

Pola zonasi mangrove dan asosiasi makrozoobentos di wilayah Pantai Indah Kapuk, Jakarta

Mangrove zonation and its associated macrozoobenthos in Pantai Indah Kapuk, Jakarta

LESTARI PUTRI, FREDINAN YULIANDA, YUSLI WARDIATNO

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

Manuskrip diterima: 20 Januari 2015. Revisi disetujui: 17 Mei 2015.

Abstract. Putri L, Yulianda F, Wardiatno Y. 2015. Mangrove zonation and its associated macrozoobenthos in Pantai Indah Kapuk, Jakarta. *Bonorowo Wetlands 5*: 29-43. Mangrove ecosystems experience a variety of environmental pressures that will affect mangrove zonation and associated macrozoobenthos. This study was conducted to determine the zonation of mangroves and their associated macrozoobenthos in Pantai Indah Kapuk, Jakarta. Mangrove vegetation data were collected with the least-squares method and a corer sampling macrozoobenthos. Mangrove-associated and *Avicennia marina* were found close to the sea and close to the land area, although mangrove multispecies was found in the middle area. Macrozoobenthos was dominated by Oligochaeta, Polychaeta, and Gastropoda, the most abundant in the middle area. Mangrove zonation is correlated with several classes of macrozoobenthos, especially Gastropods and Crustaceans. Recommended management of mangrove habitat the management of waste and rehabilitation with *Rhizophora* spp.

Keywords: Association, mangrove, macrozoobenthos, Pantai Indah Kapuk, zonation

PENDAHULUAN

Zonasi merupakan suatu fenomena ekologi di perairan pesisir yang dipengaruhi pasang surut air laut. Pengaruh tersebut menyebabkan berkembangnya komunitas yang khas di kawasan pesisir (Peterson 1991), salah satunya adalah komunitas mangal. Komunitas mangal beserta lingkungannya membentuk ekosistem mangrove. Ekosistem tersebut dapat membentuk zonasi di kawasan pesisir tropis dan subtropis yang dapat tumbuh dengan baik di sepanjang garis pantai, seperti laguna, rawa, delta, dan muara sungai. Zonasi mangrove yang terbentuk di Indonesia dari laut ke darat, menurut Bengen (2001), adalah vegetasi *Avicennia* yang berasosiasi dengan vegetasi *Sonneratia*. Vegetasi *Rhizophora* dan *Bruguiera* berada di tengah zonasi mangrove, sedangkan vegetasi *Nypa* berada dekat darat karena dipengaruhi oleh air tawar.

Ekosistem mangrove bersifat dinamis, labil, dan kompleks. Ekosistem mangrove bersifat dinamis karena dapat terus tumbuh, berkembang, mengalami suksesi, dan mengalami perubahan zonasi. Ekosistem mangrove bersifat labil karena mudah sekali rusak dan sulit untuk pulih kembali. Ekosistem mangrove bersifat kompleks karena merupakan habitat berbagai jenis satwa daratan dan biota perairan (Kusmana 1995), salah satunya makrozoobentos.

Makrozoobentos adalah organisme hewan invertebrata benthik berukuran besar serta dapat terpisah dari pasir dan sedimen melalui saringan dengan *mesh size* berukuran 0.5 mm (0.5 mm-5 cm) (Gray dan Elliott 2009). Studi komunitas makrozoobentos mangrove hanya terfokus pada struktur komunitas dan biologi spesies, tetapi interaksi antarspesies yang lebih kompleks serta hubungan antara habitat dan biota sulit dilakukan. Permasalahan tersebut

terjadi akibat pengambilan contoh dan pengukuran data habitat mangrove yang sulit, sehingga keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobentos mangrove belum sepenuhnya dipublikasikan dengan baik (Lee 2008).

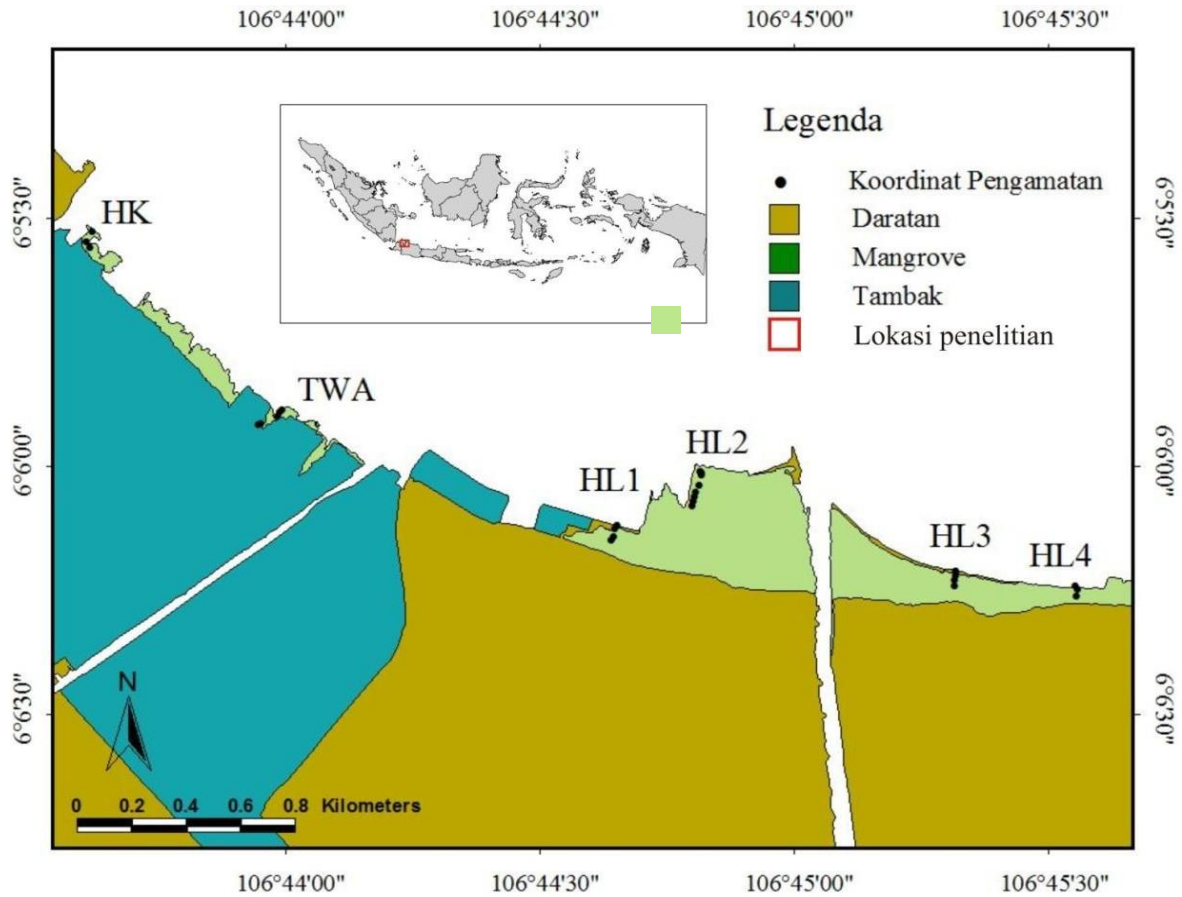
Ekosistem mangrove Pantai Indah Kapuk memperoleh tekanan lingkungan dari kegiatan antropogenik yang bersumber dari tiga sungai, terutama Sungai Angke. Kegiatan tersebut dapat menghasilkan sampah laut yang akan terperangkap di ekosistem mangrove (Hastuti 2014). Selain itu, perbedaan antropogenik dan biogeografi dapat mempengaruhi keragaman makrozoobentos dan mempengaruhi fungsi ekosistem mangrove (Lee 2008), sehingga studi mengenai ekosistem mangrove terutama zonasi mangrove dan makrozoobentos yang berasosiasi perlu dilakukan di kawasan Pantai Indah Kapuk.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan deskripsi mengenai pola zonasi ekosistem mangrove dan makrozoobentos yang berasosiasi serta memberikan rekomendasi pengelolaan Pantai Indah Kapuk, Jakarta

BAHAN DAN METODE

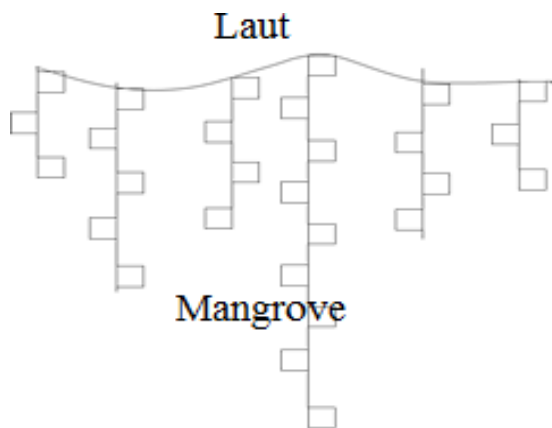
Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2013 di hutan mangrove kawasan Hutan Lindung (HL), Taman Wisata Alam Angke Kapuk (TWA), dan Hutan Kamal (HK), Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara (Gambar 2). Pembuatan gambar spasial dianalisis dengan aplikasi sistem informasi geografi (SIG) menggunakan peta Citra *Landsat Quickbird* sebagai peta dasar.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara

Pengambilan data mangrove, makrozoobentos, dan parameter lingkungan dilakukan secara spasial dan berlapis dengan interval 10 m (Gambar 3). Penanganan dan identifikasi contoh dilakukan pada bulan September 2013-April 2014 di Laboratorium Biologi Mikro I, Bagian Produktivitas Lingkungan, Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

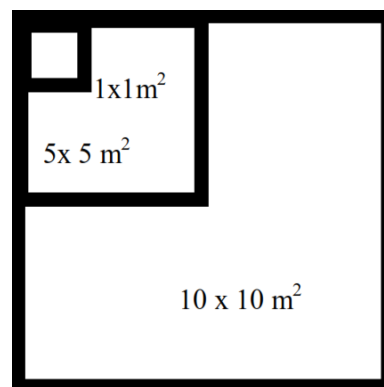


Gambar 3. Pengambilan data mangrove, makrozoobentos, dan parameter lingkungan

Pengambilan Data

Pengambilan data vegetasi mangrove

Data vegetasi mangrove yang diambil diklasifikasikan menjadi pohon (diameter > 4 cm), anakan (diameter < 4 cm, tinggi > 1 m), dan semai (tinggi < 1 m) (Bengen 2000). Pengambilan data vegetasi pohon dilakukan dalam transek 10x10 m², anakan 5x5 m², dan semai 1x1 m² (Gambar 4).



Gambar 4 Transek kuadrat untuk pengukuran vegetasi mangrove

Pengambilan data vegetasi mangrove dilakukan dengan jarak antartransek sepanjang 10 m. Data yang diambil meliputi jumlah, jenis vegetasi mangrove, dan DBH (*diameter of the trunk at breast height*). Pengukuran DBH 1.3 m dari atas akar (English et al. 1994). Jenis mangrove diidentifikasi berdasarkan buku Bengen (2001) dan Noor et al. (2006).

Pengambilan contoh parameter lingkungan

Contoh parameter lingkungan meliputi parameter fisika dan kimia. Parameter fisika meliputi suhu dan tekstur sedimen, sedangkan parameter kimia meliputi salinitas, pH air, dan tanah, serta % C organik (Tabel 1).

Pengambilan contoh makrozoobentos

Contoh sedimen diambil dengan menggunakan *corer* (d = 5 inchi) yang dibenamkan hingga kedalaman ± 20 cm. Pengambilan contoh dilakukan sebanyak 10 kali di dalam transek mangrove 10x10 m². Contoh dipisahkan antara serasah kasar dan lumpur yang diambil menggunakan saringan halus (*mesh size* ± 0.5 mm). Contoh sedimen disaring dan diberi larutan formalin 10% serta larutan pewarna *rose bengal*, lalu dimasukkan ke dalam plastik berlabel. Contoh makrozoobentos dipisahkan dari sedimen dan serasah, kemudian dimasukkan ke dalam botol film berisi larutan formalin 4%. Makrozoobentos diidentifikasi dengan menggunakan mikroskop dan berdasarkan buku identifikasi Gosner (1971), Kozloff (1987), dan Higgins et al. (1988).

Analisis data

Vegetasi mangrove

Analisis data vegetasi mangrove mengacu pada Bengen (2001). Kerapatan jenis (D_i) merupakan perbandingan jumlah tegakan jenis ke-*i* (n_i) dan luas area total pengambilan contoh (A).

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

Kerapatan relatif (RD_i) merupakan perbandingan antara jumlah tegakan jenis ke-*i* (n_i) dan jumlah total tegakan seluruh jenis (Σn)

$$RD_i = \frac{n_i}{\Sigma n} \times 100\%$$

Frekuensi (F_i) merupakan peluang ditemukannya jenis ke-*i* (p_i) di dalam jumlah plot pengamatan (Σp).

$$F_i = \frac{p_i}{\Sigma p}$$

Frekuensi relatif (RF_i) merupakan perbandingan antara frekuensi jenis ke-*i* (F_i) dengan jumlah frekuensi untuk seluruh jenis (ΣF)

$$RF_i = \frac{F_i}{\Sigma F} \times 100\%$$

Tabel 1. Pengukuran parameter fisika dan kimia dalam ekosistem mangrove (Eviati dan Sulaeman 2009)

Parameter	Satuan	Metode/Alat
Fisika		
Suhu air	°C	Termometer
Tekstur sedimen	-	Pipet
Salinitas	psu	Refraksi
Kimia		
pH air	-	pH universal
pH aktual tanah	-	Elektrometri
pH potensial tanah	-	Elektrometri
% C organik	%	Spektrofotometri

Penutupan jenis (C_i) merupakan perbandingan total diameter pohon jenis ke-*i* (BA) di dalam luas area total pengambilan contoh (A).

$$C_i = \frac{\Sigma BA}{A}$$

Penutupan relatif jenis (RC_i) merupakan perbandingan antara luas area penutupan jenis ke-*i* (C_i) dan total luas area penutupan untuk seluruh jenis (ΣC)

$$RC_i = \frac{C_i}{\Sigma C} \times 100\%$$

Indeks nilai penting merupakan jumlah nilai kerapatan jenis (RD_i), frekuensi relatif jenis (RF_i), dan penutupan relatif jenis (RC_i)

$$INP = RD_i + RF_i + RC_i$$

Indeks nilai penting digunakan untuk memberikan gambaran mengenai pengaruh atau peranan suatu jenis mangrove dalam ekosistem tersebut. Nilai INP berkisar 0-300.

Zonasi mangrove

Pemetaan zonasi mangrove dilakukan dengan aplikasi SIG dan Citra *Landsat Quickbird* sebagai peta dasar. Sistem informasi geografis (SIG) merupakan sistem informasi berbasis komputer yang menggabungkan unsur peta (geografis) dan informasi tentang peta tersebut (data atribut). Sistem ini dirancang untuk mengolah, memanipulasi, menganalisis, memperagakan, dan menampilkan data spasial (Manongga et al. 2009).

Struktur komunitas makrozoobentos

Kepadatan makrozoobentos didefinisikan sebagai jumlah individu makrozoobentos per satuan luas (m²) (Krebs 1972). Contoh makrozoobentos diidentifikasi dan dihitung kepadatannya. Kepadatan makrozoobentos jenis ke-*i* (K_i) merupakan jumlah individu makrozoobentos jenis ke-*i* yang ditemukan pada setiap ulangan (n_i) dibagi luas area contoh. Luas area contoh berupa luas bukaan mulut *corer* (A) dikalikan jumlah pengambilan contoh makrozoobentos (b):

$$K_i = \frac{\Sigma n_i}{Ab}$$

Indeks keanekaragaman ditunjukkan oleh parameter jumlah jenis (S), jumlah individu jenis (n_i), dan jumlah individu total (N). Indeks keseragaman merupakan nilai penyebaran individu antarspesies yang berbeda dan diperoleh dari hubungan antara nilai keanekaragaman (H') dan keanekaragaman maksimalnya (H'maks) (Shannon dan Wiener 1949 in Krebs 1972).

$$H' = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \left(\log_2 \frac{N}{n_i} \right) \right)$$

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

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

Indeks dominansi (C) digunakan untuk mengetahui spesies biota yang mendominasi atau dominan ditemukan. Berikut ini merupakan rumus indeks dominansi menurut Krebs (1972):

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

Hubungan antara parameter pembentuk ekosistem mangrove

Hubungan antarparameter pembentuk ekosistem mangrove dianalisis dengan *Spearman Rank Correlation*. *Spearman Rank Correlation* merupakan uji korelasi non parametrik dengan asumsi sebaran data tidak menyebar normal (Leung dan Tam 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter lingkungan

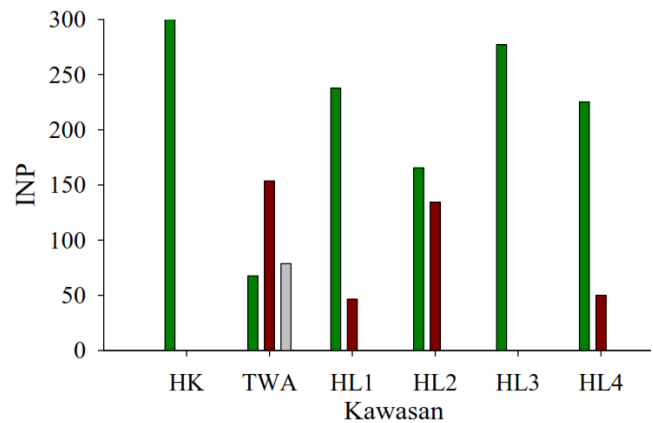
Contoh parameter lingkungan meliputi parameter fisika dan kimia. Parameter fisika meliputi suhu dan tekstur sedimen, sedangkan parameter kimia meliputi salinitas, pH air, dan tanah, serta % C organik. Hasil pengukuran parameter lingkungan di ekosistem mangrove Pantai Indah Kapuk disajikan pada Tabel 2.

Kondisi umum ekosistem mangrove Pantai Indah Kapuk

Vegetasi mangrove dominan di ekosistem Pantai Indah Kapuk terdiri atas *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *R. stylosa*, sedangkan jenis tidak dominan

terdiri atas *Exocacteria agallocha*, *Acanthus illicifollius*, dan *Xylocarpus granatum*. Indeks nilai penting (INP) merupakan parameter kuantitatif mengenai peranan jenis mangrove dalam ekosistem tersebut (Bengen 2001). Nilai INP kawasan Pantai Indah Kapuk disajikan pada Gambar 5, 6, dan 7.

Kawasan Hutan Kamal memiliki nilai INP jenis *A. marina* sebesar 300 untuk seluruh tahapan pertumbuhan mangrove. Jenis *A. marina* memiliki nilai INP tertinggi di kawasan Hutan Lindung 1, 2, dan 4. Kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk dan Hutan Lindung 2, 3, dan 4 memiliki nilai INP anakan yang lebih tinggi dibandingkan tahapan pohon maupun semai. Hal tersebut membuktikan bahwa anakan lebih berperan penting di kawasan tersebut. Kawasan Hutan Lindung 1, 3, dan 4 tidak ditemukan mangrove tahapan semai. Hal tersebut terjadi akibat kerusakan ekosistem mangrove Pantai Indah Kapuk (Tabel S1). Jenis *Rhizophora mucronata* memiliki nilai INP yang tinggi di kawasan Taman Wisata Alam Angke sebesar 154 pada tahap pohon karena sebagian besar merupakan mangrove tanaman.



Gambar 5. Nilai INP jenis mangrove di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara; (■) *A. marina*, (■) *R. mucronata*, (□) *R. stylosa* a) Hutan Lindung 3; b) Hutan Lindung 4

Tabel 2. Parameter lingkungan di ekosistem Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara

Parameter	Kawasan					
	HK	TWA	HL1	HL2	HL3	HL4
Suhu (°C)	30-31	30-32	28	28-29	27	27-29
Tekstur sedimen	Lempung berpasir	Lempung berpasir	Lempung berpasir	Lempung	Lempung berpasir	Lempung berpasir
% C organik	2.23-2.46	2.07-2.49	2.04-2.6	1.46-2.46	2.47-3.29	2.87-3.69
ORP (mV)	-91- -72	-97- -87	-72- -39	-90- -61	-64- -51	-54- -34
Salinitas (psu)	10-13	14-15	1-2	1-2	1	2-5
pH air	6-6.5	6.5	6-6.5	5.5-6.5	6-6.5	5-6
pH aktual tanah	8.2-8.5	8.5-8.7	7.68-8.19	8.1-8.53	7.64-8.12	7.8-8.05
pH potensial tanah	8-8.1	7.8-8.1	7.21-7.72	7.26-7.85	6.99-7.99	7.01-7.83

Kerapatan mangrove Pantai Indah Kapuk

Kerapatan merupakan perbandingan antara jumlah tegakan dan luas area total pengambilan contoh (Bengen 2001). Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no 201 tahun 2004 tentang kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove, kerapatan mangrove dikategorikan menjadi jarang (<10 ind/100 m²), sedang (≥10-<15 ind/100 m²), dan lebat (≥15 ind/100 m²) (KEP.201/MEN/2004). Kerapatan mangrove di Pantai Indah Kapuk disajikan pada Gambar 8.

Kerapatan mangrove di kawasan Hutan Kamal, Hutan Lindung 1, 3, dan 4 dikategorikan memiliki kerapatan jarang hingga sedang, namun memiliki pohon yang lebih besar. Kerapatan pohon pada kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk dan Hutan Lindung 2 dikategorikan jarang hingga lebat. Kerapatan di tengah kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk dikategorikan memiliki kerapatan yang lebat dengan ukuran pohon yang kecil. Hal tersebut terjadi juga di kawasan Hutan Lindung 2, namun pada daerah dekat laut (Gambar 8).

Zonasi mangrove Pantai Indah Kapuk

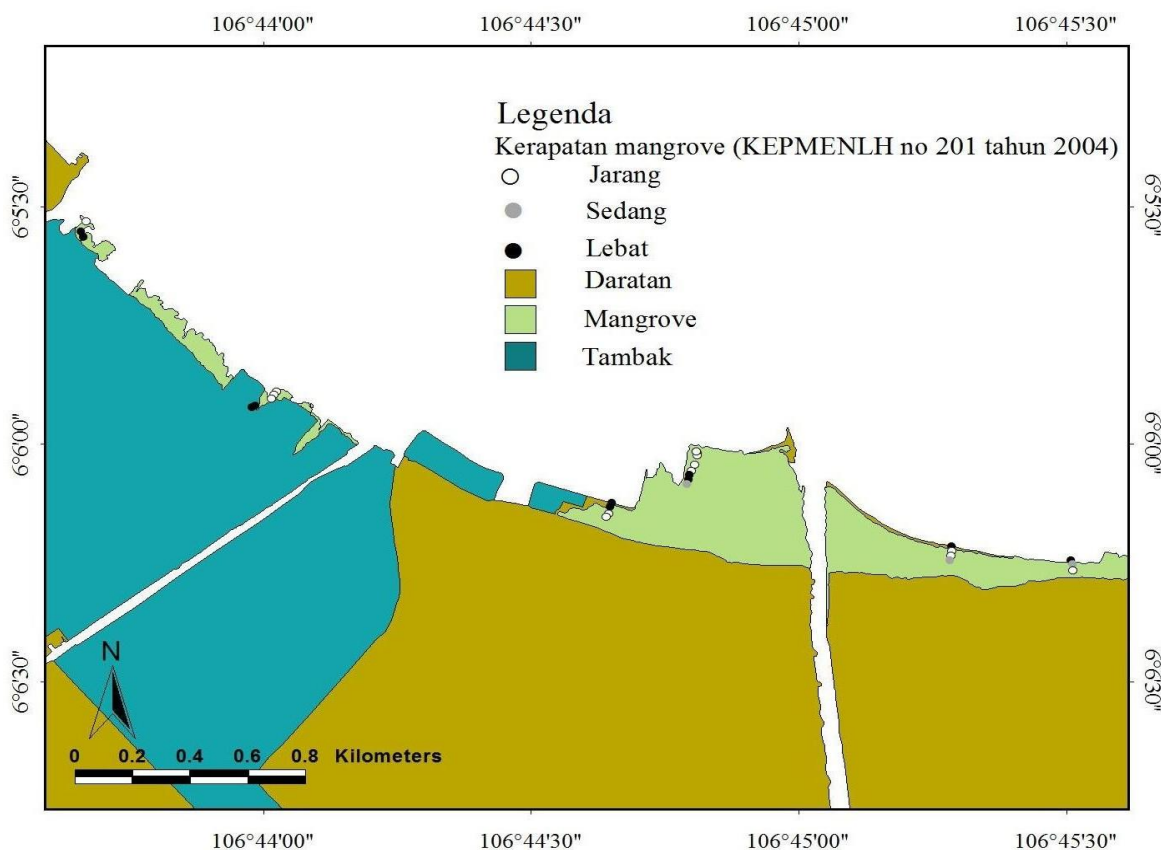
Zonasi mangrove yang terjadi di kawasan Hutan Kamal dan Taman Wisata Alam Angke Kapuk disajikan pada Gambar 7 serta zonasi di kawasan Hutan Lindung pada Gambar 8. Mangrove asosiasi dan *A. marina* ditemukan di daerah dekat laut dan darat, sedangkan mangrove campuran (*A. marina*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, *Excoecaria agallocha*, *Acanthus illicifollius*, dan *Xylocarpus granatum*)

ditemukan di daerah tengah. Mangrove asosiasi adalah tumbuhan lain yang tumbuh di sekitar mangrove dan sebagian besar dapat tumbuh di darat dengan air tawar (Noor et al. 2006). Mangrove asosiasi yang ditemukan di ekosistem mangrove Pantai Indah Kapuk adalah tapak kuda, ketapang, waru laut, nyamplung, bintaro, dan mengkudu.

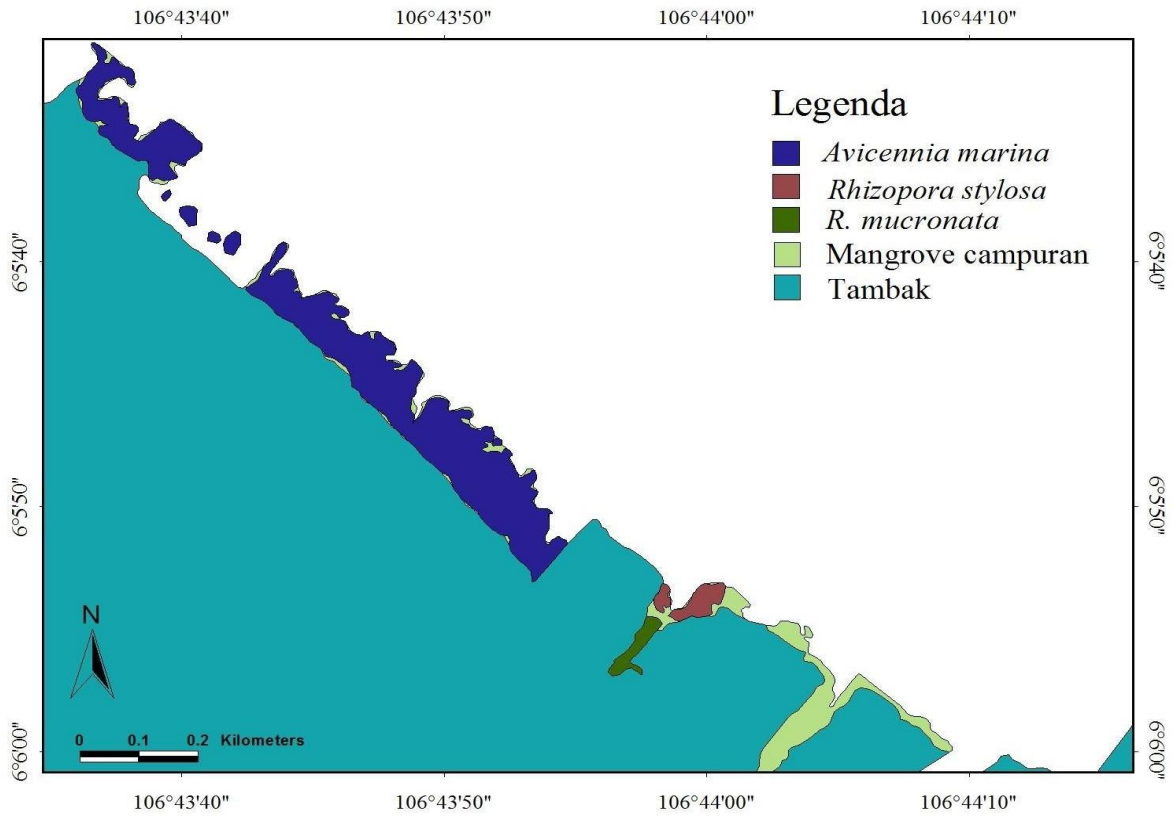
Zonasi mangrove kawasan Hutan Kamal hanya terdiri atas jenis *A. marina*. Kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk didominasi oleh mangrove jenis *R. stylosa* meskipun ditemukan jenis lain, seperti *A. marina*, *R. mucronata*, dan mangrove asosiasi. Zonasi di kawasan tersebut terbentuk *R. stylosa* di daerah dekat laut dan *R. mucronata* di daerah tengah. Kawasan Hutan Lindung didominasi mangrove campuran. Zonasi mangrove asosiasi adalah zonasi yang terbentuk dekat sungai, laut, dan darat pada kawasan Hutan lindung 2, 3, dan 4. Zonasi tersebut terjadi karena pengaruh air tawar yang besar pada ekosistem mangrove Pantai Indah Kapuk.

Zonasi kepadatan makrozoobentos beserta komposisinya

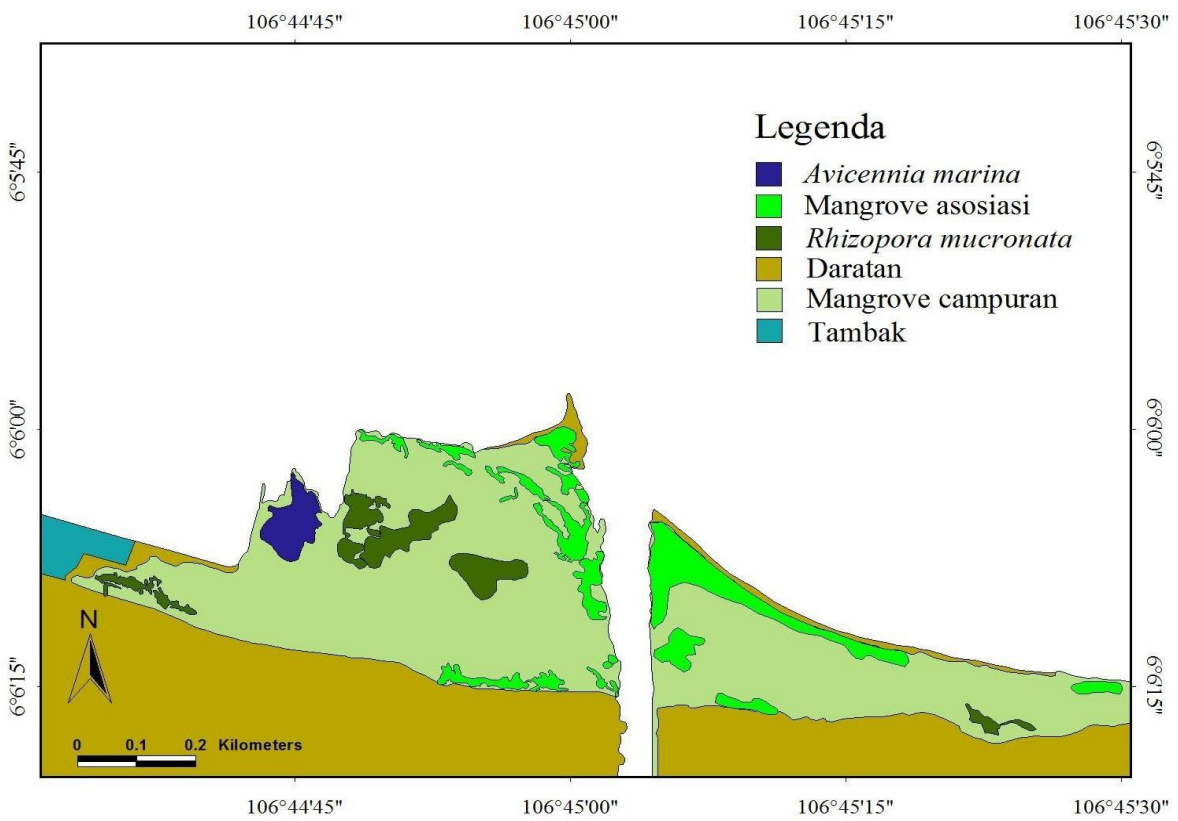
Zonasi makrozoobentos terbentuk disebabkan oleh perbedaan kepadatan dan komposisi jenis makrozoobentos. Perbedaan kepadatan dan komposisi jenis terjadi karena perbedaan jarak pengambilan dari arah laut serta faktor lain seperti faktor lingkungan. Zonasi makrozoobentos beserta komposisinya disajikan pada Gambar 9.



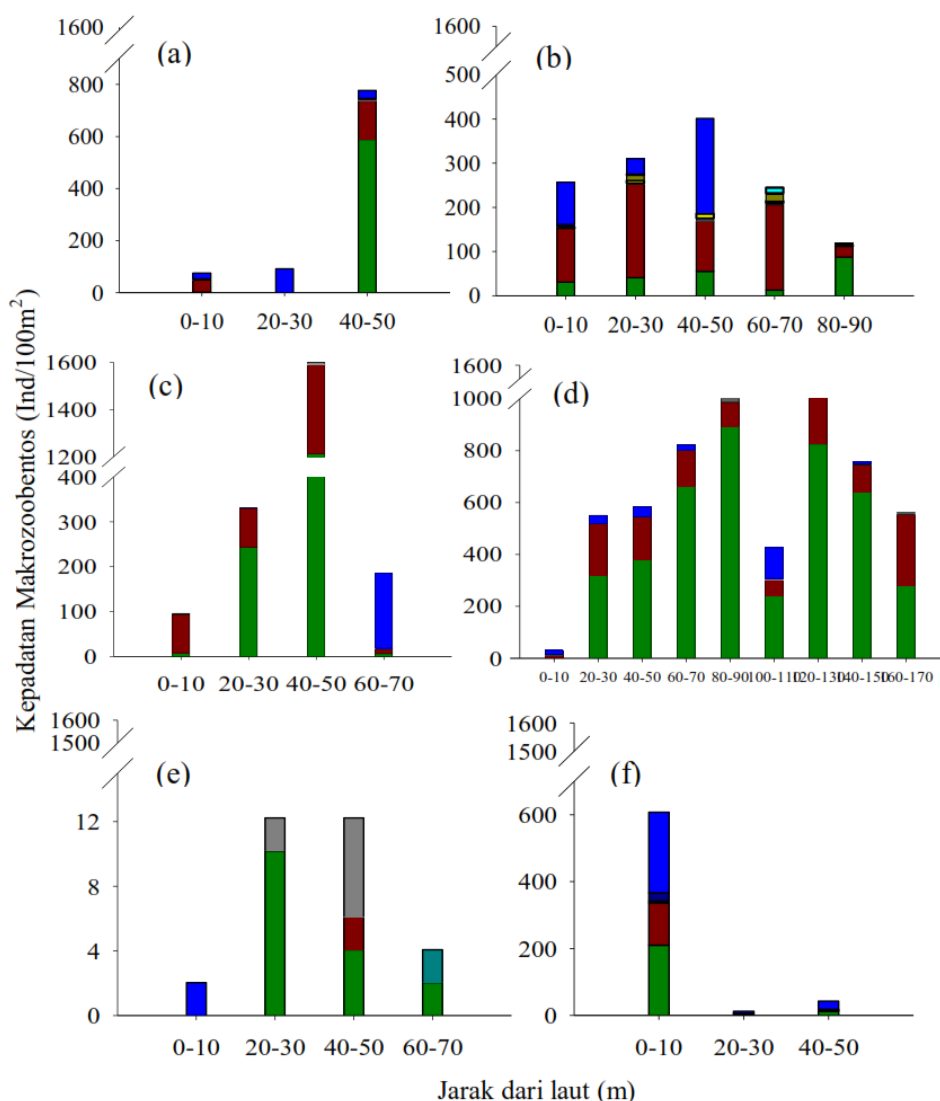
Gambar 6. Kerapatan mangrove di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara



Gambar 7. Zonasi mangrove kawasan Hutan Kamal dan Taman Wisata Alam Angke Kapuk, Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara



Gambar 8. Zonasi mangrove kawasan Hutan Lindung di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara

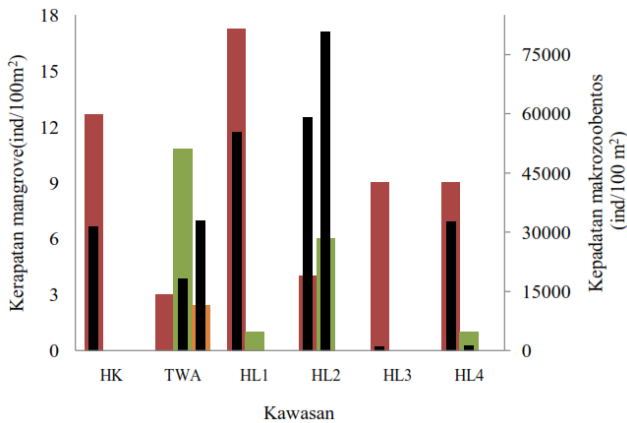


Gambar 9. Zonasi kepadatan dan komposisi makrozoobentos di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara; (■) Oligochaeta, (■) Polychaeta, (■) Nemertina, (■) Crustacea, (■) Nematoda, (■) Coelentrata, (■) Bivalvia, (■) Ascidiceae, (■) Gastropoda di kawasan a) Hutan Kamal; b) Taman Wisata Alam Angke Kapuk; c) Hutan Lindung 1; d) Hutan Lindung 2; e) Hutan Lindung 3 dan f) Hutan Lindung 4

Komposisi makrozoobentos di Pantai Indah Kapuk didominasi oleh kelas Oligochaeta, Polychaeta, dan Gastropoda (Tabel S2). Kelompok lain yang ditemukan adalah kelas Ascidiceae dan Bivalvia serta filum Coelentrata, Crustacea, Nematoda, dan Nemertina. Zonasi makrozoobentos yang terbentuk dari arah laut memiliki kepadatan tertinggi pada daerah tengah dan menurun pada daerah dekat darat, kecuali kawasan Hutan Lindung 4 dan kawasan Hutan Kamal. Kawasan Hutan Lindung 4 memiliki kepadatan tertinggi pada daerah dekat laut. Kepadatan makrozoobentos tertinggi di kawasan Hutan Kamal terbentuk pada daerah dekat darat. Zonasi makrozoobentos didominasi oleh Oligochaeta, Polychaeta, dan Gastropoda. Komposisi makrozoobentos di kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk didominasi oleh Crustacea. Kelas Oligochaeta mendominasi di kawasan Hutan Lindung 2. Kelas Oligochaeta dan Polychaeta

memiliki kepadatan tertinggi di daerah tengah. Kepadatan makrozoobentos berhubungan dengan kerapatan jenis mangrove. Kepadatan makrozoobentos berdasarkan kerapatan jenis mangrove disajikan pada Gambar 10.

Kepadatan makrozoobentos di *Avicennia marina* tidak dipengaruhi oleh kerapatan mangrove *A. marina* dan selalu tinggi di setiap kawasan kecuali kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk dan Hutan Lindung 3. Kepadatan makrozoobentos di *A. marina* tidak ditemukan di kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk karena kerapatan mangrove dominan bukan *A. marina*. Kepadatan makrozoobentos di Hutan Lindung 3 rendah karena adanya perubahan tataguna lahan menjadi lahan tambak yang memiliki kualitas lingkungan kurang baik. Kerapatan mangrove jenis *Rhizophora mucronata* berbanding terbalik dengan kepadatan makrozoobentos (Gambar 10).



Gambar 10. Kepadatan makrozoobentos berdasarkan jenis dan kerapatan mangrove di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara; (■) *A. marina*, (■) *R. mucronata*, (■) *R. stylosa*, (■) makrozoobentos di *A. marina*, (■) makrozoobentos di *R. mucronata*, (■) Makrozoobentos di *R. stylosa* di Pantai Indah Kapuk

Tabel 3. Indeks keanekaragaman (H'), keseragaman (E), dominansi (C), dan jumlah jenis (S) makrozoobentos di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara

Indeks	Kawasan					
	HK	TWA	HL1	HL2	HL3	HL4
H'	1.63-3.36	2.8-4.46	1.32-2.78	2.49-3.24	-	2.29-2.81
E	0.62-0.88	0.75-0.80	0.47-0.84	0.58-0.89	-	0.70-0.87
C	0.13-0.40	0.08-0.18	0.19-0.58	0.14-0.31	-	0.18-0.29
S	5-18	13-45	7-14	9-23	1-4	7-16

Indeks keanekaragaman (H'), keseragaman (E), dominansi (C), dan jumlah jenis (S)

Indeks keanekaragaman (H'), keseragaman (E), dan dominansi (C) makrozoobentos di setiap kawasan berbeda. Indeks keanekaragaman (H'), keseragaman (E), dominansi (C), dan jumlah jenis (S) makrozoobentos disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, keanekaragaman makrozoobentos di kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk tertinggi dengan jumlah jenis dan keseragaman yang tinggi serta dominansi yang rendah. Kawasan Hutan Lindung 3 memiliki keanekaragaman dan jumlah jenis makrozoobentos yang rendah dan dominansi yang tinggi.

Hubungan antara parameter pembentuk ekosistem

Parameter pembentuk lingkungan yang dianalisis adalah parameter lingkungan, kerapatan jenis mangrove, dan kepadatan jenis makrozoobentos. Hubungan parameter lingkungan dengan kerapatan mangrove disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, Kerapatan *Avicennia marina* berkorelasi positif dengan persentase C organik. Kerapatan *Rhizophora mucronata* berkorelasi negatif dengan fraksi pasir dan korelasi positif dengan fraksi debu, sedangkan *R. stylosa* berkorelasi positif dengan salinitas dan pH potensial tanah serta berkorelasi negatif dengan potensial redoks tanah. Kerapatan total mangrove berkorelasi positif dengan fraksi debu.

Hubungan kerapatan mangrove dengan kepadatan makrozoobentos disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel

5, kepadatan Oligochaeta dan Polychaeta berkorelasi negatif dengan persentase C organik dan fraksi pasir, namun berkorelasi positif dengan fraksi debu. Polychaeta berkorelasi negatif dengan potensial redoks. Jumlah jenis makrozoobentos berkorelasi negatif dengan persentase C organik dan potensial redoks. Kepadatan total makrozoobentos berkorelasi negatif dengan persentase C organik dan fraksi pasir, namun berkorelasi positif dengan fraksi liat dan debu.

Hubungan kerapatan mangrove dengan kepadatan makrozoobentos disajikan pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 *Avicennia marina* berkorelasi negatif dengan Polychaeta, Crustacea, dan jumlah jenis makrozoobentos. *Rhizophora mucronata* berkorelasi positif dengan Crustacea dan jumlah jenis makrozoobentos, sedangkan *stylosa* berkorelasi positif dengan Crustacea, Gastropoda, dan jumlah jenis makrozoobentos.

Pembahasan

Kondisi umum vegetasi dan zonasi mangrove di Pantai Indah Kapuk

Nilai INP *A. marina* tinggi di kawasan Pantai Indah Kapuk (Gambar 5) karena *A. marina* merupakan spesies asli mangrove serta memiliki peranan tinggi di ekosistem mangrove tersebut, kecuali kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Santoso (2011) bahwa *A. marina* mendominasi kawasan mangrove Pantai Indah Kapuk tahun 1994-2011. Pada kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk jenis *R. mucronata* memiliki nilai INP yang tinggi (Gambar 5). Hal tersebut terjadi karena sebagian besar kawasan merupakan mangrove buatan. Penanaman mangrove yang dilakukan di kawasan ini terlihat dari jarak antar pohon dan ukuran yang seragam. Penanaman mangrove jenis tertentu perlu dikontrol karena dapat mengganggu fungsi ekosistem mangrove asli. Menurut Leung dan Tam (2013), pengaruh penanaman jenis mangrove eksotis berpotensi mengubah fungsi ekosistem mangrove asli.

Tahapan semai tidak terdapat di Hutan Lindung 1, 3, dan 4 (Tabel S1). Hal tersebut mengindikasikan terjadinya kerusakan akibat tidak masuknya air laut saat pasang dan adanya pencemaran sampah plastik. Pasang surut dapat mempengaruhi sebaran propagul yang akan menjadi semai, sedangkan sampah plastik dapat mengurangi jumlah semai. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Lu et al. (2013) bahwa kolonisasi dan pembentukan semai *A. marina* dipengaruhi oleh pasang surut dan karakteristik fisiologis semai. Pencemaran sampah juga dapat mengurangi jumlah semai yang ada karena terhambatnya pertumbuhan benih (Smith 2012).

Kerapatan pohon di sebagian besar kawasan mangrove Pantai Indah Kapuk tergolong jarang karena kurang dari 10 ind/100m². Hal tersebut mengindikasikan kerusakan kawasan mangrove (KEP.201/MEN 2004). Mangrove umumnya tumbuh dalam 4 daerah, yaitu pada daerah terbuka (dekat laut), daerah tengah, daerah yang memiliki sungai berair payau sampai hampir tawar, dan daerah dekat darat yang memiliki air tawar (Chapman 1977; Bunt dan Williams 1981).

Tabel 4. Hubungan parameter lingkungan dengan kerapatan mangrove di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara

Kerapatan mangrove	Salinitas	C organik	pH air	pH potensial tanah	pH aktual tanah	Potensial redoks	Pasir	Liat	Debu
<i>Avicennia marina</i>	r	0.321	-	-	-	-	-	-	-
	p	0.096	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizophora mucronata</i>	r	-	-	-	-	-	-0.344	-	0.429
	p	-	-	-	-	-	0.073	-	0.023
<i>R. stylosa</i>	r	0.467	-	-	0.333	-0.378	-	-	-
	p	0.012	-	-	0.084	0.047	-	-	-
Kerapatan total	r	-	-	-	-	-	-	-	0.346
	p	-	-	-	-	-	-	-	0.071

Tabel 5. Hubungan parameter lingkungan dengan kepadatan makrozoobentos di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara

Parameter makrozoobentos		C organik	Potensial redoks	Pasir	Debu	Liat
Oligochaeta	r	-0.368	-	-0.423	0.407	-
	p	0.054	-	0.025	0.032	-
Polychaeta	r	-0.529	-0.362	-0.417	0.488	-
	p	0.004	0.058	0.027	0.008	-
Crustacea	r	-	-	-	-	-
	p	-	-	-	-	-
Gastropoda	r	-	-	-	-	-
	p	-	-	-	-	-
Jumlah jenis	r	-0.511	-0.628	-	-	-
	p	0.005	0.000	-	-	-
Kepadatan total	r	-0.440	-	-0.444	0.367	0.333
	p	0.019	-	0.028	0.055	0.083

Keterangan: : $p < 0.1$, : $p < 0.05$, r: koefisien korelasi, p: p signifikan,

Tabel 6. Hubungan kerapatan mangrove dengan kepadatan makrozoobentos di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara

Makrozoobentos mangrove	Oligochaeta	Polychaeta	Crustacea	Gastropoda	Jumlah jenis	Kepadatan total
<i>Avicennia marina</i>	r	-0.356	-0.550	-	-0.559	-
	p	0.063	0.002	-	0.002	-
<i>Rhizophora mucronata</i>	r	-	0.563	-	0.354	-
	p	-	0.002	-	0.064	-
<i>R. stylosa</i>	r	-	0.343	0.360	0.413	-
	p	-	0.074	0.060	0.029	-
Kerapatan total	r	-	-	-	-	-
	p	-	-	-	-	-

Keterangan: : $p < 0.1$, : $p < 0.05$, r: koefisien korelasi, p: p signifikan

Zonasi mangrove kawasan Hutan Kamal tidak terbentuk (Gambar 7), karena hanya terdiri atas jenis *A. marina*. Kawasan tersebut memiliki substrat lempung berpasir dan salinitas kisaran 10-13 psu (Tabel 2). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Bengen (2001) bahwa *Avicennia* tumbuh di substrat pasir hingga pasir berlumpur yang kaya organik. MacNae (1968) menambahkan bahwa *Avicennia* memiliki toleransi yang luas terhadap salinitas dibandingkan jenis lain, bahkan dengan salinitas > 65‰ (Hutchings dan Saenger 1987). Pernyataan tersebut sesuai dengan hasil uji Spearman Rank Correlation, *Avicennia marina* berkorelasi positif dengan % C organik dan tidak

berkorelasi dengan salinitas (Tabel 4), sehingga *A. marina* dapat tumbuh di kawasan tersebut.

Zonasi mangrove kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk terdiri atas *Rhizophora stylosa* di daerah dekat laut dan *R. mucronata* serta jenis lain seperti *A. marina* dan mangrove asosiasi di daerah tengah (Gambar 7). Kawasan ini memiliki salinitas kisaran 14-15 psu. Salinitas di kawasan ini sesuai untuk pertumbuhan *Rhizophora*. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Aksornkoe (1993) bahwa mangrove dapat tumbuh subur di daerah estuari dengan tingkat salinitas kisaran 10-30 psu. Hal tersebut

sesuai dengan uji *Spearman Rank Correlation* (Tabel 4), *R. stylosa* berkorelasi positif salinitas.

Kawasan Taman Wisata Angke Kapuk memiliki suhu kisaran 31-32°C. Suhu kawasan tersebut tidak sesuai untuk pertumbuhan *Rhizophora* karena suhu optimum untuk pertumbuhan *Rhizophora* sebesar 25 °C (Aksornkoae 1993). Hal tersebut tidak sesuai dengan uji *Spearman Rank Correlation* (Tabel 4). Kerapatan mangrove tidak berkorelasi dengan suhu. Hal tersebut dikarenakan perbedaan waktu pengukuran.

Kawasan Taman Wisata Angke Kapuk memiliki dan nilai potensial redoks kisaran 97-98 mV (Tabel 2). Kisaran potensial redoks kawasan sesuai bagi *Rhizophora* spp (-80±21 mV), namun tidak sesuai bagi *Avicennia* spp (-154±17 mV). Potensial redoks tanah (Eh/ORP) dan salinitas dapat mempengaruhi struktur mangrove, terutama distribusi spesies dominan dan proses dinamika vegetasi (Hogart 2009). Hal tersebut sesuai dengan uji *Spearman Rank Correlation* (Tabel 4), *R. stylosa* berkorelasi negatif dengan potensial redoks tanah.

Nilai pH kawasan Pantai Indah Kapuk pada kisaran 7.64-8.7. Hal tersebut menurut Hanafiah (2008) menandakan ketersediaan unsur nitrogen, kalsium, dan magnesium dengan unsur kalium dan sulfur yang tinggi. Nilai pH tanah mengindikasikan kesuburan tanah, yang menandakan ketersediaan hara dalam tanah tersebut (Hanafiah 2008). Hal tersebut sesuai dengan uji *Spearman Rank Correlation* (Tabel 4), *R. stylosa* berkorelasi positif dengan potensial pH aktual tanah.

Kawasan Taman Wisata Angke Kapuk memiliki substrat lempung berpasir dengan persentase lumpur yang lebih tinggi (Tabel 2). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan (Bengen 2001), bahwa *R. mucronata* menempati substrat lumpur, sedangkan *R. stylosa* dapat tumbuh baik pada substrat berpasir (Ding Hou 1958). Hal tersebut sesuai dengan uji *Spearman Rank Correlation* (Tabel 4), *R. mucronata* berkorelasi negatif dengan fraksi pasir dan berkorelasi positif dengan fraksi debu.

Zonasi mangrove asli tidak terbentuk di kawasan Hutan Lindung, namun terbentuk zonasi mangrove asosiasi dari daerah dekat laut, daerah tengah, hingga daerah dekat darat. Zonasi mangrove asosiasi terbentuk karena tingginya pengaruh air tawar di ekosistem mangrove Pantai Indah Kapuk (Gambar 8). Pengaruh tersebut dibuktikan oleh kisaran salinitas yang rendah (1-5 psu) di kawasan Hutan Lindung (Tabel 2). Keanekaragaman jenis tumbuhan di kawasan Hutan Lindung terdiri atas 33 jenis yang sebagian besar bukan jenis mangrove sejati. Hal tersebut terjadi karena kondisi mangrove pada kawasan Hutan Lindung merupakan bekas kawasan tambak yang ditumbuhi jenis tumbuhan yang berasosiasi dengan mangrove (*mangrove associate*) (Santoso 2011). Zonasi di daerah tengah didominasi mangrove campuran. Mangrove campuran terdiri atas *A. marina*, *R. mucronata*, *Excoercia agallocha*, *Acanthus illicifollius*, dan *Xylocarpus granatum*. Zonasi mangrove campuran didominasi oleh *A. marina* dan *R. mucronata*, namun tidak terbentuk zonasi.

Berdasarkan hasil uji *Spearman Rank Correlation* (Tabel 4), kerapatan total mangrove berkorelasi positif dengan fraksi debu. Hal tersebut terjadi karena jenis mangrove yang banyak tumbuh adalah *A. marina* dan *R. mucronata* yang dapat tumbuh di substrat lumpur. Debu merupakan salah satu komponen pembentuk lumpur. Substrat berlumpur di Indonesia sangat baik untuk tegakan *A. marina* dan *R. mucronata* (Kint 1934).

Perbandingan zonasi mangrove di Pantai Indah Kapuk dan penelitian lain disajikan pada Tabel 7.

Keanekaragaman dan jumlah jenis mangrove di kawasan Pantai Indah Kapuk rendah tergolong rendah. Dominansi oleh beberapa spesies ditunjukkan di kawasan tertentu. Hal tersebut terjadi disebabkan oleh tingginya kegiatan antropogenik yang menyebabkan pencemaran. Pernyataan tersebut sesuai dengan Maiti dan Chowdhury (2013) menambahkan bahwa penurunan keanekaragaman hayati mangrove dapat disebabkan oleh kegiatan antropogenik yang mengakibatkan pencemaran pada ekosistem terutama di wilayah berkembang.

Tabel 7. Perbandingan zonasi mangrove kawasan Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara dan penelitian lain

Sumber	Wilayah	Daerah dekat laut	Daerah tengah	Daerah dekat darat
Bengen (2001)	Indonesia	<i>Avicennia</i> dan <i>Sonneratia</i>	<i>Rhizophora</i> dan <i>Bruguiera</i>	<i>Nypa</i>
Mendez-Linares (2007)	Delta Arroyo Seco, Jalisco, Mexico	<i>R. mangle</i> , <i>Lagularia racemosa</i>	<i>L. racemosa</i> , <i>A. germinans</i>	<i>palm</i> dan <i>low tropical forest</i>
Talib (2008)	Desa Tanah Merah dan Oebelo Kecil Kabupaten Kupang	<i>A. marina</i> - <i>A. alba</i> - <i>Sonneratia alba</i>	<i>R. mucronata</i> - <i>Lumnitzera racemosa</i> - <i>Bruguiera</i> - <i>Ceriops tagal</i> - <i>A. alba</i>	<i>Bruguiera</i> - <i>R. mucronata</i> - <i>Nypa</i> - <i>A. illicifollius</i> - <i>A. corniculatum</i> - <i>S. alba</i> - <i>S. caseolaris</i> - <i>C. tagal</i> .
Sinfuego dan Buot (2014)	Ajuy Pedada Bays Kepulauan Panay	<i>Avicennia</i> , campuran <i>Avicennia-Sonneratia</i> , dan campuran <i>Avicennia-Rhizophora</i>	campuran <i>Rhizophora</i> - <i>Bruguiera</i> - <i>Excoercia</i>	<i>Ceriops</i>
Penelitian ini (2013)	Pantai Indah Kapuk Jakarta	Mangrove asosiasi- <i>Avicennia marina</i> - <i>Rhizophora</i>	mangrove campuran	Mangrove asosiasi- mangrove campuran

Tabel 8. Perbandingan komposisi makrozoobentos di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara dan kawasan lain

Sumber	Wilayah	Komposisi makrozoobentos
Nagelkerken Mangrove et al. (2008)		Gastropoda, Crustacea, Bivalvia (dekat laut), dan Polychaeta (infauna)
Gray dan Elliot (2009)	Marine sedimen	Polychaeta, Amphipoda, dan Bivalvia
Martins et al. (2013)	São Miguel, Azores, Portugal	Polychaeta, Bivalvia, dan Malacostraca
Penelitian ini (2013)	Mangrove Pantai Indah Kapuk Jakarta	Oligochaeta, Polychaeta dan Gastropoda

Zonasi kepadatan makrozoobentos

Kawasan mangrove Pantai Indah Kapuk memiliki komposisi makrozoobentos yang mendominasi taksa Oligochaeta, Polychaeta dan Gastropoda. Komposisi makrozoobentos yang mendominasi di Pantai Indah Kapuk dan kawasan lain disajikan pada Tabel 8.

Kelas Oligochaeta dan Polychaeta ditemukan dominan karena sedimen di ekosistem ini berupa lempung berpasir dengan kandungan lumpur yang lebih banyak (Tabel 2). Oligochaeta cenderung menempati sedimen lumpur yang kaya organik (Chapman dan Tolhurst 2006) dan Polychaeta dapat hidup di substrat pasir hingga lumpur (Barnes 1986) dengan kelimpahan tertinggi di substrat lumpur yang kaya organik di Brazil (Santa-Isabel 1998).

Berdasarkan uji *Spearman Rank Correlation* (Tabel 5), Oligochaeta dan Polychaeta berkorelasi positif dengan fraksi debu (pembentuk lumpur), namun berkorelasi negatif dengan fraksi pasir dan persentase C organik. Korelasi negatif Oligochaeta dan Polychaeta dengan persentase C organik terjadi disebabkan oleh terlalu tingginya bahan organik dikawasan tersebut. Kelas Oligochaeta merupakan indikator tingginya bahan organik (Suwignyo et al. 2005). Struktur komunitas makrozoobentos dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar, seperti pasang surut, ketersediaan bahan organik, dan karakteristik sedimen (Lee 2008). Kelas Polychaeta (Tabel 5), berkorelasi negatif dengan potensial redoks. Hal tersebut terjadi karena substrat kawasan memiliki kandungan lumpur tinggi yang kaya organik, sehingga kandungan oksigen rendah dan menurunkan potensial redoks kawasan (Juniardi 2008). Rendahnya potensial redoks terjadi karena proses anaerob lebih dominan di kawasan ini (Mustafa et al. 2010).

Berdasarkan uji *Spearman Rank Correlation* (Tabel 5), jumlah jenis dan kepadatan total makrozoobentos berkorelasi negatif dengan persentase C organik. Hal tersebut terjadi disebabkan oleh tingginya bahan organik yang ada sehingga mengakibatkan oksigen di substrat rendah, terlihat dari korelasi negatif antara jumlah jenis dan potensial redoks. Hal tersebut menyebabkan jumlah jenis makrozoobentos yang toleran terhadap keadaan tersebut rendah dengan kepadatan total yang rendah. Substrat lumpur yang kaya organik, menyebabkan kandungan oksigen rendah dan menurunkan potensial redoks kawasan (Juniardi 2008). Rendahnya potensial redoks terjadi karena proses anaerob lebih dominan di kawasan ini (Mustafa et

al. 2010). Kepadatan total makrozoobentos berkorelasi negatif dengan fraksi pasir dan berkorelasi positif dengan fraksi liat serta debu. Hal tersebut terjadi karena makrozoobentos yang dominan adalah Oligochaeta dan Polychaeta yang cenderung menempati substrat lumpur (Chapman dan Tolhurst 2006; Barnes 1986).

Zonasi makrozoobentos yang terbentuk dari laut ke darat memiliki kepadatan tertinggi pada daerah tengah dan menurun pada daerah dekat darat, kecuali kawasan Hutan Lindung 4 dan kawasan Hutan Kamal. Kawasan Hutan Lindung 4 memiliki kepadatan tertinggi pada daerah dekat laut, sedangkan kawasan Hutan Kamal pada daerah dekat darat. Komposisi makrozoobentos di kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk didominasi juga oleh Crustacea. Kelas Oligochaeta mendominasi di kawasan Hutan Lindung 2 karena substrat kawasan tersebut berupa lempung. Oligochaeta cenderung menempati sedimen lumpur (Chapman dan Tolhurst 2006). Bivalvia biasanya hidup di daerah dekat laut, sedangkan cacing biasanya hidup di daerah jauh dari laut dan karakteristik substrat lembut (Nagelkerken et al. 2008). Pernyataan tersebut sesuai dengan penelitian ini, Bivalvia hanya ditemukan pada jarak 0-10 m dari batas mangrove terluar (dekat laut), sedangkan cacing kepadatannya rendah pada jarak 0-10 m dan 20-30 m.

Keanekaragaman dan keseragaman makrozoobentos di kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk tergolong tinggi dengan dominansi rendah dikarenakan jumlah jenis yang tinggi dan jumlah individu yang sama besar. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Odum (1996), bahwa semakin tinggi keseragaman semakin tidak ada dominansi pada komunitas tersebut. Hal tersebut juga terjadi karena banyak jenis makrozoobentos yang dapat hidup di kawasan ini. Kawasan Hutan Lindung 3 memiliki keanekaragaman dan jumlah jenis makrozoobentos yang rendah dengan dominansi yang tinggi. Hal tersebut mengindikasikan sedikitnya jenis makrozoobentos yang dapat toleran di kawasan ini.

Hubungan mangrove dengan makrozoobentos

Kepadatan makrozoobentos di mangrove jenis *Avicennia marina* tidak dipengaruhi oleh kerapatan mangrove *A. marina*. Kepadatan selalu tinggi di setiap kawasan kecuali kawasan Taman Wisata Alam Angke Kapuk dan Hutan Lindung

3. Makrozoobentos di Hutan Lindung 3 ditemukan sedikit karena kawasan tersebut merupakan bekas lahan tambak yang tidak dikelola dan memiliki kualitas lingkungan kurang baik. Kerapatan mangrove jenis *Rhizophora mucronata* berbanding terbalik dengan kepadatan makrozoobentos (Gambar 10). Hasil penelitian ini berbeda dari penelitian Koetsu et al. (2010) di anak Sungai Sikao Provinsi Trang Thailand yang menemukan bahwa struktur fisik vegetasi mangrove mempengaruhi populasi epifauna intertidal dengan kanopi yang teduh dan lapisan permukaan lembab. Kanopi tersebut dapat menurunkan dominansi spesies yang disebabkan oleh kompetisi makanan yang tinggi dari berbagai spesies,

namun pada penelitian ini terjadi dominansi yang tinggi oleh Oligochaeta dan Polychaeta.

Hasil uji *Spearman Rank Correlation* korelasi (Tabel 6) menyimpulkan bahwa kerapatan jenis *Avicennia marina* berkorelasi negatif dengan kepadatan jenis Polychaeta, Crustacea, dan jumlah jenis makrozoobentos. Korelasi negatif terjadi karena penelitian ini tidak membedakan umur mangrove. Korelasi negatif yang terjadi antara *A. marina* dengan makrozoobentos disebabkan oleh struktur akar *A. marina* yang dapat memerangkap sampah lebih banyak (Hastuti 2014). Hal tersebut mengakibatkan semakin rapat *A. marina*, semakin rendah kepadatan jenis dan jumlah jenis makrozoobentos. Rendahnya jumlah jenis yang ada mengindikasikan rendahnya jenis makrozoobentos yang toleran dengan habitat tersebut. Menurut penelitian Morrissey et al. (2003) di New Zealand, kelimpahan Oligochaeta dan Polychaeta tinggi pada komunitas *A. marina* yang berumur 3-12 tahun, sedangkan kelimpahan Gastropoda dan Crustacea tinggi pada komunitas *A. marina* yang berumur > 60 tahun.

Kerapatan jenis *Rhizophora* berkorelasi positif dengan kepadatan jenis Crustacea dan jumlah jenis makrozoobentos, sementara itu kerapatan *R. stylosa* berkorelasi positif dengan Gastropoda. Nagelkerken et al. (2008) juga menyatakan hal yang sama bahwa pohon mangrove menyediakan habitat bagi Crustacea dan Gastropoda. Gastropoda biasanya menempel pada akar, batang, dan substrat, sedangkan Crustacea cenderung menempati pohon tua sebagai tempat bersarang. Crustacea dan Gastropoda mempengaruhi struktur komunitas mangrove di alam akibat jenis tersebut merupakan predator benih mangrove. Korelasi positif yang terjadi antara kerapatan jenis *Rhizophora* dengan jumlah jenis makrozoobentos disebabkan oleh tingginya jenis makrozoobentos yang toleran di habitat tersebut.

Rekomendasi pengelolaan

Zonasi mangrove asli tidak terbentuk di sebagian besar kawasan Pantai Indah Kapuk. Hal tersebut terjadi karena tidak adanya variasi substrat, salinitas, gelombang, dan pasang surut air laut. Substrat yang terbentuk dari daerah dekat laut hingga dekat darat berupa lempung berpasir yang cocok untuk jenis *A. marina* dan *R. mucronata* sehingga dominansi terjadi. Substrat berlumpur di Indonesia sangat baik untuk tegakan *A. marina* dan *R. mucronata* (Kint 1934). Kawasan Pantai Indah Kapuk terlindung dari gelombang dan pasang surut air laut, sehingga variasi salinitas dan zonasi mangrove tidak terbentuk serta lebar mangrove menjadi sangat rendah. Sampah yang terakumulasi di ekosistem mangrove juga mengakibatkan tegakan semai di kawasan ini menjadi rendah (Smith 2012). Permasalahan tersebut menyebabkan kepadatan biota yang tinggal di habitat mangrove menjadi rendah, termasuk makrozoobentos. Hal ini terbukti dengan ditemukannya satu individu dalam satu transek amatan. Permasalahan tersebut mengindikasikan kondisi mangrove tidak sehat.

Pengelolaan yang direkomendasikan adalah pengelolaan sampah dengan pengurangan masukan sampah dan membersihkan habitat mangrove dari sampah serta

perlu adanya rehabilitasi habitat dengan penanaman mangrove dominan *Rhizophora* sp. Hal tersebut dilakukan agar zonasi mangrove dapat terbentuk dan keanekaragaman makrozoobentos menjadi tinggi.

KESIMPULAN

Mangrove kawasan PIK tidak terbentuk zonasi mangrove asli, namun terjadi zonasi mangrove dengan mangrove asosiasi. Mangrove asosiasi dan *A. marina* ditemukan di daerah dekat laut serta daerah dekat darat, sedangkan mangrove campuran ditemukan di daerah tengah. Makrozoobentos asosiasi didominasi oleh kelas Oligochaeta, Polychaeta, dan Gastropoda yang melimpah di tengah zonasi, sedangkan yang berkorelasi dengan jenis mangrove adalah Gastropoda dan Crustacea.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksornkoe S. 1993. Ecology and management of mangrove. IUCN, Bangkok.
- Barnes RB. 1986. Invertebrate Zoology. Ed-5. Harcourt Brace Jovanovich College Publisher. Florida.
- Bengen DG. 2000. Teknik pengambilan sampel dan analisis data biofisik sumberdaya pesisir. PKSPL-Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Bengen DG. 2001. Pedoman teknis: Pengenalan dan pengelolaan ekosistem mangrove. PKSPL-Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Bunt, J.S. and W.T. Williams. 1981. Vegetational Relationships in The Mangroves of Tropical Australia. Marine Ecology - Progress Series, 4: 349-359.
- Chapman MG, Tolhurst TJ. 2007. Relationships between benthic macrofauna and biogeochemical properties of sediments at different spatial scales and among different habitats in mangrove forests. J Exp Mar Biol Ecol 343: 96-109.
- Ding Hou. 1958. Rhizophoraceae. Flora Malesiana, Ser.I, 5: 429-493.
- English S, Wilkinson C, Baker V.. 1994. Survey Manual for Tropical Marine Resources. Australian Institut of Marine Science, Townsville AU.
- Eviati, Sulaeman. 2009. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Ed ke-2. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- 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 (UK):
- Hastuti AR. 2014. Distribusi Spasial Sampah Laut di Ekosistem Mangrove Pantai Indah Kapuk Jakarta [Skripsi]. Instiut Pertanian Bogor, Bogor.
- Higgins RP, Thiel H. 1988. Introduction to The Study of Meiofauna . Smithsonian Institution Press. London.
- Hogart PJ. 2009. The biology of mangrove and seagrass. 2nd ed. Oxford University Press, Oxford.
- Hutchings P, Saenger P. 1987. Ecology of Mangroves. University of Queensland Press, St Lucia (AU):
- Junardi, Wardoyo ERP. 2008. Struktur komunitas dan karakteristik substrat cacing laut (Polychaeta) di Perairan Pantai Mangrove Peniti, Kalimantan Barat. Biodiversitas 9 (3): 213-216.
- Kint A. 1934. De luchtfoto en de topografische terreingesteldheid in de mangrove. De Tropische Natuur 23: 173-189.
- Koetsu K, Hisashi K, Prasert T. 2010. Effects of the physical structure of mangrove vegetation on a benthic faunal community. J Exp Mar Biol Ecol 383: 171-180.
- Kozloff EN, Price LH. 1987. Marine Invertebrates of the Pacific Northwest. University of Washington Pr., London.
- Krebs CJ. 1989. Ecological Methodology. Harper & Row Publisher. New York.
- Kusmana, C. 1995. Manajemen hutan mangrove Indonesia. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Lee S. Y. 2008. Mangrove macrobenthos: Assemblages, services, and linkages. *J Sea Res.* 59: 16-29.

Leung JYS, Tam NFY. 2013. Influence of plantation of an exotic mangrove species, *Sonneratia caseolaris* (L.) Engl., on macrobenthic infaunal community in Futian Mangrove National Nature Reserve, China. *J Exp Mar Biol Ecol.* 448: 1-9.

Lu W, Chen L, Wang W, Tam NFY, Lin G. 2013. Effects of Sea Level Rise on Mangrove *Avicennia* Population Growth, Colonization and Establishment: Evidence from a Field Survey and Greenhouse Manipulation Experiment. *Acta Oecologica* 49: 83-91.

MacNae W. 1968. A General Account of the Fauna and Flora of Mangrove Swamps and Forests in the Indo-West-Pacific Region. *Adv Mar Biol* 6: 73-270.

Maiti SK, Chowdhury A. 2013. Effects of Anthropogenic Pollution on Mangrove. *J Environ Protect* 4: 1428-1434.

Manongga D, Samuel P, Selfiana P. 2009. Sistem Informasi Geografis Untuk Perjalanan Wisata di Kota Semarang. *Jurnal Informatika* .10(1): 1-9

Martins GM, João Faria, Rubal M, Neto AI. 2013. Linkages Between Rocky Reefs and Soft-Bottom Habitats: Effects of Predation and Granulometry on Sandy Macrofaunal Assemblages. *J Sea Res* 81: 1-9. doi: 10.1016/j.seares.2013.03.007

Méndez Linares AP, López-Portillo J, Hernández-Santana JR., Ortiz Pérez MA, Oropeza Orozco O. 2007. The mangrove communities in the arroyo seco deltaic fan, jalisco, mexico, and their relation with the geomorphic and physical-geographic zonation. *Catena* 70: 127-142.

Morrissey DJ, Skilleter GA, Ellisa JI, Burns BR, Kempa CE, Burt K. 2003. Differences in Benthic Fauna and Sediment Among Mangrove (*Avicennia Marina* var. *Australasica*) Stands of Different Ages in New Zealand. *Estuar Coast Shelf Sci* 56: 581-592.

Mustafa A, Pirzan AM, Kamariah. 2010. Keragaman Kualitas Tanah Berdasarkan Jenis Vegetasi di Kawasan Pesisir Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur, Sulawesi Selatan.*

Nagelkerken I, Blaber SJM, Bouillon S, Green P, Haywood M, Kirton LG, Meynecke JO, Pawlik J, Penrose HM, Sasekumar A, Somerfield P.J. 2008. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquat Bot* 89: 155-185.

Noor YR, M. Khazali, dan Suryadiputra INN. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKA/WI-IP. Bogor.

Odum EP. 1996. *Dasar-Dasar Ekologi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Peterson CH. 1991. Intertidal zonation of marine invertebrates in sand and mud. *Amer Sci* 79: 236 - 249.

Santa-Isabel LM, Peso-Aguiar MC, Jesus ACS, Kelmo F, Dutra LXC. 1999. Biodiversity and spatial distribution of polychaeta (Annelida) communities in coral-algal buildup sediment, Bahia, Brazil. *Revista De Biological Tropical.* 5: 111-120

Santoso N. 2012. *Arahan Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Kawasan Mangrove Berkelanjutan di Muara Angke Daerah Khusus Ibukota Jakarta*. [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Sinfuego KS, Buot IE Jr. 2014. Mangrove zonation and utilization by the local people in Ajuy and Pedada Bays, Panay Island, Philippines. *J Mar Island Cult* 3: 1-8. doi: 10.1016/j.imic.2013.11.002

Smith SDA. 2012. Marine debris: A proximate threat to marine sustainability in bootless Bay, Papua New Guinea. *Mar Pollut Bull.* 64: 1880- 1883.

Suwignyo S, Widigdo B, Wardiatno Y, Krisanti M. 2005. *Avertebrata Air*. Jilid 1. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Talib MF. 2008. *Struktur dan Pola Zonasi (Sebaran) Mangrove serta Makrozoobentos yang Berkoeksistensi, di Desa Tanah Merah dan Oebelo Kecil Kabupaten Kupang [Skripsi]*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Tabel S1. Nilai INP di kawasan Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara

Stasiun Mangrove Jenis			RD _i	RF _i	RC _i	INP	
1	Pohon	<i>Avicennia marina</i>	100	100	100	300	
	Anakan	<i>A. marina</i>	100	100	100	300	
	Semai	<i>A. marina</i>	100	100	100	300	
2	Pohon	<i>A. marina</i>	19	38	12	68	
		<i>Rhizophora stylosa</i>	15	25	39	79	
		<i>R. mucronata</i>	67	38	49	154	
	Anakan	<i>A. marina</i>	81	50	88	220	
		<i>R. mucronata</i>	19	50	12	80	
	Semai	<i>A. marina</i>	33	50	46	130	
		<i>R. mucronata</i>	67	50	54	170	
3	Pohon	<i>A. marina</i>	95	57	86	238	
		<i>R. mucronata</i>	4	29	14	47	
		<i>Xylocarpus</i> sp	1	14	0	16	
	Anakan	<i>A. marina</i>	54	33	5	92	
		<i>R. mucronata</i>	15	33	1	49	
		<i>Excococeria agallocha</i>	31	33	94	158	
	Semai	-	0	0	0	0	
	4	Pohon	<i>A. marina</i>	42	60	64	166
			<i>R. mucronata</i>	58	40	36	134
Anakan		<i>A. marina</i>	99	86	99	283	
		<i>R. mucronata</i>	1	14	1	17	
Semai		<i>A. marina</i>	41	46	51	138	
	<i>R. mucronata</i>	59	54	49	162		
5	Pohon	<i>A. marina</i>	97	80	100	277	
		<i>E. agallocha</i>	3	20	0	23	
	Anakan	<i>A. marina</i>	100	100	100	300	
Semai	-	0	0	0	0		
6	Pohon	<i>A. marina</i>	84	60	81	225	
		<i>R. mucronata</i>	13	20	17	50	
		<i>Canophyllum inophyllum</i>	3	20	2	25	
	Anakan	<i>A. marina</i>	100	100	100	300	
	Semai	-	0	0	0	0	

Tabel S2. Jenis makrozoobentos yang ditemukan di Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara

Filum	Kelas	Famili	Spesies	Kepadatan total (ind/m ²)					
				HK	TWA	HL1	HL2	HL3	HL4
Annelida	Oligochaeta	Tubificidae	<i>Akteredrilus</i> sp.	420	90	768	2503	6	222
Annelida	Oligochaeta	Tubificidae	<i>Heterodrilus</i> sp.	92	41	61	253	0	0
Annelida	Oligochaeta	Tubificidae	<i>Limnodriloides</i> sp.1	26	0	29	503	0	0
Annelida	Oligochaeta	Tubificidae	<i>Limnodriloides</i> sp.2	0	0	0	4	0	0
Annelida	Oligochaeta	Tubificidae	<i>Olavious</i> sp.	0	0	0	10	0	0
Annelida	Oligochaeta	Randiellidae	<i>Randiella</i> sp.	53	55	609	878	10	0
Annelida	Oligochaeta		<i>Oligochaeta</i> sp.1	0	0	2	94	0	0
Annelida	Oligochaeta		<i>Oligochaeta</i> sp.2	0	41	0	0	0	2
Annelida	Polychaeta	Eunicidae	<i>Eunice</i> sp.1	4	8	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Eunicidae	<i>Eunice</i> sp.2	6	12	0	2	0	0
Annelida	Polychaeta	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris</i> sp.1	0	2	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris</i> sp.2	0	2	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Nepthydidae	<i>Nephtys</i> sp.1	0	0	0	2	0	0
Annelida	Polychaeta	Nepthydidae	<i>Nephtys</i> sp.2	0	2	0	0	0	12
Annelida	Polychaeta	Nereididae	<i>Nereis</i> sp.1	18	88	22	267	0	0
Annelida	Polychaeta	Nereididae	<i>Nereis</i> sp.2	0	49	0	2	0	2
Annelida	Polychaeta	Nereididae	<i>Nereis</i> sp.3	6	149	12	12	0	0
Annelida	Polychaeta	Nereididae	<i>Nereis</i> sp.4	6	86	0	0	0	2
Annelida	Polychaeta	Nereididae	<i>Nereis</i> sp.5	26	126	94	57	0	0
Annelida	Polychaeta	Nereididae	<i>Nereis</i> sp.6	24	16	0	4	0	0
Annelida	Polychaeta	Paraonidae	<i>Paraonidae</i> sp.1	2	0	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Pilargidae	<i>Sigambra</i> sp.1	0	10	0	2	0	0
Annelida	Polychaeta	Pilargidae	<i>Sigambra</i> sp.2	0	0	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta		<i>Polychaeta</i> sp.1	0	0	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta		<i>Polychaeta errantia</i> sp.1	2	0	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta		<i>Polychaeta errantia</i> sp.2	0	6	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta		<i>Polychaeta errantia</i> sp.3	0	2	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta		<i>Polychaeta errantia</i> sp.4	0	2	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Parergodrilidae	<i>Stygocapitella</i> sp.	29	4	65	159	0	0
Annelida	Polychaeta	Questidae	<i>Novaquesta</i> sp.	26	47	200	188	0	4
Annelida	Polychaeta	Syllidae	<i>Syllis</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Aapitellidae	<i>Notomastus</i> sp.1	22	12	167	556	0	8
Annelida	Polychaeta	Aapitellidae	<i>Notomastus</i> sp.2	22	0	0	47	2	45
Annelida	Polychaeta	Pholoidae	<i>Pholoe</i> sp.	0	12	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Orbiniidae	<i>Scoloplos</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Spionidae	<i>Spiophanes</i> sp.	0	8	0	0	0	57
Annelida	Polychaeta	Tricobranchidae	<i>Terebellides</i> sp.	0	6	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Cirratulidae	<i>Cirriformia</i> sp.	0	0	0	2	0	0
Annelida	Polychaeta	Maldanidae	<i>Clymenura</i> sp.	0	4	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Cossuridae	<i>Cossura</i> sp.	0	4	0	0	0	2
Annelida	Polychaeta	Glyceridae	<i>Glicera</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Dorvilleidae	<i>Dhinophilus</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Nemertina	Anopla	Tubulanidae	<i>Tubulanus</i> sp.	0	4	0	0	0	0
Nemertina			<i>Nemertina</i> sp.1	6	0	4	24	8	0
Nemertina			<i>Nemertina</i> sp.2	0	8	0	2	0	0
Crustacea	Ostracoda		<i>Ostracoda</i> sp.1	0	8	6	4	0	4
Crustacea	Ostracoda		<i>Ostracoda</i> sp.2	0	0	0	0	0	0
Crustacea	Ostracoda		<i>Ostracoda</i> sp.3	0	0	0	2	0	2
Crustacea	Ostracoda		<i>Ostracoda</i> sp.4	0	0	0	0	0	0
Crustacea	Ostracoda		<i>Ostracoda</i> sp.5	0	4	0	0	0	0
Crustacea	Ostracoda		<i>Ostracoda</i> sp.6	0	0	0	2	0	0
Crustacea	Ostracoda		<i>Ostracoda</i> sp.7	0	2	0	0	0	0
Crustacea	Malacostrata	Arcturidae	<i>Astacilla</i> sp.	0	0	2	0	0	0
Crustacea	Malacostrata	Dulichidae	<i>Dulichia</i> sp.	0	4	0	0	0	0
Crustacea	Amphipoda	Oedicerotidae	<i>Kanaloa</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Crustacea	Amphipoda	Eopliantidae	<i>Wandelia</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Crustacea	Isopoda	Sphaeromatidae	<i>Sphaeroma</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Crustacea	Malacostrata	Grapsidae	<i>Metopograpsus</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Crustacea	Malacostrata	Portunidae	<i>Scylla</i> sp.	0	1	0	0	0	0
Crustacea	Malacostrata	Ocypodidae	<i>Uca</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Nematoda	Adenophorea	Xyalidae	<i>Echinotheristus</i> sp.	0	0	0	4	0	0
Nematoda	Adenophorea	Oxystominidae	<i>Halalaimus</i> sp.	2	2	2	2	0	0
Nematoda	Adenophorea	Desmoscolecidae	<i>Desmocolex</i> sp.	2	2	0	0	0	0

Coelentrata	Hydrozoa	Otohydridae	<i>Otohydra</i> sp.	0	0	0	2	0	0
Coelentrata	Hydrozoa	Armorhydridae	<i>Armorhydra</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Coelentrata	Zoantharia	Paractidae	<i>Paractis</i> sp.1	0	2	0	0	0	0
Coelentrata	Zoantharia	Paractidae	<i>Paractis</i> sp.2	0	2	0	0	0	0
Coelentrata	Zoantharia	Actinaria	<i>Edwardsia</i> sp.	0	6	0	0	0	0
Coelentrata	Zoantharia	Epizoanthidae	<i>Eloactis</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Coelentrata	Anthozoa	Halcampidae	<i>Halcampa</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Coelentrata	Hydrozoa		<i>Hydrozoan</i> sp.	0	12	0	0	0	0
Moluska	Bivalvia		<i>Larva bivalvia</i>	0	4	0	0	0	26
Moluska	Bivalvia	Tellinidae	<i>Tellina</i> sp.	0	4	0	2	0	0
Urochordata	Astidiceae		<i>Astidiceae</i> sp.1	0	2	0	0	0	0
Urochordata	Astidiceae		<i>Astidiceae</i> sp.2	0	6	0	0	0	0
Urochordata	Astidiceae		<i>Astidiceae</i> sp.3	0	2	0	0	0	0
Urochordata	Astidiceae		<i>Astidiceae</i> sp.4	0	2	0	0	0	0
Urochordata	Astidiceae		<i>Astidiceae</i> sp.5	0	2	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Buccinidea	<i>Anentome</i> sp.	6	0	4	0	0	0
Moluska	Scaphopoda	Dentaliidae	<i>Antalis</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Architectonidae	<i>Architectonica</i> sp.	0	0	0	0	2	0
Moluska	Gastropoda	Assimineidae	<i>Assimineea</i> sp.1	26	0	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Assimineidae	<i>Assimineea</i> sp.2	0	0	0	2	0	0
Moluska	Gastropoda	Cerithiidae	<i>Bittium</i> sp.	0	43	0	29	0	0
Moluska	Gastropoda	Bullidae	<i>Bulla</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Melampidae	<i>Cassidula</i> sp.1	2	0	0	31	0	8
Moluska	Gastropoda	Melampidae	<i>Cassidula</i> sp.2	0	0	0	12	0	0
Moluska	Gastropoda	Dialidae	<i>Diala</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Donaciade	<i>Donax</i> sp.	0	4	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Ellobiidae	<i>Ellobium</i> sp.1	0	4	0	2	0	0
Moluska	Gastropoda	Ellobiidae	<i>Ellobium</i> sp.2	0	0	0	2	0	0
Moluska	Gastropoda	Glauconomidae	<i>Glauconome</i> sp.1	0	35	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Glauconomidae	<i>Glauconome</i> sp.2	0	2	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Glauconomidae	<i>Glauconome</i> sp.3	0	2	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Mytiloidae	<i>Lioberus</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Littorinidae	<i>Littorina</i> sp.	6	51	0	7	0	0
Moluska	Gastropoda	Thiaridae	<i>Melanoides</i> sp.1	55	75	22	56	0	0
Moluska	Gastropoda	Thiaridae	<i>Melanoides</i> sp.2	0	2	139	75	0	0
Moluska	Gastropoda	Pyramidellidae	<i>Menesto</i> sp.	0	2	0	16	0	0
Moluska	Gastropoda	Melampidae	<i>Melampus</i> sp.	0	0	0	2	0	0
Moluska	Gastropoda	Nassaridae	<i>Nassarius</i> sp.	0	2	0	0	0	4
Moluska	Gastropoda	Hiatellidae	<i>Panopea</i> sp.	0	2	2	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Neritidae	<i>Neritina</i> sp.	0	0	0	6	0	69
Moluska	Gastropoda	Vermetidae	<i>Petalococonchus</i> sp.1	0	2	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Vermetidae	<i>Petalococonchus</i> sp.2	0	67	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Pholadidae	<i>Pholas</i> sp.	0	2	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Ampullariade	<i>Pila</i> sp.1	43	35	2	108	0	0
Moluska	Gastropoda	Ampullariade	<i>Pila</i> sp.2	4	0	0	16	0	0
Moluska	Gastropoda	Anabthridae	<i>Pisima</i> sp.	0	2	0	2	0	0
Moluska	Gastropoda	Ellobiidae	<i>Pythia</i> sp.	0	0	0	6	0	185
Moluska	Gastropoda	Potamididae	<i>Telescopium</i> sp.	2	0	0	0	0	0
Moluska	Gastropoda	Batillaridae	<i>Terebia</i> sp.	0	2	0	0	0	0