

Tumbuhan Mangrove di Pesisir Jawa Tengah: 3. Diagram Profil Vegetasi

Mangrove plants in coastal area of Central Java: 3. Horizontal and vertical diagram of vegetation profile

AHMAD DWI SETYAWAN^{1,4,✉}, KUSUMO WINARNO (Aim)^{1,3}, INDROWURYATNO^{1,2}, WIRYANTO^{1,3}, ARI SUSILOWATI¹

¹Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126.

²Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126.

³Program Studi Ilmu Lingkungan, Pascasarjana Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126.

⁴Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Biodiversitas, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126.

Diterima: 11 September 2004. Disetujui: 26 Januari 2004.

ABSTRACT

The study was intended to observe the horizontal and vertical diagrams of mangrove vegetation profile on southern and northern coast of Central Java Province. This research was conducted in July until December 2003, at 20 sites. Analysis of profile diagram was done in Laboratory of Biology Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sebelas Maret University (UNS) Surakarta. Data was collected by using belt transect method, from coast line into landward. The result indicated that the diagram profile of vegetation showed the height of anthropogenic influence, where the vegetation was dominated by young plants; there were only (1)-2-(3-4) strata of canopy (storey). Human disturbance caused most of the vegetation in the secondary succession level; almost it has not in the climax condition level. The area in the belt transect that used to build diagram usually have canopy gap or bare land caused by logging, or to be converse into another land use, especially sawah (rice field) and tambak (fish pond and salt extraction). The resistance of young plant gives hope to the sustainability of the mangrove plant in Central Java, but width scale of environmental changes can degrade this habitat completely.

© 2008 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: vegetation profile, horizontal and vertical diagrams, Central Java Province.

PENDAHULUAN

Kawasan pesisir pantai utara dan selatan Jawa Tengah, merupakan bagian pulau Jawa yang secara dinamis mengalami perubahan. Kegiatan antropogenik telah merambah hampir seluruh jengkal permukaan tanah Jawa, termasuk kawasan mangrove yang sering dianggap terpencil, kotor, dan dijauhi. Ekosistem mangrove di Jawa Tengah memiliki bentuk yang beragam, karena perbedaan fisiografi pantainya. Pantai utara cenderung berlumpur dengan hempasan gelombang yang relatif kecil, sedangkan pantai selatan cenderung bertanah pasir dan berbatu-batu dengan kondisi gelombang yang sangat kuat. Tumbuhan mangrove memiliki preferensi yang berbeda-beda terhadap kondisi ini (Steenis, 1958; 1965).

Kondisi lingkungan di masa depan dapat diprediksi dari komposisi dan struktur biota pada saat ini. Spesies atau komunitas tertentu yang interaksinya unik dalam ekosistem dapat digunakan sebagai bioindikator untuk mengetahui kualitas lingkungan, mengidentifikasi permasalahan kawasan, dan memberikan peringatan awal berbagai perubahan yang memungkinkan terjadi pada masa depan. Pengetahuan tentang pola pertumbuhan berbagai vegetasi hutan dapat menjadi dasar untuk memprediksi

kemungkinan perubahan lingkungan yang akan terjadi di masa depan (Aumeeruddy, 1994).

Formasi hutan mangrove terdiri dari empat genus utama, yaitu *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, dan *Bruguiera* (Chapman, 1992; Nybakken, 1993). Hutan mangrove alami membentuk zonasi tertentu. Bagian paling luar didominasi *Avicennia*, *Sonneratia*, dan *Rhizophora*, bagian tengah *Bruguiera gymnorhiza*, bagian ketiga *Xylocarpus*, dan *Heritiera*, bagian dalam *Bruguiera cylindrica*, *Scyphiphora hydrophyllacea*, dan *Lumnitzera*, sedangkan bagian transisi didominasi *Cerbera manghas* (de Haan dalam Steenis, 1958). Pada perbatasan hutan mangrove dengan rawa air tawar tumbuh *Nypa fruticans* (Odum, 1971; Sukardjo, 1985; Tomlison, 1986). Pada masa kini pola zonasi tersebut jarang ditemukan karena tingginya laju konversi habitat mangrove menjadi tambak, penebangan hutan, sedimentasi/reklamasi, dan pencemaran lingkungan (Walsh, 1974; Lewis, 1990; Nybakken, 1993; Primavera, 1993).

Struktur vegetasi tumbuhan, seperti tinggi, biomassa, serta heterogenitas vertikal dan horizontal, merupakan faktor penting yang mempengaruhi perpindahan aliran materi dan energi, serta keanekaragaman ekosistem (Dubayah dkk., 1997). Kanopi/tajuk hutan merupakan faktor pembatas bagi kehidupan tumbuhan, karena dapat menghalangi penetrasi cahaya ke lantai hutan (Walters dan Reich, 1997; Fahey dkk., 1998). Keberhasilan sebuah pohon untuk mencapai kanopi hutan tergantung karakter/penampakan anak pohon (Clark dan Clark, 1991; Kobe dkk., 1995). Variasi ketersediaan cahaya dan perbedaan

✉ Alamat korespondensi:

Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126
Tel. & Fax.: +62-271-663375
e-mail: unsjournals@gmail.com

kemampuan antar spesies anak pohon dalam memanfaatkannya dapat mempengaruhi komposisi dan struktur vegetasi hutan (Latham, 1992; Pacala dkk., 1996). Perbedaan kemampuan antara spesies anakan pohon dalam menoleransi naungan mempengaruhi dinamika hutan (Finzi dan Canham, 2000). Pada kondisi cahaya rendah, perbedaan kecil dalam pertumbuhan pohon muda dapat menyebabkan perbedaan mortalitas yang besar (Kobe dkk., 1995), sehingga mempengaruhi kelimpahan relatifnya (Pacala dkk., 1996).

Stratifikasi kanopi merupakan salah satu konsep tertua dalam ekologi hutan tropis. Konsep ini telah dikembangkan sejak permulaan abad ke-19, namun masih menjadi perdebatan (Richards, 1996; Smith, 1973; Whitmore, 1985). Beberapa peneliti menyatakan adanya strata pada kanopi hutan (Davis dan Richards, 1933; Ashton dan Hall, 1992), namun peneliti lain tidak menemukannya (Paijmans, 1970). Penyebab utama kerancuan ini adalah subyektivitas definisi dan metode yang digunakan. Istilah stratifikasi digunakan untuk tiga perbedaan yang saling terkait, yaitu: stratifikasi vertikal biomassa (Ashton dan Hall, 1992), stratifikasi vertikal kanopi (Grubb dkk., 1963), dan stratifikasi vertikal spesies (Oliver, 1978). Stratifikasi boleh jadi ada berdasarkan salah satu definisi, tetapi tidak ada berdasarkan definisi lainnya. Misalnya, biomassa dapat saja terstratifikasi, tetapi kanopi tidak dapat ditentukan stratifikasinya, atau kanopi spesies yang sama terletak pada strata yang berbeda (Baker dan Wilson, 2000). Namun ada atau tidaknya strata kanopi, konsep stratifikasi tetap merupakan alat yang sangat berguna untuk mengkaji distribusi vertikal tumbuhan dan hewan (Halle dkk., 1978). Metode tertua dan paling banyak digunakan untuk mengkaji stratifikasi/arsitektur kanopi adalah diagram profil hutan secara vertikal dan horizontal (Baker dan Wilson, 2000). Teknik ini pertama kali diterapkan oleh Watt (1924) pada hutan temperate, sedangkan Davis dan Richards (1933) adalah orang pertama yang menerapkannya pada hutan tropis.

Diagram profil hutan dibuat dengan meletakkan plot, biasanya dengan panjang 40-70 m dan lebar 10 m, tergantung densitas pohon. Ditentukan posisi setiap pohon, digambar arsitekturnya berdasarkan skala tertentu, diukur tinggi, diameter setinggi dada, tinggi cabang pertama, serta dilakukan pemetaan proyeksi kanopi ke tanah. Profil hutan menunjukkan situasi nyata posisi pepohonan dalam hutan, sehingga dapat langsung dilihat ada tidaknya strata hutan secara visual dan kualitatif (Aumeeruddy, 1994; Baker dan Wilson, 2000). Dalam kasus tertentu, histogram kelas ketinggian atau biomassa dibuat sebagai pelengkap diagram profil hutan (Grubb dkk., 1963; Ashton dan Hall, 1992).

Stratifikasi di hutan tropis memiliki beberapa variasi, tetapi umumnya terdiri dari lima lapisan, yaitu lapisan pertama terdiri dari pepohonan dengan ketinggian 30-45 m, lapisan kedua terdiri dari pepohonan dengan ketinggian 18-27 m, lapisan ketiga terdiri dari pepohonan dengan ketinggian 8-24 m, lapisan semak terdiri dari anak pohon dan semak dengan ketinggian ≤ 10 m, serta lapisan herba (Euwise, 1980). Hingga kini diagram profil hutan masih merupakan standard untuk mengidentifikasi stratifikasi kanopi hutan, meskipun memiliki beberapa kekurangan, yaitu interpretasinya dapat subyektif, membutuhkan banyak tenaga untuk mengerjakannya, dan dipengaruhi kondisi lokasi (Baker dan Wilson, 2000).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui diagram profil vertikal dan horizontal vegetasi mangrove di pantai utara dan pantai selatan Jawa Tengah; sehingga dapat menggambarkan preferensi habitat, strata kanopi, dan pengaruh antropogenik terhadap kelestarian ekosistem ini.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan bulan Juli s.d. Desember 2003, pada 20 habitat mangrove di pantai utara dan selatan Jawa Tengah. Keduapuluh lokasi tersebut meliputi: (1) Wulan, Demak (2) Sigrogol, Demak (3) Serang, Demak (4) Bulak, Jepara, (5) Telukawur, Jepara, (6) Tayu, Pati, (7) Juwana, Pati, (8) Pecangakan, Rembang, (9) Pasar Bangi, Rembang, (10) Lasem, Rembang, (11) Bogowonto, perbatasan Kulonprogo dan Purworejo, (12) Cakrayasan, Purworejo, (13) Lukulo, Purworejo, (14) Cincingguling, Kebumen, (15) Ijo, Kebumen, (16) Bengawan, Cilacap, (17) Serayu, Cilacap, (18) Tritih, Cilacap (19) Motean, Cilacap, dan (20) Muara Dua, Cilacap. Lokasi ke-4, 5, 9, dan 10 terletak langsung di bibir/tepi pantai dan jauh dari muara sungai besar, lokasi ke-18, 19, 20 terletak di laguna Segara Anakan, sedangkan lokasi sisanya terletak di muara sungai.

Cara kerja

Pada setiap lokasi di atas dibuat profil hutan secara vertikal dan horizontal, memanjang dari arah bibir pantai atau muara sungai ke arah daratan dengan menggunakan *belt transect*, dengan tiga kali ulangan. Pemilihan titik untuk meletakkan *belt transect* didasarkan atas kekayaan dan keanekaragaman jenis tumbuhan di tempat tersebut, serta dengan mempertimbangkan penampakan umum tegakan, sehingga profil diagram yang dibuat dapat mewakili vegetasi mangrove di lokasi tersebut. Ukuran *belt transect* 60x10 m², untuk memudahkan penghitungan di dalamnya dibuat 6 plot kuadrat, masing-masing berukuran 10x10 m². Arah memanjang transek dari laut/muara menuju ke daratan dinyatakan sebagai **sumbu x**, arah melebar transek sebagai **sumbu y**, dan arah ke atas sebagai **sumbu z**, sehingga diperoleh sumbu panjang: $x = 60$ m, sumbu pendek: $y = 10$ m, sumbu tegak: $z = 20$ m. Penentuan sumbu tegak yang hanya 20 m, didasarkan kenyataan bahwa pepohonan mangrove di lokasi penelitian bertinggi < 20 m. *Belt transect* ini juga digunakan dalam analisis komposisi dan struktur vegetasi (Setyawan dkk., 2005).

Semua spesies pohon, anak pohon, dan semak di dalam plot diambil sampelnya untuk herbarium dan diidentifikasi. Pembuatan herbarium merujuk pada Lawrence (1951), sedang identifikasi merujuk pada Backer dan Bakhuizen van den Brink (1963), Kitamura dkk. (1997), Ng dan Sivasothi (2001), serta Tomlison (1986). Selanjutnya semua pohon, anak pohon, dan semak ($\theta \geq 5$ cm) diberi nomor dan ditentukan posisinya terhadap sumbu x dan y, lalu diukur tinggi total, tinggi cabang pertama, lebar dan panjang kanopi, serta diameter setinggi dada (*diameter at breast high*; DBH; 130 cm), serta digambar posisi vertikalnya pada kertas grafik. Pohon yang tumbang dicatat panjang, diameter, dan posisinya terhadap sumbu x dan y, serta digambar. Kemudian data ditabulasi, gambar masing-masing individu pohon dan semak disatukan berdasarkan posisinya dan dibuat gambar diagram profil vegetasi secara vertikal, dilanjutkan diagram profil vegetasi secara horizontal dengan memproyeksikan kanopi ke permukaan lantai hutan. Berdasarkan profil hutan ini ditentukan jumlah strata pohon yang terbentuk (Baker dan Wilson, 2000; Aumeeruddy, 1994). Penentuan jumlah strata sangat tergantung keputusan pribadi peneliti (Grubb dkk., 1963). Dalam penelitian ini, stratifikasi ditentukan berdasarkan modulus tinggi kanopi, kemudian dibuat jangkauan tertentu yang tidak tumpang tindih dengan strata di bawah atau di atasnya. Salah satu di antara ketiga diagram pada setiap lokasi ditunjukkan dalam tulisan ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Dalam penelitian ini, tidak semua spesies yang dijumpai di area penelitian tercakup dalam diagram profil vegetasi, mengingat metode yang digunakan adalah *belt transect*, sehingga kawasan yang dicakup relatif terbatas, serta hanya dilakukan (0-60 m) di dari bibir pantai atau bibir muara sungai ke arah daratan. Dalam penelitian ini ditemukan delapan spesies pohon dan semak yang memberi bentuk pada profil vegetasi, terdiri dari tujuh spesies berhabitus pohon, termasuk satu palem, dan satu spesies berhabitus semak. Sebanyak lima spesies tergolong dalam kategori tumbuhan mangrove mayor, dan tiga tumbuhan mangrove minor (Tabel 1.). Hasil ini sama dengan jenis-jenis pohon yang ditemukan dalam analisis komposisi dan struktur vegetasi, mengingat keduanya menggunakan *belt transect* yang sama (Setyawan dkk., 2005). Adapun gambar profil vegetasi dari kedua puluh lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1A s.d. 1T. Dalam hal ini hanya ditunjukkan satu gambar yang paling mewakili untuk setiap lokasi mengingat keterbatasan halaman.

Tabel 1. Kekeragaman jenis tumbuhan yang memberi bentuk diagram profil vegetasi.

Nama jenis	Habitus	Kategori
<i>Avicennia</i> spp.	Pohon	Mayor
<i>Sonneratia</i> spp.	Pohon	Mayor
<i>Rhizophora</i> spp.	Pohon	Mayor
<i>Excoecaria agallocha</i>	Pohon	Minor
<i>Aegiceras corniculatum</i>	Semak	Minor
<i>Nypa fruticans</i>	Pohon/palem	Mayor
<i>Xylocarpus</i> spp.	Pohon	Minor
<i>Bruguiera</i> spp.	Pohon	Mayor

Diagram horizontal (preferensi habitat; zonasi)

Kedelapan jenis tumbuhan mangrove yang ditemukan dalam penelitian ini menunjukkan adanya variasi yang luas pada habitat mangrove di Jawa Tengah. Tumbuh-tumbuhan mangrove tersebut tidak sepenuhnya membentuk zonasi berdasarkan toleransinya terhadap periode penggenangan dan salinitas, sebagaimana pendapat umum yang dipegang banyak peneliti (misalnya: de Haan dalam Steenis, 1958). Dalam penelitian ini, mangrove tumbuh baik pada tepian garis pantai (*marine environment*) maupun tepian muara sungai (*riverine environment*). Bagian terdepan dari vegetasi mangrove (0-60 m dari tepi pantai atau muara sungai) tidak selalu didominasi tiga besar tumbuhan mangrove mayor, yakni *Avicennia* spp., *Sonneratia* spp., dan *Rhizophora* spp., namun dapat pula berisi *Nypa fruticans* yang secara tradisional dinyatakan sebagai tumbuhan rawa burit (*back swamp*), yang biasa tumbuh pada garis paling belakang ekosistem mangrove, berbatasan dengan perairan tawar dan daratan (Steenis, 1958; 1965; Tomlison, 1986). Pada lingkungan yang cocok, dimana terdapat pasir dan lempung, *N. fruticans* dapat menjadi tumbuhan utama pada tepi sungai atau laguna (Ng dan Sivasothi, 2001).

Pada beberapa lokasi, *N. fruticans* tumbuh pada perbatasan dengan area persawahan, yang pada masa lalu diperkirakan merupakan area rawa burit. Di Cingcingguling dan Serayu, spesies ini ditemukan baik pada bibir muara sungai yang terpengaruh langsung oleh arus pasang surut, maupun pada areal persawahan yang jauh dari pantai dan relatif tidak terpengaruh arus pasang-surut karena adanya

tanggul-tanggul buatan. Tumbuhan ini membentuk kantung-kantung yang rimbun di antara persawahan yang ditanami padi. Tidak terbentuknya zonasi, diperkirakan merupakan akibat dari besarnya pengaruh antropogenik, sehingga tumbuhan mangrove tidak lagi tumbuh secara alami, tetapi menjadi bagian dari kultur yang dikembangkan masyarakat khususnya pada kawasan dengan intensitas kegiatan manusia yang tinggi, seperti pantai utara Jawa; atau sekurang-kurangnya telah melakukan adaptasi terhadap aktivitas manusia, khususnya pada lokasi dengan aktivitas manusia lebih rendah seperti Segara Anakan.

Avicennia spp., *Sonneratia* spp., dan *Rhizophora* spp., baik secara sendiri-sendiri maupun bersama-sama, hampir selalu dijumpai dalam plot penelitian. Hal ini wajar mengingat ketiganya merupakan tumbuhan mangrove mayor yang selalu berada di garis terdepan berhadapan dengan garis pantai atau muara sungai. Tumbuh-tumbuhan ini telah beradaptasi terhadap pengaruh fluktuasi arus pasang surut yang menyebabkan variasi genangan dan salinitas. Sebaliknya *Bruguiera* spp., yang juga termasuk tumbuhan mangrove mayor, umumnya hanya dijumpai pada arah daratan yang cenderung lebih kering, bahkan di belakang tanggul-tanggul buatan maupun alami. Spesies ini telah beradaptasi terhadap fluktuasi pasang surut yang lebih rendah, sehingga tanahnya memiliki kadar garam yang cenderung tinggi karena besarnya penguapan. Dalam penelitian ini *Bruguiera* spp. hanya ditemukan di Muara Dua dan Tritih, yang terletak di laguna Segara Anakan. Suatu kawasan mangrove yang sedang mengalami suksesi menuju ekosistem daratan akibat tingginya sedimentasi. Di Tritih, yang merupakan ekosistem mangrove buatan, spesies ini ditanam pada pematang jalan yang juga menjadi sarang kepiting lumpur (*Thalassina anomala*), akibat kurangnya perawatan, berupa gundukan-gundukan tanah dengan tinggi 1-1,8 m.

Sonneratia spp. dan *Rhizophora* spp. dapat ditemukan di pantai utara maupun selatan, namun preferensi *Sonneratia* spp. terhadap tanah berpasir menyebabkannya lebih mudah ditemukan di pantai selatan, sedangkan preferensi *Rhizophora* spp. terhadap tanah berlumpur menyebabkannya lebih mudah ditemukan di pantai utara. Hal ini sejalan dengan kenyataan bahwasanya pantai selatan Jawa didominasi pasir, sedangkan pantai utara didominasi lumpur (Steenis, 1958; 1965; Whitten dkk., 2000). Secara umum, *Avicennia* dan *Sonneratia* dapat tumbuh dengan baik pada tanah berpasir, sedangkan *Rhizophora* lebih menyukai lumpur lembut yang kaya humus, adapun *Bruguiera* menyukai tanah lempung yang mengandung sedikit bahan organik (Ng dan Sivasothi, 2001).

Excoecaria agallocha, *Aegiceras corniculatum*, dan *Xylocarpus* spp. merupakan tumbuhan mangrove minor, umumnya tumbuh pada arah daratan, jauh dari fluktuasi genangan pasang-surut, namun dalam penelitian ini tumbuh-tumbuhan tersebut dapat dijumpai pada barisan terdepan, berbatasan langsung dengan tepi pantai atau muara sungai. Hal ini merupakan akibat terjadinya pengeringan area mangrove, baik secara sengaja maupun secara alami. Pengeringan area mangrove secara buatan umumnya terkait dengan pembuatan tambak atau sawah. Tumbuhan mangrove dapat menginvasi pematang/tanggul atau bahkan sengaja ditanam di tempat tersebut untuk memperkuatnya, misalnya *E. agallocha* di Juwana. Spesies-spesies ini juga dapat tumbuh pada tanah yang mengering karena naiknya permukaan tanah akibat sedimentasi atau pada gundukan-gundukan tanah yang dibuat kepiting lumpur, misalnya *Xylocarpus* spp. dan *A. corniculatum* di Segara Anakan.

Diagram vertikal (stratifikasi kanopi)

Dalam penelitian ini secara keseluruhan dapat ditemukan empat strata kanopi, dengan pohon tertinggi sekitar 18 m, namun pada masing-masing lokasi umumnya hanya ditemukan dua strata kanopi. Dalam penelitian ini, stratifikasi ditentukan berdasarkan modus tinggi kanopi. Di lapangan tinggi strata kanopi sangat terkait dengan spesies dan umur pohon. Setiap spesies memiliki tinggi maksimum yang berbeda-beda, namun mengingat jumlah spesies pohon yang hadir sangat terbatas, seringkali perbedaan ketinggian strata lebih disebabkan umur pohon dari pada jenis pohon. Dalam hal ini kanopi spesies yang sama terletak pada strata yang berbeda (Baker dan Wilson, 2000). Dalam penelitian ini, strata pertama terdiri dari pohon dan semak dengan tinggi 2-6 m, strata berikutnya hanya berupa pohon, yakni strata kedua 7-10 m, strata ketiga 11-14 m, dan strata keempat 15-18 m. Tingkat kerusakan vegetasi atau sebaliknya tingkat kelestarian dan pemeliharaan vegetasi mangrove mempengaruhi jumlah strata kanopi, di samping faktor-faktor lingkungan fisik, seperti jenis tanah dan iklim.

Pantai utara

Wulan (Gambar 1A) merupakan lokasi dengan jumlah strata kanopi paling banyak, keempat strata di atas semuanya hadir, dengan jenis tumbuhan *Avicennia* spp. dan sebagian kecil *Rhizophora* spp. Panjang vegetasi ini mencapai lebih dari 60 m dari bibir muara sungai. Kawasan yang diteliti merupakan bekas tambak yang ditinggalkan dan mengalami regenerasi mangrove kembali, sehingga terdapat pohon dari yang berusia paling muda hingga pohon tua yang pada masa lalu disisakan sebagai naungan dan penahan tanggul. Pada lokasi yang dulunya merupakan kolam tambak, pepohonan telah mencapai strata pertama dan kedua. Pepohonan ini diperkirakan tumbuh secara bersamaan pada saat tambak tersebut ditinggalkan sehingga memiliki ketinggian yang relatif sama. Tambak yang ditinggalkan merupakan fenomena umum di pantai utara Jawa akibat perubahan kondisi hidrologi, edafit (tanah sulfat asam), penyakit, dan pencemaran lingkungan.

Sigrogol (Gambar 1B) memiliki sejumlah kecil mangrove yang hampir mencapai kondisi klimaks. Panjang vegetasi ini mencapai sekitar 60 m dari bibir muara sungai. Tumbuhan mangrove di area ini hanya terdiri dari *Avicennia* spp. dan berhasil tumbuh hingga usia tua karena menjadi penyangga tanggul-tanggul di bibir muara sungai dan pantai. Pepohonan yang ada hampir semuanya berada pada strata ketiga. Hal ini menimbulkan dugaan adanya kesengajaan pada saat penanamannya dahulu, namun berdasarkan letak pancang batang pohon di tanah yang cenderung tidak membentuk pola tertentu, maka pepohonan ini kemungkinan tumbuh secara alamiah namun dijaga kelestariannya dan terpelihara. Kondisi pepohonan yang mendekati klimaks, menyebabkan lantai hutan relatif bersih dari herba, semak, maupun anak pohon, karena adanya kompetisi yang kuat dari tumbuhan dewasa dalam hal cahaya matahari, ruang, dan unsur hara.

Serang (Gambar 1C) memiliki vegetasi mangrove dalam kondisi muda. Vegetasi ini secara monokultur tersusun atas *Avicennia* spp., dengan dua strata, yakni strata pertama dan kedua. Panjang vegetasi ini hanya sekitar 30 m dari bibir pantai, lahan selanjutnya merupakan areal pertambakan ikan bandeng. Area kosong di antara kanopi ditumbuhi bibit *Avicennia*, sedangkan area kosong ke arah darat merupakan tambak ikan.

Bulak (Gambar 1E) memiliki vegetasi mangrove monokultur *Rhizophora* spp. yang tersusun atas satu strata,

yakni strata kedua. Vegetasi ini tumbuh rapat dengan jarak yang relatif teratur. Hal ini merupakan hasil restorasi sejak beberapa tahun sebelumnya untuk menahan laju abrasi. Rapatnya penanaman tumbuhan ini menyebabkan hampir tidak ada celah kanopi di antara pepohonan, namun panjang vegetasi ini hanya sekitar 20 m dari bibir pantai, lahan selanjutnya ke arah darat merupakan tambak udang. Terdapat beberapa individu *Avicennia* spp., yang tumbuh kerdil di pematang-pematang tambak.

Telukawur (Gambar 1E) memiliki vegetasi dengan dua strata, yaitu strata pertama dan kedua. Tumbuhan yang hadir adalah *Avicennia* spp., *Rhizophora* spp., dan *A. corniculata*. Mengingat penampakannya yang teratur, *Rhizophora* spp. kemungkinan merupakan hasil penanaman, sedangkan *Avicennia* spp. dan *A. corniculata* tumbuh secara liar. Pada arah laut terdapat area tanpa kanopi yang merupakan bekas tambak dan selalu becek, sedangkan pada arah daratan terdapat area kosong di sela-sela *A. corniculata* yang didominasi rerumputan. Area ini merupakan tanah daratan yang kering.

Muara sungai Tayu (Gambar 1F) yang langsung berhadapan dengan laut Jawa memiliki vegetasi mangrove dalam jumlah sangat terbatas. Di sepanjang pantai Tayu vegetasi mangrove hampir sepenuhnya dibersihkan dari tepi pantai. Masyarakat tidak terlalu peduli dengan kelestariannya, mengingat secara fisik abrasi pantai tidak mengancam kawasan ini, bahkan kawasan pantai timur Tayu merupakan area pengendapan lumpur dari banyak sungai kecil. Vegetasi mangrove di tempat ini tebalnya hanya sekitar 10-20 m, didominasi oleh *Avicennia* spp. dan *Rhizophora* spp. Pertumbuhannya juga masih sangat muda, bahkan hanya terdiri dari strata pertama saja. Area ke arah daratan telah diubah menjadi tambak ikan.

Sama halnya dengan Tayu, vegetasi mangrove di Juwana (Gambar 1G), sangat terbatas, umumnya hanya terletak di tepi sungai Juwana dengan tebal hanya sekitar 10 m, didominasi oleh *Avicennia* spp. dan *Sonneratia* spp. Pertumbuhannya juga masih sangat muda, hanya terdiri dari strata pertama saja. Area ke arah daratan telah diubah menjadi tambak ikan. Kondisi dan penggunaan lahan di Juwana dan Tayu relatif sama mengingat kedua kawasan pesisir pantai ini letaknya bersambungan, serta menjadi area sedimentasi sungai Juwana.

Pecangakan (Gambar 1H) memiliki area mangrove yang agak luas di bibir muara sungai yang sekaligus berhadapan langsung dengan laut Jawa. Diagram profil vegetasinya didominasi oleh *Avicennia* spp. secara monokultur. Hal ini terjadi karena adanya upaya penanaman mangrove untuk menjebak lumpur dan memperluas area mangrove ke arah laut yang selanjutnya dapat diubah menjadi tambak ikan. Tebal vegetasi ini sekitar 30 m, dengan dua strata, yaitu pertama dan kedua.

Pasar Banggi (Gambar 1-I) merupakan kawasan pantai yang relatif jauh dari aliran sungai besar. Ke arah laut kawasan ini bertanah pasir putih, sedangkan ke arah daratan bertanah lumpur. Kawasan ini memiliki area mangrove yang dikelola oleh masyarakat dan pemerintah setempat, sehingga kondisinya relatif terjaga. Tumbuhan yang hadir meliputi *Avicennia* spp., *Sonneratia* spp. dan *Rhizophora* spp. Tumbuhan terakhir relatif dominan karena merupakan hasil restorasi beberapa tahun sebelumnya (10-15 tahun, terbaru tahun 2002), sehingga cenderung rapat dan teratur, baik jarak tanam maupun ketinggiannya. Di arah laut yang bertanah pasir tumbuh *Sonneratia* spp., sedangkan *Avicennia* spp. terdapat di arah daratan. Diagram profil vegetasi memiliki dua strata yaitu strata pertama dan kedua, dengan tebal vegetasi sekitar 40-50 m. Lahan tanpa

vegetasi di arah daratan merupakan area tambak garam. Rapatnya penanaman *Rhizophora* spp. menyebabkan hampir tidak ada celah kanopi di antara pepohonan.

Lasem (Gambar 1J) menyisakan vegetasi mangrove yang agak baik di sepanjang tepian sungai-sungai kecil. Vegetasi ini didominasi oleh *Rhizophora* spp. yang merupakan hasil penanaman untuk memperkuat tepian sungai kecil tersebut, sehingga cenderung memiliki penampilan seragam. Diagram profil vegetasi menunjukkan hanya terdapat strata pertama saja. Area mangrove ini memanjang mengikuti garis tanggul sungai. Area kosong di antara kanopi merupakan bagian tepian sungai yang tidak bervegetasi.

Pantai selatan

Bogowonto (Gambar 1K) memiliki vegetasi mangrove yang secara alamiah didominasi oleh *Sonneratia* spp. Hal ini merupakan akibat dari tanahnya yang berpasir-lempung. Di samping itu terdapat pula *Nypa fruticans* yang tumbuh alami dan sejumlah kecil *Rhizophora* spp. yang merupakan hasil introduksi. Diagram profil hutan menunjukkan adanya dua strata, yaitu strata pertama dan kedua. Vegetasi ini cukup panjang karena mengikuti sungai kecil di dalamnya. Kuatnya angin dari laut selatan, tampaknya menyebabkan pepohonan dewasa di lingkungan ini relatif pendek. Lahan tanpa kanopi di dalam diagram profil didominasi rerumputan. Kawasan mangrove ini merupakan area merumput ternak kerbau penduduk setempat.

Cakrayasan (Gambar 1L) menyisakan sedikit sekali vegetasi mangrove, dengan panjang hanya sekitar 10 m. Sama halnya dengan Bogowonto, vegetasi ini secara alamiah didominasi oleh *Sonneratia* spp., mengingat tipe tanahnya yang berpasir-lempung. Diagram profil vegetasi menunjukkan adanya strata pertama saja. Area tanpa pohon pada arah ke daratan merupakan padang gembalaan ternak penduduk, yang pada musim hujan kadang-kadang ditanami padi.

Lukulo (Gambar 1M) hampir tidak menyisakan lagi vegetasi mangrove. Kawasan mangrove yang ada hanya menyisakan beberapa batang pohon *Sonneratia* spp., dikelilingi dataran rumput yang menjadi area penggembalaan sapi penduduk. Upaya restorasi ekosistem mangrove beberapa tahun sebelumnya (tahun 2000) di kawasan ini dengan menanam beberapa jenis mangrove tidak berhasil, kemungkinan karena perumputan oleh ternak, di samping kesalahan pemilihan spesies yang ditanam.

Cingcingguling (Gambar 1N) hanya menyisakan *N. fruticans* sebagai penyusun vegetasi mangrove. Palembang ini tumbuh secara monokultur membentuk tegakan murni karena mampu berkembangbiak secara vegetatif dengan membentuk rhizoma. Vegetasi ini hanya mencakup strata pertama saja. Panjang vegetasi sekitar 30-40 m. Tumbuhan ini dapat beradaptasi dengan baik terhadap kondisi perairan tawar, sehingga ditemukan sebagai kantung-kantung mangrove di antara lahan persawahan. Lahan tanpa penutupan kanopi pada diagram profil merupakan sawah.

Ijo (Gambar 1-O) memiliki lingkungan mangrove dengan jenis tumbuhan lebih bervariasi, pada diagram profil tercakup *Avicennia* spp., *Rhizophora* spp., dan *N. fruticans*. Pada arah bibir sungai terdapat dominasi *Rhizophora* spp., sedangkan pada arah daratan terdapat dominasi *N. fruticans*. Vegetasi didominasi tumbuhan muda dengan strata pertama saja. Panjang vegetasi sekitar 30 m. Area tanpa penutupan kanopi pohon merupakan lahan kosong/terbuka atau lahan tegalan yang dibiarkan tidak terawat, pada beberapa tempat ditumbuhi *Acanthus ilicifolius*.

Bengawan (Gambar 1-P) memiliki habitat mangrove dengan dominasi *Sonneratia* spp. dan *N. fruticans*. Pada arah bibir sungai didominasi *Sonneratia* spp. sedangkan

pada arah daratan didominasi *N. fruticans*. Vegetasi ini hanya terdiri dari strata pertama saja, dengan panjang vegetasi sekitar 30 m. Sama halnya dengan Ijo, area tanpa penutupan kanopi pohon merupakan lahan kosong/terbuka atau lahan tegalan yang tidak dikelola secara intensif.

Serayu (Gambar 1Q) memiliki habitat mangrove yang hanya ditumbuhi *Sonneratia* spp. dan *N. fruticans*. Palembang ini cenderung tumbuh secara monokultur dan mendominasi area, namun pada tempat-tempat tertentu terdapat *Sonneratia* spp. yang tumbuh menjulang ke atas. Panjang vegetasi hanya sekitar 20-30 m, dengan dua strata, yaitu strata pertama dan kedua. Lahan tanpa penutupan kanopi pada diagram profil merupakan sawah.

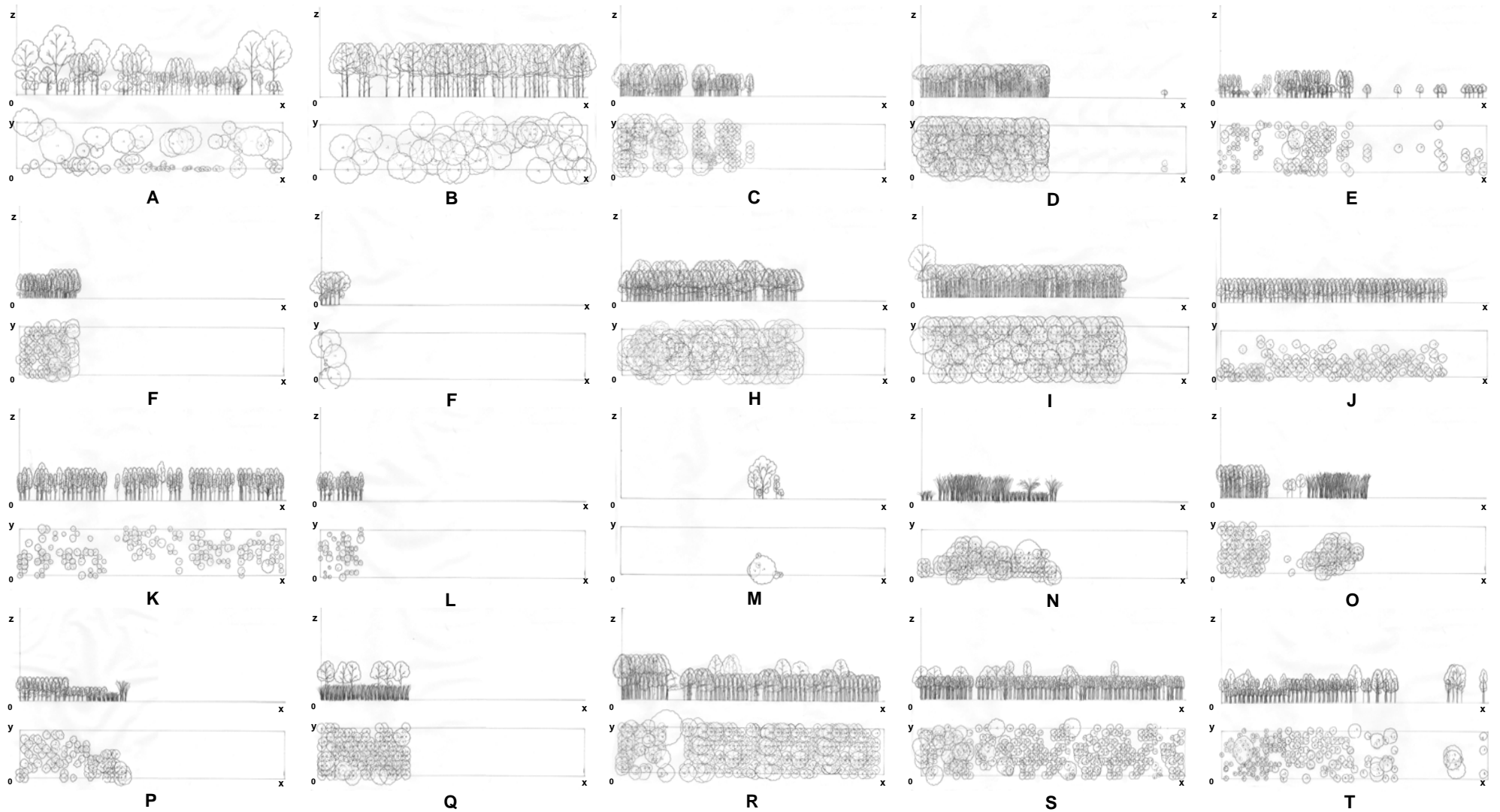
Tritih (Gambar 1R) merupakan area wisata mangrove buatan, yang pada akhirnya cenderung dibiarkan tumbuh alami. Jajaran pepohonannya yang rapat dan teratur menunjukkan bahwa tegakan ini merupakan hasil campur tangan manusia. Kawasan yang berbatasan dengan bibir laguna didominasi *Avicennia* spp. yang sebagian tumbuh secara alami, sedang area pada arah daratan didominasi oleh *Rhizophora* spp. yang merupakan hasil penanaman. Pada tanggul-tanggul yang semula dibuat untuk mengatur drainase dan jalan pengunjung ditanam *Bruguiera* spp. Sebagian tanggul ini sering dibongkar kepiting lumpur untuk bersarang. Diagram profil menunjukkan adanya dua strata, yaitu strata pertama dan kedua, dengan panjang 60 m, memenuhi seluruh plot. Area kosong tanpa penutupan vegetasi umumnya merupakan tanggul buatan.

Motean (Gambar 1S) dan Muara Dua (Gambar 1T) sama-sama merupakan vegetasi mangrove yang pernah mengalami kerusakan berat akibat penebangan hutan. Spesies mangrove yang hadir adalah *Avicennia* spp., *Sonneratia* spp., *Rhizophora* spp. dan *A. corniculata*. Di Motean yang berdekatan dengan pulau Nusakambangan terdapat pula *Bruguiera* spp. Keberadaan *A. corniculata* cukup menyolok mengingat kawasan ini sedang dalam tahapan suksesi sekunder. Area kosong tanpa penutupan vegetasi pohon atau semak, pada kenyataannya didominasi *A. ilicifolius*.

Pengaruh antropogenik dan suksesi

Diagram profil vegetasi secara vertikal dan horizontal menunjukkan tingginya pengaruh antropogenik terhadap kawasan mangrove di pesisir Jawa Tengah. Dari 20 lokasi penelitian, hampir tidak ditemukan lagi lokasi dengan pepohonan dalam kondisi klimaks, yakni ekosistem yang didominasi tumbuh-tumbuhan tua, kebanyakan berada dalam tahapan suksesi sekunder, dengan dominasi pohon-pohon muda, setelah kerusakan hutan yang umumnya disebabkan penebangan hutan. Gambar-gambar diagram profil vegetasi menunjukkan tingginya dominasi tumbuhan muda (tinggi < 10 m), serta cukup banyak ditemukan anak pohon ($\theta < 10$ cm). Diagram profil dengan kondisi mendekati klimaks, hanya ditemukan di Sigrogol. Kawasan ini merupakan tepian sungai yang dijaga kelestariannya oleh penduduk untuk melindungi tebing sungai dari erosi akibat gelombang laut.

Diagram profil vegetasi menunjukkan adanya ruang-ruang kosong di antara kanopi. Area kosong ini dapat berisikan herba, bibit (*seedling*) pohon dan bibit semak, namun dapat pula berupa lahan yang betul-betul kosong tanpa vegetasi (Jawa: *bera*). Sedangkan area kosong pada arah menuju daratan umumnya merupakan lahan yang telah dikonversi menjadi sawah dan tambak. Secara ekologi, celah di antara kanopi tumbuhan (*canopy gap*), sangat penting untuk mengelola keanekaragaman hayati. Celah tersebut memungkinkan sinar matahari mencapai



Gambar 1. Diagram vertikal dan horizontal profil vegetasi di 20 lokasi pantai utara dan selatan Jawa Tengah. Keterangan: A. Wulan, B. Sigrogol, C. Serang, D. Bulak, E. Telukawur, F. Tayu, G. Juwana, H. Pecangakan, I. Pasar Bangi, J. Lasem, K. Bogowonto, L. Cakrayasan, M. Lukulo, N. Cincingguling, O. Ijo, P. Bengawan, Q. Serayu, R. Tritih, S. Motean, T. Muara Dua; 1. *Avicennia* spp., 2. *Sonneratia* spp., 3. *Rhizophora* spp., 4. *Excoecaria agallocha*, 5. *Aegiceras*, 6. *Nypa fruticans*, 7 (-), 8. *Xylocarpus* spp., 9. *Bruguiera* spp.; Sumbu panjang: x = 60 m, sumbu pendek: y = 10 m, sumbu tegak: z = 20 m.

lantai hutan, sehingga memicu pertumbuhan bibit dan anakan pohon. Bibit pohon umumnya masih dapat bertahan hidup pada kondisi teraungi oleh pohon dewasa, karena masih adanya persediaan makanan dari hipokotil, namun anakan pohon akan mati tanpa adanya celah kanopi, karena kalah dalam berkompetisi dengan pohon dewasa untuk mendapatkan sinar matahari. Dalam kasus tertentu area kosong tersebut didominasi semak yang membentuk massa sangat rapat, sehingga dapat menghambat regenerasi bibit dan anakan pohon, semak ini tidak terekam dalam diagram profil karena ukuran batangnya yang kecil ($\theta < 5$ cm). Semak *A. ilicifolius* di Segara Anakan dan *Derris trifoliata* di Wulan, hampir sepenuhnya menutupi area ko-song di antara kanopi pepohonan, baik ruang-ruang kosong ini akibat pembabatan pepohonan maupun sedimentasi dan akresi yang menyebabkan terbentuknya tanah timbul. Di Wulan dan Bogowonto, *D. trifoliata* dapat merambat hingga di atas kanopi, bersaing untuk mendapat sinar matahari.

Kehadiran semak dalam suksesi sekunder maupun primer merupakan keniscayaan, karena tersedianya sinar matahari yang cukup dan terbukanya lantai hutan. Semak umumnya dapat memenangi kompetisi terhadap herba karena memiliki habitus yang lebih kuat dan lebih tinggi. Semak juga dapat mengalahkan bibit pohon yang masih berada dalam strata herba dalam memperebutkan ruang, namun dengan adanya sisa-sisa pohon tua atau adanya bibit dan anakan pohon yang selamat hingga mencapai usia dewasa, maka akan terbentuk naungan dan – pada kasus tertentu – allelopati, yang mendesak keberadaan semak. Ketersediaan bibit yang cukup dan kemenangan pohon dewasa dalam berkompetisi dengan semak, akan memungkinkan terbentuknya ekosistem klimaks. Namun, di lokasi penelitian kondisi klimaks ini sulit terjadi mengingat tingginya intensitas penebangan pohon, sehingga pepohonan hampir selalu dalam kondisi muda.

KESIMPULAN

Diagram profil vegetasi secara vertikal dan horizontal menunjukkan tingginya pengaruh antropogenik, dimana vegetasi didominasi tumbuhan muda, yang hanya memiliki (1)-2-(3-4) strata kanopi. Disturbansi oleh aktivitas manusia menyebabkan sebagian besar vegetasi dalam kondisi suksesi sekunder, dan hampir tidak ada yang berada dalam kondisi klimaks. Area yang tercakup di dalam *belt transect* yang digunakan untuk menyusun diagram tersebut seringkali terdapat celah kanopi, tanah kosong akibat penebangan, atau bahkan tanah yang telah diubah menjadi kegunaan lain, terutama sawah dan tambak. Adanya resisitensi tumbuhan muda untuk terus bertahan, pada lingkungan yang mengalami disturbansi ini memberikan harapan akan tetap lestarnya tumbuhan mangrove di Jawa Tengah, namun apabila terjadi perubahan lingkungan secara besar-besaran dalam skala luas, boleh jadi ekosistem ini akan sepenuhnya rusak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis pertama mengucapkan terima kasih kepada Dr. Tjut Sugandawaty Djohan dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang telah memberikan bimbingan teknis terkait kajian diagram profil hutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashton, P.S., and P. Hall. 1992. Comparisons of structure among mixed dipterocarp forests of north-western Borneo. *Journal of Ecology* 80: 459-481.
- Aumeeruddy, Y. 1994. *Local Representations and Management of Agroforests on the Periphery of Kerinci Seblat National Park, Sumatra, Indonesia*. People and Plants Working Paper 3. Paris: UNESCO.
- Backer, C.A. and R.C. Bakhuizen van den Brink, Jr. 1963. *Flora of Java*. Vol. I. Groningen: P.Noordhoff
- Baker, P.J. and J.S. Wilson. 2000. A quantitative technique for the identification of canopy stratifikasi in tropical and temperate forests. *Forest Ecology and Management* 127: 77-86
- Chapman, V.J. 1992. Wet coastal formations of Indo Malesia and Papua-New Guinea. In Chapman, V.J. (ed.). *Ecosystems of the World 1: Wet Coastal Ecosystems*. Amsterdam: Elsevier.
- Clark, D.A. dan D.B. Clark. 1991. The impact of physical damage on canopy tree regeneration in tropical rain forests. *Journal of Ecology* 79: 447-457.
- Davis, T.A.W. and P.W. Richards. 1933. Vegetation of Moraballi Creek, British Guiana: an ecological study of a limited area of tropical rain forest. Part I. *Journal of Ecology* 21: 350-384.
- Dubayah, R., J.B. Blair, J.L. Bufton, D.B. Clark, J. Jaja, R. Knox, S. Luthcke, S. Prince and J. Weishampel. 1997. The vegetation canopy lidar mission, Land Satellite Information in the Next Decade II: Sources and Applications. *ASPRS Proceedings*: 100-112.
- Euwisse, W. 1980. *Pengantar Ekologi Tropis*. Jakarta: Djambatan.
- Fahey, T.J., J.J. Battles, and G.F. Wilson. 1998. Responses of early successional hardwood forests to changes in nutrient availability. *Ecology Monograph* 68 (2): 183-212.
- Finzi, A.C and C.D. Canham. 2000. Sapling growth in response to light and nitrogen availability in a southern New England forest. *Forest Ecology and Management* 131: 153-165.
- Grubb, P.J., J.R. Lloyd, T.D. Pennington, and T.C. Whitmore. 1963. A comparison of montane and lower rain forest in Ecuador. I. The forest structure, physiognomy and floristics. *Journal of Ecology* 51: 567-601.
- Kitamura, S., C. Anwar, A. Chaniago, and S. Baba. 1997. *Handbook of Mangroves in Indonesia; Bali & Lombok*. Denpasar: The Development of Sustainable Mangrove Management Project, Ministry of Forest Indonesia and Japan International Cooperation Agency.
- Kobe, R.K., S.W. Pacala, J.A. Silander Jr., and C.D. Canham. 1995. Juvenile tree survivorship as a component of shade tolerance. *Ecology Applied* 5 (2): 517-532.
- Latham, R.E. 1992. Co-occurring tree species change rank in seedling performance with resources varied experimentally. *Ecology* 73: 2129-2144.
- Lawrence, G.H.M. 1951. *Taxonomi of Vascular Plants*. New York: John Wiley and Sons.
- Lewis, R.R. 1990. Creation and restoration of coastal wetlands in Puerto Rico and the US Virgin Islands. In: Kusler J.A. and M.E. Kentula (eds.) *Wetland Creation and Restoration: The Status of Science, Vol. I: Regional Reviews*. Washington: Island Press.
- Ng, P.K.L. and N. Sivasothi (ed.). 2001. *A Guide to Mangroves of Singapore*. Volume 1: The Ecosystem and Plant Diversity and Volume 2: Animal Diversity. Singapore: The Singapore Science Centre.
- Nybakken, J.W. 1993. *Marine Biology, An Ecological Approach*. 3rd edition. New York: Harper Collins College Publishers.
- Odum, E.P., 1971. *Fundamental of Ecology*. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders.
- Oliver, C.D. 1978. The development of northern red oak in mixed stands in central New England. *Yale University School of Forestry and Environmental Studies Bulletin* 91: 63.
- Pacala, S.W., C.D. Canham, J. Saponara, J.A. Silander, R.K. Kobe, and E. Ribbens, 1996. Forest models defined by field measurements II. Estimation, error analysis, and dynamics. *Ecology Monograph* 66 (1): 1-44.
- Paijmans, K. 1970. An analysis of four tropical rain forest sites in New Guinea. *Journal of Ecology* 58: 77-101.
- Primavera, J.H. 1993. A critical review of shrimp pond culture in the Philippines. reviews in fisheries. *Science* 1 (2): 151-201
- Richards, P.W. 1996. *The Tropical Rain Forest*. Cambridge: Cambridge Univ.
- Setyawan, A.D., Indrowuryatno, Wiryanto, K. Winarno, dan A. Susilowati. 2005. Tumbuhan mangrove di pesisir Jawa Tengah: 2. komposisi dan struktur vegetasi. *Biodiversitas* 6 (3): 194-198.
- Smith, A.P. 1973. Stratification of temperate and tropical forests. *American Naturalist* 107: 671-683.
- Steenis, C.G.G.-J. van. 1958. Ecology of mangroves. In: *Flora Malesiana*. Jakarta: Noordhoff-Kollf.
- Steenis, C.G.G.-J. van. 1965. Concise plant-geography of Java. In: Backer, C.A. and R.C. Bakhuizen van den Brink, Jr. 1965. *Flora of Java*. Vol. II. Groningen: P.Noordhoff
- Sukardjo, S., 1985. Laguna dan vegetasi mangrove. *Oseana* 10 (4): 128-137.
- Tomlison, P.B. 1986. *The Botany of Mangrove*. London: Cambridge Univ.
- Walsh, G.E. 1974. Mangroves: A review. In Reinhold, R. J. and W.H. Queen (ed.). *Ecology of Halophytes*. New York: Academic Press.
- Walters, M.B., and P.B. Reich, 1997. Growth of *Acer saccharum* seedlings in deeply shaded understories of northern Wisconsin: effects of nitrogen and water. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 237-247.
- Watt, A.S. 1924. On the ecology of British beechwoods with special reference to their regeneration. Part II. The development and structure of beech communities on the Sussex Downs. *Journal of Ecology* 12: 10-202.
- Whitmore, T.C. 1985. *Tropical Rain Forests of the Far East*. Oxford: Clarendon.
- Whitten, T., R.E. Soeriaatmadja, and S. Afiff. 2000. *Ecology of Java and Bali*. Singapore: Periplus.