



STRUKTUR KOMUNITAS, ZONASI DAN KEANEKARAGAMAN HAYATI VEGETASI MANGROVE DI SEGARA ANAKAN CILACAP

Endang Hilmi^{1,2}, Asrul Sahri Siregar¹, Luviana Febryanni¹, Rima Novaliani¹, Sya'bani A. Amir¹ dan Agung Dhamar Syakti^{1,3}

¹⁾ Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan-Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

²⁾ Pusat Mitigasi Bencana-Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

³⁾ Pusat Studi Biosains Maritim - Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

*Corresponding author: Hilmi_supandhi@yahoo.com

ABSTRACT

Mangrove ecosystem of Segara Anakan Cilacap has specific vegetation, function, and benefit. It was dominated by *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Avicennia* and associate vegetation such as *Nypa fruticans*. Stability of mangrove ecosystem can be seen by community structure, zonation and diversity of mangrove vegetation. This research aimed to analyze community structure, zonation and diversity of mangrove vegetation in Segara Anakan Lagoon. This research used survey method with cluster sampling by stratified analysis. The Analyze of data used association analysis, zonation analysis, richness index, and Shanon Wiener index. This Research showed that (1) Association index of seedling was dominated by index < 0.22 (lowest association) with scored 46,67 % - 66.66 %, (2) Association index of sapling also was dominated by index < 0.22 (lowest association) with scored 58,33% - 71.43 %, (3) Association index of tress also was dominated by index < 0.22 (lowest association) with scored 67,27 % % (4) Overlapping indeks showed *Aegiceras corniculatum* has high overlap toward *Nypa fruticans* (71 %) (seedling stage) and *Rhizophora apiculata* to *Avicennia* spp (0,49) (sapling stage). (5) Zonation of mangrove showed that Zone 1 as direct connecting zone with sea which were dominated by *Avicennia marina* and *Avicennia officinalis*. Zone 2 as the middle zone which were dominated by *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, and *Ceriops tagal*. Zone 3 as direct connecting zone with island which were dominated by *Nypa fruticans*, *Acanthus ilicifolius*, and *Sonneratia casseolaris* (6) diversity index between 0.48 – 1.83 (low – middle).

Keywords : mangrove vegetation, association index, zonation, community structure and diversity

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove adalah ekosistem pesisir yang memiliki kekhasan dari habitatnya, potensi vegetasi, dan potensi faunanya. Dari habitatnya, ekosistem mangrove memiliki tipe habitat berlumpur sampai lumpur dalam (Istomo, 1992 dan Aksornkoe, 1993, Hamilton et al., 1984., Krasuss dan Allen. 2003), dipengaruhi oleh pasang dan penggenangan air laut (Hutchings dan Saenger, 1987, Kusmana, 1996, serta Snedeker dan Snedeker, 1984), serta dapat hidup pada kisaran salinitas rendah

sampai tinggi (Hutchings dan Saenger, 1987, serta Aksornkoe, 1993). Selain kekhasan tersebut, ekosistem mangrove memiliki vegetasi yang memiliki berbagai macam manfaat dan fungsi seperti untuk mengurangi resiko abrasi (Hilmi et al., 2014a), penstabil zona pantai (Mazda et al., 1995), kemampuan untuk meredam gelombang pasang (Mazda et al., 1995 dan Massel et al., 1999), resiko tsunami (Hilmi et al., 2014b., Kerr et al., 2006, serta Kathiresan dan Rajendran, 2005), habitat berbagai mikroorganisme (Elison, 2008 dan Alfaro, 2006) dan bakteri pengurai, habitat

berkembang biak berbagai fauna dan tempat migrasi satwa (Murdiyanto, 2003), mengurangi dan mengakumulasi berbagai bahan pencemar logam berat dan minyak (Wickramasinghe et al., 2009. dan Davidson et al., 2009 dan Graci'aa et al., 2008), serta berbagai manfaat dan fungsi ekonomi, untuk obat-obatan, kayu, arang, dan bahan makanan (Aksornkoae, 1993 dan FAO, 1994).

Ekosistem mangrove dapat diartikan sebagai ekosistem yang ditumbuhi oleh berbagai vegetasi khas mangrove yang tidak dapat digantikan oleh vegetasi lainnya. Vegetasi tersebut sangat khas baik dalam hal penampakan (habitus) hingga pengelompokan (clustering). Untuk dapat bertahan hidup pada kondisi habitat tersebut, vegetasi mangrove mempunyai pola adaptasi tertentu, mulai dari adaptasi peakaran, adaptasi daun hingga adaptasi bunga dan buah. Salah satu bentuk adaptasi yang khas adalah membentuk struktur komunitas, memiliki pola asosiasi dan zonasi tertentu.

Asosiasi adalah suatu model hubungan antar komunitas yang khas, ditemukan dengan kondisi yang sama dan berulang di beberapa lokasi. Asosiasi dicirikan dengan adanya komposisi floristik yang mirip, memiliki fisiognomi yang seragam dan sebarannya memiliki habitat yang khas (Mueller-Dombois dan Ellenberg, 1974; Barbour et al., 1999 dan Kurniawan et al., 2008). Asosiasi terbagi menjadi dua yaitu asosiasi positif dan asosiasi negatif. Positif jika keberadaan vegetasi mangrove sama-sama diharapkan oleh keduanya, sedangkan asosiasi negatif memiliki arti ybahwa keberadaan vegetasi tersebut tidak diharapkan oleh vegetasi yang lain.

Sedangkan zonasi mangrove juga dapat terbentuk oleh adanya kisaran ekologi yang tersendiri dan niche (relung) yang khusus dari masing-masing jenis (Hutchings and Saenger, 1987 dan Johnstone, 1983). Pembagian zonasi hutan mangrove dapat disebabkan oleh adanya hasil kompetisi diantara spesies mangrove, dimana semakin banyak jumlah spesies mangrove maka semakin rumit pula bentuk kompetisinya, yang selanjutnya dipengaruhi oleh faktor lokasi. Perkembangan mangrove dalam komunitas zonasi, seringkali diinterpretasikan sebagai tingkat perbedaan dalam suksesi (perubahan secara progresif dalam komposisi jenis selama perkembangan vegetasi) (Kusmana, 2000 dan Hutchings and Saenger, 1987). Zonasi hutan mangrove ditentukan oleh keadaan tanah, salinitas, penggenangan, pasang

surut, laju pengendapan, dan pengikisan serta ketinggian nisbi darat dan air (Bengen dan Dutton, 2004). Zonasi juga menggambarkan tahapan suksesi yang sejalan dengan perubahan tempat tumbuh (Hutchings dan Saenger, 1987 dan Kusmana, 2000)

Salah satu ekosistem mangrove yang menjadi ciri khas di Pulau Jawa adalah ekosistem mangrove yang berada di Estuarial Segara anakan. Ekosistem segara anakan dipengaruhi oleh Pulau Nusakambangan dan Samudra Hindia; serta merupakan muara dari Sungai Citanduy, Sungai Cibeureum, Sungai Palindukan, Sungai Cikonde, dan sungai-sungai lainnya yang berpengaruh besar terhadap kelancaran fungsi sistem drainase daerah irigasi Sidareja-Cihaur, Lakbok Selatan, Lakbok Utara, dan sistem pengendalian banjir wilayah Sungai Citanduy (Yulianti et al., 2013). Ekosistem mangrove segara anakan didominasi oleh *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *Avicennia marina*, *Sonneratia caseolaris*, *Ceriops tagal*, *Aegiceras corniculatum* hingga *Nypa fruticans* (Hilmi et al, 2014a).

Potensi vegetasi di ekosistem mangrove di Segara Anakan yang tersusun dari beberapa vegetasi mangrove tersebut membentuk pola adaptasi, asosiasi, zonasi hingga potensi keanekaragaman hayati membangun suatu struktur komunitas dari ekosistem mangrove tersebut. Keberadaan dan kelengkapan struktur komunitas akan menggambarkan tingkat kestabilan dari ekosistem tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pola asosiasi antar vegetasi mangrove, tingkat keanekaragaman hayati dan kerapatan vegetasi mangrove, serta pola zonasi mangrove di Segara Anakan Cilacap.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di ekosistem mangrove Segara Anakan Cilacap Bagian Timur dengan memperhatikan tahapan pertumbuhan baik semai, pancang hingga pohon.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah kerapatan vegetasi mangrove, indeks asosiasi, indeks ochai, indeks kekayaan jenis, indeks kelimpahan jenis, salinitas dan tekstur tanah.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui tahapan sebagai berikut

1. Pengukuran Potensi Vegetasi Mangrove

Pengukuran potensi vegetasi mangrove dilakukan melalui metode transek garis berpetak (Kusmana, 1997). Adapaun tahapannya adalah untuk potensi vegetasi dengan diameter > 4 cm diukur pada plot contoh 10 m x 10 m, potensi pancang diukur pada plot contoh 5 m x 5 m dan potensi semai diukur pada plot contoh 2 m x 2 m.

2. Pengukuran Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang diukur adalah (1) Salinitas diukur dengan metode konduktivimetri (APHA, 2005 dan APHA 2012) dengan menggunakan hand-refraktometer merk Atago. Sebelum digunakan kaca hand-refraktometer dikalibrasikan dahulu dengan meneteskan akuades pada lempeng refraktometer, kemudian akuades dibersihkan dengan tissue. Air sampel ditetaskan di atas lempeng kemudian diamati dan dibaca angka yang menunjukkan batas antara warna putih dan biru yang memotong skala menunjukkan salinitas air sampel, (2) Tekstur tanah dengan metode pipet gravimetric. (3) Pirit diukur dengan metode Spektrofotometri (APHA, 2005 dan APHA 2012). (4) Nitrat dan Fosfat dengan metode (APHA, 2005 dan APHA 2012).

Analisis Data

1. Kerapatan Vegetasi Mangrove

Kerapatan mangrove diukur dengan menggunakan metode analisis vegetasi (Kusmana, 1997) dengan menggunakan rumus

$$\text{Kerapatan (ind/ha)} = \frac{\text{jumlah individu mangrove}}{\text{luas areal mangrove}}$$

2. Keaneakeragaman Hayati Mangrove

a. Rumus kekayaan Jenis. Menggunakan rumus margaleff (Ludwig dan Reynold, 1988 dan Maguraan, 1988)

$$D_{mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

S = Jumlah Jenis yang teramati

N = Jumlah total individu yang teramati

b. Heterogenitas menggunakan rumus Shanon Wiener (Ludwig dan Reynold, 1988)

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) (\log_2 p_i)$$

H' = indeks shanon wiener

Pi = proporsi jumlah individu jenis ke-l

s = jumlah jenis

3. Indeks Asosiasi

Analisis data yang digunakan untuk asosiasi mangrove di Pelawangan Timur Segara Anakan, Cilacap yaitu menggunakan *Chi-square* hitung (Kurniawan et al., 2008) dengan tahapan :

- *Chi-square* hitung (Ludwig dan Reynold, 1988 dan Krebs, 1989).

$$\text{Chi-square hitung} = \frac{N (ad-bc)^2}{(a+b) (a+c) (c+d) (b+d)}$$

a = Jumlah titik pengamatan yang mengandung jenis A dan jenis B,

b = Jumlah titik pengamatan yang mengandung jenis A saja,

c = Jumlah titik pengamatan yang mengandung jenis B saja,

d = Jumlah titik pengamatan yang tidak mengandung jenis A dan jenis B,

N = Jumlah titik pengamatan

		Jenis B	
		Ada	Tidak
Jenis A	Ada	A	B
	Tidak	C	D

Untuk mengetahui adanya kecenderungan berasosiasi atau tidak digunakan *Chi-square Test*. Nilai *Chi-square* hitung kemudian dibandingkan dengan nilai *Chi-square* table pada derajat bebas = 1, pada taraf uji 1 % dan 5 % (nilai 3,84). Asosiasi bersifat nyata apabila nilai *Chi-square* Hitung > nilai *Chi-square table*, Apabila nilai *Chi-square* Hitung < nilai *Chi-square table*, maka asosiasi bersifat tidak nyata (Ludwig dan Reynold, 1998). Asosiasi positif terjadi apabila suatu jenis tumbuhan hadir secara bersamaan dengan jenis tumbuhan lainnya dan tidak akan terbentuk tanpa adanya jenis tumbuhan lainnya tersebut. Asosiasi negatif terjadi apabila suatu jenis tumbuhan tidak hadir bersamaan. Berikut ini merupakan rumus dari asosiasi:

$$E(a) = \frac{(a+b)(a+c)}{N}$$

Asosiasi positif, apabila nilai $a > E(a)$
 Asosiasi negatif, apabila nilai $a < E(a)$

- Indeks Ochiai (Ludwig dan Reynold, 1988 dan Krebs, 1989).

$$IO = \frac{a}{\sqrt{a+c} \sqrt{a+b}}$$

IO = Indeks Ochiai,
 a = Jenis A dan B hadir,
 b = Jenis A hadir, B tidak hadir,
 c = Jenis A tidak hadir, B hadir

4. Pola zonasi mangrove dibangun dengan membangun kesesuaian factor lingkungan seperti salinitas dan tekstur dengan potensi vegetasi mangrove di Segara Anakan Cilacap

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Kerapatan dan Keanekaragaman Hayati Vegetasi Mangrove di Segara Anakan Cilacap Bagian Timur

Tingkat kerapatan dan Keanekaragaman Hayati vegetasi mangrove di Segara anakan Cilacap bagian Timur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat kerapatan dan Keanekaragaman Hayati vegetasi mangrove di Segara Anakan Cilacap bagian Timur

Areal	Stasiun	Koordinat	Kerapatan Total (Ind/ha)	Kelimpahan Jenis	Kelas	Kekayaan Jenis	Kelas
Segara Anakan Timur 1	1	07°42'37.10" LU 108°59'43.88" BT	1900	1.48	sedang	1.15	Sedang
	2	07°42'38.53" LU 108°59'43.96" BT	2850	0.75	Rendah	1.48	Sedang
	3	07°42'38.08" LU 108°59'26.46" BT	725	1.71	sedang	2.08	Baik
	4	07°42'36.54" LU 108°59'25.86" BT	1820	1.06	sedang	1.11	sedang
Segara Anakan Timur 2	5	07°42'13.74" LU 108°59'24.02" BT	300	1.15	sedang	1.37	sedang
	6	07°42'12.21" LU 108°59'24.05" BT	1500	0.64	Rendah	0.37	rendah
	7	07°41'22.72" LU 108°59'52.67" BT	1160	1.05	sedang	1.23	sedang
	8	07°41'18.67" LU 108°59'56.81" BT	1450	1.49	sedang	1.23	sedang
	9	07°40'58.84" LU 109°00'01.18" BT	4000	0.52	Rendah	0.59	rendah
	10	07°43'30.26" LU 108°59'20.86" BT	2325	0.88	Rendah	0.44	rendah
	11	07°43'34.72" LU 108°58'58.89" BT	1250	1.22	sedang	1.02	sedang
	12	07°43'37.55" LU 108°58'58.28" BT	2175	1.32	sedang	1.34	sedang

Sumber : Survey tahun 2015

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata kerapatan vegetasi mangrove (diameter >4 cm) di Segara Anakan Timur wilayah 1 adalah 1823 individu/ha termasuk kategori sedang (Maguran, 1998) dengan kelimpahan jenis (indeks shanon wiener sekitar 1.25 (sedang) (Maguran, 1998) dan kekayaan jenis 1.45. Sedangkan Untuk areal Segara Anakan Timur wilayah 2 memiliki kerapatan rata-rata yang lebih rendah dibandingkan Segara Anakan Timur Bagian 1 yaitu sekitar 1770 individu/ha (sedang), demikian juga indeks kelimpahan 1.03 (sedang) dan kekayaan jenis 0.948 lebih rendah dibandingkan dengan Segara Anakan Timur wilayah 1. Kerapatan yang merupakan suatu indeks kepadatan individu dalam menguasai ruang atau areal (Desmukh, 1992) menunjukkan kualitas lingkungan untuk mendukung pertumbuhannya. Kerapatan mangrove yang baik ≥ 1500 ind/ha, kerapatan anakan yang baik sebanyak ≥ 2500 ind/ha dan kerapatan semai sebesar ≥ 5000 ind/ha (Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan, 1997).

Namun secara keseluruhan, diameter vegetasi di ekosistem mangrove pada Segara Anakan Timur ini termasuk dalam kategori kecil-kecil, karena dari hasil distribusi diameter hanya berkisar 6 – 10 cm (hampir 97. %) (Hilmi et al, 2015). Hal ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di Segara anakan Timur ini sedang mengalami proses suksesi sekunder (Odum, 1971). Tingginya potensi vegetasi mangrove berdiameter < 10 cm ini memberikan harapan untuk pengembangan mangrove di masa datang (Future trees). Hal ini disebabkan karena Segara Anakan termasuk bagian Timur merupakan areal yang cocok untuk pengembangan ekosistem mangrove. Hal ini disebabkan karena areal segara anakan memiliki kisaran salinitas hingga 4.47 – 17 ppt (Hilmi et al., 2015) dan termasuk

sangat sesuai untuk pertumbuhan vegetasi mangrove (Hutchings and Saenger, 1987 dan Aksorkonkoe, 1993), pH air antara 7 – 7, DO sekitar 3 – 5.4 mg/l (rendah) dan ketinggian tempat sekitar 5 – 20 mdpl (Hilmi et al, 2015)

Selain kesesuaian kualitas air, ekosistem mangrove di Segara Anakan bagian Timur juga memiliki kesesuaian dari edafisnya. Dari Tekstur tanah termasuk liat berdebu, lempung berpasir, lempung berdebu hingga liat termasuk sebagai areal yang sesuai untuk tumbuh dan berkembangnya mangrove. Namun dari pyrite menunjukkan kiasaran antara 1.128 (dibawah baku mutu) – 3.593 (diatas baku mutu, yaitu > 1.12). Nilai pyrite akan mengakibatkan keracunan bagi mangrove jika tanah di areal mangrove terbuka. Masuknya air ke tanah mangrove akan mengakibatkan pyrit akan bereaksi membentuk senyawa asam. Senyawa tersebut akan membahayakan bagi kehidupan biota di ekosistem mangrove.

Sebaran Vegetasi Mangrove di Segara Anakan Cilacap

Sebaran jenis yang ditentukan oleh tingkat kerapatan jenis-jenis mangrove terhadap habitat mangrove di Segara Anakan. Sebaran vegetasi mangrove tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Pada stasiun 1 Segara Anakan Timur 1 tidak ada jenis yang dominan dalam penguasaan habitat mangrove walaupun ada jenis yang resesif yaitu jenis *Xylocarpus granatum* dan *S. caseolaris*. Sedangkan pada stasiun 2, jenis *A. marina* sangat dominan dalam menguasai areal tersebut hingga membentuk zonasi yang khas yaitu zonasi avicennia. Zonasi yang khas muncul lagi pada Stasiun 4 dengan jenis yang sangat dominan adalah *R. apiculata*.

Tabel 2. Sebaran Kerapatan dari Vegetasi Mangrove di Segara Anakan Bagian Timur Cilacap.

Lokasi	Stasiun	Jenis	Kerapatan (Ind/ha)	Lokasi	Stasiun	Jenis	Kerapatan (ind/ha)
Segara Anakan Timur 1	1	<i>A. corniculatum</i>	525	Segara Anakan Timur 2	5	<i>A. marina</i>	67
		<i>A. marina</i>	525			<i>Heritiera littoralis</i>	33
		<i>R. apiculata</i>	550			<i>N. frutican</i>	33
		<i>R. mucronata</i>	225			<i>R. apiculata</i>	167
		<i>S. caseolaris</i>	50			<i>R. apiculata</i>	500
		<i>X. granatum</i>	25			<i>N. frutican</i>	1000
	2	<i>A. corniculatum</i>	200		7	<i>A. floridum</i>	80

3	<i>A. marina</i>	2350	8	<i>B. gymnorhiza</i>	40
	<i>C. tagal</i>	75		<i>B. sexanggula</i>	60
	<i>R. apiculata</i>	75		<i>C. tagal</i>	160
	<i>R. mucronata</i>	50		<i>R. apiculata</i>	800
	<i>S. alba</i>	75		<i>S. caseolaris</i>	20
	<i>S. caseolaris</i>	25		<i>A. floridum</i>	575
	<i>A. alba</i>	25		<i>A. marina</i>	175
	<i>A. marina</i>	50		<i>B. gymnorhiza</i>	25
	<i>B. gymnorhiza</i>	25		<i>N. frutican</i>	250
	<i>C. tagal</i>	300		<i>R. apiculata</i>	350
4	<i>N. frutican</i>	50	9	<i>X. granatum</i>	75
	<i>R. apiculata</i>	50		<i>A. corniculatum</i>	3325
	<i>R. mucronata</i>	150		<i>B. gymnorhiza</i>	25
	<i>S. caseolaris</i>	75		<i>C. tagal</i>	50
	<i>A. alba</i>	40		<i>R. apiculata</i>	600
	<i>A. floridum</i>	120		<i>A. floridum</i>	1525
	<i>A. marina</i>	380		<i>R. apiculata</i>	475
	<i>R. apiculata</i>	1180		<i>R. mucronata</i>	325
	<i>R. mucronata</i>	20		<i>C. tagal</i>	50
	<i>S. caseolaris</i>	80		<i>Excoecaria aggallocha</i>	125
12			11	<i>N. frutican</i>	500
				<i>R. apiculata</i>	50
				<i>X. granatum</i>	525
			12	<i>A. alba</i>	250
				<i>A. floridum</i>	900
				<i>A. marina</i>	75
				<i>N. frutican</i>	50
				<i>R. apiculata</i>	25
				<i>S. caseolaris</i>	50
				<i>X. granatum</i>	825

Sedangkan Pada Segara Anakan Timur 2 banyak ditemukan zonasi *Aegiceras* spp yaitu pada plot 12, 10, dan plot 9. Zonasi *N. frutican* muncul pada plot 6, dan *R. apiculata* yang banyak ditemukan pada plot 6 dan 7. Pola sebaran vegetasi melalui potensi kerapatan menunjukkan potensi penguasaan sumber hara oleh jensi vegetasi mangrove. Vegetasi mangrove yang memiliki kerapatan tertinggi berarti memiliki tingkat penguasaan hara yang terbesar (Ray et al., 2014 dan Tama et al., 2009). Secara umum ekosistem mangrove memiliki di Segara Anakan bagian Timur memiliki

potensi salinitas 4–17 ppt ini sangat cocok untuk pertumbuhan semua jenis vegetasi mangrove untuk tumbuh dan berkembang.

Asosiasi Vegetasi Mangrove di Segara Anakan Cilacap Bagian Timur

Asosiasi adalah suatu modal hubungan antar komunitas yang khas, ditemukan dengan kondisi yang sama dan berulang di beberapa lokasi. Asosiasi dicirikan dengan adanya komposisi floristik yang mirip, memiliki fisiognomi yang seragam dan sebarannya memiliki habitat yang khas (Mueller-Dombois dan Ellenberg,

1974; Barbour et al., 1999 dan Kurniawan *et al.*, 2008). Asosiasi akan menunjukkan hubungan kekerabatan antar vegetasi yang dibandingkan.

Potensi Asosiasi Vegetasi mangrove di Segara Anakan Bagian Timur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Asosiasi vegetasi Mangrove di Segara Anakan Cilacap. Bagian Timur

Jenis pasangan	X ² t hit	Tipe asosiasi	E(a)	IO
Segara Anakan Timur 1				
<i>A. caseolaris</i> dengan <i>R. mucronata</i>	5,73 *	-	2,23	0
<i>S. caseolaris</i> dengan <i>A. alba</i>	4,5 *	-	2	0
<i>S. caseolaris</i> dengan <i>A. corniculatum</i>	1,12 ^{ns}	Td	0,67	0
<i>S. caseolaris</i> dengan <i>S. alba</i>	0,53 ^{ns}	Td	0,33	0
<i>R. mucronata</i> dengan <i>A. Alba</i>	2,92 ^{ns}	Td	2,33	0,62
<i>R. mucronata</i> dengan <i>A. corniculatum</i>	0,12 ^{ns}	Td	0,78	0,27
<i>R. mucronata</i> dengan <i>S. alba</i>	0,67 ^{ns}	Td	0,39	0
<i>A. corniculatum</i> dengan <i>A. alba</i>	0,28 ^{ns}	Td	0,67	0,29
<i>A. corniculatum</i> dengan <i>S. Alba</i>	8,47 *	+	0,11	0,71
<i>A. alba</i> dengan <i>S. alba</i>	2,12 ^{ns}	Td	0,33	0,41
<i>A. officinalis</i> dengan <i>S. caseolaris</i>	0,53 ^{ns}	Td	0,33	0
<i>A. officinalis</i> dengan <i>A. corniculatum</i>	0,13 ^{ns}	Td	0,11	0
<i>A. officinalis</i> dengan <i>R. mucronata</i>	0,03 ^{ns}	Td	0,89	0,25
<i>A. officinalis</i> dengan <i>A. alba</i>	0,64 ^{ns}	Td	0,37	0
<i>A. officinalis</i> dengan <i>S. alba</i>	0,62 ^{ns}	Td	0,06	0
<i>A. marina</i> dengan <i>A. officinalis</i>	0,13 ^{ns}	Td	0,11	0
<i>A. marina</i> dengan <i>A. alba</i>	0,86 ^{ns}	Td	0,55	0
<i>A. marina</i> dengan <i>R. mucronata</i>	1,43 ^{ns}	Td	0,78	0
<i>A. marina</i> dengan <i>A. corniculatum</i>	0,28 ^{ns}	Td	0,22	0
<i>A. marina</i> dengan <i>S. alba</i>	0,13 ^{ns}	Td	0,11	0
<i>A. marina</i> dengan <i>S. caseolaris</i>	4,5 *	+	0,67	0,58
Segara Anakan Timur 2				
<i>A. marina</i> dengan <i>A. officinalis</i>	5.45	+	1	0.17
<i>A. marina</i> dengan <i>R. apiculata</i>	0.8	Td	2	1.5
<i>A. marina</i> dengan <i>R. mucronata</i>	1.92	Td	1	0.33
<i>A. marina</i> dengan <i>T. catappa</i>	0.48	Td	0	0.33
<i>A. marina</i> dengan <i>S. caseolaris</i>	0.22	Td	0	0.17
<i>A. marina</i> dengan <i>A. corniculatum</i>	0.8	Td	1	0.5
<i>A. marina</i> dengan <i>B. parviflora</i>	0.22	Td	0	0.17
<i>A. marina</i> dengan <i>C. tagal</i>	0.48	Td	0	0.33
<i>A. officinalis</i> dengan <i>R. apiculata</i>	0.36	Td	1	0.75
<i>A. officinalis</i> dengan <i>R. mucronata</i>	0.22	Td	0	0.17
<i>A. officinalis</i> dengan <i>T. catappa</i>	0.22	Td	0	0.17
<i>A. officinalis</i> dengan <i>S. caseolaris</i>	0.09	Td	0	0.08
<i>A. officinalis</i> dengan <i>A. corniculatum</i>	0.36	Td	0	0.25
<i>A. officinalis</i> dengan <i>B. parviflora</i>	0.09	Td	0	0.08
<i>A. officinalis</i> dengan <i>C. Tagal</i>	0.22	Td	0	0.17
<i>R. apiculata</i> dengan <i>R. mucronata</i>	0.8	Td	2	1.5
<i>R. apiculata</i> dengan <i>T. catappa</i>	0.8	Td	2	1.5
<i>R. apiculata</i> dengan <i>S. caseolaris</i>	0.36	Td	1	0.75
<i>R. apiculata</i> dengan <i>A. corniculatum</i>	1.34	Td	3	0,25
<i>R. apiculata</i> dengan <i>B. parviflora</i>	0.36	Td	1	0.75
<i>R. apiculata</i> dengan <i>C. tagal</i>	0.8	Td	1	1.5
<i>R. mucronata</i> dengan <i>T. catappa</i>	0.48	Td	0	0.33
<i>R. mucronata</i> dengan <i>S. caseolaris</i>	5.45	+	1	0.17

<i>R. mucronata</i> dengan <i>A. curviculatum</i>	7.2	+	2	0.5
<i>R. mucronata</i> dengan <i>B. parviflora</i>	0.22	Td	0	0.17
<i>R. mucronata</i> dengan <i>C. tagal</i>	0.48	Td	0	0.33
<i>T. catappa</i> dengan <i>S. caseolaris</i>	0.22	Td	0	0.17
<i>T. catappa</i> dengan <i>A. curviculatum</i>	0.8	Td	0	0.5
<i>T. catappa</i> dengan <i>B. parviflora</i>	0.22	Td	0	0.17
<i>T. catappa</i> dengan <i>C. tagal</i>	0.48	Td	0	0.33
<i>S. caseolaris</i> dengan <i>A. curviculatum</i>	3.27	Td	1	0.25
<i>S. caseolaris</i> dengan <i>B. parviflora</i>	0.09	Td	0	0.08
<i>S. caseolaris</i> dengan <i>C. tagal</i>	0.22	Td	0	0.17
<i>A. curviculatum</i> dengan <i>B. parviflora</i>	3.27	Td	1	0.25
<i>A. curviculatum</i> dengan <i>C. tagal</i>	0.8	Td	0	0.5
<i>B. parviflora</i> dengan <i>C. tagal</i>	0.22	Td	0	0.17

Secara umum berdasarkan Tabel 1. Jenis-jenis vegetasi mangrove yang memiliki pola kekerabatan adalah *A. caseolaris* dengan *R. mucronata*, *S. caseolaris* dengan *A. alba*, *A. curviculatum* dengan *S. alba*, *A. marina* dengan *S. caseolaris*, *A. marina* dengan *A. officinalis*, *R. mucronata* dengan *S. caseolaris* dan *R. mucronata* dengan *A. curviculatum*. Baik positif maupun negatif. Pada dasarnya asosiasi terbagi menjadi dua yaitu asosiasi positif dan asosiasi negatif. Asosiasi positif, apabila nilai $a > E$ (a) berarti pasangan jenis terjadi bersama lebih sering dari yang diharapkan. Asosiasi negatif, apabila nilai $a < E$ (a) berarti pasangan jenis terjadi bersama kurang sering dari yang diharapkan. Asosiasi positif terjadi apabila suatu jenis tumbuhan hadir secara bersamaan dengan jenis tumbuhan lainnya dan tidak akan terbentuk tanpa adanya jenis tumbuhan lainnya tersebut. Asosiasi negatif terjadi apabila suatu jenis tumbuhan tidak hadir secara bersamaan.

Menurut Barbour et. al., (1999) bahwa bila jenis berasosiasi secara positif maka akan menghasilkan hubungan spasial positif terhadap pasangannya. Jika satu pasangan didapatkan dalam sampling, maka kemungkinan besar akan ditemukan pasangan lainnya tumbuh di dekatnya (Ludwig dan Reynold, 1988). Hubungan asosiasi positif pada vegetasi mangrove bukan berarti hubungan saling menguntungkan (mutualism), dan hubungan asosiasi negative bukan berarti saling predasi. Hubungan asosiasi pada vegetasi mangrove menunjukkan adanya kesamaan atau kesesuaian habitat untuk tumbuh dan berkembangnya vegetasi mangrove. Jadi hubungan asosiasi harus dimaknai pada hubungan sering atau tidaknya vegetasi tersebut ditemukan pada areal tersebut.

Hubungan lainnya dalam konteks struktur komunitas adalah hubungan kekerabatan (*affinity*) yang memberikan gambaran tentang derajat spesies yang overlap dalam suatu penggunaan sumber daya. Overlap didefinisikan sebagai pola dalam pemanfaatan suatu tempat hidup spesies yang sesuai yang dibagi dengan spesies lain, pemanfaatan tempat hidup yang sesuai berdasarkan pada sifat spesies sebagai diet, mikrohabitat pilihan, dan pemilihan waktu aktifitas (Ludwig dan Reynold, 1988).

Spesies setelah mendapatkan pola pemanfaatan sumber daya yang sesuai akan memiliki derajat overlap yang tinggi, dan sebaliknya spesies dengan pola pemanfaatan sumber daya yang kurang sesuai mempunyai tingkat overlap yang rendah. Kedudukan yang sesuai ataupun tempat yang cocok bagi suatu spesies berdasar sifat spesies sebagai diet, mikrohabitat pilihan, dan pemilihan waktu aktifitas (e. g. mencari makan) (Ludwig dan Reynold, 1988). Dalam pola asosiasi dikenalkan indeks empiris ke ukuran tingkat keserupaan atau salip dari spesies yang berbeda dalam suatu sumber daya. overlap indeks diklasifikasikan sebagai ukuran jarak, indeks asosiasi, koefisien korelasi, penggalan informasi dan percobaan statistik. dalam pengukuran indeks asosiasi ini juga menggunakan Levine index for overlap (LO).

Pada kasus di Segara Anakan potensi overlap hanya berkisar sekitar 62 % untuk jenis *R. mucronata* terhadap *A. alba*, overlap 75 % untuk jenis *R. apiculata* terhadap *S. caseolaris* dan Overlap 75 % dari jenis *R. apiculata* terhadap *B. parviflora*. Hal ini berarti jenis-jenis lain tidak terlalu sering berada di habitat yang sama. Hal ini menunjukkan suatu kekhususan jenis-jenis mangrove untuk membentuk zonasi

atau cluster dari jenis-jenis yang sama. Pengelompokan ini akan membentuk zonasi mangrove yang khas

Zonasi Vegetasi Mangrove di Segara Anakan Bagian Timur

Zonasi adalah lapisan vegetasi mangrove yang dipengaruhi oleh keadaan tempat tumbuh spesifik yang berbeda dari satu tempat ke tempat lain. Zonasi mangrove merupakan tanggapan adaptasi vegetasi mangrove terhadap perubahan dari lamanya waktu penggenangan, salinitas tanah, tersedianya sinar matahari, aliran pasang surut dan aliran air tawar. Zonasi ekosistem mangrove ditentukan oleh keadaan tanah, salinitas,

penggenangan, kerasnya pasang surut, laju pengendapan dan pengikisan, serta ketinggian nisbi darat dan air.

Zonasi juga dapat dianggap sebagai penggambaran tahapan suksesi yang sejalan dengan perubahan tempat tumbuh. Perubahan tempat tumbuh sangat bersifat dinamis yang disebabkan oleh adanya laju pengendapan atau pengikisan. Daya adaptasi tiap jenis terhadap keadaan tempat tumbuh akan menentukan komposisi jenis tiap zonasi. Semakin jauh dari laut maka suatu jenis akan menggantikan jenis lain, sampai ke daerah peralihan yaitu menjadi komunitas rawa, air tawar dan hutan pedalaman (Istomo, 1992). Zonasi mangrove di wilayah Ekosistem mangrove Segara Anakan Timur dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Zonasi Ekosistem Mangrove di Segara Anakan Bagian Timur

Zonasi	Salinias (ppt)	Posfat (mg/kg)	Nitrat (ppm)	Tekstur	Jenis	Zonasi
Pohon						
1	0 - 5	219.10 - 225.90	12.18 - 20.82	Liat berdebu - Lempung berliat	<i>A. alba</i> <i>A. floridum</i> <i>A. marina</i> <i>R. apiculata</i> <i>R. mucronata</i> <i>S. caseolaris</i>	<i>Avicennia</i> – <i>Rhizophora</i>
2	6 – 10	120.90 - 235.30	11.90 - 19.90	Liat-lempung berliat	<i>A. alba</i> <i>A. marina</i> <i>B. gymnorhiza</i> <i>C. tagal</i> <i>N. frutican</i> <i>R. apiculata</i> <i>R. mucronata</i> <i>S. caseolaris</i> <i>A. corniculatum</i>	<i>Avicennia</i> – <i>Rhizophora</i> - <i>Sonneratia</i>
3	10 - 15	211.45 - 215.34	20.67 - 21.35	Liat - liat berpasir	<i>A. marina</i> <i>C. tagal</i> <i>R. apiculata</i> <i>R. mucronata</i> <i>S. alba</i> <i>S. caseolaris</i>	<i>Ceriops</i> – <i>Rhizophora</i> - <i>Sonneratia</i>
Amakan						
I	0 – 5			Liat	- <i>A. marina</i> - <i>R. apiculata</i> - <i>R. mucronata</i>	<i>Avicennia</i> - <i>Rhizophora</i>
II	6 – 10			Lempung liat berpasir	- <i>A. marina</i> - <i>R. apiculata</i> - <i>X. granatum</i>	<i>Avicennia</i> - <i>Rhizophora</i>

	- <i>N. fruticans</i>	
Liat	- <i>R. apiculata</i> - <i>R. mucronata</i>	<i>Rhizophora</i>
Liat berdebu	- <i>C. tagal</i> - <i>R. apiculata</i> - <i>R. mucronata</i> - <i>A. cumiculatum</i>	<i>Ceriops</i> <i>Rhizophora</i>
Lempung berpasir	- <i>A. marina</i> - <i>A. opicinallis</i> - <i>R. apiculata</i> - <i>S. caseolaris</i>	<i>Avicennia</i> - <i>Rhizophora</i>
	- <i>A. marina</i> - <i>R. apiculata</i> - <i>R. mucronata</i> - <i>A. cumiculatum</i>	<i>Avicennia</i> - <i>Rhizophora</i> - <i>Aegiceras</i>

Dari Tabel 4 ditunjukkan bahwa zonasi mangrove di Segara Anakan Bagian Timur tidak sesuai dengan apa yang ditulis oleh Waston (1928) dan Anwar et al., (1984), bahwa hutan mangrove dapat dibagi menjadi lima bagian berdasarkan frekuensi air pasang, yaitu ; (1) Zona yang terdekat dengan laut, dikuasai oleh *Avicennia* spp. dan *Sonneratia* spp, (2) Zona yang tumbuh pada tanah kuat dan cukup keras serta dicapai oleh beberapa air pasang. Zona ini sedikit lebih tinggi yang biasanya didominasi oleh *B. cylindrica*. (3) Kearah daratan lagi, zona ini dikuasai oleh *Rh. mucronata* dan *Rh. apiculata*. Jenis *Rh. mucronata* lebih banyak dijumpai pada kondisi yang agak basah dan lumpur yang agak dalam. Pohon lain yang juga terdapat pada hutan ini mencakup *B. parviflora* dan *X. granatum*, (4) Hutan yang dikuasai oleh *B. parviflora* kadang-kadang dijumpai tanpa jenis pohon lainnya. Hutan ini juga terdapat pada lahan bekas tegakan *Rhizophora* spp. (5) Hutan mangrove paling belakang dikuasai oleh *B. gymnorrhiza*.

Namun pada dasarnya zonasi ekosistem mangrove tergantung dari tingkat adaptasi tiap jenis tumbuhan terhadap lingkungan. Daya adaptasi dari tiap jenis tumbuhan mangrove terhadap keadaan tempat tumbuh akan menentukan komposisi jenisnya. Setiap zonasi diidentifikasi berdasarkan individu jenis mangrove atau kelompok jenis dan diberi nama sesuai dengan jenis yang dominan atau sangat melimpah (Hilmi, 2005). Zonasi mangrove dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti tekstur tanah, salinitas, dan pasang surut. Pengaruh tekstur tanah antara lain

ditunjukkan oleh genus *Rhizophora*. Di daerah-daerah dengan tanah berlumpur dalam, *R. mucronata* merupakan vegetasi yang dominan, sedangkan daerah-daerah yang berlumpur dangkal didominasi oleh *R. apiculata*. Pengaruh salinitas ditunjukkan oleh kenyataan bahwa bila salinitas menurun karena banyaknya air tawar maka *Rhizophora* spp akan merana dan permudaannya digantikan oleh jenis yang kurang peka terhadap perubahan salinitas misalnya *Lumnitzera* spp. Pasang surut juga memberikan kontribusi bagi perubahan massa air tawar dan air asin, yang akhirnya memberikan pengaruh terhadap perubahan dan penyebaran jenis-jenis mangrove (Hilmi, 2005).

KESIMPULAN

Tingkat kerapatan ekosistem mangrove Segara Anakan Timur 2 memiliki kerapatan, keanekaragaman hayati yang lebih rendah dibandingkan Segara Anakan Timur 1. Namun yang perlu diperhatikan adalah sebagian besar dari vegetasi mangrove yang memiliki kelas diameter yang kecil. Jenis-jenis yang dominan di Segara Anakan Bagian Timur adalah *S. caseolaris*, *A. marina* dan *R. apiculata*. Sedangkan dari sisi kekerabatan, maka jenis-jenis vegetasi mangrove yang memiliki pola kekerabatan adalah *A. caseolaris* dengan *R. mucronata*, *S. caseolaris* dengan *A. alba*, *A. corniculatum* dengan *S. alba*, *A. marina* dengan *S. caseolaris*, *A. marina* dengan *A. officinalis*, *R. mucronata* dengan *S. caseolaris* dan *R. mucronata* dengan *A. Cumiculatum*. Zonasi vegetasi mangrove di Segara Anakan terdiri dari

zone 1 yang dikuasai oleh *Avicennia* – *Rhizophora*, Zone 2 dikuasai oleh *Avicennia* – *Rhizophora-Sonneratia* dan Zone 3 dikuasai *Ceriops* – *Rhizophora* – *Sonneratia*. Zonasi di Segara Anakan Timur tidak sesuai dengan aturan baku zonasi mangrove.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Agung Dhamar Syakti dan Drs Asrul Sahri Siregar, M.Si sebagai mitra peneliti serta Rima Novaliani dan Luviana Febriyani selaku mahasiswa bimbingan yang membantu penelitian ini. Penelitian ini didukung oleh pendanaan dari Dirjen Dikti Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui Hibah Kompetensi.

DAFTAR PUSTAKA

Aksornkoe, S. 1993. Ecology and Management of Mangrove. IUCN Wetland Program. Bangkok

Alfaro, A.C. 2006. Benthic macro-invertebrate community composition within a mangrove/seagrass estuary in northern New Zealand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 66 (2006) 97-110

Anwar, S., S.J. Damanik., N. Hisyam., dan A.J. Witten. 1984. *Ekologi Sumatera*. GajahmadaUniversity Press. Yogyakarta

APHA (American Public Healt Association). 2005. *Standar methods for the examination of water and waste water*. 21 nd ANWA, WPCF, New York.

APHA (American Public Healt Association). 2012. *Standard Methods for The Examination of Water andWastewater*. 21th Edition. APHA, Washington.

Barbour, G.M., J.K. Busk and W.D. Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology: The Benyamin/Cummings Publishing company, Inc, New York*.

Bengen. D. G. dan I. M. Dutton 2004. Interaction: mangroves, fisheries and forestry management in Indonesia. H. 632-653. Dalam Northcote. T. G. dan Hartman (Ed), *Worldwide watershed interaction and management*. Blackwell science. Oxford. UK

Davidson, J., C. Good., C.Welsh., B.Brazil., S. Summerfelt . 2009. Heavy metal and waste metabolite accumulation and their potential effect on rainbow trout performance in a replicated water reuse system operated at low or high system flushing rates. *Aquacultural Engineering* 41 (2009) 136–145

Desmukh.1992. *Ekologi dan Biologi Tropika*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.

Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan. 1997. *Inventarisasi dan Identifikasi Hutan Mangrove di Lima Provinsi*. Departemen Kehutanan dan Perkebunan RI, Jakarta.

Ellison, A.M. 2008. Managing mangroves with benthic biodiversity in mind: Moving beyond roving banditry. *Journal of Sea Research* 59 (2008) 2–15

FAO. 1994. *Forest Management Guidelines*. Roma. Italia

Garci'aa, M., F. Sotob., J.M Gonza' lez., E.Be'caresc . 2008. A comparison of bacterial removal efficiencies in onstructed wetlands and algae-based systems. *ecological engineering* 3 2 (2008) 238–243

Hamilton, L.S. and S.C. Snedaker. 1984. *Handbook for Mangrove Area Management*. IUCN Commission on Ecology Gland. Honolulu.

Hilmi, E. 2005. *Ekologi Mangrove (Pendekatan Karakteristik, Statistik dan Analisis bagi Suatu Ekosistem)*. Program Sarjana Perikanan dan Kelautan. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.

Hilmi, E. 2014a. Pengurangan Abrasi Pantai Melalui Peningkatan Peran Ekosistem Mangrove Sebagai Jalur Hijau. *Pertemuan Ilmiah Tahunan (Pit) Riset Kebencanaan 2014*, Surabaya 3 – 5 Juni 2014

Hilmi, E. 2014b. Reducing Tsunami Disaster Effect Using Rehabilitation Design Base On Mangrove Properties (Elasticity And Rupture. Presented In International Seminar Awest-Dr, Unsiyah Aceh, October22 – 24Th 2014

Hilmi, E., A.D.Syakti Dan A.S. Siregar. 2014. *Strategi Konservasi Ekosistem Pesisir*

- Dan Mangrove Terhadap Ancaman Tsunami, Pencemaran Dan Kemampuan Untuk Menyerap Karbon (Sinkers Karbon). Laporan Akhir Hikom. Universitas Jenderal Soedirman.
- Hilmi, E., A.D.Syakti Dan A.S. Siregar. 2015. Strategi Konservasi Ekosistem Pesisir Dan Mangrove Terhadap Ancaman Tsunami, Pencemaran Dan Kemampuan Untuk Menyerap Karbon (Sinkers Karbon). Laporan Kemajuan Hikom. Universitas Jenderal Soedirman
- Hutchings, P and P. Saenger. 1987. Ecology of Mangrove. University of Queensland Press. New York
- Istomo. 1992. Tinjauan Ekologi Hutan Mangrove dan Pemanfaatannya di Indonesia. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Johnstone, L.M. 1983. Succession in zoned mangrove communities : where is the climax. Dr. W. Junk Publisher : Taks for Vegetation Science. 8 : 131 - 139
- Kathiresan, K and N. Rajendran. 2005. Coastal mangrove forest mitigated tsunami. (Elsevier). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65 (2005) : 601 -606 pp.
- Kerr, A.K., A.H. Baird and A.J. Campbell. 2006. Comments on coastal mangrove forest mitigated tsunami Kathiresan, K and N. Rajendran. 2005. Coastal mangrove forest mitigated tsunami. (Elsevier). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65 (2005) : 601 -606 pp. (Elsevier), 67 (2006) : 539 -541 pp
- Krasuss, K.W and J.A. Allen. 2003. Factors influencing the regeneration of the mangrove *Bruguiera gymnorhiza* (L) Lamk. On tropical Pacific Island. *Elsevier's Forest Ecology and Management*. 176 (2003) 49 – 60 pp.
- Krebs, 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publisher. New York. (online) tersedia www.krebs-ecological-methodology diakses 24 April 2014.
- Kurniawan, A. Undaharta N K, E. Pendit, I. M.R. 2008. Asosiasi Jenis-Jenis Pohon Dominan di Hutan Daratan Rendah Cagar Alam Tangkoo, Bitung, Sulawesi Utara. *Biodiversitas*. 9 (3) : 199 – 203
- Kusmana, C. 1996. A Estimation of Above and Below Ground Tree Biomass of a Mangrove Forest in East Kalimantan, Indonesia. Faculty of Forestry. Bogor Agricultural University. Bogor.
- Kusmana, C. 1997. Metode Vegetasi Survey. IPB Press. Bogor
- Kusmana, C. 2005. *Ekologi Mangrove*. Laboratorium Ekologi. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology*. United States of America.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Chapman and Hall: USA.
- Massel, S.R.m Furukawa, K., and Brinkman, R.M. 1999. Surface Wave Propagation in Mangrove Forest. *Fluid Dynamic Research Elsevier Science*, Amsterdam, Vol 24, 219 – 249 pp.
- Mazda, Y., Kanazawa, N., and Wolanski, E. 1995. Tidal asymmetry in mangrove creeks. *hydrobiologia. Kluwer Academic Publishers*, Belgium, Vol 295 : 51 -58 pp
- Mueller-dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and sons, New York
- Murdiyanto, B. 2003. *Mengenai, Memelihara, dan Melestarikan Ekosistem Bakau*. Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Odum, E.P. 1971. Fundamentals of ecology. Third Edition. Wb. Sounder Company Ltd. Philadelphia
- Ray, R., N. Majumder., S. Das., C. Chowdhury., T. K. Jana. 2014. Biogeochemical cycle of nitrogen in a tropical mangrove ecosystem, east coast of India. *Marine Chemistry* 167 (2014) 33–43
- Snedaker, S. C. Dan J. G. Snedaker. 1984. *The Mangrove Ecosystem Research Method*. UNESCO : New York
- Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup NO 201 Tahun 2004. *Kriteria Baku Dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove*. Kantor Menteri Negara

Lingkungan Hidup, Proyek Pembinaan
Kelestarian Sumberdaya Alam

- Tama, N.F.Y., A.H.Y. Wonga, M.H. Wongb, Y.S. Wongc 2009. Mass balance of nitrogen in constructed mangrove wetlands receiving ammonium-rich wastewater: Effects of tidal regime and carbon supply. *ecological engineering* 35 (2 0 0 9) 453–462
- Waston, J.G. 1928. Mangrove forest on Malay Peninsula. *Malay Record*. 6 : 1 – 127.
- Wickramasinghe, S., M. Borinb, S.W. Kotagamac., R.Cochardd., A. J. Ancenoa., O. V. Shipina. 2009. Multifunctional pollution mitigation in a rehabilitated mangrove conservation area. *Ecological Engineering* 35 (2009) 898–907
- Yulianti, R. Amalia dan P.G. Ariastita. 2013. Arahana Pengendalian Konversi Hutan Mangrove Menjadi Lahan Budidaya di Kawasan Segara Anakan. *Jurnal Teknik ITS*. 1(1). ISSN: 2301-9271