

# Keterkaitan struktur komunitas makrozoobentos antara habitat mangrove, lamun, dan *reef crest* di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta

## Connectivity of macrozoobenthos community structure along a gradient of mangroves, seagrass, and reef crest habitats in Kelapa Dua Island, Seribu Islands, Jakarta

ATIM AGUS WIYANININGTIYAH, ISDRADJAD SETYOBUDIANDI, AM AZBAS TAURUSMAN

Departemen Manajemen Sumber daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Darmaga, Bogor 16680, Jawa Barat

Manuskrip diterima: 24 September 2013. Revisi disetujui: 3 Maret 2014.

**Abstract.** *Wiyaningtiyah AA, Setyobudiandi I, Taurusman AA. 2014. Connectivity of macrozoobenthos community structure along a gradient of mangroves, seagrass, and reef crest habitats in Kelapa Dua Island, Seribu Islands, Jakarta. Bonorowo Wetlands 4: 37-48.* Macrozoobenthos is a fauna invertebrate benthic organism by sieving with a size of 0,5 mm. The aim of this research is to connectivity the macrozoobenthos community structure along a gradient of mangroves, seagrass, and reef crest habitat in Kelapa Dua Island. Habitat conditions were taken into account for sampling strategy. Benthic fauna samples were taken using a corer. The community structure of macrozoobenthos is indicated by the parameter of several species, abundance, and biomass (SAB). Analysis of the SAB parameter similarity was mainly used to evaluate the connectivity of the three main coastal habitats. The highest number of species and macrozoobenthos biomass was found in the seagrass habitat, while the most abundance was in the reef crest habitat. The most abundant and biomass species that mainly contribute to habitat connectivity were *Syllis* sp. and *Paraonis* sp. The analysis showed that seagrass habitat was closely connected with reef crest.

**Keywords:** connectivity, macrozoobenthos, mangrove, seagrass, reef crest

### PENDAHULUAN

Pulau Kelapa Dua termasuk Kawasan Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu. Pulau Kelapa Dua merupakan pulau pemukiman terkecil di wilayah Kepulauan Seribu. Luasnya hanya 1,9 hektar dengan jumlah penduduk 337 jiwa. Letaknya juga tidak berjauhan dengan Pulau Kelapa dan Pulau Harapan (Dinkominmas 2010).

Menurut Gray dan Elliott (2009), organisme hewan benthik invertebrate yang besar atau disebut dengan makrozoobentos, dapat terpisah dari pasir dan sedimen melalui saringan ukuran mesh 0,5 mm. Makrozoobentos adalah sebagian dari fauna sedimen, ada beberapa kelas organisme benthik laut berdasarkan taxa seperti Polikaeta, Ampipoda, dan Bivalvia.

Menurut Odum (1993) adanya pertemuan 2 ekosistem yaitu darat dan laut memberikan peluang bagi berbagai jenis organisme untuk berpindah dari komunitas yang satu ke komunitas yang lain. Akibatnya, masing-masing jenis organisme memiliki sebaran yang saling tumpang tindih. Habitat mangrove, lamun, dan terumbu karang termasuk ekosistem utama pesisir tropis. Rangkaian ekosistem dari sekumpulan habitat tersebut menciptakan suatu keterkaitan ekosistem yang utuh dan saling berhubungan.

Adanya hubungan timbal balik antara habitat mangrove, lamun, dan *reef crest* kemungkinan terdapat keterkaitan antar jenis organisme dengan ketiga habitat tersebut. Pada penelitian sebelumnya oleh Wulansari (2012) disimpulkan

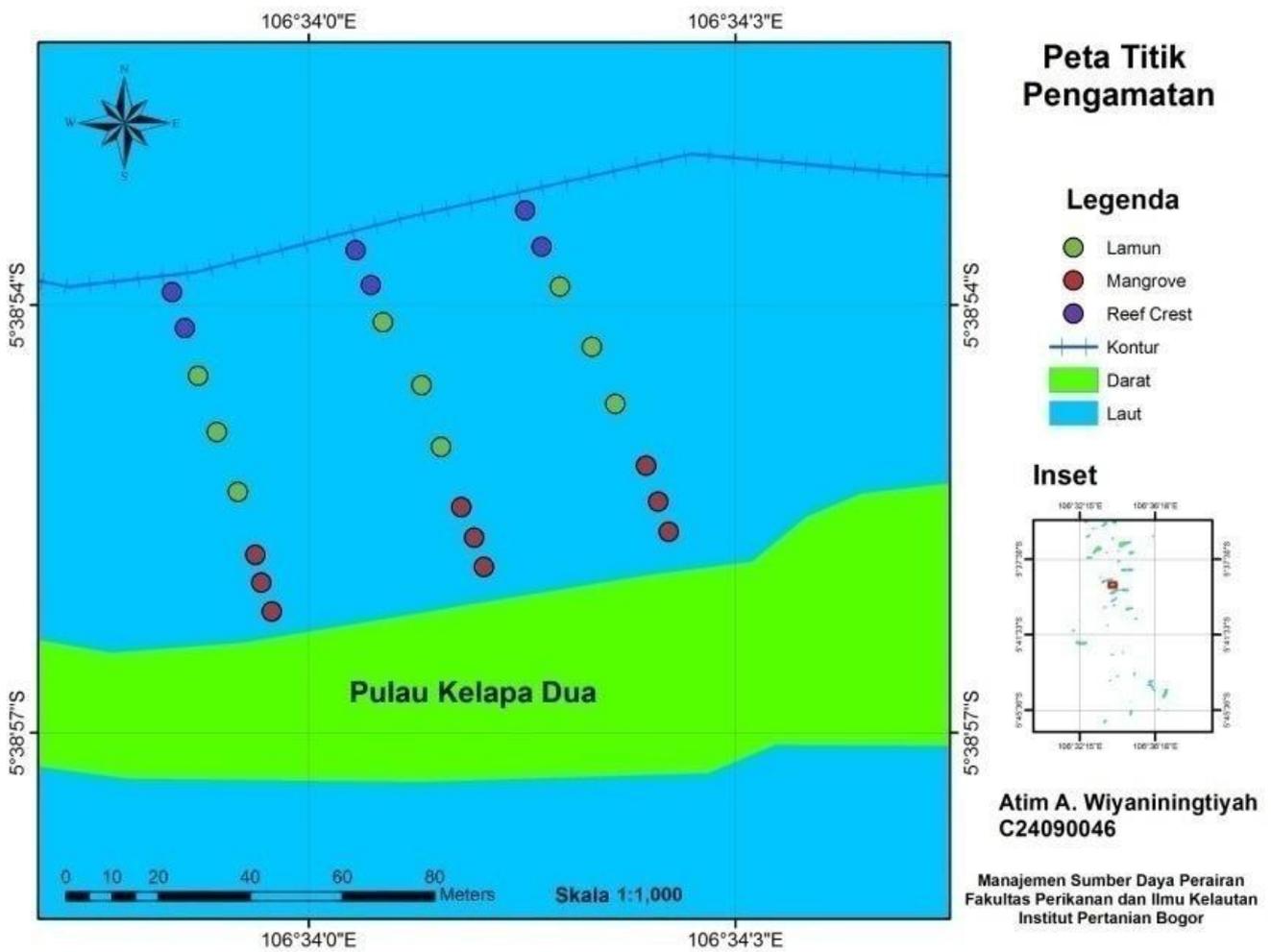
bahwa terdapat keterkaitan struktur komunitas makrozoobentos antar habitat mangrove, lamun dan terumbu karang di Pulau Pramuka. Melihat dari penelitian sebelumnya, keterkaitan makrozoobentos dengan habitat mangrove, lamun, dan terumbu karang belum pernah dilakukan di Pulau Kelapa Dua, maka perlu adanya kajian untuk melihat hal tersebut. Perubahan struktur komunitas makrozoobentos terkait kondisi lingkungan dapat digunakan sebagai indikator kualitas ekosistem (Taurusman 2012). Melalui kajian dari indikator kualitas lingkungan atau habitat dan fungsi ekologis ekosistem akan digunakan untuk perencanaan pengelolaan lingkungan di wilayah Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui keterkaitan struktur komunitas makrozoobentos antar habitat mangrove, lamun, dan *reef crest*, di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta.

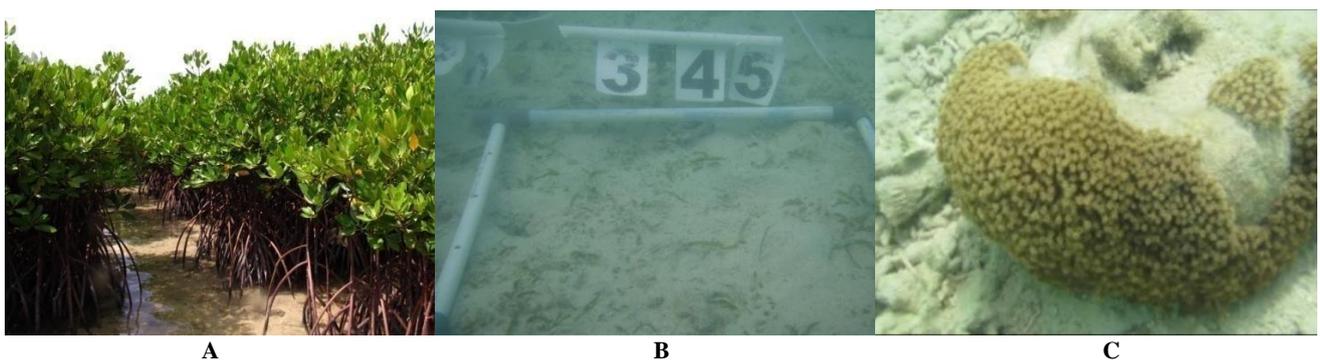
### BAHAN DAN METODE

#### Waktu dan tempat

Pengambilan data dilakukan di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta pada bulan September 2012. Tahapan ketiga yaitu penanganan dan identifikasi sampel pada bulan September 2012-Februari 2013. Tahapan keempat adalah pengolahan data dan penulisan. Berikut adalah peta lokasi pengambilan sampel (Gambar 1).



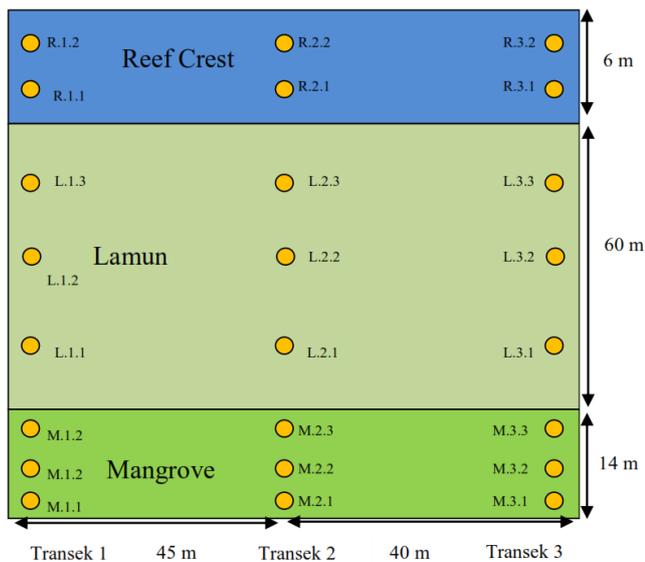
Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan pengambilan sampel di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta



Gambar 3. Kondisi habitat pesisir di lokasi studi Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta. A. Habitat mangrove, B. Habitat lamun, C. Habitat reef crest

Penentuan titik pengamatan untuk pengambilan sampel makrozoobentos ditentukan berdasarkan keterwakilan setiap wilayah habitatnya. Pengambilan sampel makrozoobentos pada habitat mangrove dan lamun masing-masing sebanyak 9 titik, sedangkan reef crest sebanyak 6 titik. Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan

sebanyak 3 ulangan pada setiap titik pengamatan. Panjang dari pantai sampai laut 80 meter. Panjang pantai berada pada awal titik mangrove sampai reef crest titik akhir (Gambar 2). Kondisi habitat mangrove, lamun dan reef crest ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 2.** Rancangan penelitian dari daratan pantai ke arah laut

### Pengumpulan data

Parameter yang diamati dalam penelitian adalah makrozoobentos, kondisi habitat, kualitas perairan, dan substrat dasar. Pada saat melakukan sampling di lokasi, beberapa parameter fisika dan kimia perairan diamati secara *in situ*, yaitu suhu (termometer), kedalaman (*roll meter*), kecerahan (*secchi disk*), salinitas (refraktometer), pH (pH stik) dan oksigen terlarut (titrasi winkler). Sedangkan untuk parameter  $\text{NO}_3\text{-N}$  (nitrat) dan  $\text{PO}_4\text{-P}$  (fosfat) sampel dianalisis di laboratorium. Di samping parameter fisika dan kimia perairan, diamati pula parameter substrat dasar perairan, kerapatan mangrove, penutupan jenis lamun, dan persen penutupan karang yang terdapat pada lokasi pengamatan.

Sampel makrozoobentos diambil dengan menggunakan *corer* ( $A = 0,0081 \text{ m}^2$ ) yang dibenamkan pada dasar perairan hingga kedalaman  $\pm 20 \text{ cm}$ . Sampel substrat yang telah diambil segera disaring dan dipisahkan antara serasah kasar, dan lumpur yang terambil menggunakan saringan halus (*mesh size*  $\pm 0,5 \text{ mm}$ ). Kemudian sampel dimasukkan ke dalam plastik yang sebelumnya telah diberi keterangan titik sampling dan ulangannya. Sampel makrozoobentos segera diawetkan dengan formalin 10% dan diberikan *rose bengal* secukupnya sebagai pewarna.

Penanganan sampel makrozoobentos dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap-tahap tersebut antara lain penyaringan, penyortiran, pengawetan dan identifikasi. Tahap penyaringan dan penyortiran dilakukan dengan menggunakan baki, saringan halus dan pinset hingga sampel makrozoobentos terpisah dari serasah. Makrozoobentos yang telah selesai disortir dimasukkan ke dalam botol sampel yang telah diberi keterangan, kemudian sampel diawetkan dengan menggunakan etanol 70%. Setelah itu, makrozoobentos diidentifikasi menggunakan mikroskop, dan buku identifikasi. Buku identifikasi yang digunakan adalah Kozloff (1977) dan Gosner (1971).

Pengukuran biomassa makrozoobentos menggunakan bobot basah dari masing-masing organisme tersebut

(ketelitian  $\pm 0,0001 \text{ g}$ ). Sampel sedimen yang telah diambil, segera dilakukan analisis di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor untuk diamati tekstur substrat (metode penyaringan) dan kandungan C-organik (metode Walkley dan Black 1934).

### Analisis data kerapatan mangrove

Kerapatan mangrove adalah jumlah tegakan jenis *i* dalam suatu unit area menggunakan rumus sebagai berikut (Brower et al. 1990):

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

Keterangan:

$D_i$  = Kerapatan jenis ke-*i* (individu/ $\text{m}^2$ )

$ni$  = Jumlah total tegakan ke-*i* pada stasiun pengamatan (individu)

$A$  = Luas area total pengambilan contoh ( $\text{m}^2$ )

### Kepadatan makrozoobentos

Kepadatan makrozoobentos didefinisikan sebagai jumlah individu makrozoobentos per satuan luas ( $\text{m}^2$ ) (Brower et al. 1990). Sampel makrozoobentos yang telah diidentifikasi kemudian dihitung kepadatannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K_i = \frac{\sum Ni}{A \times b}$$

Keterangan:

$K_i$  = Kepadatan makrozoobentos jenis *i* (ind/ $\text{m}^2$ )

$N_i$  = Jumlah makrozoobentos jenis *i* yang ditemukan pada setiap ulangan (ind)

$A$  = Luas bukaan mulut *corer* ( $0,0081 \text{ m}^2$ )

$b$  = Ulangan pengambilan sampel makrozoobentos

### Indeks similaritas

Analisis similaritas dari kepadatan dan biomassa makrozoobentos yang ditemukan antar titik dan antar habitat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak PRIMER versi 5.2 (*Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research*) dan disajikan dalam bentuk dendrogram (Clarke dan Gorley 2001).

### Persen kesamaan (Similarity Percentage)

Analisis persen kesamaan atau *Similarity Percentage* (SIMPER) dengan bantuan perangkat lunak (*software*) PRIMER versi 5.2 digunakan untuk menentukan karakteristik kelompok secara spasial, menggambarkan jenis (*taxa*) yang paling dominan pada setiap stasiun atau habitat, serta mengidentifikasi spesies (*taxa*) yang paling berkontribusi untuk masing-masing stasiun dan habitat (Taurusman 2012).

### Analisis similaritas (ANOSIM)

Analisis similaritas digunakan untuk menguji makna dari pengaruh faktor pengelompokan. Pada studi faktor pengelompokan ini terutama spasial (seperti titik pengamatan dan habitat). ANOSIM adalah prosedur non-

parametrik dengan analisis varians, yang didasarkan pada peringkat nilai dalam matriks similaritas. Taurusman (2012) merekomendasikan menggunakan ANOSIM untuk menguji hipotesis perbedaan dalam sebuah kelompok dalam konteks multivarian. Hubungan persamaan dihitung dengan perubahan dalam nilai R Clarke's menurut persamaan berikut:

$$R = \frac{\text{aver.rb} - \text{aver.rw}}{M/2}$$

$$M = \frac{n(n-1)}{2}$$

Keterangan:

aver.rb = rata-rata dalam rank similaritas antar kelompok

aver.rw = rata-rata dalam rank similaritas dalam kelompok (titik pengamatan atau habitat)

n = jumlah data yang dianalisis.

Nilai R Clarke's memberikan pengukuran mutlak bagaimana kelompok dipisahkan, pada skala 0 (tidak dapat dibedakan) ke 1 (semua kesamaan dalam kelompok kurang daripada similaritas antar kelompok).

#### Indeks keanekaragaman dan keseragaman

Indeks Keanekaragaman ditunjukkan oleh parameter jumlah jenis dan jumlah individu. Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) dan indeks keseragaman Pielou ( $E$ ) digunakan untuk mendeskripsikan kualitas dan hubungan antar habitat. Indeks keseragaman sebagai nilai penyebaran individu antar spesies yang berbeda dan diperoleh dari hubungan antara nilai keanekaragaman ( $H'$ ) dengan keanekaragaman maksimalnya (Krebs 1989). Nilai  $E$  sama dengan 1 artinya jumlah individu tiap jenis adalah sama pada setiap titik pengamatan. Semakin merata penyebaran individu antarspesies maka keseimbangan ekosistem akan semakin meningkat. Berikut ini adalah rumus indeks keanekaragaman dan keseragaman dengan menggunakan logaritma basis dua (Krebs 1989):

$$H' = - \sum_{i=1}^s pi \log_2 pi$$

$$H' \text{ max} = \log_2 S$$

$$E = \frac{H'}{H_{\text{max}}}$$

Keterangan:

$H'$  = Indeks Keanekaragaman (Shannon-Wiener)

$pi$  = Jumlah individu spesies ke- $i$  per jumlah individu total ( $ni/N$ )

$E$  = Indeks keseragaman Pielou

$S$  = Jumlah taksa atau spesies

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Parameter fisika dan kimia perairan

Salah satu faktor yang dapat menjelaskan kualitas perairan pada saat penelitian dilakukan adalah melalui pengukuran beberapa parameter fisika dan kimia perairan. Berikut hasil parameter fisika dan kimia perairan di lokasi penelitian Pulau Kelapa Dua (Tabel 1).

Pada Tabel 1 dilihat bahwa kisaran suhu perairan antara habitat tidak terlalu berbeda. Kisaran suhu adalah 28°-30°C. Suhu terendah berada di habitat mangrove dan lamun, sedangkan *reef crest* memiliki suhu 30°C. Nilai tersebut dapat dikatakan tidak melebihi baku mutu air laut untuk biota yang ditetapkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004.

Besarnya nilai kecerahan diperoleh dari nilai kedalaman *secchi disk* yang terukur di lokasi pengamatan. Nilai kecerahan *secchi disk* yang diperoleh adalah sama dengan nilai kedalaman perairan di setiap lokasi pengamatan, sehingga dapat dikatakan bahwa kecerahan perairan mencapai 100%. Kisaran kedalaman pada habitat mangrove berkisar 0,73-0,82 meter, Lamun berkisar 1,07-1,17 meter dan *reef crest* berkisar 1,30-1,42 meter. Hal ini dapat menjelaskan bahwa cahaya matahari yang masuk mampu menembus hingga dasar perairan.

**Tabel 1** Parameter fisika dan kimia perairan di lokasi penelitian di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta

Habitat	Parameter	Satuan	Baku mutu*	Pulau Kelapa Dua
Mangrove	<b>Fisika</b>			
	Suhu	°C	28-32	28-29
	Kecerahan	%	-	100
	Kedalaman	meter	-	0,73-0,82
	<b>Kimia</b>			
	Salinitas	o/oo	s/d 34	32-33
	pH	-	7,0-8,5	7-7,5
	DO	mg/L	>5	5,53-5,92
	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,008	< 0,001
	Ortofosfat (PO <sub>4</sub> -P)	mg/L	0,015	0,001-0,002
Lamun	<b>Fisik</b>			
	Suhu	°C	28-30	28-29
	Kecerahan	%	-	100
	Kedalaman	meter	-	1,07-1,17
	<b>Kimia</b>			
	Salinitas	o/oo	33-34	34-35
	pH	-	7,0-8,5	7-7,5
	DO	mg/L	>5	5,13-6,32
	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,008	0,028
	Ortofosfat (PO <sub>4</sub> -P)	mg/L	0,015	< 0,002
Reef Crest	<b>Fisika</b>			
	Suhu	°C	28-30	29-30
	Kecerahan	%	-	100
	Kedalaman	meter	-	1,30-1,42
	<b>Kimia</b>			
	Salinitas	o/oo	33-34	34-35
	pH	-	7,0-8,5	7-7,5
	DO	mg/L	>5	5,53-6,32
	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,008	< 0,001
	Ortofosfat (PO <sub>4</sub> -P)	mg/L	0,015	0,002

Keterangan: \* Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 (untuk Biota Laut)

Pada Tabel 1 dilihat bahwa kisaran salinitas adalah 32-35‰. Salinitas yang terendah pada habitat mangrove yaitu 32‰. Sedangkan lamun dan *reef crest* memiliki salinitas yang tinggi yaitu 35‰. Sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, dan aliran sungai (Nontji 1993).

Nilai derajat keasaman (pH) di lokasi pengamatan berkisar 7-7,5 (Tabel 1). Nilai tersebut masih masuk dalam baku mutu untuk biota laut. Nilai pH pada lokasi pengamatan ini relatif stabil. Menurut Nybakken (1988) pH air laut sedikit basa, biasanya bervariasi antara pH 7,5-8,4 yang berfungsi sebagai buffer (penyangga).

Nilai kisaran kandungan oksigen terlarut pada lokasi pengamatan berkisar 5,13-6,32 mg/L (Tabel 1). Nilai DO yang tertinggi yaitu pada habitat lamun dan *reef crest*. Sedangkan DO terendah di habitat mangrove. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, nilai DO di atas 5 mg/L sangat baik dan dapat mendukung kehidupan biota yang ada di habitatnya.

Besarnya kandungan nitrat di lokasi pengamatan (Tabel 1) beberapa melebihi baku mutu yang ditetapkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. Nilai nitrat yang paling tinggi terdapat di habitat lamun. Sedangkan kandungan pada ortofosfat tidak melebihi baku mutu.

### Sedimen

Faktor lain yang dapat menjelaskan keadaan perairan pada saat penelitian dilakukan melalui pengamatan parameter fisika dan kimia substrat dasar perairan (sedimen). Parameter fisika adalah tekstur sedimen, sedangkan parameter kimia adalah kandungan C-organik seperti dapat dilihat pada Tabel 2.

Menurut Wood (1987) terdapat hubungan antara kandungan bahan organik dengan ukuran partikel sedimen, dimana pada sedimen halus memiliki kandungan bahan organik yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan sedimen kasar. Kandungan C-Organik yang tinggi mendukung kehidupan organisme benthik yang umumnya didominasi oleh *deposit feeders*.

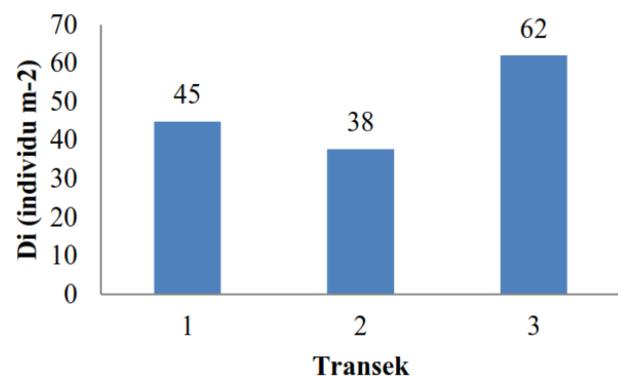
Tabel 2 menampilkan bahwa pengamatan pada habitat mangrove, lamun, dan *reef crest* di Pulau Kelapa Dua tipe sedimen didominasi oleh pasir. Namun besarnya persen pasir antar ketiga habitat tersebut berbeda. Persen kandungan pasir di habitat mangrove sebesar 90,95-92,46 %, habitat lamun sebesar 90,43-95,02 %, dan *reef crest* sebesar 94,45-95,90 %. Nilai kandungan C-organik sedimen di habitat mangrove sebesar 17,49-17,68%, habitat lamun sebesar 17,45-17,78% dan habitat reef crest sebesar 14,44-14,80%.

### Kerapatan mangrove

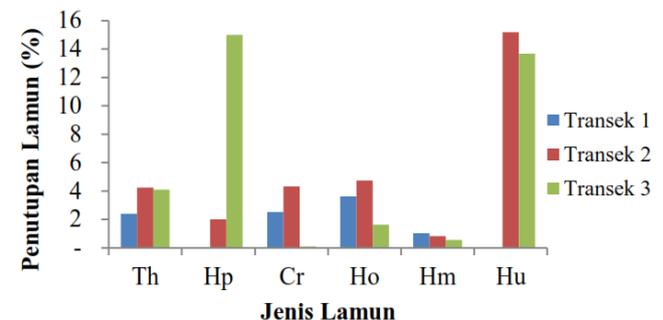
Komunitas mangrove bersifat unik, karena berkembang hanya pada perairan yang dangkal dan daerah intertidal serta dipengaruhi oleh pasang surut. Tingginya kerapatan jenis mangrove pada suatu daerah dapat menggambarkan kondisi dari ekosistem mangrove itu sendiri (Huda 2008). Gambar 4 adalah grafik kerapatan jenis mangrove yang berada di Pulau Kelapa dua. Jenis anakan mangrove yang ditemukan di Pulau Kelapa Dua yaitu *Rhizophora*.

**Tabel 2.** Parameter fisika dan kimia substrat dasar perairan (%) di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta

Habitat	C-organik (%)	Tekstur (%)			
		Pasir	Debu	Liat	
Mangrove 1	17,68	17,59 ± 0,10	91,42	1,75	6,83
Mangrove 2	17,49		92,46	3,06	4,48
Mangrove 3	17,61		90,95	2,29	6,76
Lamun 1	17,78	17,65 ± 0,18	90,43	3,22	6,35
Lamun 2	17,72		93,66	2,49	3,85
Lamun 3	17,45		95,02	1,05	3,93
Reef Crest 1	14,79	14,68 ± 0,21	94,45	2,46	3,09
Reef Crest 2	14,80		94,55	1,16	4,29
Reef Crest 3	14,44		95,90	1,84	2,26



**Gambar 4.** Kerapatan jenis mangrove (Di) di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta



**Gambar 5.** Rata-rata komposisi penutupan jenis lamun di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta

### Penutupan jenis lamun

Pada habitat di Pulau Kelapa dua terdapat enam jenis lamun yaitu *Thalassia hemprichii* (Th), *Halodule pinifolia* (Hp), *Cymodocea rotundata* (Cr), *Halophila ovalis* (Ho), *Halophila minor* (Hm), dan *Halodule uninervis* (Hu). Gambar 5 adalah rata-rata komposisi penutupan jenis lamun yang terdapat di Pulau Kelapa 2.

Pada Gambar 5 menggambarkan komposisi jenis lamun di setiap transek. Pada transek 1 memiliki persentase lamun sebesar 9,59%; transek 2 sebesar 31,36%; sedangkan transek 3 sebesar 35,05% dari berbagai komposisi jenis lamun. Kondisi penutupan lamun dapat dikatakan memiliki kondisi rusak atau tergolong miskin pada transek 1. Sedangkan pada transek 2 dan 3 memiliki kondisi kurang atau tergolong kurang kaya/kurang sehat. Hal ini sesuai

dengan kriteria status padang lamun dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 200 tahun 2004 tentang kriteria baku kerusakan dan pedoman penentuan status padang lamun.

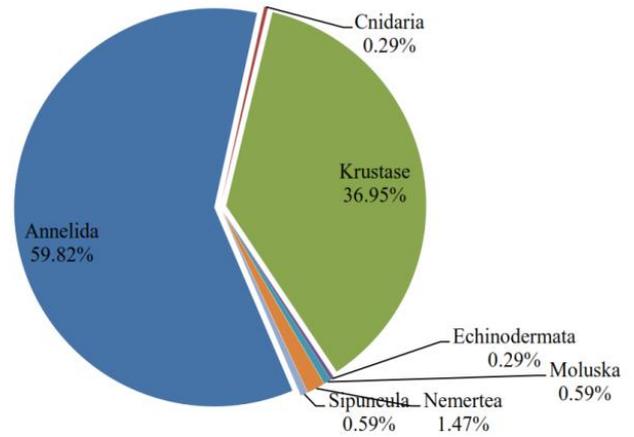
**Persen penutupan karang**

Pengamatan persen penutupan karang dilakukan secara visual. Hasil pengamatan persen penutupan karang pada habitat *reef crest* 5-30 % (Gambar 6), nilai persen tersebut dapat dikatakan tergolong rusak (sedang) menurut Kriteria Kepmen LH No.4 tahun 2001.

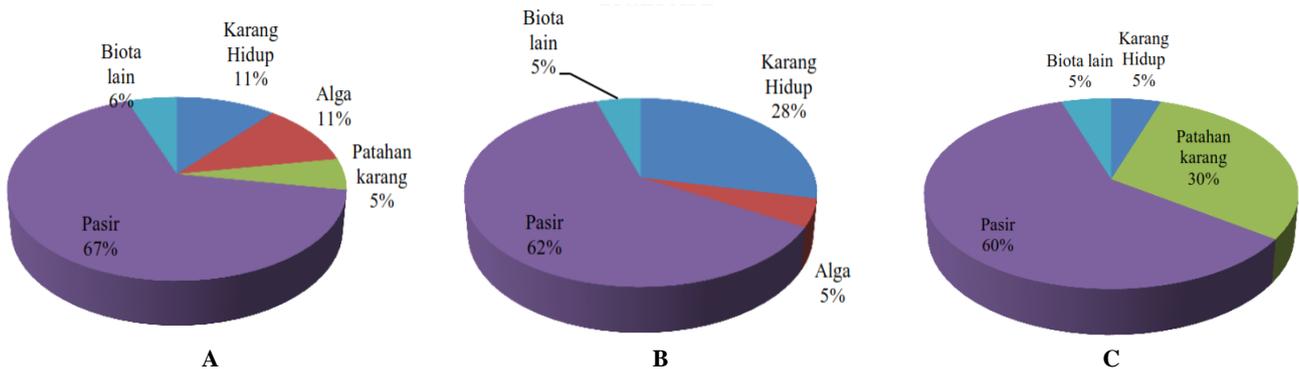
**Makrozoobentos**

*Kepadatan makrozoobentos*

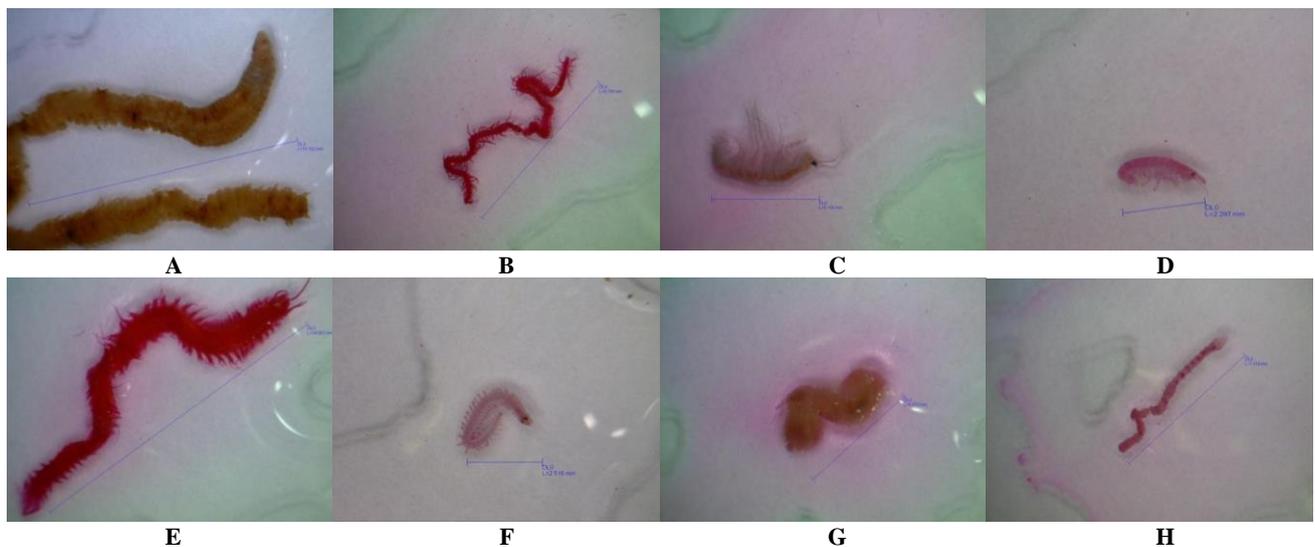
Berdasarkan hasil pengamatan, terdapat 7 filum, 8 kelas, 40 famili serta 52 spesies makrozoobentos. Pada Gambar 7, persentase jumlah spesies berdasarkan filum. Filum yang terbesar adalah annelida. Filum Annelida ini ditemukan kelas yang paling banyak adalah Polikaeta dan Oligokaeta hanya beberapa yang ditemukan. Beberapa jenis makrozoobentos yang ditemukan ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 7.** Komposisi filum makrozoobentos yang ditemukan pada lokasi studi di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta



**Gambar 6.** Penutupan karang di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta. A. Transek 1, B. Transek 2, C. Transek 3



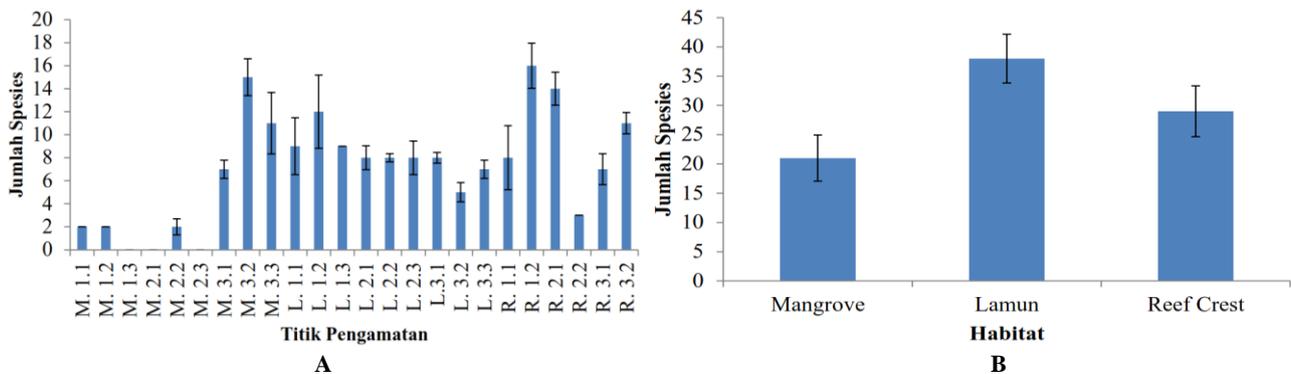
**Gambar 8.** Beberapa makrozoobentos dominan yang di temukan di lokasi studi Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta. A. *Lumbrinereis* sp , B. *Syllis* sp., C. *Pontogeneia* sp., D. *Atyllus* sp., E. *Ophiodromus* sp., F. *Nereis* sp., G. *Pareurythoe* sp, H. *Megalona* sp. (Sumber: Dokumentasi 2012)

Gambar 9 menunjukkan nilai jumlah spesies makrozoobentos pada setiap titik pengamatan dan habitat. Titik pengamatan yang memiliki jumlah spesies yang tertinggi pada R.1.2 (*reef crest* transek 1, titik 2) sebesar 16 spesies, sedangkan yang terendah pada M.11, M.1.2, dan M.2.2 (*mangrove*) sebesar 2 jenis. Namun di titik pengamatan tidak ditemukan makrozoobentos yaitu M.1.3, M.2.1 dan M.2.3 (*mangrove*). Berdasarkan habitat, jumlah spesies yang tertinggi ditemukan pada habitat lamun sebesar 38 spesies, sedangkan yang terendah yaitu habitat mangrove sebesar 21 spesies.

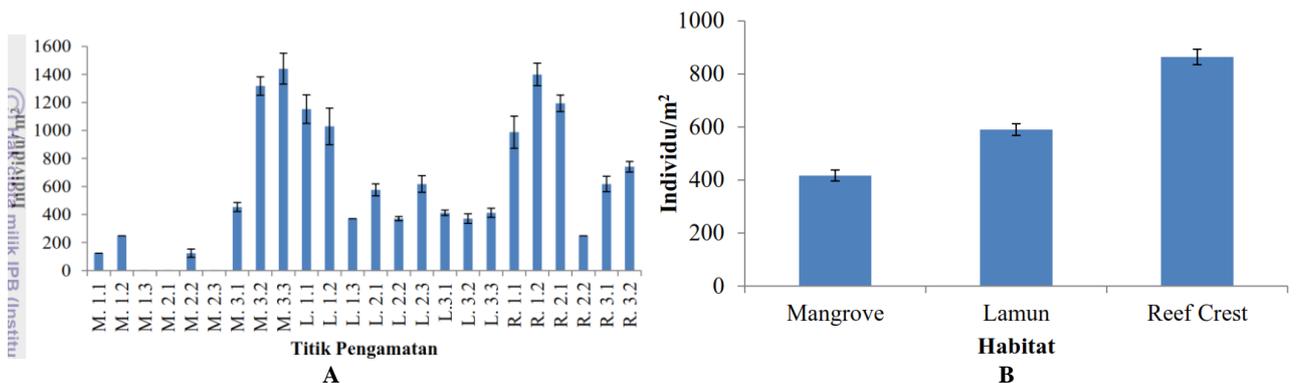
Secara umum kepadatan makrozoobentos di habitat mangrove, lamun, dan *reef crest* memiliki nilai berbeda. Karena habitat tersebut memiliki karakteristik yang berbeda untuk makrozoobentos itu sendiri. Pada Gambar 9 adalah kepadatan spesies makrozoobentos di titik

pengamatan dan habitat. Pada titik pengamatan yang memiliki kepadatan yang tertinggi adalah M.3.3 (*mangrove* transek 3 titik 3) sebesar 1.440 individu/m<sup>2</sup>, sedangkan yang terendah adalah M.1.3, M.2.1 dan M.2.3 (*mangrove*) sebesar 0 individu/m<sup>2</sup>. Habitat yang memiliki kepadatan makrozoobentos yang tertinggi adalah *reef crest* sebesar 864 individu/m<sup>2</sup>, sedangkan yang terendah adalah lamun sebesar 417 individu/m<sup>2</sup>.

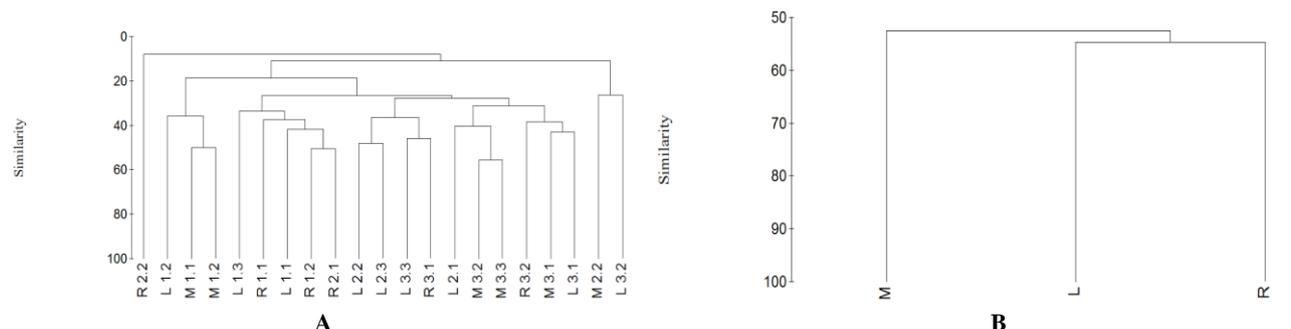
Kelompok-kelompok yang berdekatan cenderung memiliki struktur komunitas yang hampir sama. Berdasarkan dendrogram similaritas kepadatan pada titik pengamatan dan habitat (Gambar 10) terdapat beberapa kelompok. Pada titik pengamatan terdapat lima kelompok dan pada habitat menunjukkan bahwa kepadatan makrozoobentos habitat lamun cenderung mendekati habitat *reef crest* (Gambar 11).



Gambar 9. Jumlah spesies makrozoobentos berdasarkan: A. Titik pengamatan, B. Habitat



Gambar 10. Kepadatan makrozoobentos: A. Titik pengamatan, B. Habitat



Gambar 11. Dendrogram kepadatan makrozoobentos berdasarkan: A. Titik pengamatan, B. Habitat. M= Mangrove; L = Lamun; R= Reef crest

Berdasarkan habitat, hasil analisis SIMPER menunjukkan persen kontribusi pada karakteristik spesies (taxa) di setiap habitat. Gambar 12 merupakan hasil analisis SIMPER untuk kepadatan dari masing-masing spesies makrozoobentos. Spesies makrozoobentos yang memiliki kontribusi kepadatan di ketiga habitat yaitu *Syllis* sp, dan *Drilonereis* sp. *Syllis* sp (kelompok Polikaeta) memiliki kontribusi yang tinggi atau lebih menyukai habitat mangrove dibandingkan kedua habitat lainnya. Sedangkan *Atylus* sp (kelompok Krustasea) memiliki kontribusi yang tinggi atau lebih menyukai habitat reef crest bila dibandingkan habitat lamun.

Secara umum spesies yang mendominasi pada lokasi pengamatan adalah kelompok Annelida dan Krustasea. Pada habitat lamun didominasi oleh makrozoobentos spesies *Syllis* sp. Sedangkan habitat reef crest didominasi oleh spesies *Atylus* sp. (Gambar 13).

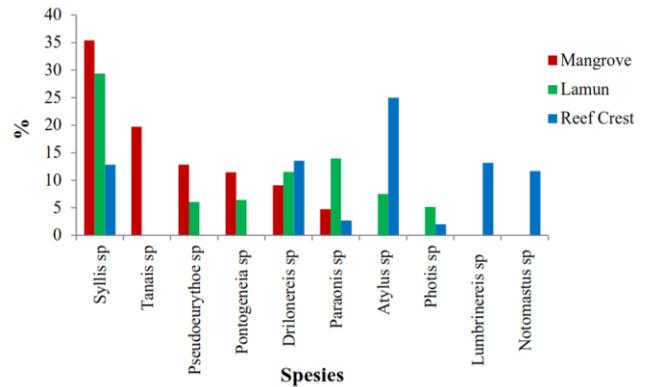
**Biomassa makrozoobentos**

Salah satu karakter suatu struktur komunitas tercermin dari biomassa makrozoobentos yang ada di dalamnya. Nilai biomassa makrozoobentos tertinggi berada pada titik pengamatan L.2.2 yang merupakan habitat lamun yaitu sebesar 132,16 gr/m<sup>2</sup>. Sedangkan biomassa terendah pada titik pengamatan M.1.1 sebesar 0,11 gr/m<sup>2</sup>. Berdasarkan habitat, nilai biomassa makrozoobentos yang tertinggi ditemukan pada habitat lamun sebesar 18,59 gr/m<sup>2</sup> (Gambar 14).

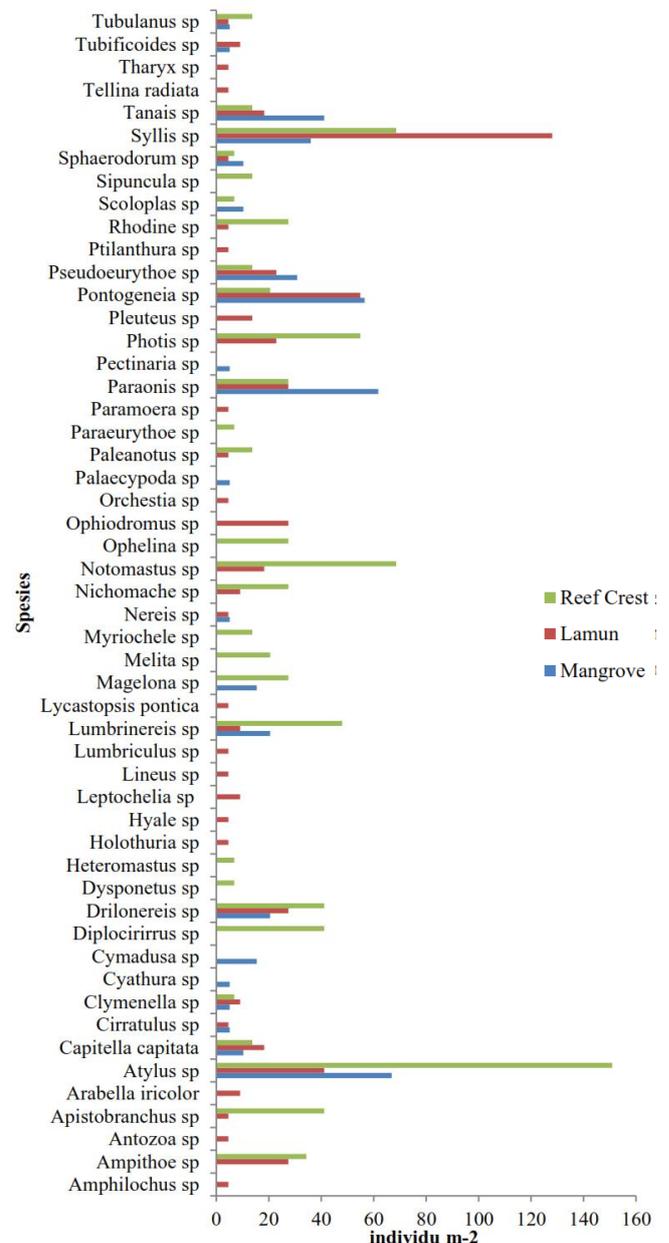
Berdasarkan dendrogram similaritas biomassa pada titik pengamatan membentuk 10 kelompok. Berdasarkan dendrogram similaritas biomassa habitat lamun cenderung mendekati habitat reef crest (Gambar 15). Kelompok dendrogram similaritas pada biomassa hal sama dengan kelompok dendrogram similaritas pada kepadatan.

Berdasarkan habitat, hasil analisis SIMPER menunjukkan persen kontribusi dari masing-masing spesies (genus) makrozoobentos. Kontribusi tertinggi menunjukkan karakteristik spesies (taxa) dan kontribusi individu setiap spesies untuk keseluruhan kesamaan dalam habitat. Pada Gambar 16 merupakan hasil SIMPER untuk biomassa dari masing-masing spesies makrozoobentos. Spesies makrozoobentos yang memiliki kontribusi biomassa di ketiga habitat yaitu *Drilonereis* sp, dan *Paraonis* sp. *Paraonis* sp memiliki kontribusi yang tinggi atau menyukai di habitat mangrove bila dibandingkan dengan ketiga habitat lainnya sedangkan *Lumbrinereis* sp lebih menyukai habitat reef crest saja.

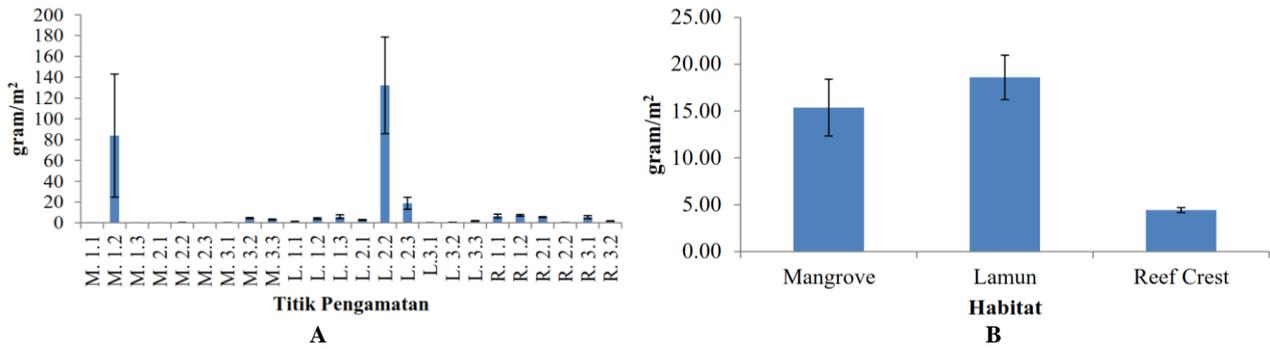
Indeks Keanekaragaman (H') makrozoobentos dapat menggambarkan keragaman jenis dalam suatu komunitas makrozoobentos. Berdasarkan lokasi pengamatan per titik pengamatan nilai keanekaragaman tertinggi terdapat pada titik pengamatan M.3.2 sebesar 3,61. Sedangkan indeks keanekaragaman terendah terdapat pada titik pengamatan M.2.2 sebesar 0,91. Berdasarkan habitat pengamatan besarnya nilai indeks keanekaragaman tertinggi pada lokasi habitat Lamun sebesar 4,43 (Gambar 17).



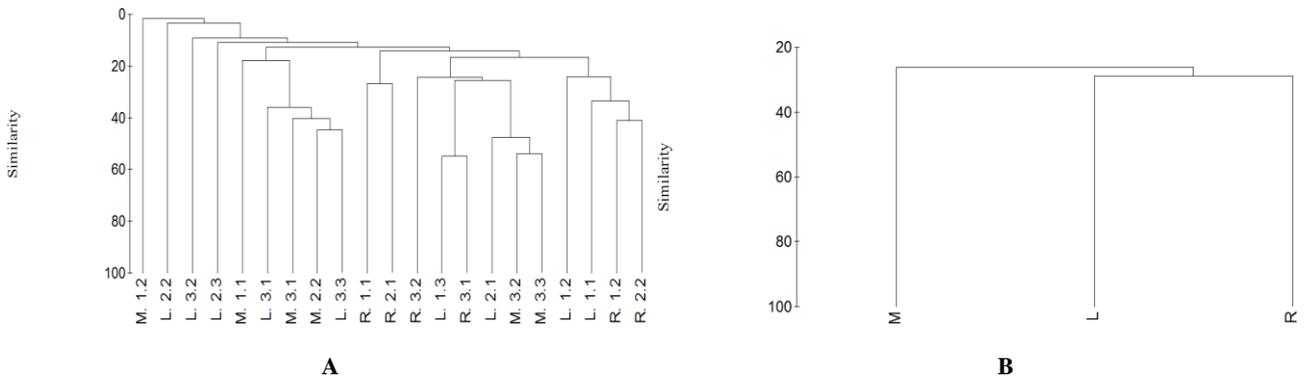
**Gambar 12.** Analisis SIMPER (*Similarity Percentage*) kepadatan masing-masing spesies makrozoobentos di habitatnya



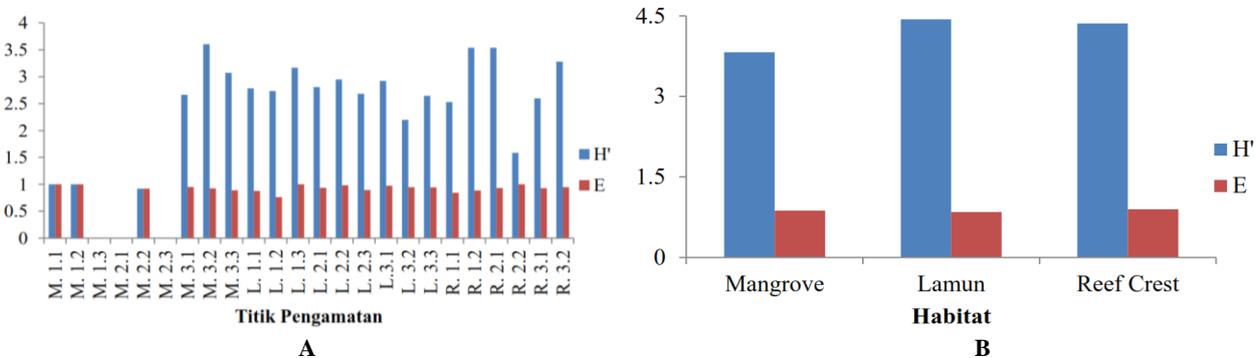
**Gambar 13.** Kepadatan masing-masing spesies makrozoobentos di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, Jakarta



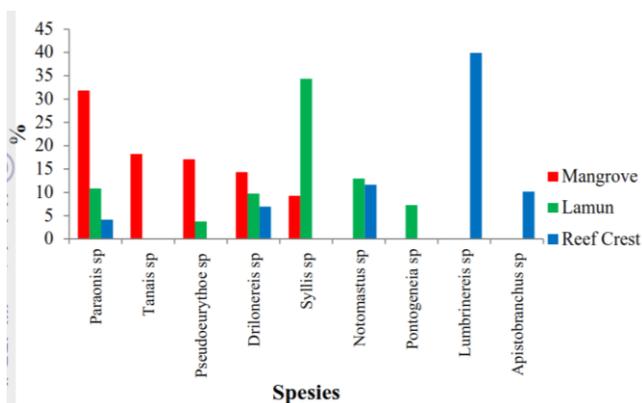
Gambar 14. Biomassa makrozoobentos: A. Titik pengamatan, B. Habitat



Gambar 15. Dendrogram biomassa makrozoobentos: A. Titik pengamatan dan B. Habitat. M= Mangrove; L = Lamun; R= Reef crest



Gambar 17. Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') dan Nilai keseragaman Pielou (E) makrozoobentos: A. Titik pengamatan, B. Habitat



Gambar 16. Analisis SIMPER (Similarity Percentage) biomassa masing-masing spesies makrozoobentos di habitatnya

Nilai indeks keseragaman dapat membandingkan distribusi jumlah individu dalam suatu spesies yang terdapat pada suatu komunitas, yang berkisar antara 0-1. Berdasarkan hasil dari titik pengamatan, nilai keseragaman yang didapat termasuk tinggi yaitu berkisar 0,76-1. Berdasarkan hasil dari habitat pengamatan nilai keseragaman juga termasuk tinggi yaitu berkisar 0,84-0,89 (Gambar 17).

**Pembahasan**

*Kondisi lingkungan*

Kondisi lingkungan dapat mempengaruhi struktur komunitas makrozoobentos. Berdasarkan hasil kualitas perairan (Tabel 1) bahwa ada parameter yang tidak memenuhi syarat baku mutu menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 yaitu nitrat. Hal ini

sesuai dengan rasio perbandingan N: P bahwa nitrogen lebih besar atau lebih dibutuhkan daripada fosfat. Namun dilihat dari baku mutu bahwa nilai nitrat lebih kecil daripada nilai fosfat.

Menurut Kannan dan Thangaradjou (2002) fosfor dan nitrogen sangat penting bagi produsen utama dari semua ekosistem. Ekosistem mangrove, lamun dan terumbu karang menggunakan nitrogen terlarut dan mengurangi konsentrasi dalam air. Diperkirakan bahwa mangrove > lamun > terumbu karang peringkat dalam urutan hal kebutuhan nutrisi. Mangrove memiliki nutrisi yang tinggi dalam air. Lamun dapat mentolerir eutrofikasi daripada terumbu karang yang dapat menahan kondisi oligotropik.

Kondisi substrat dasar perairan di ketiga habitat didominasi pasir. Namun, tekstur pasir yang paling tinggi berada di habitat *reef crest*. Menurut Nybakken (1988), sedimen pasir pada umumnya miskin akan organisme. Organisme tersebut harus bisa beradaptasi dengan cara menggali substrat sampai kedalaman yang tidak dapat terpengaruhi oleh gelombang. Makrozoobentos yang hidup di pantai berpasir yaitu Polikaeta, Moluska, dan Krustasea.

C-organik yang tertinggi didapatkan pada habitat mangrove dan lamun (Tabel 2) sedangkan yang terendah pada habitat *reef crest*. Hal ini disebabkan tekstur pasir dalam habitat mangrove dan lamun relatif kecil dari pada habitat *reef crest*. Menurut Kennish (1990), bahwa kandungan C-organik pada substrat memiliki korelasi positif terhadap kepadatan dan biomassa spesies.

#### *Struktur komunitas makrozoobentos berdasarkan titik pengamatan*

Mangrove memiliki peran ekologis yang penting seperti dasar rantai makanan sebagai bahan organik. Bahan organik dalam mangrove berupa serasah. Besar kecil produksi serasah mangrove dipengaruhi oleh kerapatan dan jenis mangrove (Zamroni dan Suci 2008). Kepadatan dipengaruhi oleh kerapatan mangrove. Hal ini sesuai berdasarkan Gambar 4, kerapatan jenis mangrove tertinggi terdapat pada transek garis ketiga sebesar 62 individu/m<sup>2</sup>, serta dilihat dari Gambar 10.A kepadatan makrozoobentos pada mangrove transek garis tiga lebih tinggi dibandingkan transek lain.

Berdasarkan (Gambar 14.A) biomassa tertinggi makrozoobentos pada titik pengamatan terdapat pada L.2.2 sebesar 132,15 g/m<sup>2</sup> sedangkan yang terendah pada titik M.1.3, M.2.1 dan M.2.3 sebesar 0 g/m<sup>2</sup> (tidak ditemukan). Hal ini disebabkan biomassa yang menyumbang paling besar pada titik L.2.2 adalah kelompok Polikaeta. Menurut Bagatini et al. (2007) Nilai biomassa yang lebih tinggi berada di zona litoral daripada zona profundal. Perairan dangkal berkaitan dengan oksigenasi yang lebih tinggi dan jenis sedimen. Biomassa dipengaruhi oleh ketersediaan rantai makanan yang memadai.

Menurut Whitlow (2012), habitat lamun memiliki kelimpahan yang tinggi pada krustacea dan polikaeta. Habitat lamun adalah habitat perlindungan biogenik yang sangat penting untuk predator dan spesies pemangsa. Sebagai habitat yang penting bagi invertebrata dan sebagai sumber mangsa dan perlindungan bagi predator seperti juvenil ikan, kepiting dan lobsters.

Pada lokasi pengamatan yang memiliki kondisi penutupan lamun tertinggi berada pada transek 3 sebesar 35,05%. Jenis yang mendominasi di transek 3 adalah *Halodule pinifolia*, dan *Halodule uninervis*. Menurut Nienhuis et al. (1989) dalam Mckenzie dan Yoshida (2009) bahwa jenis *Halodule uninervis* pada umumnya dianggap sebagai salah satu spesies perintis yang khas mampu dengan cepat menjajah substrat yang baru tersedia dan spesies ini disukai oleh makanan dugong. *Halodule uninervis* dan *Halodule pinifolia* sama-sama berlimpah, namun *Halodule pinifolia* sangat berlimpah pada pantai berlumpur dan pasir halus.

Persen penutupan karang yang tertinggi di lokasi pengamatan pada transek 2 yaitu sebesar 30%. Namun, kepadatan makrozoobentos pada titik pengamatan yang tertinggi terdapat di R.1.2 (*reef crest* transek satu, titik kedua) sebesar 1.399 individu/m<sup>2</sup>. Hal ini bertolak belakang dengan Nontji (1993) bahwa banyak jenis biota yang hidupnya mempunyai kaitan erat dengan karang.

Berdasarkan titik pengamatan, nilai indeks keanekaragaman makrozoobentos berkisar antara 0,91-3,61. Nilai indeks keanekaragaman tertinggi pada titik M.3.2 (mangrove transek 3 titik 2) dan terendah pada titik M.2.2 (mangrove transek 2 titik 2). Berdasarkan penelitian oleh Wulansari (2012) bahwa indeks keanekaragaman di habitat mangrove lebih rendah. Semakin menjauh dari daratan, kisaran nilai indeks keanekaragaman makrozoobentos semakin tinggi. Nilai indeks keseragaman pada titik pengamatan berkisar 0,76-1, (Gambar 17.A), nilai tersebut berarti setiap jenis organisme memiliki jumlah individu yang sama besar.

#### *Struktur komunitas makrozoobentos berdasarkan habitat*

Menurut Rosenberg (2001) karakteristik struktur komunitas makrozoobentos di indikasikan dengan parameter jumlah spesies, kepadatan, dan biomassa (SAB). Berdasarkan habitat, jumlah spesies tertinggi adalah di habitat lamun sebanyak 38 spesies sedangkan yang terendah di habitat mangrove sebesar 21 spesies. Hal ini disebabkan, kadar kandungan oksigen terlarut yang memiliki nilai yang besar yaitu di habitat lamun dan *reef crest*, sedangkan mangrove lebih rendah diantara kedua habitat tersebut (Tabel 1).

Berdasarkan habitat, kepadatan makrozoobentos yang paling tinggi berada di habitat *reef crest* (Gambar 10.B) sebesar 864 individu/m<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan, tekstur pasir (Tabel 2) di habitat *reef crest* lebih tinggi dan tekstur debu dan liat lebih kecil dibandingkan habitat mangrove, dan lamun. Menurut Taurusman (2012), makrozoobentos membutuhkan pasir untuk melakukan proses bioturbasi. Proses bioturbasi adalah hasil egesi, gangguan, peningkatan kadar oksigen pada kedalaman yang lebih dalam dan pembentukan habitat yang cocok untuk kolonisasi lebih lanjut (Gray dan Elliot 2009).

Kepadatan makrozoobentos pada habitat lamun yang didominasi oleh makrozoobentos spesies *Syllis* sp. Menurut Mikac dan Luigi musco (2010) bahwa famili *Syllidae* adalah salah satu spesies yang paling beragam di kelompok Polikaeta, dan semua habitat umumnya ada tapi yang khas pada tipe keras. Distribusi *Syllidae* menjadi

sebuah indikator yang baik untuk kondisi lingkungan setempat dan bisa menjadi efektif dalam perubahan ekologi skala besar, bahkan lebih dari jangka pendek.

Kepadatan makrozoobentos pada habitat mangrove dan reef crest didominasi oleh spesies *Atylus sp.* Spesies tersebut merupakan kelompok Krustase. Krustase bersifat *mobile*, mereka cenderung dapat mudah bergerak untuk menghindari habitat yang kurang sesuai menuju habitat yang lebih sesuai untuk ditempati. Sedangkan polikaeta bersifat *sessile*, cenderung sulit untuk berpindah secara bebas sehingga untuk bertahan pada habitat tertentu dengan berbagai pola adaptasi mereka (Nybakken 1988). Habitat lamun juga memiliki kepadatan makrozoobentos kelompok krustacea, tapi tidak sebanyak kedua habitat tersebut.

Selain spesies yang ditemukan, di luar titik pengamatan terdapat biota yang berhubungan di habitat yaitu pada habitat lamun seperti bantal raja (*Culcita novaguineae*), udang anemone (*Periclimenes sp.*). Pada habitat reef crest seperti bulu babi (*Diadema setosum*), bivalvia (*Pinctada maxima*), dan lili laut (*Comanthus sp.*).

Berdasarkan habitat, nilai biomassa makrozoobentos tertinggi pada habitat lamun sebesar 18,60 g/m<sup>2</sup>, dan terendah habitat reef crest sebesar 4,43 g/m<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan penyumbang biomassa yang terbesar di habitat lamun jenis polikaeta dan oligokhaeta. Berdasarkan habitat pengamatan, besarnya nilai indeks keanekaragaman tertinggi pada habitat lamun yaitu sebesar 4,43. Sedangkan indeks keanekaragaman terendah pada habitat mangrove 3,82. Berdasarkan penelitian dari Ramadhan (2010), bahwa nilai indeks keanekaragaman di Pulau Kelapa Dua lebih tinggi dibandingkan Pulau Harapan dikarenakan memiliki keanekaragaman genus yang lebih tinggi dan proporsi individu tiap genus lebih merata daripada Pulau Harapan.

Berdasarkan habitat, nilai indeks keseragaman tertinggi di habitat reef crest dan terendah di habitat lamun. Berdasarkan penelitian Wulansari (2012), tingginya nilai indeks keseragaman pada habitat reef crest menunjukkan rendahnya jenis makrozoobentos yang mendominasi komunitas tersebut, sedangkan rendahnya nilai indeks keseragaman pada mangrove dan lamun menunjukkan ada beberapa jenis makrozoobentos yang mendominasi komunitas tersebut.

#### *Keterkaitan struktur komunitas makrozoobentos antara habitat*

Menurut Kannan dan Thangaradjou (2002) mangrove dan lamun bergantung pada terumbu karang. Terumbu karang sebagai menghilangkan gelombang energi dan meningkatkan komunitas mangrove dan lamun. Di sisi lain, habitat lamun bisa mempengaruhi habitat mangrove dan terumbu karang dengan sebagai perangkap (*sedimen trap*), menstabilkan sedimen dan memproduksi sedimen. Perangkap dan memobilisasi sedimen mendukung pertumbuhan karang dan mencegah penguburan karang. Sedangkan mangrove sebagai pengurangan beban sedimen ke perairan pesisir dan juga mengatur aliran air tawar agar mencairkan garam yang terkumpul di mangrove selama kekeringan.

Keterkaitan struktur komunitas makrozoobentos antar habitat, berdasarkan analisis SIMPER (Gambar 12) pada

kepadatan terlihat spesies yang paling berkontribusi antar habitat yaitu *Syllis sp.* dan *Drilonereis sp.* *Syllis sp.* memiliki kontribusi paling tinggi di habitat mangrove > lamun > reef crest, dan *Drilonereis sp.* memiliki kontribusi paling tinggi di habitat reef crest > lamun > mangrove. Pada biomassa (Gambar 16), bahwa spesies yang memiliki kontribusi yang paling tinggi antar habitat yaitu *Paraonis sp.* dan *Drilonereis sp.* *Paraonis sp.* memiliki kontribusi yang tinggi di habitat mangrove > lamun > reef crest, dan *Drilonereis sp.* memiliki kontribusi paling tinggi di habitat mangrove > lamun > reef crest.

Selain melihat keterkaitan antar habitat dengan spesies yang paling berkontribusi, dengan analisis ANOSIM bisa melihat keterkaitan antar habitat. Berdasarkan hasil ANOSIM tidak ada perbedaan kepadatan makrozoobentos antar habitat (Global R = 0,019; p = 0,274), dan biomassa makrozoobentos antar habitat (Global R = 0,004; p = 0,467). Maka dapat dikatakan bahwa ada keterkaitan makrozoobentos antar habitat.

Setelah melihat keterkaitan antar habitat, dari indeks similaritas dalam dendrogram terdapat kelompok yang saling erat antar habitat. Berdasarkan hasil indeks similaritas (Gambar 11.B dan Gambar 15.B), bahwa pada kepadatan dan biomassa habitat lamun cenderung erat atau mendekati dengan habitat reef crest.

## KESIMPULAN

Struktur komunitas makrozoobentos diindikasikan oleh jumlah jenis, kepadatan, dan biomassa makrozoobentos. Pada penelitian yang dilakukan di Pulau Kelapa Dua, makrozoobentos yang ditemukan terdiri 7 filum, 8 kelas, 40 famili, dan 52 genus. Presentase jumlah spesies terbesar adalah berasal dari kelas Polikaeta, dengan spesies yang mendominasi di habitat mangrove, lamun dan reef crest adalah *Syllis sp.*, *Paraonis sp.*, dan *Drilonereis sp.* Secara umum kondisi lingkungan perairan masih mendukung untuk kehidupan makrozoobentos. Habitat lamun memiliki jumlah spesies dan biomassa makrozoobentos tertinggi sedangkan habitat reef crest memiliki kepadatan makrozoobentos yang tertinggi. Selain itu, indeks keanekaragaman makrozoobentos yang tertinggi terdapat pada habitat lamun dan indeks keseragaman makrozoobentos pada habitat reef crest. Keterkaitan struktur komunitas makrozoobentos antara habitat mangrove, lamun, dan reef crest menurut kepadatan dan biomassa makrozoobentos ada spesies yang berkontribusi dominansi dalam habitat tersebut yaitu *Syllis sp.*, *Drilonereis sp.*, dan *Paraonis sp.* Berdasarkan indeks similaritas habitat lamun cenderung relatif dekat atau erat dengan habitat reef crest.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bagatini YM, Miguti J, Benedito E. 2007. Temporal and Longitudinal Variation of *Corbicula fluminea* (Molluska, Bivalvia) Biomassa in the Rosana Reservoir, Brazil. Acta Limnol. Bras 19 (3): 357-366.
- Brower JE, Zar JH, Von Ende CN. 1990. Field and Laboratory Method For General Ecology. 3rd ed. Brown Publishers, Dubuque.

- Clarke KR, Gorley RN. 2001. Plymouth routines in multivariate ecological research (PRIMER) V 5.2: User manual/tutorial. Primer-E Ltd.
- Dinkominmas [Dinas Komunikasi Informasi dan Kehumasan]. 2010. Pulau Kelapa Dua. <http://www.jakarta.go.id>. [24 Juli 2013].
- Gosner KL. 1971. Guide to Identification of Marine and Estuarine Invertebrates: Cape Hatteras to The Bay of Fundy. John Wiley & Sons, New York.
- Gray JS, Elliott M. 2009. Ecology of Marine Sediments: from Science to Management. Ed ke-2. Oxford University Pr., Oxford.
- Holme NA, Mc Intyre. 1984. Methods for the Study of Marine Benthos. Ed ke-2. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Huda N. 2008. Strategi kebijakan pengelolaan mangrove berkelanjutan di wilayah pesisir Kabupaten Tanjung Jabung Timur Jambi. [Tesis]. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kannan L, Thangaradjou T. 2002. Seagrasses. Biol. Edun. 6 (4): 223-238.
- Kemen LH [Kementerian Negara Lingkungan Hidup]. 2001. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2001 tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang.
- Kemen LH [Kementerian Negara Lingkungan Hidup]. 2004. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut.
- Kemen LH [Kementerian Negara Lingkungan Hidup]. 2004. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 200 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan dan Pedoman Status Padang Lamun.
- Kennish MJ. 1990. Ecology of Estuaries. CRC Press, Florida
- Krebs CJ. 1989. Ecological Methodology. Harper & Row Publisher, New York.
- McKenzie LJ, Yoshida RL. 2009. Seagrass-watch. Proceeding of a Workshop for Monitoring Seagrass Habitat in Indonesia. The Nature Conservancy, Coral Triangle Center; Bali, Indonesia.
- Mikac B, Luigi M. 2010. Faunal and biogeographic analysis of Syllidae (Polikaeta) from Rovinj (Croatia, Northern Adriatic Sea). Sci Mar 74 (2): 353-370.
- Nontji A. 1993. Laut Nusantara. Djambatan, Jakarta.
- Nybakken JW. 1988. Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis. Eidman HM, Koesoebiono, Bengen DG, Hutomo M, Sukarjo S, penerjemah. PT Gramedia, Jakarta.
- Odum EP. 1993. Dasar-dasar Ekologi. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Quinn GP, Keough M J. 2002. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Ramadhan G. 2010. Asosiasi makrozoobentos dengan ekosistem lamun di Pulau Harapan dan Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rosenberg R. 2001. Marine benthic faunal successional stages and related sedimentary activity. Sci Mar 65: 107-119.
- Taurusman AA. 2012. Tropical Benthic Ecology Assemblages, Clearance rate, and Carrying Capacity on Eutrophication. LAP Lambert Academic Publishing, Germany.
- Walkley A, Black IA. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci 37: 29-37.
- Whitlow WL, Grabowski JH. 2012. Examining how landscapes influence benthic community assemblages in seagrass and mudflat habitats in southern maine. J Exp Mar Biol Ecol 411: 1-6.
- Wood E. 1987. Subtidal Ecology. Edward Arnold Publishers, London.
- Wulansari N. 2012. Konektivitas komunitas makrozoobentos antara habitat mangrove, lamun, dan terumbu karang di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Zamroni Y, Suci I. 2008. Produksi serasah hutan mangrove di Perairan Pantai Teluk Sepi, Lombok Barat. Biodiversitas 9 (4): 284-287.