupun dengan cara vegetatif.

- **Pengumpulan benih** : Cara pengumpulan biji dapat dilakukan dengan menggoyang-goyang dahan dan apabila buah sudah tua akan rontok dengan sendirinya.
- **Ekstraksi benih** : setelah dikumpulkan, buah dikupas secara manual seperti mengupas kacang tanah. Terdapat 800-1200 biji/kg.
- **Perkecambahan** : benih harus langsung ditabur, dapat langsung ke dalam polibag atau disemai dalam bak kecambah. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kemungkinan benih turun daya kecambahnya. Benih akan mulai berkecambah 3-6 hari pada skala laboratorium. Perkecambahan kranji termasuk tipe hypogeal. Perkecambahan setelah benih disimpan 5 bulan memiliki daya kecambah hanya 50%. Media optimum adalah campuran pasir, tanah dan humus (1:1:1) dengan kedalaman benih dalam media 0,5-1 (-3) cm. Dilaporkan juga ukuran benih dapat mempengaruhi perkecambahan benih dan produksi biomassa bibit, benih dengan ukuran besar menghasilkan perkecambahan 98% lebih dari ukuran medium (80%) dan kecil (70%). Untuk meningkatkan daya kecambah benih maka perlu adanya perlakuan awal (fisik, mekanik & kimia). Perendaman dengan 100 ppm IBA selama 12 jam, dapat menstimulasi perkecambahan dan menghasilkan semai dengan panjang yang akar dan jika dikombinasikan dengan GA3 (100 ppm) meningkatkan panjang pucuk, total luas daun, total biomassa dan jumlah klorofil. Dilaporkan juga, perlakuan awal dengan pengikisan kulit benih, perkecambahannya dapat mencapai 85%. Hal yang sama pada H₂SO₄ (15-30 menit) dan HCl (0.5-2 menit) menghasilkan perkecambahan benih 91,3% (benih sebelumnya direndam di air 50°C). Benih berpotensi menghasilkan lebih dari 1 semai dan apabila ini terjadi, maka setelah berdaun sepasang kecambah dapat dipisah menjadi tanaman tunggal.
- **Persemaian** : media semai yang sesuai adalah campuran pasir, tanah dan pupuk kandang (1:1:1 atau 1:1:2)
- **Penanaman** : bibit siap tanam sebaiknya memiliki tinggi 51-60 cm.

Pembibitan secara vegetatif dapat dilakukan dengan cara stek, grafting dan kultur jaringan. Berikut penjelasannya :

- **Stek**, stek yang umum digunakan adalah stek batang. Bahan stek batang dapat dikumpulkan dari ranting dengan tinggi -25 cm dan diameter 1-1,5 cm atau dari trubusan hasil pemangkasan. Untuk meningkatkan keberhasilan stek maka perlu dilakukan perangsangan akar dengan pemberian auksin (IBA, IAA & NAA). Setiap auksin tersebut memberikan respon yang berbeda terhadap keberhasilan stek dan beberapa hasil penelitian merekomendasikan penggunaan IBA. Dilaporkan bahwa aplikasi 1000 & 2500 ppm IBA menghasilkan keberhasilan stek berakar masing-masing 67% dan 80%. Jika ketiga auksin tersebut dikombinasikan (NAA 250 ppm + IAA 250 ppm + IBA 1000 ppm) dapat meningkatkan keberhasilan stek mencapai 87%.
- Grafting, merupakan salah satu teknik efektif dalam mengatasi masalah juvenilitas tanaman. Dilaporkan keberhasilan grafting mencapai 95% yang menggunakan tanaman umur 3 bulan (root stock) di polibag dan ukuran scion 12-15 cm
- Kultur Jaringan, bahan eksplan kuljar bisa dari hypocotyl, batang, daun dan kotiledon yang dapat ditumbuhkan pada berbagai media. Media Thidiazuron (TDZ) dengan konsentrasi 11,35 μ M dapat menginduksi pucuk dari bahan eksplan cotyledon. Media tumbuh lain yang dapat digunakan adalah media Murashige and Skoog's (MS) dan benzyl aminopurine (BAP)



Gambar 36. Performa anakan beberapa jenis vegetasi pantai. A = anakan *Casuarina equisetifolia* (Foto : Aji), B = Anakan *C. Inophyllum* (Foto : Koleksi pribadi), C = anakan *T.cattapa* (Foto: Koleksi pribadi), D = anakan *Intsia bijuga* (Foto : Koleksi pribadi) dan E = anakan *Hibiscus* sp. Serta F = Bibit Bintaro (Foto : Koleksi pribadi).

Selain jenis-jenis diatas, Sugiarto dan Ekariyono (1996) juga menguraikan beberapa jenis tanaman bukan jenis alami pantai yang dapat ditanam di daerah pantai diantaranya : akasia (*Acacia* spp.), sengo (*Paraserianthes falcataria*), kemiri (*Aleurites moluccana*), pulai (*Alstonia scholaris*), jambu mete (*Anacardium occidentale*), Jabon (*Anthocephalus cadamba*), gandaria (*Bouea macrophylla*),

kapuk randu (*Ceiba pentandra*), kelapa (*Cocos nucifera*), asam keranji (*Dialium indum*), Bisbol (*Diospyros* sp.), durian (*Durio zibethinus*), kamper (*Dryobalanops aromatica*), jambang (*Eugenia cumini*), jambu mawar (*Eugenia jambos*), kayu putih, melinjo (*Gnetum gnemon*), merawan (*Hopea mengarawan*), sawo kecil (*Manilkara kauki*), angkana (*Pterocarpus indicus*), bayur (*Pterospermum javanicum*), kecap (*Sandoricum koetjape*), jati (*Tectona grandis*) dan laban (*Vitex pubescens*).

6.3 Kepentingan Konservasi

6.3.1 Penetapan Kawasan Konservasi

Hutan pantai merupakan daerah penyangga atau peralihan antara kawasan daratan dan laut sehingga sangat peka terhadap gangguan. Mengingat begitu pentingnya peran hutan pantai maka perlu dilakukan upaya konservasi. Untuk mendukung upaya tersebut, beberapa kawasan pantai di Indonesia telah ditetapkan sebagai kawasan konservasi. Tujuan utama pengelolaan kawasan konservasi adalah melindungi ekosistem, populasi dan beragam spesies yang mengalami ancaman atau rentan terhadap kepunahan serta menjaga agar sumber daya tersebut memberikan manfaat bagi kebutuhan manusia dan biosfer.

Secara garis besar kawasan konservasi terutama kawasan konservasi pesisir dan laut memiliki peran utama sebagai berikut : 1) melindungi keanekaragaman hayati dan struktur, fungsi dan integritas ekosistem, 2) meningkatkan hasil perikanan, 3) menyediakan tempat rekreasi dan pariwisata, 4) objek studi dalam memperluas pengetahuan dan pemahaman tentang ekosistem serta 5) memberikan manfaat sosial – ekonomi bagi masyarakat pesisir.

Untuk mencapai sasaran tersebut maka penetapan kawasan konservasi di pesisir dan laut harus ditujukan untuk 1) melindungi habitat-habitat kritis, 2) mempertahankan habitat-habitat kritis, 3) melindungi garis pantai, 4) melindungi lokasi-lokasi yang bernilai sejarah dan budaya, 5) menyediakan lokasi rekreasi dan pariwisata alam serta 6) mengakomodasi daerah-daerah yang tereksplorasi. Daftar beberapa kawasan konservasi pesisir dan laut yang telah ditetapkan oleh Menteri kehutanan Indonesia yang di dalamnya terdapat

ekosistem hutan pantai disajikan pada Tabel 18.

Masalah mendasar yang dihadapi dalam pengelolaan kawasan konservasi pesisir dan laut adalah (1) masalah batas hukum kawasan konservasi, (2) perusakan habitat, (3) penangkapan berlebih terhadap sumber daya hayati, (4) polusi dan sedimentasi, (5) kurangnya fasilitas dan infrastruktur, (6) lemahnya keikutsertaan dan kesadaran masyarakat lokal, (7) rendahnya keahlian sumber daya manusia yang ada, dan (8) lemahnya komitmen politik (Dahuri, 2003). Untuk mengatasi masalah – masalah pengelolaan kawasan konservasi pesisir dan laut.

Dahuri (2000) *dalam* Dahuri (2003) menyarankan enam program strategis yang perlu dilaksanakan :

1. Melibatkan secara aktif peran masyarakat lokal di kawasan konservasi
2. Perlindungan yang ketat di daerah zona inti
3. Pembentukan manajemen satu pintu
4. Peningkatan pendidikan dan kesadaran masyarakat akan pentingnya kawasan konservasi bagi bangsa Indonesia
5. Pengembangan mata pencaharian alternatif bagi masyarakat lokal
6. Pengembangan program penelitian dan monitoring, serta sistem informasi bagi pengelolaan kawasan konservasi.

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam rangka pengelolaan kawasan konservasi, re-evaluasi atas kondisi kawasan konservasi harus dilakukan. Diharapkan dengan reevaluasi tersebut, institusi pemerintah, organisasi konservasi dan para peneliti dapat mengidentifikasi lokasi prioritas, masalah pendanaan dan memprediksi kontribusi kawasan konservasi terhadap konservasi keanekaragaman hayati. Pelaksanaan reevaluasi dilakukan dengan mempertimbangkan :

- (1) Tujuan, alasan pengelolaan dan arah pengembangan kawasan konservasi di masa yang akan datang,
- (2) Identifikasi sistem penunjang yang telah ada dan kelengkapannya,
- (3) Prosedur yang secara runtut mengidentifikasi kemungkinan penambahan kawasan untuk memenuhi tujuan nasional,
- (4) Rencana aksi untuk mencapai tujuan-tujuan pengelolaan keanekaragaman hayati pesisir dan laut.

Tabel 18. Taman Nasional di Indonesia yang memiliki ekosistem hutan pantai

No	Nama Kawasan	Kabupaten/Provinsi	Luas (Ha)	Kekhasan
Wilayah Sumatera				
1.	TN Siberut	Kab. Mentawai_Sumatera Barat	190.500	<i>Drypetes subsymmetrica</i> (Endemik)
2.	TN Berbak	Kab. Tanjung Jabung Timur & Kab. Muara Jambi_Jambi	150.982,27	10 jenis pandan
3.	TN Sembilang	Kab. Musi Banyuasin_Sumatera Selatan	202.896,31	Habitat; harimau sumatera, gajah sumatera, tapir, rusa sambar & kucing mas.
4.	TN Bukit Barisan	Kab. Tanggamus & Kab Lampung Barat_Lampung dan Kab. Kaur_Bengkulu	355.511	Habitat ;penyu sisik, penyu hijau & penyu belimbing
5.	TN Way Kambas	Kab. Lampung Timur & Lampung Tengah_Lampung	130.000	Formasi pes-caprrae & Baringtonia
Wilayah Jawa				
6.	TN Ujung Kulon	Kab. Pandeglan_Banten	120.551	Formasi pes-caprrae & Baringtonia. Habitat ; Badak jawa, banten.
7.	TN Kepulauan Seribu	Kab. Kepulauan Seribu_DKI Jakarta	107.489	Habitat burung laut dan peneluran Penyu sisik & penyu hijau.
8.	TN Karimun Jawa	Kab. Jepara_Jawa Tengah	111.624,7	Habitat : berbagai jenis burung, rusa, trenggiling, kera ekor panjang, ular edhor, penyu.
9.	TN Meru Betiri	Kab. Jember & Kab. Banyuwangi_Jawa Timur	58.000	Habitat enam jenis reptil yang dilindungi yakni 4 jenis penyu dan

				dua jenis ular (ular king kobra & ular puspo kajang). Habitat <i>Rafflesia zollingeriana</i> (khas dan endemik)
10.	TN Baluran	Kab. Situbondo_Jawa Timur	25.000	Habitat : rusa & Formasi barringtonia
11.	TN Alas Purwo	Kab. Banyuwangi_Jawa Timur	43.420	Habitat tumbuhan langka & khas yaitu sawo kecil [<i>Manilkara kauki</i> (L.) DUBARD]
Wilayah Bali dan Nusa Tenggara				
12.	TN Bali Barat	Kab. Jembrana & Kab. Buleleng_Bali	19.002,89	Habitat : jalak Bali
Wilayah Kalimantan				
13.	TN Tanjung Puting	Kab Kotawaringin Barat & Kab. Seruyan_Kalimantan Tengah	415.040	Formasi Barringtonia
Wilayah Sulawesi				
14.	TN Taka Bonerate	Kab. Selayar_Sulawesi Selatan	530.765	Habitat Penyu
15.	TN Wakatobi	Kab. Wakatobi_Sulawesi Tenggara	1.390.000	Habitat reptil, burung & ampibi
16.	TN Kepulauan Togean	Kab. Tojo Unauna_Sulawesi Tengah	362.605	Habitat monyet togean (<i>Macaca togeanus</i>), penyu & biawak togean (<i>Varanus salvator togeanesis</i>)
17.	TN Bunaken	Kota Manado_Sulawesi Utara	89.065	Habitat kera hitam Sulawesi (<i>Macaca nigra</i>), tarsius dan kuskus
Wilayah Maluku dan Papua				

18.	TN Manusela	Kab. Maluku Tengah_Maluku	189.000	Formasi barringtonia
19.	TN Teluk Cendrawasih	Kab. Manokwari & Kab. Nabire_Papua	1.453.500	Habitat penyu & formasi barringtonia yang didominasi oleh cemara laut (<i>Casuarina</i> sp)
20	TN Lorentz	Kab. Asmat, Kab. Yahukimo, Kab. Mimika, Kab. Jayawijaya & kab. Puncak Jaya_Papua	2.505.600	Hutan pantai digolongkan dalam zona dataran rendah (0-650 mdpl) dengan vegetasi yang ditemukan adalah Pandan, Terminalia & barringtonia. Habitat reptil, ampibi, mamalia dan burung.
21.	TN Wasur	Kab. Merauke & Kab. Yapen Waropen_Papua	413.810	Habitat burung air Indonesia dan burung pantai migran dari Australia

Sumber : Dirjen PHKA Dephut (2007)

Tabel 19. Kawasan Pelestarian Alam dan Kawasan Suaka Alam berupa daratan yang memiliki perairan laut (kawasan konservasi pesisir dan laut)

No	Nama Kawasan	Kabupaten/Provinsi	Luas (Ha)
Cagar Alam 8 Unit Lokasi			
1.	CA Pulau Krakatau	Kab. Lampung Selatan_Lampung	2.535,00
2.	CA Pananjung Pangandaran	Kab. Ciamis_Jawa Barat	470,00
3.	CA Leuweung Sancang	Kab. Garut_Jawa Barat	1.150,00
4.	CA Riung	Kab. Ngada_Nusa Tenggara Timur	2.000,00
5.	CA Kepulauan Karimata	Kab. Ketapang_Kalimantan Barat	2.101,00
6.	CA Kepulauan Aru Tenggara	Kab. Maluku	114.000,00

		Tenggara_Maluku	
7.	CA BAnda	Maluku Tengah_Maluku	2.500,00
8.	CA Pantai Sausapor	Sorong_Papua	62.660,00
Suaka Margasatwa 5 unit Lokasi			
1.	SM Kepulauan Seribu	DKI Jakarta	-
2.	SM Pulau Kassa	Maluku Tengah_Maluku	900,00
3.	SM Sabuda Tataruga	Fakfak_Papua	5.000,00
4.	SM Kepulauan Panjang	Sorong_Papua	271.630,00
5.	SM Kepulauan Raja Ampat	Raja Ampat_Papua	60.000,00
6.	SM Pulau Rambut & Perairan	Jakarta	90,00
7.	SM Cikepuh	Sukabumi_Jawa Barat	8.127,50
Taman Nasional 7 Unit Lokasi			
1.	TN Kepulauan Seribu	Kab. Kepulauan Seribu_DKI Jakarta	107.489
2.	TN Karimun Jawa	Kab. Jepara_Jawa Tengah	111.624,7
3.	TN Wakatobi	Kab. Wakatobi_Sulawesi Tenggara	1.390.000
4.	TN Taka Bonerate	Kab. Selayar_Sulawesi Selatan	530.765
5.	TN Kepulauan Togean	Kab. Tojo Unauna_Sulawesi Tengah	362.605
6.	TN Bunaken	Kota Manado_Sulawesi Utara	89.065
7.	TN Teluk Cendrawasih	Kab. Manokwari & Kab. Nabire_Papua	1.453.500
Taman Wisata Alam 19 unit Lokasi			
1.	TWA Kepulauan Banyak	Kab. Singkil_NAD	227.500,0
2.	TWA Pulau Weh	Kota Sabang_NAD	3.900,00
3.	TWA Kepulauan Pieh	Padang Pariaman_Sumatera Barat	39.900,00
4.	TWA Pulau Sangiang	Serang_Banten	720,00
5.	TWA Pulau Satonda	Dompu_NTB	2.600,00
6.	TWA Pulau Moyo	Sumbawa_NTB	6.000,00
7.	TWA Gili Matra	Lombok barat_NTB	2.954,00
8.	TWA Teluk Kupang	Kupang_NTT	50.000,00
9.	TWA Tujuh Belas Pulau Riung	Ngada_NTT	9.900,00

10.	TWA Gugus Pulau Teluk Maumere	Sikka_NTT	62.450,00
11.	TWA Pulau Sangalaki	Berau_Kalimantan Timur	280,00
12.	TWA Kepulauan Kapoposang	Pangkep_Sulawesi Selatan	50,000
13.	TWA Kepulauan Padamarang	Kolaka_Sulawesi Tenggara	36.000,00
14.	TWA Teluk Lasolo	Konawe_Sulawesi Tenggara	81.800,00
15.	TWA Pulau Marsegu	Kab. Maluku Tengah_Maluku	11.500,00
16.	TWA Pulau Kassa	Kab. Maluku Tengah_Maluku	1.100,00
17.	TWA Pulau Pombo	Kab. Maluku Tengah_Maluku	998,00
18.	TWA Kepulauan Padaido	Biak Numfor_Papua	183.000,00
Total Luas : 5,56 juta hektar			

Sumber : Dirjen PHKA (2007)

Terrkait dengan aspek konservasi hutan pantai di Indonesia tidak saja Kawasan Suaka Alam (KSA) dan Kawasan Pelestarian Alam (KPA). Saat ini Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP) telah menerbitkan UU no 31/2004 dan UU 27/2007 terkait dengan penetapan kawasan konservasi laut daerah (KKLD), daerah perlindungan laut dsb. Beberapa daerah KKLD yang sudah ditetapkan seperti KLLD Di Kabupaten Raja Ampat, Papua, KKLD di P Maratua dan Kakaban , Kaltim, Kepulauan di Sumatera Barat, P Nias di Sumut, dll.

6.3.2 Konservasi Jenis Fauna Pantai

Seperti dijelaskan sebelumnya, bahwa hutan pantai merupakan habitat dari jenis-jenis endemik dan langka. Akibat eksploitasi yang berlebihan menyebabkan kelangkaan dan terancamnya jenis-jenis penghuni hutan pantai. Oleh karena itu, keberadaannya perlu dijaga dan terus dilakukan upaya konservasi yang terencana dan terukur.

6.3.2.1 Konservasi Penyu

Penyu merupakan jenis reptil laut yang dapat berpindah/migrasi (*migratory species*) antara negara mengitari bumi sepanjang perairan tropis dan sub tropis. Di dunia, seluruh jenis penyu sudah dalam keadaan terancam punah

(*endangered species*). Pada aras dunia internasional, status beberapa jenis penyu telah dimasukkan dalam Appendiks I CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). Appendiks I diartikan sebagai daftar golongan tumbuhan dan satwa langka (TSL) yang dianggap sangat langka dan terancam punah sehingga pemanfaatannya harus diawasi secara ketat.

Ancaman utama terhadap status tersebut adalah kegiatan manusia, seperti perusakan dan gangguan habitat serta pencemaran pantai dan laut, penangkapan dan perdagangan penyu secara illegal, pemanfaatan daging dan telur penyu, perusakan daerah mencari makan, gangguan jalur migrasi, kurangnya kesadaran masyarakat dan lemahnya hukum serta pengawasan yang belum optimal.

Di perairan Indonesia, ditemukan 6 (enam) jenis penyu yang hidup di dunia yaitu penyu sisik (*Eretmochelys imbricata*), penyu hijau (*Chelonia mydas*), penyu belimbing (*Dermochelys coriacea*), penyu lekang (*Lepidochelys olivacea*), penyu tempayan (*Caretta caretta*) dan penyu pipih (*Natatur depressus*). Dari keenam penyu tersebut yang paling umum ditemukan di perairan Indonesia dan yang paling terancam oleh eksploitor adalah penyu hijau dan penyu sisik.

Untuk melindungi keenam jenis penyu tersebut, pemerintah Indonesia telah mengeluarkan beberapa produk hukum diantaranya SK Mentan 327/Kpts/um/1978 (penyu belimbing), SK Mentan 716/Kpts/II/80 (penyu sisik semu dan penyu tempayan), SK Menhut 882/kpts/-II/1992 (penyu pipih), SK Menhut 771/kpts/-II/1996 (penyu sisik) dan PP No. 7 thn 1999 tentang Pengawetan Jenis tumbuhan dan satwa (pasal 4 ayat 1 dan 2 serta lampiran PP Nomor 7 tahun 1999 bahwa semua jenis penyu di Indonesia telah ditetapkan sebagai jenis satwa dilindungi).

Selain di tingkat lokal Indonesia, pada rana global dan regional telah disepakati konvensi dan kesepakatan bersama untuk melindungi penyu diantaranya Convention on the Conservation of Migratory Species (CMS) merupakan kerjasama di tingkat global MoU IOSEA (Indian Ocean and South East Asia) tentang pelestarian dan pengelolaan penyu dan habitatnya tingkat regional Asia Tenggara dan Samudera Hindia sejak 2001 (Indonesia efektif sebagai anggota ke - 22 dari 41 negara per 1 Juni 2005) berisikan kepastian

bahwa pelestarian penyu dilakukan secara lintas negara pada jalur migrasi penyu dengan cara 1) menurunkan penyebab kematian penyu, 2) melindungi, melestarikan dan merehabilitasi habitat penyu, 3) meningkatkan pemahaman ekologi dan populasi penyu, 4) meningkatkan kesadaran dan partisipasi publik dalam kegiatan konservasi, 5) meningkatkan kerjasama nasional, regional dan internasional serta 6) mengimplementasikan MoU ke dalam RP konservasi.

Strategi konservasi penyu yang telah dilakukan oleh pemerintah Indonesia diantaranya 1) perlindungan dan pengelolaan habitat peneluran penyu, 2) meningkatkan kesadaran masyarakat melalui sosialisasi tentang fauna yang dilindung, 3) meningkatkan partisipasi masyarakat dalam upaya konservasi penyu, 4) meningkatkan kerjasama secara regional dalam pengawasan peredaran penyu, serta 5) pengawasan dan pengendalian serta memotong jalur perdagangan illegal penyu dan telurnya.

6.3.2.1 Konservasi Maleo

Maleo (*Macrocephalon maleo*) termasuk genus *Macrocephalon*, famili *Megapodius* ordo *Megapodidae* dan kelas burung (*Aves*) dari dunia hewan Vertebrata. Di Indonesia, terdapat dua jenis burung yang termasuk *Megapodidae* yang telah banyak dikenal dan dilindungi yaitu Maleo dan burung Gosong (*Megapodius reinwardt*). Burung gosong tersebar disepanjang pantai Nusa Tenggara Timur, Maluku Tenggara, P. Kangean (Jawa Timur) dan Irian. Maleo adalah satwa liar endemik Sulawesi yang paling terkenal. Maleo hidup di hutan hujan tropis Sulawesi dan menimbun telurnya di tanah yang dihangati oleh panas bumi atau di pantai yang terpapar panas matahari.

Populasi burung Maleo di terus mengalami penurunan yang cukup drastis dalam beberapa dekade terakhir. Di Provinsi Sulawesi Utara dilaporkan dari sekitar 25.000 menjadi kurang dari 14.000 ekor. Dari hasil riset *The Nature Conservancy*, sebuah LSM internasional yang bergerak dalam konservasi lingkungan, dari sepuluh habitat burung Maleo di Taman Nasional Lore Lindu, Sulawesi Tengah, kini hanya tinggal 4 habitat saja. Sisanya telah rusak dan punah.

Sebenarnya ancaman kepunahan Maleo telah lama didengungkan (pertama kali pada tahun 1949). Namun, lebih dari 25 tahun terlewatkan

sebelum program konservasi Maleo dimulai pada tahun 1978 di Panua (Gorontalo), tahun 1985 dan 1990 di Taman Nasional Bogani Nani Wartabone (Sulawesi Utara), dan kemudian di Taman Nasional Lore Lindu (Sulawesi Tengah). Pengumpulan telur adalah penyebab utamanya dan telah mengakibatkan menghilangnya Maleo dari sejumlah tempat di Sulawesi.

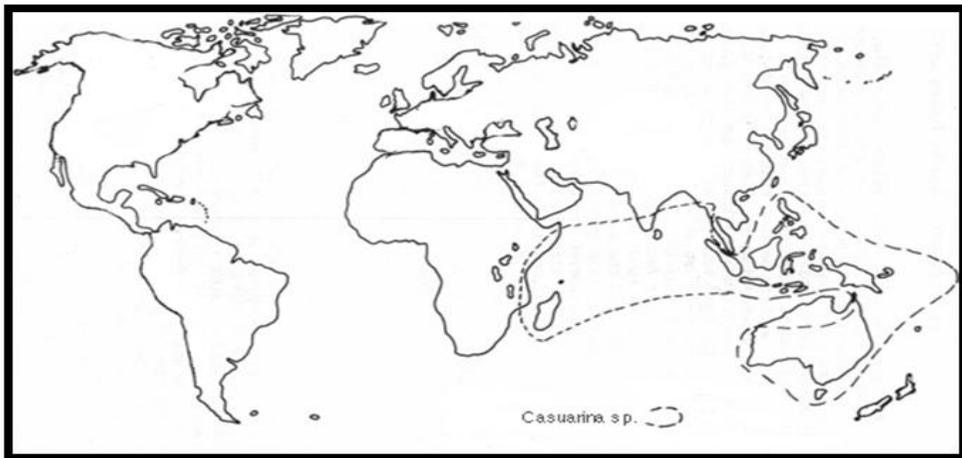
Penyebab utama terancamnya kelestarian burung Maleo adalah pengumpulan telur oleh manusia. Selain itu, kehadiran predator alaminya, seperti biawak dan tikus hutan serta babi hutan turut berkontribusi terhadap populasi maleo. Faktor lain seperti pembukaan lahan hutan untuk perkebunan, dan kebakaran hutan juga menjadi penyebab rusaknya habitat asli burung Maleo. Sekarang ini, Maleo dikategorikan jenis yang "terancam punah" (*endangered*) oleh IUCN dan dilindungi oleh undang-undang RI.

7. HUBUNGAN CEMARA LAUT DENGAN FRANKIA

7.1 Cemara Laut

7.1.1 Pengantar

Cemara laut (*C. Equisetifolia* Blanco.) merupakan salah satu jenis tumbuhan dari famili Casuarinaceae yang tumbuh di wilayah pantai tropis dan sub tropis (Gambar 37) dan potensial sangat dikembangkan di wilayah pantai untuk berbagai tujuan. Jenis ini berbentuk pohon dengan percabangan halus dan memiliki daun seperti jarum. Umumnya tumbuh di pinggir pantai berpasir, biasanya dari 0-100 m dpl. Jenis ini membutuhkan banyak sinar matahari, toleran terhadap air garam, tanah berkapur dan agak alkali dan sangat mudah adaptasi pada tanah kurang subur. Jenis ini dapat menambat (fiksasi) N_2 dari atmosfer dengan bantuan bakteri frankia (Goltenboth *et al.*, 2006; Noor *et al.*, 2006).



Gambar 37. Sebaran alami *Casuarina* sp. di dunia (Silvester, 1977).

Secara umum terdapat dua faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan, daya hidup dan fiksasi nitrogen (simbiosis dengan frankia) tanaman Kasuarina yaitu faktor alam dan faktor aktivitas manusia (Sayed,

2011). Faktor alam meliputi kondisi tanah dan lingkungan diantaranya ketersediaan air dan unsur hara rendah, temperatur tinggi dan faktor tanah lainnya. Sedangkan aktivitas manusia berupa merubah kondisi lingkungan dan tanah diantaranya pengolahan tanah yang berlebih (penghilangan top soil) dan pencemaran tanah dan air dari aktivitas industri. Untuk mengurangi faktor pembatas tersebut maka diperlukan pendekatan-pendekatan tertentu.

Sayed (2011) menyebutkan terdapat lima pendekatan yang dapat diterapkan yaitu **1)** penambahan organik tanah, bahan organik, keberadaan seresah di lapisan top soil, pemupukan (khususnya pospat), **2)** inokulasi ganda frankia dan fungi mikoriza pada tanaman casuarina, **3)** pengairan/penyiraman khususnya pada tanaman muda dan kondisi lahan yang kering, **4)** seleksi strain frankia dan kasuarina yang efisien dan toleran, penanaman jenis yang dapat memfiksasi nitrogen dari atmosfer (misalnya *Leucaena* sp.), inokulasi biofertilizers diantaranya Frankia, fungi mikoriza, *Azospirillum*, *Phosphobacterium*, dll dan seleksi tipe inokulum frankia serta **5)** pengapuran (suplai Ca dan mengurangi Al). Pendekatan-pendekatan tersebut dapat diterapkan pada satu atau beberapa kondisi sekaligus. Misalnya pertumbuhan Kasuarina pada kondisi curah hujan rendah, tidak ada aktivitas mikroorganisme tanah, miskin N₂ dan kontaminasi tanah maka pendekatan yang dimungkin adalah pendekatan 1 dan 4 (Sayed, 2011).

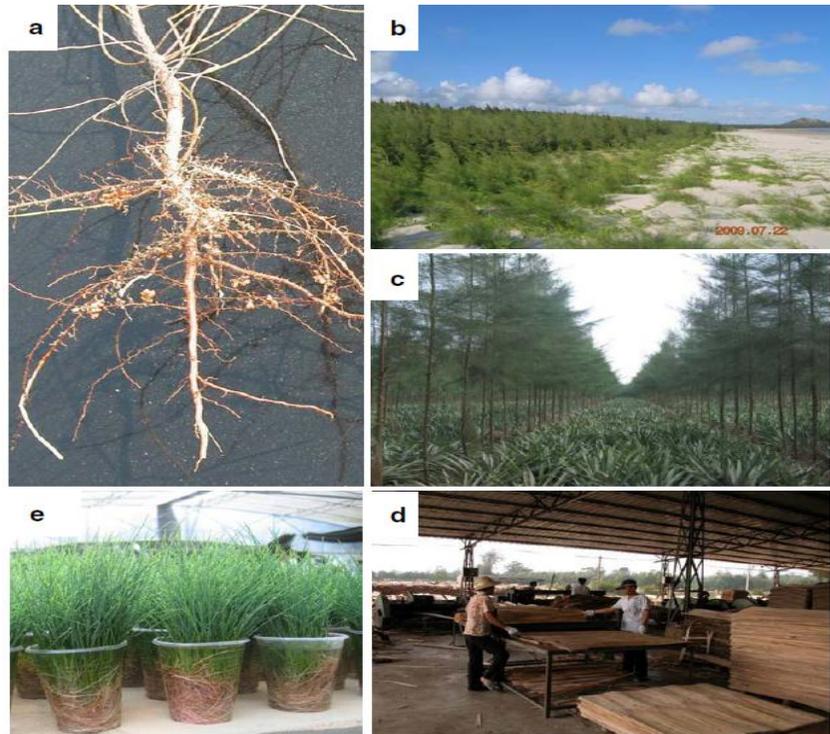
7.1.2 Kegunaan Cemara Laut

Jenis ini memiliki banyak keunggulan baik dari aspek ekologi maupun ekonomi. Secara ekologi, cemara laut banyak ditanam untuk tujuan rehabilitasi dan reklamasi wilayah pantai, stabilisasi bukit pasir, perbaikan kesuburan tanah, proteksi wilayah darat termasuk kawasan budidaya pertanian dari hembusan garam dan angin serta sebagai pengendali erosi pantai (Gambar 38). Di Indonesia, rehabilitasi wilayah pantai dengan menggunakan tanaman cemara laut telah dilakukan di beberapa pantai yakni Pantai Samas (Yogyakarta) dan pantai Petanahan (Kebumen) serta pantai Aceh dan Nias pasca Tsunami. Dari aspek ekonomi, kayu cemara laut memiliki potensi untuk dijadikan sebagai kayu bakar karena memiliki kalori yang tinggi (4,000-7,000 kkal/kg) serta sebagai tanaman pokok untuk model pembangunan hutan dengan sistem agroforestry

(Tabel 20). Oleh karena itu, jenis ini cocok untuk dikembangkan sebagai tanaman unggulan di wilayah pantai Indonesia.

Takle *et al.*, (2006) dan Torrey (1976) dalam Zoysa (2008) menyebutkan bahwa *Casuarina* sp., memiliki karakteristik yang dijadikan sebagai shelterbelt diantaranya memiliki akar yang kuat, secara ekstensif daun-daun dari cemara laut memiliki kemampuan untuk menahan kecepatan angin serta memiliki kemampuan memperbaiki tanah (pasir) yang mengandung kadar garam yang tinggi. Juga sebagai tempat polinasi madu dan burung (Goltenboth *et al.*, 2006).

Dalam mendukung upaya pengembangan *C. Equisetifolia* Blanco maka pengetahuan tentang hubungan mutualistik cemara laut dengan mikroorganisme tanah perlu menjadi perhatian tersendiri. Telah diketahui bahwa jenis ini berasosiasi baik dengan bakteri penambat nitrogen Frankia, Fungi Mikoriza Arbuskula dan Ektomikoriza. Output dari interaksi tersebut adalah peningkatan pertumbuhan tanaman cemara laut karena mendapatkan suplai hara dari mikroba tanah tersebut.



Gambar 38. Casuarina dan pemanfaatannya di China : a) nodul anakan casuarina setelah diinokulasi Frankia, b) sebagai windbreak dan stabilisasi pasir, c) agroforestry Casuarina, d) casuarina untuk Flywood dan e) perbanyakan tanaman dengan teknik stek pucuk (Zhong *et al.*, 2010)

Tabel 20. Penggunaan pohon casuarina untuk berbagai tujuan

1) Kayu, Konstruksi dan Bahan Bakar

- Pagar, Kayu kaso, tiang, kayu konstruksi dan bangunan di banyak daerah (contoh : Papua New Guinea)
- Kayu bakar di daerah berkembang (bahan bakar dengan 7,000 kcal/kg)
- Potongan perabot (furniture) (Mesir)
- Papan partikel dan chip
- Roda, jalan kereta api, kaki piano, dan panel (contoh : Malaysia dan Australia)

2) Agroforestry

- *C. equisetifolia* sebagai pemecah angin, peningkatan hasil pertanian, perbaikan struktur tanah dan ketersediaan nutrisi khususnya Nitrogen (Mesir, China, Senegal, Indonesia dan India)
- Intercropping dengan tanaman sereal dan cash crops (kopi, kacang tanah dan legume lainnya)
- Penanaman hutan campuran dengan jenis-jenis lain

3) Rehabilitasi dan Reklamasi Lahan

- Shelterbelts di daerah pantai (China, India, Vietnam dan Indonesia)
- Reklamasi lahan (tanah) tercemar industry (Kenya dan Malaysia)
- Rehabilitasi daerah sekitar sungai melalui peningkatan nitrogen tanah (asosiasi dengan frankia) dan fospor (dengan mikoriza), daur ulang hara tanah, penghilangan gulma dan kehilangan air.
- Stabilitas gunduk pasir (sand dunes stabilization) (China, India, Vietnam, Sri Langka, Indonesia dan Malaysia); jenis-jenis potensial : *C. equisetifolia*, *C. cunninghamiana* dan *G. glauca*

4) Penggunaan Lain

- Tanaman muda potensial untuk pakan ternak dan kotoran ternak baik untuk perbaikan tanah
- Membentuk lanskap sepanjang pantai di wilayah Tropis dan sub tropis
- Toleran terhadap polusi udara,

5) Produk Bukan Kayu

- Batang Casuarina mengandung 6-18% Tanin digunakan untuk bahan-bahan dari kulit (Madagaskar) dan penguat jarring ikan di Indonesia
- Akar *C. equisetifolia* potensial untuk kesehatan : obat disentri, diare dan sakit perut di Papua New Guinea
- Seresahnya dapat digunakan sebagai mulsa untuk mengurangi kehilangan air permukaan.

Sumber : dimodifikasi dari sayed (2011)

7.2 FRANKIA

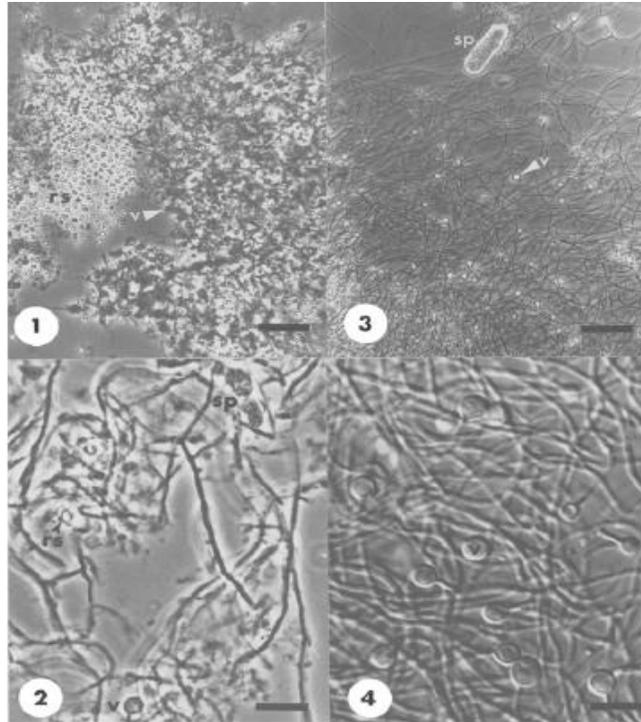
7.2.1 Pengertian dan Karakteristik Sel Frankia

Frankia merupakan bakteri gram-positif yang berserabut dan termasuk bakteri aerobik serta terdapat di nodul (bintil) akar tanaman non-legum (He and

Critchly, 2008). Frankia termasuk dalam bakteri lambat tumbuh (*Slow growing*) (National Research Council, 1984 *dalam* He and Critchly, 2008). Dinamai Frankia untuk menghormati bapak Bernard Albert Frank, seorang perintis yang mempelajari simbiosis dan menciptakan istilah "mycorrhiza" sekitar 120 tahun yang lalu (Frank 1888 *dalam* He and Critchly, 2008).

Frankia digolongkan dalam marga actinomycetes (Frankiaceae), dan mampu membentuk nodulasi pada beberapa tanaman non legum (umumnya pionir) yang selanjutnya disebut *actinorhizal plant* (He and Critchly, 2008; Chaia *et al.*, 2010). Tumbuhan yang termasuk dalam kelompok tersebut terdapat hampir 200 spesies dari 25 marga dalam 8 famili Angiosperm (Betulaceae, Casuarinaceae, Coriariaceae, Datisceae, Elaeagnaceae, Myricaceae, Rhamnaceae dan Rosaceae) (Swensen & Benson, 2008; He and Critchly, 2008). Salah satu famili yang dimungkinkan untuk dikembangkan di Indonesia adalah famili Casuarinaceae.

Secara umum sel frankia dapat ditemukan pada relung ekologi yang berbeda baik di bintil akar maupun di tanah (Chaia *et al.*, 2010). Sel frankia memiliki karakteristik diantaranya memiliki Sel vegetatif yang berkembang menjadi miselia (hifa) yang menyerupai fungi mikoriza, Sporangia yang membentuk spora yang banyak dan Vesicle (Lechevalier dan Lechevalier, 1990 *dalam* Schmidt, 2000; Chaia *et al.*, 2010). Hifa memiliki ciri diameter 0.5 μm , septat dan bercabang (Chaia *et al.*, 2010). Vesikula merupakan tempat enzim dinitrogenase yang aktif dalam penambatan nitrogen (Gambar 40) (Tjepkema *et al.*, 1980 *dalam* Chaia *et al.*, 2010). Penyebaran spora dan propagul frankia lainnya dapat terjadi melalui angin dan air serta binatang (Valdes, 2008; Chaia *et al.*, 2010).



Gambar 39. Kultur strain frankia yang diisolasi dari *C. cunninghamiana* (ket : rs=spora, v=vesikula & sp=sporangia) (Zhang *et al*, 1984)

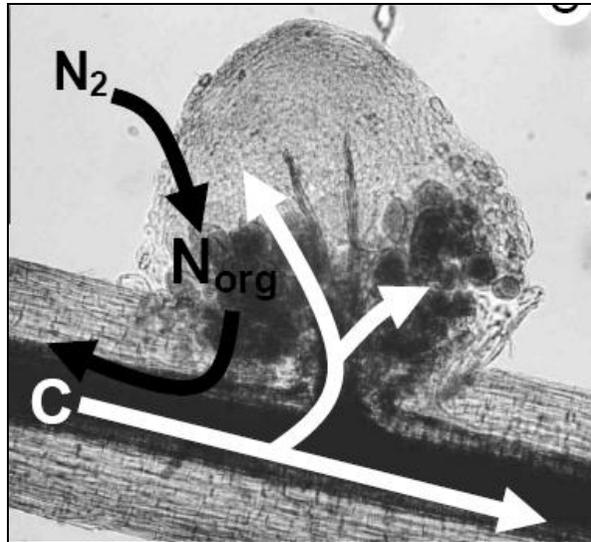
7.2.2 Faktor- Faktor Yang Mempengaruhi Nodulasi Dan Fiksasi Nitrogen

a. Kedalaman tanah

Pembentukan bintil akar lebih banyak terbentuk pada kedalaman tanah < 20 cm dan semakin dalam, jumlah bintil akar yang ditemukan dalam jumlah sedikit dan ukurannya kecil. Kondisi ini sangat berhubungan dengan aerasi tanah, dimana mikroorganisme ini membutuhkan oksigen yang cukup untuk tumbuh dan melaksanakan fungsinya (Valdes, 2008).

b. Bahan organik

Salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas frankia dalam menambat nitrogen adalah ketersediaan bahan organik (karbon). Sumber utama karbon frankia diperoleh dari transfer karbon dari akar tanaman yang diproduksi dalam proses fotosintesis dan disalurkan ke bintil akar (Gambar 40).



Gambar 40. Alur transfer C dan N dalam bintil akar. (Sumber : Valverde & Huss-Danell, 2008).

c. Kekeringan, suhu dan salinitas

Efektifitas frankia dalam menambat nitrogen dapat berjalan dengan pada kondisi kelembaban yang cukup. Ketersediaan jumlah air yang cukup dapat membatasi nodulasi tanaman (Valdes, 2008). Selain ketersediaan air, suhu juga dapat membatasi nodulasi dan fiksasi nitrogen oleh frankia. Hasil penelitian Reddell *et al.*, (1986) dalam Valdes (2008) menunjukkan bahwa biomassa dan kandungan nitrogen tanaman *Casuarina cunninghamiana* meningkat dengan meningkatnya suhu tanah hingga 25°C, namun menurun secara signifikan pada suhu 15°C dan 30°C.

Frankia juga sensitif pada tingkat salinitas tertentu. Valdes (2008) menjelaskan bahwa setiap galur frankia memiliki perbedaan kepekaan terhadap salinitas. Hasil penelitian dua galur frankia yang diisolasi dari tanaman *Casuarina* sp. dengan salinitas tinggi menunjukkan bahwa galur CcO1 sangat toleran dan tumbuh baik pada salinitas 500 mM NaCl, sedangkan galur CcI3 sensitif pada salinitas 100 mM NaCl (Valdes, 2008).

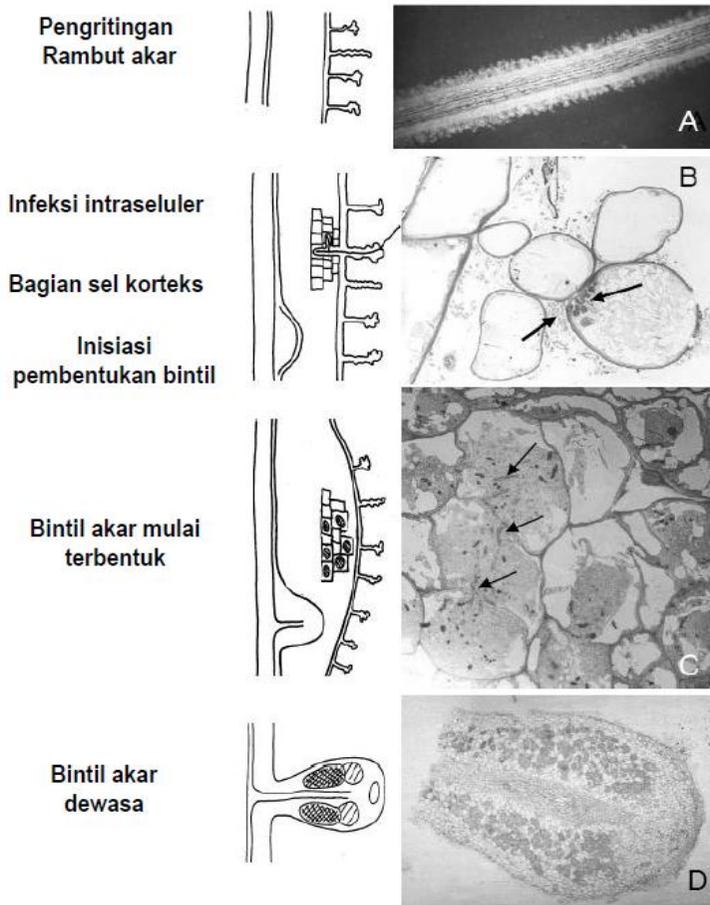
d. Nitrogen dan fosfat

Efektivitas frankia dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh tingkat kesuburan tanah. Dilaporkan frankia efektif pada kondisi tanah dengan tingkat kesuburan tanah yang rendah baik pada skala laboratorium maupun di lapangan. Keberadaan unsur nitrogen dalam jumlah yang banyak di dalam tanah umumnya menghambat efektivitas frankia. Kondisi tersebut berbeda dengan ketersediaan fosfat (P). Fosfat sangat dibutuhkan oleh frankia karena sangat diperlukan dalam pembentukan binti akar (nodulasi) dan penambatan nitrogen dari atmosfer (Valdes, 2008) (Gambar 42).

e. pH, Al dan Nikel

pH tanah adalah salah satu faktor penting dalam mengendalikan populasi frankia. Setiap jenis frankia memiliki kepekaan yang berbeda terhadap pH. Frankia yang diisolasi dari tanaman *Alnus* cocok pada pH 8,0, *Alnus glutinosa* pada pH 4,9 dan *Elaeagnus angustifolia* pada pH 6,6 (Zitzer and Dawson, 1992 dalam Valdes, 2008).

Strain frankia memiliki kepekaan yang berbeda terhadap logam berat. Pengujian beberapa galur frankia menunjukkan bahwa hampir semua galur yang diuji sensitif terhadap konsentrasi rendah ($< 0,5$ mM) dari Ag^+ , AsO_2 , Cd_2 , SbO_2 , Ni_2 dan kurang sensitif terhadap Pb^{2+} , CrO_4^{2+} , AsO_4^{3-} dan $\text{S}_2\text{O}_2^{2-}$. Salah satu logam berat yang penting dibutuhkan oleh frankia adalah nikel. Nikel sangat penting untuk aktivitas hydrogenase dalam kehidupan bebas frankia.



Gambar 41. Proses terbentuknya bintil akar yang terjadi pada infeksi rambut akar (Sumber : Wall & Berry, 2008).

7.2.3 Proses Infeksi Frankia Pada Akar Tanaman Inang

Secara umum, frankia menginfeksi akar tanaman inang melalui dua cara yaitu infeksi melalui rambut akar dan interseluler akar (Wall and Berry, 2008). Infeksi pada rambut akar diawali dengan pengeritingan rambut akar setelah memperoleh sinyal frankia dan selanjutnya rambut akar ditembus oleh frankia, setelah hifa melakukan penetrasi kemudian diikuti infeksi pada intraseluler korteks akar (Obertello *et al.*, 2003 dalam Wall and Berry, 2008), setelah penetrasi, hifa frankia kemudian dibungkus oleh bahan dinding sel yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan pektin (Berg, 1990). Dalam

menanggapi infeksi awal biasanya rambut akar akan mengecil kemudian mulai terbentuk bintil akar (Berry and Sunnel, 1990 *dalam* Wall and Berry, 2008). Tahapan infeksi frankia melalui rambut akar disajikan pada Gambar 42. Sebaliknya, infeksi melalui interseluler tidak diawali dengan perubahan bentuk rambut akar.

Berdasarkan bentuk infeksi frankia pada akar tanaman inang, maka terdapat beberapa macam strain frankia infeksi. Strain frankia infeksi pada genus Betulaceae, Myricaceae dan Casuarinaceae umumnya infeksi terjadi melalui rambut akar, sedangkan genus Elaeagnaceae dapat terjadi baik pada rambut akar maupun interseluler akar (Boonkerd and Baker, 1986 *dalam* Wall and Berry, 2008).

7.2.4 Distribusi Dan Isolasi Frankia

Secara umum frankia dapat ditemukan pada profil tanah (Nalin *et al.*, 1997 *dalam* Sprent and Parsons, 2000) dan dapat bertahan dalam tanah dalam kondisi non-simbiotik (Huss-Dannell, 1997 *dalam* Sprent and Parsons, 2000) atau hidup bebas sebagai saprofit (Schmidt, 2000). Meskipun terdapat sedikit keraguan bahwa apakah strain frankia dapat bertahan lama di dalam tanah (Nalin *et al.*, 1997 *dalam* Sprent and Parsons, 2000). Penyebaran frankia (spora atau sel vegetatif lainnya) dapat terjadi melalui angin dan atau pergerakan tanah.

Frankia dapat diisolasi dari tanah (Baker & O'Keefe, 1984 *dalam* Sprent & Parsons, 2000). isolasi pertama diperoleh secara *in vitro* pada akhir tahun 1970-an (Callaham *et al.* 1978 *dalam* Sprent & Parsons, 2000). Isolasi dan identifikasi karakteristik Frankia penting dilakukan untuk mengetahui penyebaran frankia di dalam tanah & modifikasi metode nodulasi. Penelitian pertumbuhan Frankia dalam kultur murni, infeksi pada tanaman inang, genetik fiksasi N₂ dan infeksi pada tanaman dan hubungan genetik antara strain Frankia telah dilakukan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa famili yang memiliki sedikit frankia diantaranya Rhamnaceae, Rosaceae atau Coriariaceae (Sprent & Parsons, 2000).

7.2.5 Inokulasi Frankia

Tanaman inang (*actinorhizal plant*) perlu diinokulasi frankia. Pentingnya dilakukan inokulasi untuk meningkatkan keberhasilan penanaman dan pertumbuhan awal tanaman. Sumber inokulum untuk inokulasi dapat berupa kultur murni, massa bintil akar dan frankia infeksi dalam tanah. Dari ketiga sumber inokulum tersebut, kultur murni lebih banyak digunakan karena lebih efektif dan efisien. Keberhasilan inokulasi sangat dipengaruhi oleh kualitas inokulum frankia.

Strain frankia dikatakan infeksi dan efektif jika memiliki kemampuan yang baik dalam penambatan nitrogen dari atmosfer. Selain itu, toleran terhadap kondisi lingkungan (keasaman tanah, toksisitas tanah, salinitas, dll). Karakteristik lain yang harus dimiliki strain frankia yaitu memiliki kemampuan kompetitif (pada kondisi apapun tetap efektif), kemampuan nodulasi yang tinggi dan dapat bertahan pada kondisi lingkungan.

Dilaporkan bahwa terdapat variasi kisaran inang dari strain frankia. Misalnya strain Frankia ORS021001 dapat membentuk bintil akar untuk Casuarina dan tidak untuk Allocasuarina. Tapi, strain ORS 022602 memiliki inang yang luas (Puppoet *et al*, 1985 dalam Domergues *et al*, 1986).

Tabel 21. Karakteristik Sumber Inokulum Frankia

Tipe Inokulum	Karakteristik	Referensi
1. Massa bintil akar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berisi Frankia, bagian tanaman dan kontaminasi mikroorganismen lain ▪ Penyebab utama variasi nodulasi Casuarina di persemaian 	Liang and Chen (1984) Reddell and Bowen (1985a,b)
2. Kultur Murni	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Membutuhkan material bintil akar dalam jumlah banyak ▪ Berisi hifa, vesikel, spora dan kultur utuh (lengkap) ▪ Spora harus resisten terhadap temperatur tinggi dan pengeringan dan dapat disimpan untuk bahan inokulasi ▪ Inokulum yang bagus menjamin strain efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan biomassa tanaman 	Borthakur <i>et al.</i> (1996) Sayed <i>et al.</i> (2002b)
3. Kultur utuh murni tidak bergerak atau tipe sel spesifik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Memiliki kemampuan hidup pada perbedaan kondisi temperature dan kelembaban ▪ Pellet frankia dari agen calcium alginate and polyacrylamide gel (PAG) 	Kohls <i>et al.</i> , (1994), Borthakur <i>et al.</i> (1996), Sayed <i>et al.</i> (2002b,c), Sayed <i>et al.</i> (2006)

Sumber : Sayed (2011)

7.3 Hubungan Frankia Dan *C. Equisetifolia* Miq.

Keberadaan Frankia sangat dibutuhkan oleh tanaman *C. Equisetifolia*. Selain berperan dalam nodulasi dan penambatan nitrogen, frankia juga dapat membantu pertumbuhan dan produksi biomassa tanaman *C. Equisetifolia*. Berbagai literatur ilmiah melaporkan bahwa frankia sangat membantu *C. Equisetifolia* dalam penambatan nitrogen. Dommerques (1981) dalam Setiadi (1989), tanaman *C. equisetifolia* yang dibantu frankia mampu menambat nitrogen 58-218 kg/ha/tahun. Harjadi dan Octavia (2008) melaporkan bahwa tanaman ini dapat mengikat nitrogen dari udara sebanyak 50-80% sehingga akumulasi hara pada lantai hutan sangat tinggi yaitu 1.600 kg N/ha dan 85 Kg P/Ha. Kapasitas penambatan nitrogen dari atmosfer oleh *Casuarina equisetifolia* juga dilaporkan oleh Gauthier *et al.*, (1985) dan Domergues *et al*, (1986) serta Sougoufara *et al.*, (1989) seperti disajikan pada Tabel 22, 23 dan 24.

Perbaikan nitrogen tanaman oleh frankia dapat berdampak positif terhadap pertumbuhan dan produksi biomassa tanaman baik di rumah kaca maupun di lapangan. Aplikasi frankia dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter (Zhong *et al.*, 1994; Rajendran *et al.*, 2003; Karthikeyan *et al.*, 2009) serta produksi biomassa tanaman (Gauthier *et al.*, 1985 dalam Domergues *et al*, 1986; Domergues *et al*, 1986; Sougoufara *et al.*, 1989; Rajendran *et al.*, 2003; Karthikeyan *et al.*, 2009). Selain itu, aplikasi frankia juga dapat menekan patogen akar *Rhizoctonia* sp. Pada akar *C. equisetifolia* (Gopinathan, 1995).

Tabel 22. Pengaruh inokulasi Frankia ORS 021001 pada *C. equisetifolia* umur 11 bulan

Inokulasi	Perlakuan			Fiksasi N ₂	
	Penambahan N (g/tanaman)	Tinggi (cm)	Berat kering (g/tanaman)	Ndfa	g N/tanaman
0	0.5	170a	295 a		0
0	2.5	192a	409 a		0
+	0.5	216b	525 b	9-53	3.3 – 2.3

Sumber : Gauthier *et al.*, (1985) dalam Domergues *et al*, (1986)

Tabel 23. Perbandingan performa 2 klon *C. equisetifolia* yang diinokulasi dan tidak diinokulasi Frankia

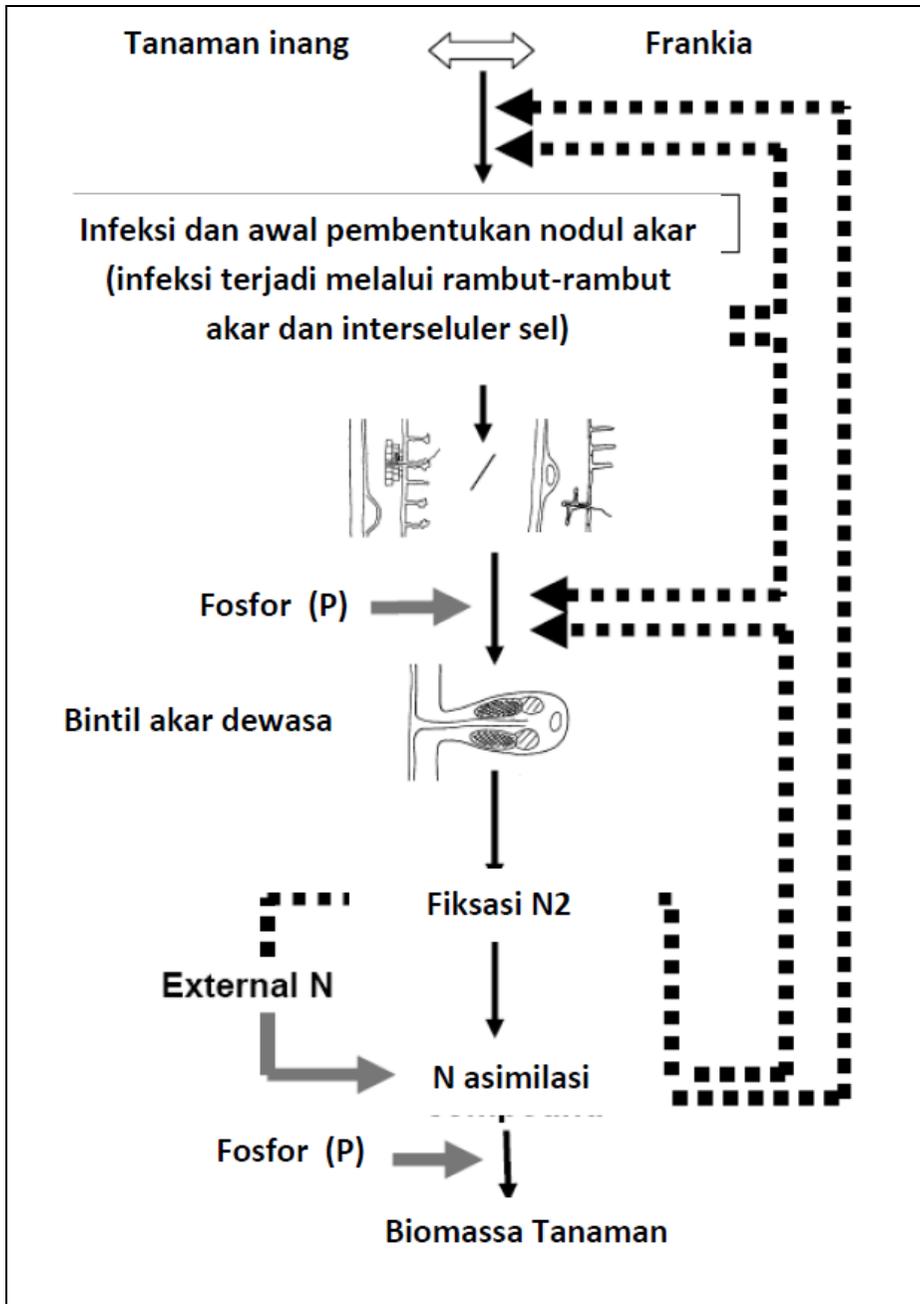
	Berat kering (mg/tanaman)	Pucuk	N total (mg/tanaman)	Bintil akar
		N (%)		Berat kering (mg/tanaman)
Tidak diinokulasi				
Clone α	130 a	0.73 a	0.95 a	0 a
Clone β	90 a	1.02 a	0.92 a	0 a
Diinokulasi Frankia				
Clone α	660 b	1.71 b	11.29 b	54 b
Clone β	1.730 c	2.02 c	34.93 c	88 c

Sumber : Domergues *et al.*, (1986)

Tabel 24. Pengaruh inokulasi Frankia strain ORS 021001 terhadap biomassa dan serapan N *C. equisetifolia* umur 1, 2 dan 3 tahun penanaman

Inokulasi	Tinggi (cm)	Berat kering (g/pohon)			Total N (g/pohon)		
		cabang	akar	Nodul	cabang	akar	Nodul
July 1985 (1 tahun setelah penanaman)							
0	151	163	266	0	0.63	124	0
+	182	324	309	2.55	1.99	1.60	0.04
July 1986 (2 tahun setelah penanaman)							
0	291	890	507	0	5.64	2.52	0
+	313	1349	871	12.18	9.39	3.21	0.20
July 1987 (3 tahun setelah penanaman)							
0	500	1451	840	0	7.32	4.74	0
+	575	2250	1031	22.75	12.20	5.12	0.40

Sumber : Sougoufara *et al.*, (1989)



Gambar 42. Hubungan frankia dan tanaman inang. Proses infeksi frankia ke dalam akar tanaman dan kemudian terbentuk bintil akar, melalui bintil akar dan bantuan P maka frankia dapat memfiksasi nitrogen bebas. N hasil asimilasi dapat digunakan untuk pertumbuhan dan produksi biomassa tanaman (Sumber : Wall & Berry, 2008).

7.4 Hubungan Fungi Mikoriza Dan *C. Equisetifolia* Miq.

Selain frankia, Tanaman cemara laut secara alami juga berasosiasi baik dengan fungi mikoriza, baik endomikoriza (FMA) maupun ektomikoriza (Tabel 25). Kolonisasi dan jumlah spora FMA ditemukan dalam jumlah yang banyak pada sistem perakaran *C. Equisetifolia* (L.) (Vasanthakrishna and Bagyaraj, 1991; Raman and Elumalai, 1991; Sambandan *et al.*, 1991; Vasanthakrishna *et al.*, 1995; Zhong *et al.*, 2010).

Aplikasi fungi mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi biomassa tanaman cemara laut baik skala rumah kaca (persemaian) maupun di lapangan. Pada skala rumah kaca dilaporkan bahwa inokulasi fungi mikoriza meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter serta biomassa tanaman cemara laut. Vasanthakrishna and Bagyaraj (1991) melaporkan bahwa aplikasi FMA *Glomus mosseae* meningkatkan pertumbuhan tinggi dan biomassa tanaman dengan peningkatan terhadap kontrol masing-masing 29 % dan 115,6 %. Peningkatan pertumbuhan dan biomassa tanaman juga dilaporkan oleh, Vasanthakrishna *et al.*, (1994; 1995), Chonglu *et al.*, (1994), Rajendran *et al.*, (2003) dan Karthikeyan *et al.*, (2009) (Tabel 26).

Meningkatnya pertumbuhan dan biomassa tanaman sangat berhubungan dengan penyerapan hara oleh fungi mikoriza (Smith and Read, 2008). Hasil review publikasi ilmiah menunjukkan bahwa fungi mikoriza dapat meningkatkan serapan hara tanaman cemara laut, terutama unsur hara P, N dan K (Tabel 27). Keberadaan unsur P sangat dibutuhkan tanaman. Selain mendukung proses fisiologis tanaman ketersediaan P yang cukup juga membantu aktivitas frankia dalam penambatan nitrogen. Pertumbuhan dan produksi biomassa serta nodulasi dan penambatan nitrogen tanaman akan lebih baik jika tanaman diinokulasi ganda dengan FMA dan frankia atau keduanya dengan bakteri pelarut pospat (Muthukum ar & Udaiyan 2010). Gauthier *et al* (1983) dalam He and Critchly (2008) melaporkan bahwa pertumbuhan, penyerapan P, nodulasi dan penambatan nitrogen lebih baik dibanding hanya diinokulasi dengan frankia. Aktivitas nodulasi, penyerapan N dan P dan pertumbuhan tanaman *C. equisetifolia* meningkat dengan inokulasi ganda *G. Fasciculatum* dan frankia dibanding inokulasi tunggal *G. fasciculatum* atau frankia saja (Vasanthakrishna *et al.*, 1994). Shah *et al.*, (2006) dalam He & Critchly (2008) melaporkan juga

bahwa terjadi peningkatan aktivitas nodulasi dan pertumbuhan serta biomassa tanaman *C. equisetifolia* yang diinokulasi *Glomus fasciculatum* dan frankia.

Tabel 25. Daftar jenis FMA dan EcM yang berasosiasi dengan *C. equisetifolia*

No.	Jenis FMA	Lokasi	Literatur
1	<i>Acaulospora bireticulata</i> Rothw. & Trappe	Madras (India)	Raman & Elumalai, 1991
2	<i>A. laevis</i>	Invermay (Selandia Baru)	Vasanthakrishna & Bagyaraj (1991)
3	<i>A. mellea</i> Spain & Schenck	Fujian (China)	Zhong <i>et al</i> (2010)
4	<i>Gigaspora decipiens</i>	Tamil Nadu (India)	Sambandan <i>et al</i> (1991)
5	<i>Gi. Gigantea</i> Nicol. Gerd. & Trappe	Madras & Tamil Nadu (India)	Raman & Elumalai (1991); Sambandan <i>et al</i> (1991)
6	<i>Gi. Margarita</i>	Icrisat (India) & Ruakura (Selandia Baru)	Vasanthakrishna & Bagyaraj (1991)
7	<i>Glomus sp.</i>	Florida dan Jepang	Rose, 1980 dalam Raman & Elumalai, 1991
8	<i>Glomus albidum</i> Walker & Rhodes	Madras & Tamil Nadu (India)	Raman & Elumalai (1991); Sambandan <i>et al</i> (1991)
9	<i>G. aggregatum</i> Schenck & Smith	Madras & Tamil Nadu (India); Guangdong (China)	Raman & Elumalai (1991); Sambandan <i>et al</i> (1991); Rajendran <i>et al.</i> , (2003); Zhong <i>et al</i> (2010)
10	<i>G. caledonium</i>	Nedland, Australia	Vasanthakrishna & Bagyaraj (1991)
11	<i>G. citricola</i>	Tamil Nadu (India)	Seluam & Mahadevan (2002)
12	<i>G. claroideum</i> Schenck & Smith	Tamil Nadu (India); Fujian (China)	Sambandan <i>et al</i> (1991); Zhong <i>et al</i> (2010)
13	<i>G. clarum</i>	Tamil Nadu (India)	Sambandan <i>et al</i> (1991)
14	<i>G. convolutum</i>	Tamil Nadu (India)	Sambandan <i>et al</i> (1991)
15	<i>G. constrictum</i>	Tamil Nadu (India)	Sambandan <i>et al</i> (1991)
16	<i>G. deserticola</i> Trappe, Bloss & Menge	Madras (India)	Raman & Elumalai, 1991
17	<i>G. dimorphicum</i> Boyetckko & Tewari	Guangxi (China)	Zhong <i>et al</i> (2010)
18	<i>G. fasciculatum</i> Thaxter sensu Gerd. Gerd & Trappe	Madras & Tamil Nadu (India); Riverside (USA)	Raman & Elumalai (1991); Sambandan <i>et al</i> (1991); Vasanthakrishna & Bagyaraj (1991)
19	<i>G. formosanum</i> Wu & Chen	Fujian (China)	Zhong <i>et al</i> (2010)
20	<i>G. geosporum</i> (Nicol. & Gerd.) Walker	Tamil Nadu (India); Fujian (China)	Sambandan <i>et al</i> (1991); Zhong <i>et al</i> (2010)

21	<i>G. globiferum</i> Koske & Walker	Guangxi (China)	Zhong <i>et al</i> (2010)
22	<i>G. intraradices</i>	Tamil Nadu (India)	Sambandan <i>et al</i> (1991)
23	<i>G. leptotichum</i>	Bangalore (India)	Vasanthakrishna & Bagyaraj (1991)
24	<i>G. macrocarpum</i> Tol & Tul.	Tamil Nadu & Bangalore (India); Fujian (China)	Sambandan <i>et al</i> (1991); Vasanthakrishna & Bagyaraj (1991); Zhong <i>et al</i> (2010)
25	<i>G. maculosum</i>	Tamil Nadu (India)	Seluam & Mahadevan (2002)
26	<i>G. merredum</i>	Nedland (Australia)	Vasanthakrishna & Bagyaraj (1991)
27	<i>G. microcarpum</i> Tul. & Tul.	Madras (India)	Raman & Elumalai, 1991
28	<i>G. monosporum</i>	Tamil Nadu (India) & Nedland (Australia)	Sambandan <i>et al</i> (1991); Vasanthakrishna & Bagyaraj (1991)
29	<i>G. mosseae</i>	Icrisat & Bangalore; Tamil Nadu (India)	Vasanthakrishna & Bagyaraj (1991); Seluam & Mahadevan (2002)
30	<i>G. occultum</i> Walker	Fujian (China)	Zhong <i>et al</i> (2010)
31	<i>G. pulvinatum</i>	Tamil Nadu (India)	Sambandan <i>et al</i> (1991)
32	<i>G. segmentatum</i>	Tamil Nadu (India)	Sambandan <i>et al</i> (1991)
33	<i>G. velum</i>	Nedland (Australia)	Vasanthakrishna & Bagyaraj (1991)
34	<i>G. versiforme</i> (Karsten.) Berch	Bangalore (India); Hainan (China)	Vasanthakrishna & Bagyaraj (1991); Zhong <i>et al</i> (2010)
35	<i>Sclerocystis sinuosa</i>	Tamil Nadu (India)	Sambandan <i>et al</i> (1991)
36	<i>S. rubiformis</i> Gerd. & Trappe.	Madras & (India)	Raman & Elumalai, 1991
37	<i>S. coremioides</i> Berk & Bromme	Hainan (China)	Zhong <i>et al</i> (2010)
38	<i>Scutellospora calospora</i> (Nicol. & Gerd.) Walker & Sanders	Fujian & Hainan (China)	Zhong <i>et al</i> (2010)
39	<i>S. fulgida</i> Koske & Walker	Guangxi (China)	Zhong <i>et al</i> (2010)
40	<i>Amanita</i> sp.	-	Theodoru & Reddell (1991)
41	<i>Elaphomyces</i> sp.	-	Theodoru & Reddell (1991)
42	<i>Hysterangium</i> sp.	-	Theodoru & Reddell (1991)

43	<i>Laccaria laccata</i>	-	Theodoru & Reddell (1991)
44	<i>Paxillus involutus</i>	-	Theodoru & Reddell (1991)
45	<i>P. albus</i>	-	Theodoru & Reddell (1991)
46	<i>Pisolithus tinctorius</i>	-	Theodoru & Reddell (1991)
47	<i>Rhizopogon luteolus</i>	-	Theodoru & Reddell (1991)
48	<i>Scleroderma sp.</i>	-	Theodoru & Reddell (1991)
49	<i>Suillus granulatus</i>	-	Theodoru & Reddell (1991)
50	<i>S. piperatus</i>	-	Theodoru & Reddell (1991)
51	<i>Thelephora terrestris</i>	-	Theodoru & Reddell (1991)
52	<i>Thelephora ramarioides</i>	Filipina	Sims <i>et al.</i> , (1997)

Tabel 26. Pertumbuhan dan biomassa tanaman *C. equisetifolia* yang diinokulasi dengan FMA dan frankia

Pustaka	Fungi mikoriza	Peningkatan terhadap kontrol (%)			Keterangan
		Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Biomassa (gr)	
Vasanthakrishna and Bagyaraj (1991)	<i>Glomus mosseae</i>	66 (29)*	-	6.9 (116)	Media tumbuh : tanah tidak steril : Pasir : FYM (2:1:1), rumah kaca, 60 hari
Rajendran <i>et al.</i> , (2003)	<i>Glomus fasciculatum</i>	81.91 (20)	4.53 (19)	11.7 (24)	Media tumbuh : tanah merah tidak steril : Pasir : FYM (3:2:1), rumah kaca, 180 hari
	<i>Glomus fasciculatum & frankia</i>	94.62 (38)	5.95 (56)	14.76 (56.2)	
Vasanthakrishna <i>et al.</i> , (1994)	<i>Glomus fasciculatum</i>	66.2 (9.4)	7.2 (18)	12.8 (42)*	Media tumbuh : tanah tidak steril : Pasir : FYM (2:1:1), rumah kaca, 60 hari
	<i>Glomus fasciculatum & frankia</i>	72.9 (20.4)	7.5 (23)	15.4 (71)*	
	<i>Glomus versiforme</i>	78.2 (29.3)	13.1 (47.2)	-	
Vasanthakrishna <i>et al.</i> , (1995)	<i>Glomus mosseae</i>	-	-	19.1 (54)	Media tidak steril (tanah:pasir:FYM=2:1:1). Rumah kaca, Umur 180 hari
Chonglu <i>et al.</i> , (1994)	<i>Glomus sp.1</i>	28.8 (117)	0.24 (118)	1.76 (291)	Media tumbuh : tanah : gambut, rumah kaca, 9 bulan
	<i>Hebeloma westraliense & Frankia</i>	6.7 (64)	3.83 (85)	-	Umur 65 bulan di lapangan
Karthikeyan <i>et al</i> (2009)	<i>Glomus agregatum & frankia</i>	8.5 (100)	0.70 (100.05)	0.0160 (110.5)**	Media tanah bekas tambang bauksit, rumah kaca, umur 60 hari
	<i>Glomus agregatum & frankia</i>	93.77(44.7)	14.85 (39)	-	Umur 2 tahun setelah tanam di lapangan (lahan bekas tambang bauksit)
Zhang <i>et al</i> (2010)	<i>Glomus caledonium</i>			4.51 (127,45)	Umur 150 hari di rumah kaca

Keterangan : * angka dalam kurung menunjukkan peningkatan terhadap kontrol, **berat kering pucuk

Tabel 27. Serapan hara tanaman *C. equisetifolia* yang diinokulasi dengan FMA dan frankia

Pustaka	Fungi mikoriza	Peningkatan terhadap kontrol (%)					
		P	N	K	Zn	Ca	Mg
Vasanthakrishna and Bagyaraj (1991)	<i>Acaulospora laevis</i>	3.08 (161)	-	-	-	-	-
	<i>Glomus mosseae</i>	-	-	-	762 (162)	-	-
Vasanthakrishna <i>et al.</i> , (1994)	<i>Glomus fasciculatum</i>	20.2 (141)	180 (36)	-	-	-	-
	<i>Glomus fasciculatum</i> & <i>frankia</i>	21 (150)	261 (99)	-	-	-	-
Vasanthakrishna <i>et al.</i> , (1995)	<i>Acaulospora laevis</i>	37.3 (187)	-	-	-	-	-
Rajendran <i>et al.</i> , (2003)	<i>Glomus fasciculatum</i>	12,5 (131)	160 (60)	154 (87)	-	147 (82)	46 (109)
Karthikeyan et al (2009)	<i>Glomus agregatum</i>	4.9 (113)	22.5 (53)	25 (129)	-	-	-

8. BUDIDAYA PERTANIAN DI LAHAN PASIR

8.1 Pendahuluan

Berdasarkan keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 10/Men/2002 tentang Pedoman umum perencanaan pengelolaan pesisir terpadu dan Undang – Undang No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya serta pentingnya pesisir pantai yang kaya akan sumberdaya alam dan jasa lingkungan, hendaknya pemanfaatan lahan pantai berpasir dilakukan secara baik dan benar sehingga dapat berfungsi ganda, yakni untuk mengendalikan erosi (angin) dan untuk meningkatkan pendapatan masyarakat melalui usaha budidaya tanaman semusim dan tanaman keras serta buah-buahan yang sesuai dan bernilai ekonomis yang berdampak pada terciptanya kondisi iklim yang baik dan secara tidak langsung dapat menarik minat wisatawan untuk berkunjung ke lokasi budidaya.

Sejak tahun 1994 hingga 2007 pemerintah telah merehabilitasi lahan pasir lebih dari 40 ha, sedangkan lahan yang dimanfaatkan oleh petani dalam budidaya tanaman semusim sekitar 13 ha (Prihatyato, 2008). Lahan pantai berpasir merupakan lahan yang keberadaannya cukup luas dan belum termanfaatkan merupakan lahan tidur. Lahan ini mempunyai potensi untuk dikembangkan mengingat sinar matahari sangat melimpah, air tawar untuk irigasi mudah dikembangkan, apalagi makin merebaknya lahan pertanian yang diubah menjadi lahan non pertanian seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk (Hartono *et al.*, 2004). Pemanfaatan lahan pasir untuk tujuan budidaya tanaman pertanian semusim di sekitar pesisir pantai telah lama diusahakan oleh masyarakat di sekitar Samas, Yogyakarta dan di Desa Petanahan Kebumen, Jawa Tengah.

Pemanfaatan lahan pasir untuk usaha tani memerlukan input yang tinggi dan memerlukan teknologi tanggul angin, irigasi dan pemupukan. Teknologi tanaman tanggul angin disamping bermanfaat untuk memperbaiki iklim mikro juga dapat mencegah erosi angin dan juga sebagai penyaring udara yang

mengandung garam. Pencegahan erosi dimaksud juga akan menekan dampak kerusakan tanaman budidaya dan pemukiman dibelakangnya.

Selain pencegahan erosi, para petani juga telah menerapkan pertanian berkelanjutan melalui penerapan teknologi ramah lingkungan dan mengintegrasikan pertanian dengan peternakan (*integrated farming system*) dengan cara mencampur tanah dengan bahan organik sehingga terjadi peningkatan produksi. Produktivitas meningkat seiring dengan penambahan bahan organik. Budidaya tanaman semusim di lahan berpasir memang berhasil, kenyataannya kelompok tani di Yogyakarta kini telah merasakan hasilnya dengan beberapa kali panen bawang merah, cabai, terong maupun yang lain, dan keuntungan sebesar Rp 40 juta dalam setiap ha/panen atau Rp 120 juta/ha/panen. Belum lagi pendapatan masyarakat yang diperoleh dari budidaya ternak ayam dan sapi (Kompas, 2008).

8.2 Budidaya Jenis Tanaman Semusim

Usaha budidaya tanaman semusim dapat dilakukan secara monokultur maupun kombinasi beberapa jenis dalam lokasi yang sama yang biasanya ditanam dibelakang jalur tanggul angin permanen. Jenis – jenis yang sudah banyak dibudidayakan dilahan pasir diantaranya bawang merah, terong, jagung, cabe merah keriting, ketimun dan kacang panjang. Sedangkan kombinasi jenis yang dapat dikembangkan dengan cara tumpang gilir, adalah: terong, bawang merah, jagung, cabe merah keriting dan kacang panjang yang ditanam di belakang jalur tanggul angin ternyata dapat dilaksanakan dengan baik. Cara tumpang gilir ini juga berdampak positif pada penutupan lahan yang lebih lama (Hartono *et al.*, 2004).

Dibawah ini dijelaskan jenis – jenis yang sudah diusahakan oleh petani di lahan berpasir di pantai Samas, DIY :

- **Budidaya Semangka (*Citrullus vulgaris* Schrad.)**

Tanaman semangka yang ditanam di antara jalur tanaman penahan angin di pantai pasir Samas, DIY menggunakan bedengan dengan jarak tanam 4 m x 0.65 m dan jarak antara bedeng 0.6 m. pemberian pupuk kandang sebanyak 20 ton/ha, ZA 500 kg/ha, urea 150 kg/ha, kalium klorida (KCl) 350 kg/ha dan TSP 500 kg/ha dapat memberikan hasil pada tahun I, II dan III masing-masing sebesar 20 ton/ha, 21 ton/ha dan 25 ton/ha (Harjadi & Octavia,

2008). Hasil penelitian Sukresno (2007) menjelaskan bahwa perbaikan kondisi tanah pasir di pantai Samas dengan jenis ameliorat tanah liat dan pupuk kandang menunjukkan kedua ameliorat tersebut berpengaruh sangat nyata terhadap produksi buah semangka dan jika dibandingkan kedua ameliorat tersebut, maka jenis ameliorat pupuk kandang lebih baik dari tanah liat hal ini dapat dilihat dari produksi buah dimana penggunaan ameliorat pupuk kandang pada lahan baru, lahan bekas tahun 1 dan bekas tahun 2, masing – masing sebesar 26.0 t/ha, 24.2 t/ha dan 29.2 t/ha. Sedangkan penggunaan ameliorat tanah liat masing-masing 24.0 t/ha, 19.6 t/ha dan 19.4 t/ha.

- **Budidaya Terong Ungu (*Solanum melongena* L.)**

Tanaman terong yang ditanam sebagai tanaman budidaya setelah semangka di antara jalur tanaman penahan angin di pantai Samas, DIY adalah jenis hibrida (ungu) dimana ditanam dengan jarak tanam seperti semangka diperoleh hasil sebesar 26,4 ton/ha (Sukresno, 1999 *dalam* Harjadi & Octavia, 2008).

- **Budidaya Bawang Merah (*Allium cepa* L.)**

Bawang merah yang ditanam di lahan pasir Samas, ditanam dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm dan diberi pupuk kandang 30 ton ton/ha, memberikan hasil 7.5 ton/ha (Sutikno *et al.*, 1998 *dalam* Harjadi & Octavia, 2008).

- **Budidaya Cabe Merah Keriting (*Capsicum annuum* L.)**

Penanaman cabe besar pada lahan pasir Samas yang ditanam dengan jarak tanam 15 cm x 25 cm, pupuk kandang 36 ton/ha dan diberi mulsa jerami 6 ton/ha, memberikan hasil sebesar 44,2 ton/ha (Sutikno *et al.*, 1998 *dalam* Harjadi & Octavia, 2008). Hasil penelitian Sukresno (2007) di wilayah pantai Samas menjelaskan bahwa penanaman cabe merah keriting dengan tanaman pelindung kacang panjang dengan jarak yang rapat memberikan hasil yang baik untuk cabe merah, namun kurang nyata mempengaruhi hasil kacang panjang.

- **Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.)**

Penanaman tanaman kacang panjang yang ditanam dengan cabe merah keriting pada lahan pantai berpasir dengan jarak tanam 30 cm x 60 cm, memberikan hasil sebesar 19 ton/ha (Sukresno, 1999 *dalam* Harjadi & Octavia, 2008)

Menurut Sukresno (2007) bahwa selain jenis – jenis tersebut di atas, jenis tanaman budidaya yang prospektif dikembangkan di lahan pantai berpasir juga adalah buah naga, anggur, jarak pagar dan jenis-jenis tanaman hias (bonsai cemara laut) .



Gambar 43. Budidaya tanaman pertanian di Pantai Samas, Bantul Yogyakarta.

8.3. Analisa Usaha Budidaya Tanaman Semusim

Analisis kelayakan usaha budidaya tanaman semusim di lahan pantai berpasir telah dilakukan oleh BP2TPDAS-IBB Surakarta dengan membangun demonstrasi plot (demplot) yang berupa demplot budidaya tanaman semusim dan jalur tanaman tanggul angin dengan tanaman cemara laut (Hartono *et al.*, 2004). Demplot terdiri dari: 1) Penanaman *C. equisetifolia* sebagai tanaman tanggul angin permanen, 2) Tanaman tanggul angin sementara ditanam pada batas petak dengan jagung/sorgum, 3) Tanaman budidaya: bawang merah, terong, cabe merah, kacang panjang dan ketimun, 4) pemberian *ameliorat* pupuk kandang dengan dosis sebanyak 20 t/ha, pupuk kimia per hektar: ZA, urea, KCl, dan TSP : 250, 250, 250, dan 500 kg. Hasil analisa pendapatan usaha tani pada lahan pantai berpasir disajikan pada Tabel 28.

Analisis finansial juga dilakukan untuk mengetahui kelayakan usaha pengembangan usaha tani lahan pantai berpasir secara ekonomi. Analisis dilakukan selama periode 20 tahun yang merupakan usia tanaman tanggul angin. Pada analisis tersebut dilakukan perhitungan nilai NPV, IRR, BCR, dan PP dengan tingkat suku bunga riil sebesar 12 % per tahun. Hasil analisis finansial usaha tani lahan pantai berpasir disajikan pada Tabel 29.

Tabel 28. Analisa pendapatan usaha tani lahan pantai berpasir (x Rp. 1000,-/ha)

No	Tanaman	Penerimaan	Biaya	Pendapatan	R/C
1	Bawang Merah	32.000	27.620	4.380	1.158
2	Bawang Merah, Terong, Timun	15.500	10.880	4.620	1.425
3	Bawang Merah, Cabe, Kac Panjang, Timun	10.900	9.640	1.260	1.130
4	Bawang Merah, Cabe, Kac Panjang	15.600	11.580	4.020	1.347

Sumber : Hartono *et al* (2004)

Tabel 29. Analisa finansial usaha tani lahan pantai berpasir

No	Tanaman	NPV (Rp)	IRR (%)	BCR	PP (th)
1	Bawang Merah	24.651.163	38	1.1149	2
2	Bawang Merah, Terong, Timun	26.443.830	40	1.2960	2
3	Bawang Merah, Cabe, Kac Panjang, Timun	1.346.499	2	1.0168	7
4	Bawang Merah, Cabe, Kac Panjang	21.962.163	34	1.2323	3

Sumber : Hartono *et al* (2004)

Berdasarkan Tabel di atas dapat disimpulkan bahwa pengembangan usaha tani di pantai berpasir layak secara ekonomi untuk dikembangkan. Hal tersebut diketahui dari nilai NPV yang positif, IRR yang diatas tingkat suku bunga, BCR yang bernilai di atas 1 dan PP yang relatif rendah.

Berdasarkan kriteria NPV, maka pengembangan usaha tani di lahan pantai berpasir dengan kombinasi tanaman bawang merah, terong dan ketimun paling besar nilai NPV-nya. Hasil yang sama ditunjukkan pada kriteria IRR yang menunjukkan bahwa kombinasi bawang merah, terong dan ketimun paling layak dibandingkan dengan usaha tani lainnya. Sehingga secara finansial, usaha tani pada lahan pantai berpasir yang paling layak untuk diusahakan berdasarkan kriteria tersebut adalah kombinasi bawang merah, terong dan timun.

Usaha tani di lahan pantai berpasir akan memiliki pengembalian modal atau *payback* period paling rendah pada usaha tani dengan tanaman bawang merah, terong, dan ketimun atau tanaman bawang merah secara monokultur. Usaha tani tersebut akan mampu mengembalikan modal pada tahun kedua. Usaha tani dengan pengembalian modal paling lama terjadi pada kombinasi tanaman bawang merah, cabe, kacang panjang, dan ketimun.

Tingkat kelayakan yang menguntungkan tersebut telah mendorong petani untuk mengembangkan usaha tani pada lahan pantai berpasir. Selain itu mereka menjaga tanaman tanggul angin karena kelangsungan usaha tani mereka tergantung pada kelangsungan tanaman tanggul angin. Berdasarkan hasil

penelitian Hartono *et al.*, (2004) di pantai Samas, DIY bahwa lahan pantai mampu berkontribusi sebesar 14% dari pendapatan rumah tangganya.

9. PENUTUP

Hutan Indonesia, tak terkecuali hutan pantai memiliki keanekaragaman hayati yang dapat dimanfaatkan oleh manusia baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Dengan manfaat tersebut, hutan pantai terus dieksploitasi demi kepentingan ekonomi sesaat tanpa memperhatikan daya dukung yang mengakibatkan tidak berfungsinya hutan. Fungsi dan manfaat ini harus terus dijaga dan tetap dipertahankan kualitas dan kuantitasnya demi keberlangsungan hidup manusia sekarang dan yang akan datang.

Untuk terus mempertahankan kelestariannya maka adalah tugas kita bersama sebagai khalifah di muka bumi ini untuk menjaganya. Oleh karena itu, dibutuhkan konsistensi kebijakan dan desain program pembangunan yang jelas dengan mempertimbangkan aspek lingkungan hidup (baca: ekologi) dari pemerintah serta dibutuhkan juga komitmen, solidaritas dan soliditas sesama anak bangsa untuk menyelamatkan hutan Indonesia. ***Save our Beach Forest.***

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar J, Damanik SJ, Hisyam N dan Whitten AJ. 1984. Ekologi Ekosistem Sumatera. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Arief A. 1994. Hutan, Hakekat dan Pengaruhnya terhadap Lingkungan. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Bakarbessy J, Samber B. 2004. Penyu Laut pantai Jamursba Medi. Buletin Konservasi. PHKA Dephut. Bogor.
- Bengen DG. 2002. Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan laut Serta Prinsip Pengelolaannya. PKSPL IPB. Bogor.
- Berte, CJ. 2010. Fighting Sand Encroachment Lessons From Mauritania. Food And Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia
- Buharman, Djam'an DF, Widyani N, Sudrajat S. 2004. Atlas Benih Tanaman Hutan Indonesia. BTP. Bogor.
- Chaia, EE., LG Wall and K Huss-Danell. 2010. Life in soil by actinorhizal root nodule endophyte Frankia. A review. *Symbiosis* 51: 201-226.
- Dahuri R, Rais J, Ginting SP dan Sitepu MJ. 2003. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Dahuri R. 2003. Keanekaragaman hayati Laut, Aset pembangunan berkelanjutan Indonesia. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Dahuri R. 2007. Pre and post-tsunami coastal planning and land-use policies and issues in Indonesia. Proceedings of the workshop on coastal area planing and management in Asian tsunami-affected countries, 27-29 September 2006, Bangkok, Thailand. RAP FAO Publicatian. Bangkok.
- Das P, Basak UC, Das AB. 1997. Metabolic changes during rooting in pre-girrlled stem cuttings and air-layers of Heritiera. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 38 : 91-95.
- Davies J, Claridge G, Nirarita CE. 1995. Manfaat Lahan Basah, Potensi Lahan Basah dalam Mendukung dan Memeilihara Pembangunan. Dirjen Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam Dephut & Asian Wetland Bureau Indonesia. Bogor.

- Dawson JO. 2008. *Ecology of Actinorhizal Plants*. In : Pawlosky K & Newton WE (Eds). Nitrogen Fixing Actinorhizal Symbiosis. Springer.
- Djam'an DF. 2009. Penyebaran dan Pembibitan Tanaman Kranji (*Pongamia pinnata* Merrill) di Indonesia. Majalah Kehutanan Indonesia Edisi VIII Tahun 2009. Dephut. Jakarta.
- Djuharsa E. 2007. Upaya Perlindungan Penyu di Indonesia. Makalah Seminar Nasional Konservasi Penyu Indonesia. UKF-IPB. Bogor.
- Dommergues YR, Diem HG, Dreyfus BL & Duhoux E. 1986. *Fundamental Applications of Dinitrogen Fixation*. BIONIFT Regional Symposium and Workshop
- Environment Bay of Plenty. 2007. Shelter belt overview. Whakatane, New Zealand. <http://www.envbop.govt.nz>. [6 Desember 2007].
- Ewusie JY. 1990. Ekologi Tropika (Terjemahan). Penerbit ITB Bandung. Bandung.
- Fakuara MY. 1990. Pengantar Bioteknologi Kehutanan. Dirjen Pendidikan Tinggi dan PAU IPB. Bogor.
- Forbes K, Broadhead J. 2007. The Role of Coastal Forests in the Mitigation of Tsunami Impacts. FAO of UN. Bangkok.
- Goltenboth F, Timotius KH, Milan PP, Margraf J. 2006. Ecology of Insular Southeast Asia, The Indonesian Archipelago. Elsevier. Amsterdam.
- Goltenboth F, Timotius KH, Milan PP, Margraf J. 2006. Ecology of Insular Southeast Asia, The Indonesian Archipelago. Elsevier. Amsterdam
- Handojo H, Nurjanto dan Suhardi. 2008. Keberadaan Mikroorganisme Penambat Nitrogen Simbiotik dan Mikoriza pada tanaman Penyusun Agroforestry di Lahan Pasir Pantai Sama. Prosiding Seminar "Pendidikan Agroforestry Sebagai Strategi Menhadapi Pemanasan Global. Surakarta, 4 Maret 2008. Faperta Univ. Sebelas Maret Surakarta.
- Hanley R, Mamonto D, Broadhead J. 2009. Petunjuk Rehabilitasi Hutan Pantai untuk Wilayah Provinsi Aceh dan Sumatera Utara. FAO Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok.
- Harada K, Kawata, Y. 2005. Study on Tsunami Reduction Effect of coastal due to Forest Growth. *Annals of Disas.Prev.Res.Inst.* Kyoto Univ. Kyoto.

- Harjadi B, Octavia D. 2008. Penerapan Teknik Konservasi Tanah di Pantai Berpasir untuk Agrowisata. *Info Hutan* Vol. V. No.2 : 113-121.
- Harley JL, Smith SE. 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. London
- Hartono S, Sukresno, Cahyono SA, Priyanto E, Gunarti. 2004. Pengembangan Teknik Rehabilitasi Lahan Pantai Berpasir Untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat . Prosiding Ekspose BP2TPDAS-IBB Surakarta Kebumen, 3 Agustus 2004.
- He XH, Critchly C. 2008. *Frankia* Nodulation, Mycorrhization and Interactions Between *Frankia* and Mycorrhizal Fungi in *Casuarina* Plants. *In* : Varma A (Editor). *Mycorrhiza : state of the art, Genetics and Molecular, Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. Third ed. Springer.
- Heyne K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia, Jilid I-IV. Badan Penelitian Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan. Yayasan Sarana Wana Jaya. Jakarta.
- Howes J, Bakewell D, Noor YR. 2003. Panduan Studi Burung Pantai. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor.
- Husna dan **Tuheteru** FD. 2006. Konservasi Jati Lokal Muna dengan Pupuk Hayati Mikoriza. *Majalah Kehutanan Indonesia* Edisi VIII. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Hussain T.M., T Chandrasekhar., M Hazara., Z Sultan., B.K Saleh and G.R Gopal. 2008. Recent Advances in Salt Stress Biology-a review [Standard review]. *Biotechnology and Molecular Biology Review* 3(1) : 008-013.
- Hutabarat AA, Yuliandi F, Fahrudin A, Harteti S dan Kushajani. 2009. Pengelolaan Pesisir dan Laut secara Terpadu. Pusdiklat Kehutanan-Dephut RI & SECEM-Korea International Cooperation Agency. Bogor.
- Indriyanto. 2005. *Ekologi Hutan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Institute for Ocean Management. 2007. Shelterbelt; Institute for Ocean Management, Anna University, Chennai, India. <http://www.iomenviv.nic.in/coastal.htm>. diakses 6 December 2007
- Jazuli A. 2007. *Manfaat Hutan Lindung*. CV. Sinar Cemerlang Abadi. Jakarta.

- Johns R.J., GA Shea and P Puradyatmika. 2006. Coastal Vegetation of Papua. *Di dalam* : Marshal A.J and Beehler BM (editors). The Ecology of Papua. Periplus Editions. Singapura.
- Karthikeyan A., B. Deeparaj and P. Nepolean. 2009. Reforestation in bauxite mine spoils with *Casuarina equisetifolia* Frost. And beneficial microbes. *Forests, Trees and Livelihoods* 19 : 153-165.
- Karthikeyan A., B. Deeparaj and P. Nepolean. 2009. Reforestation in bauxite mine spoils with *Casuarina equisetifolia* Frost. And beneficial microbes. *Forests, Trees and Livelihoods* 19 : 153-165.
- Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata. 2006. Informasi Pariwisata Nusantara. Jakarta.
- Komite Nasional Pengelolaan Lahan basah. 2004. Strategi Nasional dan Rencana Aksi Pengelolaan Lahan Basah Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kompas Edisi Sabtu, 17 Maret 2007. Fokus-Ekspor Pasir Laut. Hal 33-38.
- Lakitan B. 2008. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. PT. Raja Grafindo Persada. Edisi ke-7. Jakarta.
- Lynch J, Lauchii A dan Epstein E. 1991. Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus nutrition. *Crop Sci* 31:380-387
- Mackinnan K, Hatta G, Halim H, Mangalik A. 2000. Ekologi Kalimantan. Buku III Seri Ekologi Indonesia. Prehallindo. Jakarta.
- Mahfudz, Pudjiono S, Pamungkas T, Utomo PM, Basteba, AS. 2006. Merbau (*Intsia* spp) dan Upaya Konservasinya. Puslitbang Hutan Tanaman, Dehut. Yogyakarta
- Mahfudz, Pudjiono S, Widyatmoko AYPBC, Yudohartono TP. 2004. Kumpulan Abstrak Merbau. P3BPTH Yogyakarta
- Martawijaya A, Kartasudjana I, Prawira SA, Kadir K. 2005. Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Litbang Dephut. Bogor
- Mashudi. 2005. *Casuarina equisetifolia* L., Jenis Prospektif untuk Rehabilitasi Lahan Pantai Berpasir. Buletin Warta Konservasi, Vol. 6 No. 1, April 2005.
- Maun MA. 2009. The Biology of Coastal Sand Dunes. Oxford University Press. New York.

- McLachlan A, Brown AA. 2006. The ecology of sandyshores. Academic Press. California.
- Mile MY, Siarudin, M. 2006. Desain Jalur Hijau dalam rangka Rehabilitasi, Penataan Ruang dan Pengembangan Social Forestry di pantai Selatan Ciamis Pasca Tsunami. Prosiding Seminar Nasional Akatualisasi Peran Litbang Mendukung Hutan Rakyat Lestari, Puslit Sosek dan Kebijakan, Balitbanghut. Bogor
- Mile MY. 2007. Pengembangan Spesies Tanaman Pantai untuk Rehabilitasi dan Perlindungan Kawasan Pantai Pasca Tsunami. Informasi Teknis, Vol. 5 No. 2. September 2007. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Dephut. Yogyakarta.
- Monk KA, Fretes YD, Lilley GR. 2000. Ekologi Nusa Tenggara dan Maluku. Seri Ekologi Indonesia. Buku V. Prehallindo. Jakarta.
- Mudgal V., Madaan N and A. Mudgal. 2010. Biochemical mechanisms of Salt Tolerance in Plants : a review. *International Journal of Botany* 6(2) : 136-143.
- Muhamad C. 2007. Indonesia Sebentar Lagi. Makalah Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam Indonesia. Forum Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Muhsin TM dan Zwiazek JJ. 2002a. Ectomycorrhizae increase water conductance and protect white spruce (*Picea glauca*) seedlings against salt stress. *Plant Soil* 238:217–225.
- Mukta, N and Y. Sreevalli. 2010. Propagation techniques, evaluation and improvement of the biodiesel plant, *Pongamia pinnata* (L.) Pierre-A review. *Industrial Crops and Product* 31: 1-12.
- Muthukumar T and K. Udaiyan. 2010. Growth response and nutrient utilization of *Casuarina equisetifolia* seedlings inoculated with bioinoculants under tropical nursery conditions. *New Forests* 40:101–118
- Noor YR, Khazali M, Suryadiputra INN. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.
- Noor YR, Khazali M, Suryadiputra INN. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor
- Nuitja INS. 1992. Biologi dan Ekologi Pelestarian Penyu Laut. IPB Press. Bogor.

- Nurhasybi, Hero DPK, Zanzibar M, Sudrajat DJ, Pramono AA, Buharman, Sudrajat, Suhariyanto. 2003. Atlas Benih Tanaman Hutan Indonesia Jilid I. BPPTP. Bogor.
- Pitman MG, Lauchli A. 2007. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In : Lauchli A, Luttge U, Salinity : environment-plant-molecules. Kluwer Academic Publishers. New York.
- Prasetya G. 2006. Protection From Coastal Erosion. Proceedings of the Regional Technical Workshop, Khao Lak, Thailand, 28-31 August 2006. FAO. Bangkok
- Prihatyanto T. 2008. Pemanfaatan Lahan Pesisir Meningkatkan Pendapatan dan Kesejahteraan Masyarakat. Artikel Majalah Kehutanan Indonesia Edisi IV Tahun 2008. Dephut. Jakarta.
- Pusat Informasi Kehutanan. 2008. Pemanfaatan Nyamplung (*Callophyllum inophyllum*) dan Nyaweii (*Ficus variegata*). Pusinfo Dephut. Jakarta.
- Rais S, Ruchiat Y, Hideta T, Sartono A, Rukan D, Sugandi E, Kusnadi, Sutaryono. 2007. Kawasan Konservasi Indonesia 2006. Dirjen PHKA. Jakarta.
- Rajendran K., V. Sugavanam and P. Devaraj. 2003. Effect of microbial inoculation on quality seedling production of *Casuarina equisetifolia*. *Journal of Tropical Forest Science* 15(1) : 82-96.
- Raman N and S. Elumalai. 1991. A survey on actinorhizal nodulation status and mycorrhizal association in *Casuarina equisetifolia* in coastal region of Madras, India. In : I. Soerianegara and Suprianto (*editors*). Proceedings of Second Asian Conference on Mycorrhiza, Bogor 11-15 March 1991. Biotrop Special Publication No. 42. Bogor.
- Sambandan K., N. Raman and K. Kannan. 1991. Association of VAM fungi with *Casuarina equisetifolia* on different soil types in Tamil Nadu, India. In : I. Soerianegara and Suprianto (*editors*). Proceedings of Second Asian Conference on Mycorrhiza, Bogor 11-15 March 1991. Biotrop Special Publication No. 42. Bogor.
- Santoso N, Nurcahya BC, Adjat, Dino, Siregar AF, Triswanto A, Khumaedi. 2005. Modul Pendidikan Lingkungan Mangrove. Dephut & JICA. Jakarta.
- Sayed, W.F. 2011. Improving *Casuarina* growth and symbiosis with *Frankia* under different soil and environment conditions-review. *Folia Microbiol.* DOI 10.1007/s12223-011-0002-8. Springer.
- Schmidt L. 2000. Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. Denmark: Danida Forest Seed Centre.

- Schmidt L. 2007. Tropical Forest Seed. Springer.
- Seluam A, Mahadevan A. 2002. Distribution of Mycorrhizas in an abandoned fly ash pond & mined sites of Neyveli Lignite Corporation. Tamil Nadu, India. *Basic & Applied Ecology* 3:277-284.
- Setiadi Y. 1989. Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan. Bahan Pengajaran. Dirjen Dikti Depdikbud & Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB. Bogor.
- Setiadi Y. 1989. Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan. Bahan Pengajaran. Dirjen Dikti Depdikbud & Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB. Bogor.
- Setyawan BB, Witasari Y. 2001. Pengaruh Tsunami Tahun 1996 Terhadap Wilayah Pesisir Biak. Prosiding Seminar Nasional III_ISOI. Jakarta.
- Sims K, R. Watling, R. DE LA CRUZ, P. Jeffries. 1997. Ectomycorrhizal fungi of the Philippines: a preliminary survey and notes on the geographic biodiversity of the Sclerodermatales. *Biodiversity and Conservation* 6, 45-58
- Siswanto W. 2006. Kehutanan Indonesia 2005-2006. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Smith SE, Read DJ. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Third ed. Academic Press. USA.
- Soegiarto A. 1992. Usaha Pengembangan dan Pengelolaan Wilayah Pesisir di Kawasan ASEAN dan Penyusunan Program Penelitian di Indonesia. Prosiding Lokakarya Nasional Penyusunan Program Penelitian Biologi Kelautan dan Proses Dinamika Pesisir UNDIP, Semarang, 24-28 Nov. 1992 : 19-31.
- Soerianegara I, Indrawan A. 2005. Ekologi Hutan Indonesia. Laboratorium Ekologi Hutan, Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Sopandie D. 2006. Perspektif Fisiologi dalam Pengembangan Tanaman Pangan di Lahan Marjinal. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Fisiologi Tanaman. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Sougoufara B., H.G. Diem And Y.R. Dommergues. 1989. Response Of Field-Grown *Casuarina Equisetifolia* To Inoculation With *Frankia* Strain ORS 021001 Entrapped In Alginate Beads. *Plant and Soil* 118, 133-137.
- Sprent JI, Parsons R. 2000. *Nitrogen fixation in legume and non-legume trees*. Field Crops Research 65: 183-196.
- Sugianto. 1983. Kenalilah Flora Pantai Kita. Penerbit Widjaya. Jakarta.

- Sugiarto, Ekariyono W. 1996. Penghijauan Pantai. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Suhendang E. 2002. Pengantar Ilmu Kehutanan. Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan. Bogor.
- Sukresno. 2007. Reklamasi Lahan Pantai Berpasir : Studi Kasus di Pantai Samas Kabupaten Bantul, Provinsi DIY. Prosiding Gelar Teknologi Pemanfaatan IPTEK Untuk kesejahteraan Masyarakat. Purwerojo, 30-31 Oktober 2007. Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam Litbang Dephut. Bogor.
- Sumardi. 2008. Model Rehabilitasi Kawasan Pantai. Makalah Seminar Nasional Silvikultur Rehabilitasi Lahan : Pengembangan Strategi untuk Mengendalikan Tingginya Laju Degradasi Hutan, Wanagama I, 24-25 November 2008. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Sunarto. 2000. Perencanaan dan Pengembangan Wisata Sungai, Danau dan Pantai. *Di dalam* : Fandeli C, Mukhlison (editor) : Pengusahaan Ekowisata. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Swensen SM, Benson DR. 2008. *Evolution of Actinorhizal Host Plants and Frankia Endosymbioses*. In : Pawlosky K & Newton WE (eds). Nitrogen Fixing Actinorhizal Symbiosis. Springer.
- Syamsuwida D. 2005. Budidaya Cemara laut Sebagai Pohon Serbaguna Dalam Pengembangan Hutan Kemasayarakatan. Info Benih, Vol. 10 No. 1 Desember 2005. Puslitbang Hutan tanaman. Bogor.
- Szabados L and A Savoure. 2009. Proline : a Multifunctional Amino Acid. *Trends in Plants Science* 15(2):89-97.
- Takle ES, Chen, TC, Wu X. 2006. Protection from Wind and Salt Spray. Proceedings of the Regional Technical Workshop, Khao Lak, Thailand, 28-31 August 2006. FAO. Bangkok.
- Theodorou C & Reddell, P. 1991. In vitro synthesis of ectomycorrhizas on Casuarinaceae with range of Mycorrhiza fungi. *New Phytol* 118 : 279-288.
- Triantoro RGN, Kuswandi. 2005. Faktor Yang Berpengaruh pada Kualitas Habitat Peneluran Penyu di Suaka Margasatwa Jamursba Medi. Info Hutan Vol. II Nomor 2 Tahun 2005. P3HKA Litbang Dephut. Bogor.
- Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan.
- Valdes M. 2008. *Ecology Frankia*. In : Pawlosky K & Newton WE. Nitrogen Fixing Actinorhizal Symbiosis. Springer.

- Valverde C, Huss-Danell K. 2008. *Carbon and Nitrogen Metabolism in Actinorhizal Nodules*. In : Pawlosky K & Newton WE (eds). Nitrogen Fixing Actinorhizal Symbiosis. Springer
- Vasanthakrishna M, Bagyaraj JD, Nirmalnath JP. 1995. Selection of efficient VA mycorrhizal fungi for *Casuarina equisetifolia* - second screening. *New Forests* 9:157-162.
- Vasanthakrishna M., J.D Bagyaraj and J.P Nirmalnath. 1994. Responses of *Casuarina equisetifolia* to inoculation with *Glomus fasciculatum* and *Jor frankia* [short communication]. *Forest Ecology and Management* 68 : 399-402
- Vasanthakrishna M., J.D Bagyaraj and J.P Nirmalnath. 1995. Selection of efficient VA mycorrhizal fungi for *Casuarina equisetifolia* – Second screening. *New Forests* 9 : 157-162.
- Vasanthakrishna M., J.D Bagyaraj. 1991. Selection of efficient VA mycorrhizal for inoculating *Casuarina equisetifolia*. In : I. Soerianegara and Suprianto (*editors*). Proceedings of Second Asian Conference on Mycorrhiza, Bogor 11-15 March 1991. Biotrop Special Publication No. 42. Bogor.
- Wall LG, Berry AM. 2008. *Early Interactions, infections & Nodulation in Actinorhizal Symbiosis*. In : Pawlosky K & Newton WE. Nitrogen Fixing Actinorhizal Symbiosis. Springer.
- Whitten AJ, Mustafa M, Henderson GS. 1987. Ekologi Sulawesi. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Whitten T, Soeriaatmadja dan Afif SA. 1999. Ekologi Jawa dan Bali. Prenhallindo. Jakarta.
- Wibisono ITC, Priyanto EB, Suryadiputra INN. 2006. Panduan Praktis Rehabilitasi Pantai "Sebuah Pengalaman Merehabilitasi Kawasan Pesisir". Wetlands International Indonesia Programme dan UNEP. Bogor.
- Wibisono ITC, Suryadiputra INN. 2006. Study of Lessons Learned from Mangrove/Coastal Ecosystem Restoration Efforts in Aceh since the Tsunami. Wetlands International – Indonesia Programme. Bogor.
- Widjaya SB. 1998. Manajemen Pengelolaan Dampak Kegiatan Reklamasi Pantai. Prosiding Konferensi Nasional Pusat Studi Lingkungan Indonesia. ITS. Surabaya.
- WI-IP. 2005. Photos of coastal wetlands of Aceh: Wetlands International - IP rapid assessment (29 Januari - 13 Februari 2005). <http://www.wetlands.or.id/tsunami/tsu-photo.htm> [06-04-2005]

Wong PP. 2005. The Coastal Environment of Southeast Asia. *Di dalam* : Gupta, A. (*editor*) The Physical Geography of Southeast Asia. Oxford University Press. New York.

www.hkflora.com/Plant/Euphorbiaceae/Euphorbia/atoto/. [28 Pebruari 2008].

www.prosea.net. Hutan pantai. [28 Pebruari 2008].

Zanzibar M. 2001. Potensi dan Teknik Budidaya Kepuh (*Sterculia foetida* Linn.) untuk Pembangunan Hutan Rakyat. Tekno Benih Vol. VI No. 1, 2001. Balitbang Kehutanan Balai Teknologi Perbenihan. Bogor.

Zhang, Z., M.F Lopez & J.G. Torrey. 1984. A comparison of cultural characteristics and infectivity of *FranMa* isolates from root nodules of *Casuarina* species. *Plant and Soil* 78, 79 -90.

Zhong C., Gong M., Chen Yu and Wang F. 1994. Inoculation of *Casuarina* with Ectomycorrhizal Fungi, vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and frankia. In : M. Brundrett., B. Nell., N. Malajczuk and Gong M (editors)-Mycorrhizas for plantation forestry in Asia. Proceedings of an international symposium and workshop, Kaiping, Guangdong Province, P.R China, 7-11 November 1994. ACIAR.

Zhong C., Y. Zhang., Yu Chen., Q. Jiang., Z. Chen., J. Liang., K. Pinyopusarerk., C. Franche and D. Bogusz. 2010. *Casuarina* research and applications in China. *Symbiosis* 50: 107-114.

Zoysa MD. 2008. *Casuarina* Coastal Forest Shelterbelts in Hambantota City, Sri Lanka : assesment of impact. *Small-scale Forestry* 7: 17-27.

Zuhud EAM, Haryanto. 1994. Pelestarian Pemanfaatan Keanekeragaman Tumbuhan Obat Hutan Tropika Indonesia. Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan Fak. Kehutanan IPB dan Lembaga Alam tropika (LATIN). Bogor.

GLOSARIUM

Abrasi, proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak. Disebut juga erosi pantai.

Beach drifting, proses pengangkutan pasir pada pantai oleh pergantian ulang gerakan air laut ke arah daratan dan ke arah laut.

Beach ridge (Dune ridge), beting pasir yang terdapat pada mintakat pantai yang terbentuk selama proses pemajuan garis pantai, terbentuk secara paralel dengan garis pantai.

Biodiversitas, istilah yang menggambarkan keanekaan bentuk kehidupan di bumi, interaksi di antara berbagai makhluk hidup serta antara mereka dengan lingkungannya.

Breakwater, pemecahan gelombang laut yaitu struktur beton yang dibangun sejajar dengan pantai untuk mencegah gelombang laut yang bersifat mengerosi

Burung pantai, jenis burung yang mencari makan di laut tetapi tidak bisa berenang.

Cagar Alam, Kawasan suaka alam yang karena keadaan alamnya mempunyai kekhasan tumbuhan, satwa dan ekosistemnya atau ekosistem tertentu yang perlu dilindungi dan perkembangannya berlangsung secara alami.

Crustacea, kelas dari filum arthropoda yang terdiri dari kepiting dan udang-udangan

Ekosistem, Unit fungsional dasar dalam ekologi yang didalamnya tercakup organisme dan lingkungannya (lingkungan biotik dan abiotik) dan diantara keduanya saling mempengaruhi.

Epifit, tumbuhan yang hidup pada tumbuhan lain

Episentrum, tempat di permukaan bumi yang tepat berada di atas pusat gempa dalam bumi

Erodibilitas, tingkat kepekaan tanah terhadap daya rusak hujan

Erosi, pengikisan dan pengangkutan material hasil pelapukan batuan oleh aktivitas tenaga angin, air, gelombang laut atau es

Eulitoral, mintakat litoral yang meluas dari batas pasang tertinggi sampai kedalaman 60 m.

Fauna, populasi hewan yang hidup pada areal dan waktu tertentu.

Filamen, bentukan seperti benang yang dimiliki organisme tertentu.

Foraminifera, kelas hewan berongga, bersel tunggal yang memiliki kerangka kalsium karbonat.

Foreshore (foredunes), mintakat pantai yang terletak antara batas pasang tertinggi dan pasang terendah

Formasi Hutan, Tipe atau bentuk susunan (ekosistem) hutan yang terjadi akibat pengaruh faktor lingkungan yang dominan terhadap pembentukan dan perkembangan komunitas dalam ekosistem hutan. Formasi ada dua bentuk yakni formasi klimatis (iklim) dan formasi edafis (tanah)

Gastropoda, kelas dari moluska yang tubuhnya tertutup oleh cangkang kelas kalkareus. Contoh : siput atau keong.

Geomorfologi, ilmu yang mempelajari bentuk lahan (landform) yang membentuk permukaan bumi baik di daratan maupun di permukaan dasar laut, sejarah dan proses asalnya.

Hurricane, siklon tropis yang berkembang di bagian laut barat Atlantik Utara dan laut Karibia dimana angin yang berhembus mencapai kecepatan lebih dari 120 km/jam.

Illegal Logging, Kegiatan pengambilan atau perambahan hutan, pengangkutan dan perdagangan kayu hutan secara tidak sah (melanggar ketentuan perundang-undangan yang berlaku)

Inter-Government Panel on Climate Change (IPCC), Lembaga yang dibentuk oleh PBB untuk membuat rancangan kebijakan yang sesuai dengan isu-isu dan literatur di seluruh dunia tentang aspek ilmu pengetahuan, teknik dan sosio ekonomi dari perubahan iklim.

Konservasi, upaya untuk menjamin keberlangsungan keberadaan jenis, habitat dan komunitas biologis dan interaksi antar jenis dan jenis dengan ekosistem.

Litoral, mintakat antar pasang, dari pasang rendah sampai kedalaman laut pada kedalaman 200 m.

Relung, lekuk atau jeluk di tanah atau di lereng gunung

Salinitas, indeks jumlah total zat terlarut dalam air laut. Salinitas dihitung dengan jumlah garam terlarut dalam 1000 gram air laut

Seawall (dinding laut), struktur beton yang dibangun secara vertikal di sepanjang pantai untuk melindungi pantai dari hantaman gelombang laut

Stek pucuk, salah satu bentuk perbanyakan vegetatif dengan bahan utama adalah tunas (pucuk).

Suaka Margasatwa, kawasan suaka alam yang memiliki cirri khas berupa keanekaragaman dan atau keunikan jenis satwa yang untuk keberlangsungan hidupnya dapat dilakukan pembinaan terhadap habitatnya.

Sublitoral, mintakat litoral yang meluas dari batas pasang tertinggi sampai kedalaman 60-200 m.

Taman Nasional, kawasan pelestarian alam yang mempunyai ekosistem asli, dikelola dengan sistem zonasi yang dimanfaatkan untuk tujuan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, pariwisata dan rekreasi.

Taman Wisata Alam (TWA), kawasan pelestarian alam yang terutama dimanfaatkan untuk pariwisata dan rekreasi alam.

The Convention on the Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna (CITES), (1) : Konvensi (perjanjian) internasional yang bertujuan untuk membantu pelestarian populasi di habitat alam melalui pengendalian perdagangan internasional spesimen tumbuhan dan satwa liar, (2) Konvensi internasional yang mengatur perdagangan flora dan fauna yang sudah terancam punah.

Tsunami, Tsunami berasal dari bahasa Jepang yang artinya gelombang pelabuhan. Tsunami disebabkan oleh gempa bumi, letusan gunung api dasar laut dan tanah longsor yang menyebabkan gerakan air laut menjadi sangat kuat.

Turbulensi, aliran air dimana terdapat gerakan partikel yang tidak beraturan dan bercampur aduk.

Typic troposamment, Taksa tanah dari golongan entisol yang bahan induknya endapan dimana ditemukan pada horizon A (0-60 cm) dengan penampilan tekstur, struktur dan konsistensi adalah gembur, tidak lekat dan tidak plastis.

Typic troppfluvent, Taksa tanah dari golongan entisol yang bahan induknya pasir dimana mendominasi tanah sampai dengan kedalaman 134 cm dengan penampilan tekstur, struktur dan konsistensi adalah pasir dan lemah.

Index

A

Abrasi pantai 2, 63, 83, 86, 87
Agathis sp. 9-10
Agroforestry 65, 150
Agregasi pasir 129, 145
Aktivitas rekreasi 81
Algae merah 26
Algae coklat 26
Alstonia spp. 8
Altingia sp. 9
Aluvial 8, 9, 11
Ammophila arenaria 120, 123, 149
Ampupu 10
Andropogon zizanioides 31
Andropogon sorghum 64
Antidesma bunius 11
Araucaria cunninghamii 9
Aren 11
Asam absisat 50, 138, 144
Avicennia sp. 6-7, 26
Azadirachta indica 11

B

Babi hutan 70
Badak Jawa 70
Banteng 70
Barringtonia sp. 27, 29, 37, 93
Barringtonia asiatica 30, 37-38, 40, 69, 78, 104
Beting pasir 23
Biawak 70
Biodisel 77
Bioenergi 79
Biofisik 5, 6
Bruguiera sp. 6, 26

Budidaya pertanian 64, 66, 68, 79, 85, 130, 150, 165

Bulu babi 24, 26

Burung pantai 70, 110

C

Cacatua sp. 28

Cagar alam 12, 13, 52, 55, 111, 124, 125

Callophyllum sp. 10, 93

Callophyllum inophyllum 29-30, 37-38, 41, 69, 77

Caloenas nicobarica 72

Camptosperma spp. 8

Casuariana equisetifolia 24, 31-33, 38, 43, 56, 62, 64-65, 73, 78-79, 97, 106, 120

Casuarina junghuhniana 10

Casuarina sumatrana 10

Cerbera manghas 37, 43-44, 69, 74, 78, 105

Ceriops sp. 6-7, 26

Cocos nucifera 24, 31, 33, 38, 65, 107

Corypha utan 11

Cratoxylon arborescens 9

Crinum asiaticum 48

Cyperus maritima 31, 64, 69

Cyperus pedunculatus 35

D

Degradasi hutan pantai 90

Dillenia spp 8

Dipterocarpaceae 9

Duabanga sp. 9

Ducula bicolor 72

Ducula pickeringii 72

Dyera spp. 8-9, 26

E

Eboni 11

Ekologi Sulawesi 114

Ekosistem hutan (pantai) 2, 17-19, 37, 56, 59, 69, 77, 81, 89, 90, 108,109

Ekoturisme 19, 83-84
Ekstraksi benih 97-100, 102, 105
Elaeocarpus littoralis 8
El Nino 85
Emisi karbon 13
Endemik 14, 30, 69, 109, 112
Epifit 27
Erosi pantai 86-87
Erosi pasir 63, 66, 87, 96
Erythrina orientalis 28, 38, 56, 69, 78

F

Fagaceae 9
Fiksasi nitrogen 40, 56
Firit 25
Formasi hutan 1, 6, 9, 10, 26
Formasi pescaprae 28, 31-33
Formasi baringtonia 28, 37-38, 69, 109-110
Fotosintesis 13, 53, 73
Frankia 40, 65, 97
Fungi mikoriza 53

G

Gajah Sumatera 70
Garis pantai 3, 22, 23, 27, 31, 33, 39, 56, 59, 64, 86, 88, 107, 125
Garis pasang tertinggi 7
Generatif 94, 97-105
Geomorfologi pantai 86, 90
Gluta renghas 8
Gonystylus bancanus 8, 10
Gumuk pasir 25, 29-30, 36, 51, 53, 56-58, 66, 84, 94

H

Habitat hutan pantai 22, 49
Harimau Sumatera 69
Hasil hutan kayu 15
Hasil hutan non kayu 15

Hembusan angin 7, 49, 89, 93
Hembusan garam 37, 49, 53, 57, 66, 150
Hernandia peltata 37, 44-45, 69, 78
Hibiscus tiliaceus 24, 32-33, 37-39, 42, 65, 69, 78
Hiriteria littoralis 7, 38
Horsfielda syvestris 11
Hurricane 85
Hutan hujan pegunungan bawah 9
Hutan hujan pegunungan atas 9
Hutan hujan tropis 6, 114, 117
Hutan kerangas 10
Hutan konservasi 12
Hutan lindung 12, 21
Hutan mangrove 1, 6-8, 26, 60, 86
Hutan musim bawah 10
Hutan musim tengah dan atas 10
Hutan pantai 1-3, 7, 8, 22, 27-30, 37, 38, 49, 52, 55, 56, 59-66, 69, 72-74, 77, 79, 81-83, 85, 88-91, 93, 94
Hutan pada batuan ultra basa 11
Hutan produksi 12
Hutan produksi terbatas 21
Hutan produksi tetap 21
Hutan rawa air tawar 8
Hutan rawa gambut 8
Hutan riparian 11
Hutan savanna 11
Hutan tanah kapur 11

I

Iklim mikro 2, 6, 64, 73
Illegal logging 20-21
Intrusi air laut 2, 12, 15, 69, 88, 89
Intsia bijuga 38, 45, 49, 69, 79, 99-100, 106
Ipomoea pes-caprae 28, 31-34, 69, 78, 96
Ischaemum muticum 36-37
Isolasi frankia 156

J

Jalur hijau 64, 90-92

K

Kadal 38

Kadar garam 31, 49-51, 65, 96

Karbohidrat 16,

Kawasan konservasi 12-13, 107-108

Kawasan konservasi pesisir dan laut 108, 111

Kawasan konservasi laut daerah 112

Keanekaragaman hayati 9, 14, 21, 81, 88, 108, 109, 171

Kemiri 11

Keong 24

Kepiting 24, 26, 31

Konservasi 3, 4, 12, 13, 15, 19, 21, 45, 90, 91, 107, 108, 111, 112, 114

Konservasi penyu 112, 114

Krustacea 24

Kucing mas 69

Kutikula 50, 55, 93

L

Latosol 9

Lauraceae 9

Litsea angulata 9

M

Macaranga spp. 9

Macaca fascicularis 70

Maleo 73, 114-115

Mahoni 10

Manfaat hutan 5, 13

Manfaat hutan pantai 59

Mega biodiversity 1, 14

Megapodius sp. 28, 114

Metode vegetatif 64

Metrosideros petiolata 11

Metroxylon sago 11, 26

Minyak atsiri 16
Molusca 24
Myrmecodia sp. 28

N

Nypa fruticans 11, 26

O

Organosol 8
Osmolit kompatibel 50

P

Palaquium spp. 9
Pandanus sp. 27, 49, 105
Pandanus tectorius 37-39, 42, 64, 72
Pantai berbatu 23, 26-27, 29, 48-49, 60
Pantai berpasir 23-24, 29, 31, 33-34, 39-40, 44, 47-48, 64, 74, 87, 96, 99, 105
Pantai erosi daratan 22
Pantai pengendapan dari darat 23
Pantai gunung api 23
Pantai Struktural 23
Pantai erosi gelombang 23
Pantai pengendapan dari laut 23
Pantai bentukan organism 23
Pantai berlumpur 23, 25-26
Pantai berawa 23, 26
Pantai primer 22
Pantai sekunder 22-23
Pasang surut 6, 7, 22, 31, 34, 36, 39, 43, 64, 86, 95, 96
Pedoagroklimat 1
Pemanasan global 14, 73, 81-82, 85
Penambangan pasir 64, 69, 84-85, 88
Pencemaran pantai 81-82, 113
Pendidikan konservasi 3-4
Penyu 38, 72-73, 75, 84,88, 109-110, 11-114
Penyu belimbing 70, 73, 109, 113

Penyu hijau 70, 73, 109, 113
Penyu lekang 113
Penyu pipih 113
Penyu sisik 70, 73, 109, 113
Penyu tempayan 113
Permukaan air laut 2, 82-83
Perubahan bentang alam 81, 83
Perubahan iklim 2, 13, 14, 73, 81, 82
Pesisir 1-3, 26, 32, 36, 43, 49, 57, 60, 63, 75, 82, 83, 85, 89, 91, 96, 107-109, 111
Pigeon 72
Phyton sp. 70
Pinus banksiana 129, 132, 142
Pinus merkusii 10
Podsolik 9
Podocarpus 9
Pongamia pinnata 37-38, 46-47, 56, 65, 69, 77-78, 99, 105
Potensial osmotic 50, 143
Proses marin 22

Q

-

R

Rehabilitasi hutan pantai 90-91, 94
Rekreasi alam 19
Rensina 11
Resin 16
Rhizophora sp. 6-7, 26
Rusa sambar 70

S

Salinitas 27, 31, 37, 47, 52-54, 57, 83, 88, 93, 96, 116
Santalum album 10
Scaevola taccada 29, 37-38, 47-48, 64, 78, 93
Sempadan pantai 64, 69, 88
Sesuvium portulacastrum 36
Shorea uliginosa 9

Siamang 70
Sonokembang 10
Sonokeling 10
Spinifex spp. 53-54, 149
Spinifex littoreus 29, 35-36, 69
Stabilitas tempat tumbuh 49, 57
Stomata 50,
Suaka Margasatwa 12, 13, 73, 111
Suksesi hutan pantai 28

T

Taman Nasional 12, 13, 109, 111
Tanggul angin, 63-68, 166, 169-170
Tapir 70
Tanygnathus sp. 28
Tectona grandis 10
Terminalia catappa 24, 29, 33, 37-39, 41, 69, 126
Thuarea involuta 31, 64
Tsunami 2, 32, 57, 59-63, 81, 85, 91, 96
Tumbuhan pioneer 27
Tumbuhan merambat 28

U

-

V

Vegetasi 8, 10, 37, 57, 63, 67, 69, 77, 78, 88, 89, 93, 96, 110
Vegetasi hutan 13
Vegetasi hutan tropis 19
Vegetasi mangrove 62
Vegetasi pantai 1, 21, 28, 29, 31, 49, 63, 65, 66, 72, 73, 77, 79, 83, 86, 88-90, 106
Vegetasi rawa musiman 11
Vegetatif 94-95, 97-103, 106

X

Xylocarpus spp. 7, 26

Y

-

W

Wisata pantai 24, 74

Z

Zat bioaktif 77

Zea mays 64, 129, 134, 138-140

Zona supralitoral 26

Zona eulitoral 26

Zona sublitoral 26



Faisal Danu Tuheteru, S.Hut., M.Si. lahir di desa Rohomoni (Kab. Maluku Tengah) pada tanggal 28 Desember 1978. Menempuh pendidikan SD s/d SMA di Ambon Prov. Maluku. Menyelesaikan pendidikan Sarjana di Fakultas Kehutanan IPB tahun 2003 dan Magister Silvikultur Tropika (2009) di Institut Pertanian Bogor. Saat ini terdaftar sebagai Mahasiswa Doktor di IPB. Sejak Tahun 2006 sampai sekarang, penulis menjadi Dosen Tetap bidang Silvikultur pada Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Haluoleo Kendari.

Aktif di Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI) Cabang Sulawesi Tenggara dan Persatuan Sarjana Kehutanan Indonesia (PERSAKI). Buku ini merupakan buku ketiga, sebelumnya penulis pernah menulis buku dengan judul 1) "Hutan Indonesia Nasibmu Kini" kerjasama Universitas Haluoleo dengan Departemen Kehutanan RI dan AMI Pusat (2007) dan 2) Kayu Jabon, PT. Penebar Swadaya (2010)



Dr. Ir. Mahfudz, MSc. lahir di Rembang 29 Agustus 1969. Menyelesaikan Sarjana pada Fakultas Kehutanan IPB (1991), S2 dan S3 Fakultas Kehutanan UGM (2005 dan 2011). Penulis adalah Peneliti Madya pada Badan Litbang Kehutanan dan sekarang menjabat Kepala Balai Penelitian Kehutanan Manado. Beberapa buku telah ditulis antara lain : Sekilas Tentang Jati, Informasi Kesesuaian Jenis Pohon untuk Hutan Tanaman, Merbau, Nyamplung Sumber Energi Biofuel yang Potensial, Merbau

dan Beberapa Upaya Konservasinya di Indonesia, Beberapa Aplikasi Silvikultur Jati, Prospek Pengembangan Cempaka, dan Lontar Sebagai Bahan Bioetanol. Aktif di bidang Kemitraan dalam Pembangunan Hutan Rakyat dan Hutan Tanaman serta Perbenihan Tanaman Hutan.

ISBN 978-602-96800-2-7



9 786029 680027