

Keanekaragaman dan Kemelimpahan Makrozoobentos di Hutan Mangrove Hasil Rehabilitasi Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali

Diversity and abundance of macrozoobenthos in mangrove rehabilitation forest in Great Garden Forest Ngurah Rai Bali

YULIA RAHMA FITRIANA^{1,2,♥}

¹Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung (UNILA), Bandar Lampung 35145

²Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan, Fahatan, Institut Pertanian Bogor (IPB), Kampus Darmaga Bogor 16680

Diterima: 8 Juli 2005. Disetujui: 19 Desember 2005.

ABSTRACT

Rehabilitation of mangrove was required to increase biodiversity and abundance population of fauna, including macrozoobenthos. The aims of this research were to study influence of biotic and abiotic factors to diversity and abundance of macrozoobenthos. This research was conducted on June, 2003 in Great Garden Forest (Tahura) Ngurah Rai, Bali. The observation plots were *Rhizophora apiculata*'s and *Rhizophora mucronata*'s planted in different plant density. The results of this experiment showed that diversity and abundance of macrozoobenthos were not significant correlation to the density of the plants. The abundance of macrozoobenthos was negatively correlation to substrate texture.

© 2006 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: makrozoobenthos, diversity, abundance, rhizophora, mangrove.

PENDAHULUAN

Hutan mangrove dunia sebagian besar tersebar di daerah tropis, termasuk di Indonesia. Dari keseluruhan mangrove dunia, Indonesia memiliki area mangrove terluas (4,255 juta ha), disusul Brazil (1,340 juta ha), Australia (1,150 juta ha), dan Nigeria (1,0515 juta ha). Luas mangrove di Indonesia sekitar 23% dari total mangrove dunia (Spalding dkk., 1997). Saat ini mangrove telah mengalami degradasi karena berbagai sebab dan permasalahan yang dihadapinya. Degradasi hutan mangrove Indonesia terjadi akibat pemanfaatan yang kurang tepat atau mengalami perubahan fungsi, salah satunya menjadi areal pertambakan udang. Di samping itu, kegiatan pemanfaatan kayu hutan bakau untuk bahan baku arang dan kayu bakar menjadi pendorong menurunnya kualitas hutan mangrove. Hutan mangrove yang terdegradasi akan mengganggu keseimbangan ekosistem mangrove sehingga fungsi alamnya terganggu. Keadaan tersebut cukup mengkhawatirkan mengingat ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang memiliki berbagai fungsi dan manfaat, meliputi fungsi fisik, biologi, dan ekonomi atau produksi.

Upaya rehabilitasi hutan mangrove perlu memperhatikan faktor biotik dan abiotik. Keduanya mempengaruhi keberhasilan rehabilitasi mangrove. Menurut Marsono dkk. (1994) keberhasilan rehabilitasi mangrove dapat meningkatkan keanekaragaman dan populasi biota laut. Salah satu biota tersebut adalah golongan invertebrata

yang merupakan komponen penting ekosistem mangrove dan menyediakan berbagai sumber makanan bagi manusia dan hewan lain yang lebih tinggi tingkatan trofiknya (Chaudhuri dan Choudhury, 1994).

Invertebrata yang berupa organisme benthos (organisme yang hidup atau tinggal di dalam sedimen) memproduksi berjuta larva dalam bentuk meriplankton yang mendukung populasi ikan dan menjaga keseimbangan ekosistem dengan membuat lubang, sehingga air dan udara dapat masuk ke dalam tanah. Oleh karena itu, ulasan mengenai populasi makrozoobenthos (> 1 mm), sebagai bagian dari ekosistem mangrove, di kawasan rehabilitasi perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman dan kemelimpahan makrozoobenthos serta pengaruh beberapa aspek lingkungan di hutan mangrove hasil rehabilitasi Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan di Taman Hutan Raya Ngurah Rai, yang secara administratif termasuk dalam wilayah Kota Denpasar dan Kabupaten Badung, Propinsi Bali pada bulan Juni 2003. Secara geografis, kawasan ini terletak pada 115°09'-115°23' BT dan 08°42'-8°49' LS.

Cara kerja

Penentuan blok dan petak contoh

Penentuan petak contoh dilakukan dengan menentukan blok contoh terlebih dahulu. Tiga blok dipilih secara sengaja (*purposive*) dari keseluruhan lima blok penanaman yang ada atas dasar aksesibilitasnya. Pada setiap blok terpilih,

♥ Alamat korespondensi:
Jl. Sumatera Brojonegoro No.1, Bandar Lampung 35145.
Tel./Fax.: +62-721-701609 Pswt. 841.
e-mail: fitriana_euy@yahoo.com

petak contoh ditentukan dengan mempertimbangkan jarak tanam dan jenis tegakannya. Petak-petak contoh tersebut merupakan petak yang ditanami *Rhizophora apiculata* atau *Rhizophora mucronata* yang masing-masing berjarak tanam 1x1 m², 2x1 m², dan 2x2 m², dengan anggapan terdapat perbedaan kemelimpahan dan keanekaragaman makrozoobenthos pada setiap jarak tanam dan jenis tegakan.

Pengambilan data tegakan

Data tegakan diambil pada setiap petak contoh terpilih dengan menggunakan plot bujur sangkar dengan sisi 5 m yang diletakkan secara acak dalam petak. Jumlah plot setiap petak sebanyak tiga buah dan dianggap sebagai ulangan. Pada setiap plot, diukur tinggi dan diameter tegakan. Rata-rata tinggi dan diameter tegakan pada setiap petak didapat dengan merata-ratakan tinggi dan diameter tegakan pada setiap plot. Sementara itu, besaran data tegakan pada setiap petak didapat dengan merata-ratakan data dari plot-plot pengamatan.

Pengambilan contoh substrat

Pengukuran parameter fisika dan kimia substrat dilakukan pada setiap petak sebanyak satu kali. Parameter fisika yang diukur meliputi tekstur dan tipe substrat, sedangkan parameter kimia yang diukur adalah kandungan karbon organik. Pengambilan contoh substrat dilakukan dengan membenamkan pipa paralon sedalam 20 cm dan memindahkan substrat ke dalam kantong plastik. Pada setiap lokasi diambil 200 g contoh substrat. Contoh substrat dianalisis di Laboratorium Tanah IPB Bogor. Hasil analisis berupa kandungan karbon organik dan komposisi tekstur dengan satuan persen. Perhitungan kandungan karbon organik menggunakan metode Walkey & Black, kemudian dikategorikan berdasarkan persentasenya, yaitu sangat rendah jika kandungan karbon < 1,00; rendah 2,01-3,00; sedang 1-2,00; dan tinggi > 5,00. Penetapan komposisi tekstur dilakukan dengan cara pipet. Komposisi tekstur dapat dipergunakan untuk menetapkan kelas tekstur tanah. Penetapan tersebut dilakukan dengan menggunakan bantuan segitiga tekstur terhadap komposisi substrat yang diperoleh.

Pengambilan data lahan petak pengamatan dan contoh makrozoobenthos

Data mengenai lahan dari petak-petak pengamatan meliputi ketinggian lahan, salinitas di musim kering, drainase, dan waktu penanaman tegakan yang didapatkan dari *The Forest Inventory Data Card in Bali* (Ministry of Forestry and Japan International Cooperation Agency, 1999a,b). Data makrozoobenthos diambil pada setiap petak contoh terpilih sebanyak satu kali pada saat surut. Lokasi pengambilan data adalah di bawah tegakan yang berada dalam plot pengukuran tegakan. Pengambilan contoh makrozoobenthos yang ada di substrat dilakukan dengan membenamkan kotak berukuran 20x20 cm² sedalam 20 cm. Seluruh substrat yang berada di kotak tersebut diangkat dengan sekop, selanjutnya disimpan dalam kantong plastik.

Pemisahan antara makrozoobenthos dengan substrat dilakukan di laboratorium lapangan dengan bantuan air serta saringan berukuran 1 mm. Makrozoobenthos yang telah terpisah dari substratnya dimasukkan ke dalam larutan formalin 4% agar tidak membusuk dan rusak sebelum diidentifikasi. Contoh organisme makrozoobenthos diidentifikasi di Laboratorium Limnologi IPB Bogor. Data tersebut dianalisis untuk mendapat besaran kemelimpahan,

keanekaragaman, keseragaman, dominansi, dan indeks penyebarannya.

Kemelimpahan

Kemelimpahan adalah jumlah individu per satuan luas atau per satuan volume. Rumus yang digunakan adalah:

$$D_i = \frac{n_i}{A}$$

D_i : kemelimpahan individu jenis ke-i

n_i : jumlah individu jenis ke-i

A : luas kotak pengambilan contoh

Kemelimpahan setiap m² didapatkan dengan mengkonversi kemelimpahan setiap kotak pengambilan contoh makrozoobenthos.

Indeks keanekaragaman (Krebs, 1978a,b)

Indeks keanekaragaman (H') menggambarkan keanekaragaman, produktivitas, tekanan pada ekosistem, dan kestabilan ekosistem.

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

H' : indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

S : jumlah spesies

p_i : proporsi jumlah individu jenis ke-i dengan jumlah individu total contoh

Tolak ukur indeks keanekaragaman tersaji pada Tabel 1. (Restu, 2002).

Tabel 1. Nilai tolak ukur indeks keanekaragaman.

Nilai tolak ukur	Keterangan
$H' < 1,0$	Keanekaragaman rendah, miskin, produktivitas sangat rendah sebagai indikasi adanya tekanan yang berat dan ekosistem tidak stabil
$1,0 < H' < 3,322$	Keanekaragaman sedang, produktivitas cukup, kondisi ekosistem cukup seimbang, tekanan ekologis sedang.
$H' > 3,322$	Keanekaragaman tinggi, stabilitas ekosistem mantap, produktivitas tinggi, tahan terhadap tekanan ekologis.

Indeks Keseragaman (Krebs, 1978a,b)

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H_{maks}}$$

J' : indeks keseragaman (*Evenness index*)

H' : indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

S : jumlah spesies

Indeks dominansi (Simpson, 1949 dalam Odum, 1971; Southwood dan Anderson, 2000)

$$C = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 = \sum_{i=1}^s P_i^2$$

C : indeks dominansi (*Index of dominance*)

n_i : nilai dari setiap spesies (jumlah jenis individu ke-i)

N : nilai total dari seluruh spesies (jumlah individu total yang telah ditemukan)

P_i : perbandingan jumlah individu jenis ke-i dengan jumlah individu total yang telah ditemukan

Indeks penyebaran/dispersi jenis

$$Id = \frac{n \left[\left(\sum x_i^2 \right) - N \right]}{N(N-1)}$$

- Id : indeks penyebaran dispersi
 n : jumlah unit pengambilan contoh
 x_i : jumlah individu setiap petak contoh
 N : jumlah individu total yang diperoleh
 Kriteria :
 Id < 1 : penyebaran spesies seragam
 Id = 1 : penyebaran spesies secara acak
 Id > 1 : penyebaran mengelompok

Koefisien kesamaan (Krebs, 1978a,b)

$$B = \frac{\sum |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum (X_{ij} + X_{ik})}$$

- B : ukuran ketidaksamaan Bray-Curtis
 X_{ij}, X_{ik} : jumlah individu spesies ke-i dalam setiap contoh
 N : jumlah spesies dalam contoh
 Koefisien kesamaan ditentukan dengan 1-B.

Analisis data

Analisis data gabungan dilakukan dengan SPSS 11.0 for Windows (Santoso, 2003a,b), mencakup analisis kelompok dan uji non parametrik (Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, dan Spearman). Analisis kelompok (kluster) bertujuan untuk mengelompokkan petak-petak ke dalam suatu kelompok yang relatif homogen berdasarkan komponen yang diamati. Kelompok-kelompok yang didapat masing-masing memiliki sifat yang berbeda, sedangkan dalam satu kelompok, petak-petak memiliki sifat yang hampir serupa. Metode yang dilakukan adalah *hierarchical method* yang memulai pengelompokkan dengan dua atau lebih obyek yang mempunyai kesamaan paling dekat. Kemudian diteruskan ke obyek lain yang mempunyai kedekatan kedua dan seterusnya sehingga terbentuk semacam pohon dengan hirarki yang jelas antar obyek. Masing-masing kelompok menggambarkan karakteristik tertentu. Perhitungan rata-rata indeks keanekaragaman dan kemelimpahan dilakukan pada masing-masing kelompok, sehingga keanekaragaman dan kemelimpahan makrozoobentos dari kelompok-kelompok yang ada dapat dibandingkan.

Perbedaan kemelimpahan dan keanekaragaman pada masing-masing petak bertegakan *R. apiculata* dan *R. mucronata* diuji Mann-Whitney untuk mengetahui apakah dua buah sampel yang bebas berasal dari populasi yang sama. Berbeda tidaknya kemelimpahan, keanekaragaman dan kandungan karbon organik pada masing-masing jarak tanam dan pada kategori kandungan karbon organik diuji

Kruskal-Wallis untuk mengetahui apakah sampel-sampel tersebut berasal dari populasi yang sama. Korelasi antara kemelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos diuji Spearman dengan variabel kandungan pasir, debu, liat, karbon organik, dan jarak tanam.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Kondisi tegakan**

Tegakan *R. apiculata* mempunyai diameter rata-rata 2,12-5,12 cm dan tinggi 1,64-5,96 m. Sedangkan tegakan *R. mucronata* mempunyai diameter rata-rata 3,27-6,64 cm dan tinggi tegakan 3,26-6,55 m. Perbedaan diameter dan tinggi ini disebabkan perbedaan karakteristik lahan penanaman pada masing-masing blok. Berdasarkan kondisi pertumbuhan tegakan, petak-petak pada Blok V merupakan petak pertumbuhan yang kurang baik, walaupun tahun tanamnya tidak berbeda jauh dengan petak-petak lain. Tingkat keberhasilan hidup *R. apiculata* sangat rendah apabila jenis ini ditanam pada ketinggian lahan 110 cm atau lebih, sedangkan pada *R. mucronata* tidak ditemukan perbedaan tingkat keberhasilan hidup pada beberapa ketinggian lahan, tetapi cenderung menurun pada ketinggian lebih dari 200 cm (Taniguchi, 1997). Blok V cenderung memiliki karakteristik lahan (termasuk ketinggian, salinitas, dan kedalaman lumpur) yang kurang mendukung pertumbuhan mangrove, hal ini diduga mempengaruhi laju pertumbuhan tanaman di blok tersebut. Untuk mengetahui korelasi antara diameter dan tinggi, dilakukan uji korelasi Spearman. Hasil uji ini mengindikasikan bahwa diameter dan tinggi rata-rata tegakan pada kedua jenis tegakan memiliki korelasi yang nyata dan bersifat positif ($r_s=0,719$; probabilitas=0,001). Semakin besar diameter batang, maka semakin tinggi tegakannya, begitu pula sebaliknya.

Kondisi substrat dasar

Tipe substrat ditentukan dengan melihat perbandingan kandungan pasir, debu, dan liat. Di seluruh petak pengamatan, kandungan pasir dalam substrat lebih dominan dibandingkan kandungan debu dan liat (Tabel 2.). Berdasarkan perbandingan tersebut, didapatkan hasil bahwa substrat mangrove di petak-petak pengamatan pada umumnya adalah lempung berpasir dan pasir.

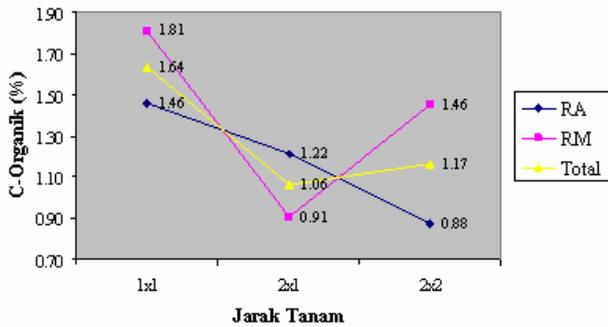
Bahan organik tanah merupakan material penyusun tanah yang berasal dari sisa tumbuhan dan binatang, baik yang berupa jaringan asli maupun yang telah mengalami pelapukan. Sumber utama bahan organik tanah berasal dari daun, ranting, cabang, batang, dan akar tumbuhan. Kandungan karbon organik di lokasi penelitian termasuk sangat rendah sampai sedang dengan kandungan berkisar 0,34-2,34%. Pada petak yang memiliki kandungan karbon organik lebih rendah, terlihat bahwa kandungan pasirnya jauh lebih tinggi dibandingkan petak yang memiliki kandungan karbon organik yang lebih tinggi. Ditinjau dari jenis tegakan dan jarak tanam, kandungan karbon organik lebih besar pada jarak tanam yang lebih rapat pada tegakan *R. apiculata* (Gambar 1.). Hal ini diduga karena semakin rapat jarak tanam, maka semakin banyak dihasilkan sumber bahan organik

Tabel 2. Kualitas substrat di lokasi pengamatan.

Jenis tegakan	Karakteristik substrat*	Blok II			Blok III			Blok V		
		(1X1)	(2X1)	(2X2)	(1X1)	(2X1)	(2X2)	(1X1)	(2X1)	(2X2)
RA	C-Organik	2,34	0,98	0,94	1,17	1,43	1,13	0,87	1,24	0,56
	Pasir	44,28	68,03	46,4	58,81	43,61	66,07	80,06	67,75	84,58
	Debu	20,3	21,65	32,37	17,9	30,02	19,4	16,86	21,62	10,15
	Liat	35,42	10,32	21,23	23,28	26,37	14,09	3,08	10,63	5,27
RM	C-Organik	1,92	1,17	1,58	1,47	1,21	1,28	2,04	0,34	1,51
	Pasir	31,43	79,64	65,92	66,24	81,21	57,28	64,45	97,09	63,48
	Debu	37,11	12,71	16,95	19,46	3,57	13,49	25,95	0,94	24,66
	Liat	31,46	7,65	17,13	14,3	15,22	29,23	9,6	1,97	1,86

Keterangan: RA=*Rhizophora apiculata*, RM=*Rhizophora mucronata*; * Satuan seluruh karakteristik dalam (%).

berupa serasah maupun sisa tumbuhan yang masuk ke dalam substrat. Sebaliknya pada petak bertegakan *R. mucronata*, kandungan karbon organik justru lebih tinggi di petak-petak berjarak tanam 2x2 m² dibandingkan dengan petak 2x1 m². Hal ini karena pada jarak yang lebih renggang pertumbuhannya lebih baik. Namun, berdasarkan uji Kruskal-Wallis, karbon organik pada berbagai jarak tanam tidak berbeda nyata, walaupun terdapat kecenderungan lebih tinggi pada petak-petak berjarak tanam 1x1 m².



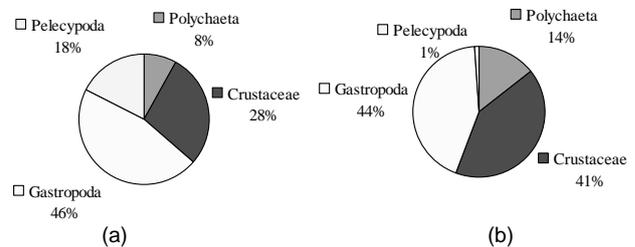
Gambar 1. Hubungan antara rata-rata kandungan karbon organik (C-organik) dengan jarak tanam pada tegakan *Rhizophora apiculata* (RA), *Rhizophora mucronata* (RM), dan rerata totalnya.

Jenis makrozoobenthos

Dari hasil pengamatan dijumpai 20 jenis makrozoobenthos, yang berasal dari empat kelas yaitu Polychaeta, Crustaceae, Gastropoda, dan Pelecypoda. Pada petak *R. apiculata* terdapat 12 jenis makrozoobenthos, yaitu *Lumbrineris* sp., *Notomastus* sp., *Heteromastus* sp., *Nereis* sp., *Maldane* sp., *Callianassa* sp., *Euplax* sp., *Uca* sp., *Cleistostoma* sp., *Littorina* sp., *Cerithium* sp., dan *Tellina* sp. Sedangkan pada petak *R. mucronata* terdapat 14 jenis makrozoobenthos, yaitu *Lumbrineris* sp., *Maldane* sp., *Scoloplos* sp., *Erichthonius* sp., *Alpheus* sp., *Metaplax* sp., *Uca* sp., *Ocypode* sp., *Sesarma* sp., *Littorina* sp., *Cerithium* sp., *Telescopium* sp., *Lyonsia* sp., dan *Tellina* sp. Crustaceae ditemukan hampir di seluruh petak, sedangkan yang jarang ditemukan di petak keseluruhan adalah Pelecypoda (Tabel 3.). Penyebaran tersebut sejalan pula dengan komposisi masing-masing kelas pada setiap jenis tegakan. Komposisi jenis Gastropoda dan Crustaceae lebih besar dibandingkan Pelecypoda dan Polychaeta (Gambar 2).

Crustaceae merupakan fauna mangrove dengan penyebaran yang luas (Pearson, 1985). Crustaceae dan Molusca mendominasi komunitas fauna benthik pada kebanyakan ekosistem mangrove (Kennish, 1990). Penyebaran yang luas ini menyebabkan komposisi kelas Gastropoda dan Crustaceae lebih besar dibandingkan kelas-kelas lain. Crustaceae yang ada di keseluruhan petak,

didominasi oleh jenis *Uca* sp. dari famili Ocypodiidae yang berdiam di habitat yang cenderung berlumpur atau berlumpur berpasir. Molusca yang ditemui di lokasi pengamatan terdiri dari jenis Molusca sejati hutan mangrove (*Telescopium* sp.) dan jenis fakultatif (*Littorina* sp. dan *Cerithium* sp.). Jenis Molusca asli mangrove umumnya merupakan pemakan serasah dengan berbagai tingkat kesegaran, hanya beberapa jenis yang memakan alga dan predator. Sedangkan jenis fakultatif, umumnya memakan alga atau mikroflora dan fitoplankton. Pelecypoda bersifat menetap pada suatu tempat dan tidak dapat bergerak aktif, sehingga kelas ini mempunyai toleransi yang lebih terbatas dibandingkan Gastropoda. Pelecypoda dapat dijumpai di laut maupun di air tawar, termasuk *filter feeder*, pemakan plankton, dan butiran-butiran kecil lainnya (Awaluddin, 1999). Sedangkan Gastropoda memakan deposit materi di permukaan lumpur dan akar mangrove. Distribusi dan niche Polychaeta bergantung pada tipe sedimen (Kennish, 1990). Tempat ideal bagi pemakan deposit adalah substrat berlumpur.



Gambar 2. Komposisi makrozoobenthos di petak pengamatan bertegakan *Rhizophora apiculata* (a) dan *Rhizophora mucronata* (b).

Karakteristik komunitas makrozoobenthos

Makrozoobenthos yang ditemukan pada masing-masing petak pengambilan contoh berkisar 1-7 jenis. Jumlah jenis pada keseluruhan petak tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata, kecuali pada Blok V (Tabel 4.). Kemelimpahan makrozoobenthos berkisar 25-700 individu/m². Berdasarkan uji Mann-Whitney kelimpahan makrozoobenthos pada kedua jenis tegakan tidak berbeda nyata. Berdasarkan uji Kruskal-Wallis, masing-masing kategori jarak tanam (1x1 m², 2x1 m², dan 2x2 m²) dan kategori kandungan bahan organik (sangat rendah, rendah, dan sedang) memiliki kelimpahan makrozoobenthos yang tidak berbeda nyata pada masing-masing kategori. Jumlah jenis dan kelimpahan di keseluruhan petak jauh lebih kecil dibandingkan di wilayah Suwung Kangin, Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. Restu (2002) mengamati bahwa di wilayah tersebut terdapat 74 jenis makrozoobenthos dengan kelimpahan 1077 individu/m².

Indeks keanekaragaman

Indeks keanekaragaman makrozoobenthos di keseluruhan petak pengamatan berkisar antara rendah sampai sedang. Namun sebagian besar indeks keanekaragaman termasuk dalam kategori sedang (1 < H' < 3,32). Kondisi ini menunjukkan bahwa produktivitasnya cukup tinggi, kondisi ekosistem seimbang, dan tekanan ekologi sedang. Sedangkan petak-petak yang memiliki keanekaragaman

Tabel 3. Penyebaran kelas makrozoobenthos yang ditemukan di lokasi pengamatan.

Jenis tegakan	Kelas	Blok II			Blok III			Blok V		
		(1X1)	(2X1)	(2X2)	(1X1)	(2X1)	(2X2)	(1X1)	(2X1)	(2X2)
RA	Polychaeta	+	-	-	+	+	+	-	-	-
	Crustaceae	+	+	+	+	-	+	+	+	+
	Gastropoda	-	+	-	-	+	+	+	+	-
	Pelecypoda	-	-	-	+	-	-	-	-	-
RM	Polychaeta	-	-	+	+	-	-	+	-	+
	Crustaceae	+	+	+	-	+	+	+	+	+
	Gastropoda	-	+	+	-	+	+	+	+	-
	Pelecypoda	-	-	-	-	-	-	+	-	+

Keterangan: RA=*Rhizophora apiculata*, RM=*Rhizophora mucronata*; + = ada, - = tidak ada.

Tabel 4. Karakteristik komunitas makrozoobentos di lokasi pengamatan.

Tegakan	Karakteristik Komunitas	Blok II			Blok III			Blok V		
		(1X1)	(2X1)	(2X2)	(1X1)	(2X1)	(2X2)	(1X1)	(2X1)	(2X2)
RA	Jumlah Jenis	4	4	1	4	2	4	4	3	1
	Kelimpahan/m ² (D)	100	125	75	325	75	200	325	700	150
	Indeks Keanekaragaman (H')	2,000	1,922	0,000	1,760	0,918	1,549	1,669	1,383	0,000
	Indeks Keseragaman (J')	1,000	0,961	-	0,880	0,918	0,774	0,835	0,873	-
	Indeks Dominansi (C)	0,250	0,280	1,000	0,325	0,556	0,438	0,373	0,411	1,000
RM	Jumlah Jenis	2	3	4	1	4	4	7	2	5
	Kelimpahan /m ² (D)	100	125	250	25	125	100	700	50	375
	Indeks Keanekaragaman (H')	0,811	1,371	1,357	0,000	1,922	2,000	1,964	1,000	1,966
	Indeks Keseragaman (J')	0,811	0,865	0,678	-	0,961	1,000	0,700	1,000	0,847
	Indeks Dominansi (C)	0,625	0,440	0,520	1,000	0,280	0,250	0,372	0,500	0,298

Keterangan: RA=*Rhizophora apiculata*, RM= *Rhizophora mucronata*.

rendah ($H' < 1,00$) menandakan bahwa petak tersebut miskin, produktivitasnya rendah, tekanan ekologi yang berat dan ekosistem tidak stabil. Berdasarkan uji Mann-Whitney, keanekaragaman makrozoobentos pada kedua macam tegakan tidak berbeda nyata. Sedangkan berdasarkan uji Kruskal-Wallis, keanekaragaman makrozoobentos tidak berbeda nyata pada masing-masing kategori jarak tanam ($1 \times 1 \text{ m}^2$, $2 \times 1 \text{ m}^2$ dan $2 \times 2 \text{ m}^2$) dan kategori kandungan bahan organik (sangat rendah, rendah, dan sedang).

Indeks keseragaman

Indeks keseragaman makrozoobentos di petak-petak pengamatan termasuk tinggi (merata), walaupun ada beberapa petak yang tidak memiliki indeks ini karena indeks keanekaragamannya nol. Nilai indeks keseragaman di keseluruhan petak berkisar 0,68-1,00. Indeks keseragaman yang mencapai nilai 1,00 berarti bahwa semua sampel yang ada di petak tersebut memiliki jumlah jenis organisme yang sama.

Indeks dominansi

Nilai indeks dominansi memperlihatkan kekayaan jenis komunitas serta keseimbangan jumlah individu setiap jenis. Nilai indeks di keseluruhan petak termasuk rendah sampai tinggi dengan kisaran 0,25-1,00. Hal ini berarti terdapat petak-petak pengamatan yang tidak mengalami dominansi jenis makrozoobentos tertentu, namun terdapat pula petak-petak didominasi satu atau beberapa jenis tertentu. Tingginya dominansi menunjukkan bahwa tempat tersebut memiliki kekayaan jenis yang rendah dengan sebaran tidak merata. Adanya dominansi menandakan bahwa tidak semua makrozoobentos memiliki daya adaptasi dan kemampuan bertahan hidup yang sama di suatu tempat. Hal ini juga berarti makrozoobentos di lokasi pengamatan tidak memanfaatkan sumberdaya secara merata.

Pola penyebaran dan indeks kesamaan jenis

Berdasarkan perhitungan indeks penyebaran (I_d), makrozoobentos di keseluruhan lokasi penelitian memiliki pola penyebaran mengelompok ($I_d > 1$). Pengelompokan terjadi baik pada komunitas makrozoobentos di bawah tegakan *R. apiculata* maupun *R. mucronata* (Tabel 5.). Hal ini menandakan adanya penyebaran sumberdaya untuk mendukung kehidupan makrozoobentos yang mengelompok dan tidak merata pada seluruh lokasi pengamatan.

Tabel 5. Hasil perhitungan pola penyebaran makrozoobentos.

Petak Tanam	I_d	Pola Penyebaran
<i>Rhizophora apiculata</i>	1.584	mengelompok
<i>Rhizophora mucronata</i>	1.869	mengelompok

Dengan adanya penyebaran yang mengelompok, dapat ditentukan indeks kesamaan jenis makrozoobentos pada masing-masing jarak tanam di setiap blok (Tabel 6.). Apabila petak-petak pengamatan digolongkan menurut jenis tegakan dan jarak tanamnya, dengan merata-ratakan indeks kesamaan yang telah diperoleh, pada petak bertegakan *R. apiculata* dan *R. mucronata*, secara umum kesamaan jenis terbesar terdapat antara petak berjarak tanam $2 \times 1 \text{ m}^2$ dengan $2 \times 2 \text{ m}^2$ dan tekecil pada petak $1 \times 1 \text{ m}^2$ dengan $2 \times 2 \text{ m}^2$.

Tabel 6. Hasil perhitungan indeks kesamaan jenis makrozoobentos.

Nomor Blok	<i>R. apiculata</i>			<i>R. mucronata</i>		
	(1x1)	(2x1)	(1x1)	(2x1)	(1x1)	(2x1)
	dengan (2x1)	dengan (2x2)	dengan (2x2)	dengan (2x1)	dengan (2x2)	dengan (2x2)
Blok II	0,444	0,889	0,143	0,133	0,250	0,286
Blok III	0	0	0	0,667	0,364	0
Blok V	0,244	0	0,140	0,118	0,824	0,316
Rata-rata	0,229	0,296	0,094	0,306	0,479	0,201

Analisis kelompok

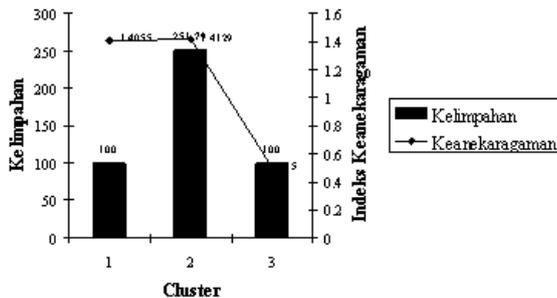
Analisis kelompok didasarkan atas aspek habitat pada setiap petak pengamatan. Data yang digunakan adalah kandungan pasir, debu, liat, dan kandungan karbon organik. Berdasarkan hasil analisis kelompok, didapatkan tiga kelompok (*cluster*) besar. Kelompok pertama terdiri dari petak II/1M (petak pada blok II, berjarak tanam $1 \times 1 \text{ m}$, bertegakan *R. mucronata*) dan petak II/1A (petak pada blok II, berjarak tanam $1 \times 1 \text{ m}$, bertegakan *R. apiculata*). Sedangkan kelompok kedua adalah petak-petak sisanya, kecuali petak V/2M dan V/4A yang termasuk anggota kelompok ketiga.

Kelompok pertama terdiri dari petak-petak yang memiliki kandungan pasir, debu, dan liat yang hampir sama komposisinya serta kategori karbon organik sedang (Tabel 7.). Kelompok kedua terdiri dari petak-petak yang memiliki kandungan pasir yang lebih besar dibandingkan debu dan liat serta karbon organik dengan kategori rendah. Pada kelompok ketiga memiliki kandungan pasir dominan dan kandungan karbon organik sangat rendah.

Tabel 7. Rata-rata kandungan pasir, liat, debu, dan karbon organik pada masing-masing kelompok.

Aspek habitat	Kelompok		
	I	II	III
Pasir (%)	37,86	64,92	90,84
Liat (%)	33,44	14,20	6,25
Debu (%)	28,71	17,24	23,14
Karbon Organik (%)	2,13	1,29	0,45

Hasil perhitungan rata-rata kelimpahan dan keanekaragaman pada masing-masing kelompok disajikan pada Gambar 3. Kelimpahan terbesar terdapat pada kelompok kedua dan terkecil pada kelompok pertama maupun ketiga. Pada petak-petak kelompok kedua, banyak individu makrozoobenthos yang menyenangkan kondisi habitat ini. Sedangkan rata-rata keanekaragaman terbesar, dengan perbedaan yang tidak jauh, terdapat pada kelompok kedua dan pertama, sedangkan yang terkecil terdapat pada kelompok ketiga.



Gambar 3. Rata-rata indeks keanekaragaman dan kelimpahan pada masing-masing kelompok.

Analisis korelasi Spearman

Hasil uji korelasi Spearman antara kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobenthos dengan aspek-aspek yang diamati disajikan pada Tabel 8. Nilai korelasi menggambarkan keeratan hubungan antara keduanya.

Tabel 8. Nilai korelasi Spearman (r_s) pada masing-masing aspek dengan kelimpahan maupun keanekaragaman makrozoobenthos.

Aspek	Kelimpahan	Keanekaragaman
Pasir	-0.038	-0.336
Debu	-0.141	0.014
Liat	-0.522	-0.105
Karbon organik	0.048	0.360
Kerapatan tegakan	0.203	0.071

Kelimpahan makrozoobenthos berbanding terbalik dengan kandungan tekstur substrat (khususnya liat) serta berbanding lurus dengan karbon organik dan kerapatan tegakan. Berdasarkan nilai korelasinya, didapatkan bahwa kelimpahan berkorelasi paling besar dengan kandungan liat dan kerapatan tegakan. Semakin rendah kandungan liat, maka kelimpahan makrozoobenthos akan cenderung meningkat. Begitu pula, semakin tinggi kerapatan tegakan, maka semakin besar kelimpahan makrozoobenthos. Keanekaragaman makrozoobenthos berbanding terbalik dengan kandungan tekstur (khususnya pasir) serta berbanding lurus dengan kandungan debu, karbon organik, dan kerapatan tegakan. Kandungan pasir dan karbon organik memiliki korelasi terbesar. Kandungan pasir yang lebih sedikit cenderung memiliki keanekaragaman makrozoobenthos yang lebih besar. Sebaliknya kandungan karbon organik yang lebih besar memiliki keanekaragaman yang lebih besar pula.

Dari uji ini didapatkan hasil bahwa kelimpahan makrozoobenthos lebih dipengaruhi oleh keadaan substrat sekitarnya, sebagai akibat jarak tanam tegakan dan kandungan karbon organiknya. Sebaliknya keanekaragaman diduga lebih dipengaruhi oleh toleransi masing-masing jenis makrozoobenthos terhadap keadaan

lingkungan dan hubungannya dengan sesama jenis maupun dengan jenis lain.

KESIMPULAN

Di hutan mangrove hasil rehabilitasi Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali dijumpai 20 jenis makrozoobenthos dari empat kelas, yaitu: Polychaeta, Crustaceae, Gastropoda, dan Pelecypoda, dengan pola penyebaran mengelompok. Keanekaragaman makrozoobenthos di lokasi pengamatan termasuk dalam kategori rendah sampai sedang. Kelimpahan makrozoobenthos berkorelasi negatif dengan kandungan tekstur liat, makin tingginya kandungan liat makin rendah kelimpahan makrozoobenthos. Keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobenthos pada semua jarak tanam kedua jenis *Rhizophora* tidak berbeda nyata.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ir. Agus Priyono, M.S., Ir. Nyoto Santoso, M.S., Lembaga Pengkajian dan Penelitian Mangrove, dan Mangrove Information Centre Bali atas bantuan dan fasilitas dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Awaluddin. 1999. *Pola Penyebaran Makrozoobenthos Kelas Pelecypoda dan Gastropoda pada Pantai Abrasi dan Akresi di Pantai Barat Pulau Selayar, Sulawesi Selatan*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Chaudhuri, A.B and A. Choudhury. 1994. *Mangrove of the Sundarbans*. Bangkok: IUCN-The World Conservation Union.
- Kennish, M.J. 1990. *Ecology of Estuaries*. Volume 2, Biological Aspects. Florida: CRC Press, Inc.
- Krebs, C.J. 1978a. *Ecological Methodology*. New York: Harper and Row Publisher.
- Krebs, C.J. 1978b. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. New York: Harper and Row Publishers.
- Marsono, D., E.P. Rahayu, dan Udiono. 1994. Peran rehabilitasi mangrove terhadap keanekaragaman biota (studi kasus di pantai Pemalang). *Prosiding Seminar V Ekosistem Mangrove*. Jember, 3-6 Agustus 1994.
- Ministry of Forestry and Estate Crops Indonesia and Japan International Cooperation Agency. 1999a. *The Forest Inventory Data Card in Bali Site (1) Block I-II*. Denpasar: The Development of Sustainable Mangrove Management Project, The Forest Management Component.
- Ministry of Forestry and Estate Crops Indonesia and Japan International Cooperation Agency. 1999b. *The Forest Inventory Data Card in Bali Site (2) Block III-V*. Denpasar: the Development of Sustainable Mangrove Management Project, the Forest Management Component.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Pearson, S. 1985. Adaptations of mangrove animals. *Training Course on the Ecophysiology of Mangrove Species*. Townsville, 1-14 Mei 1985.
- Restu, I.W. 2002. *Kajian Pengembangan Wisata Mangrove di Taman Hutan Raya Ngurah Rai Wilayah Pesisir Selatan Bali*. [Tesis]. Bogor: Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Santoso, S. 2003a. *Buku Latihan SPSS Statistik Non Parametrik*. Jakarta: PT Gramedia.
- Santoso, S. 2003b. *Buku Latihan SPSS Statistik Multivariat*. Jakarta: PT Gramedia.
- Southwood, T.R.E. and P.A. Anderson. 2000. *Ecological Methods*. London: Blackwell Science.
- Spalding, M., F. Blasco, and C. Field. 1997. *World Mangrove Atlas*. West Yorkshire: The International Society for Mangroves Ecosystems, The World Conservation Monitoring Centre, and The International Timber Organization.
- Taniguchi, K. 1997. *The 5-year Report on the Silviculture Component of the Development of Sustainable Mangrove Management Project, Bali and Lombok, Republic of Indonesia*. Denpasar: The JICA Mangrove Centre.