

Degradasi fungsi ekologi mangrove sebagai habitat makrozoobentos dan pengelolaannya di Pantai Angke Kapuk, Jakarta

Degradation analysis of mangrove ecological function as macrozoobenthos habitat and its management in the Angke Kapuk Coastal Area, Jakarta

IRMA EKAWATI BAYAN, FREDINAN YULIANDA, ISDRADJAD SETYOBUDIANDI

Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor 16680, Jawa Barat

Manuskrip diterima: 30 November 2015. Revisi 3 Maret 2016.

Abstract. *Bayan IE, Yulianda F, Isdradjad Setyobudiandi I. 2016. Degradation analysis of mangrove ecological function as macrozoobenthos habitat and its management in the Angke Kapuk Coastal Area, Jakarta. Bonorowo Wetlands 6: 1-11.* Mangrove ecosystem is a natural resource that has many ecological benefits in the coastal ecosystems, such as becoming the habitat and food source for terrestrial and marine biotas. One of the Indonesian territories which has a fairly large mangrove forest area is in the north of DKI Jakarta Province. That is Angke Kapuk coastal which has 327.70 hectares of green belt area and is scattered in several regions (BKSDA Jakarta, 2003). Mangrove areas in Angke Kapuk play some important roles in the ecosystem, such as becoming a preservation habitat for several species, especially macrozoobenthos. The environmental degradation along with regional development, such as tourism, fisheries activity, and industrial caused the coastal resources of mangrove areas to become vulnerable. The purpose of this study was to analyze the ecological functions of mangroves as the habitat of macrozoobenthos in Angke Kapuk coastal region, to determine the extent of damage to mangrove state and its sustainable management recommendation of mangrove ecosystems in the Angke Kapuk coastal region. This study was conducted in June 2013 and March 2014 at six different stations based on the representation of the condition on the study site. The data collection consists of macrozoobenthos data collection and measurement of water quality parameters, including turbidity, DO, COD, BOD, salinity, pH, nitrate (NO₃-N), nitrite (NO₂-N), orthophosphate (PO₄-P), and solids suspended (TSS). The results showed that the macrozoobenthos habitat and ecological functions of coastal mangrove areas in Angke Kapuk were degraded. The state of mangroves ecology in coastal Angke Kapuk was in the damage category based on standard mangrove destruction criteria of Minister of Environment's Decree Number 201 of 2004. The mangrove density was less than 1,000 trees/ha, and its coverage area was less than 50%, so rehabilitation efforts involving the community and manager sectors for the mangrove area sustainability are necessary. Habitat improvement can be applied through cleaning trash in mangrove areas, especially in group A stations that be the most degraded condition and the largest receiving environmental pressures, as well as the group B stations which potentially fall on ecological function degradation due to high development pressures. Planting mangroves vegetation on the site that is ready to be planted is another way to improve the habitat.

Keywords: Angke Kapuk, degradation, macrozoobenthos, management, mangrove

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan suatu formasi hutan yang tumbuh di daerah pasang surut, sehingga hutannya tergenang pada saat pasang dan bebas dari genangan pada saat surut (Kusmana 2007). Ekosistem mangrove merupakan sumberdaya alam yang memiliki banyak manfaat salah satunya adalah manfaat ekologi yaitu menjadi sumber unsur hara bagi kehidupan hayati (biota perairan) laut, serta sumber pakan bagi kehidupan biota darat seperti burung, mamalia dan jenis reptil (Huda 2008). Selain itu mangrove juga mampu menghasilkan jumlah oksigen lebih besar dibandingkan dengan tumbuhan darat serta mampu mengendalikan abrasi dan masuknya air laut (intrusi) ke wilayah daratan, dan mampu menahan sampah yang bersumber dari daratan yang dikendalikan melalui sistem perakarannya.

Indonesia sebagai negara kepulauan terdiri kurang lebih 18.300 pulau baik yang besar maupun kecil dengan panjang garis pantai ± 80.000 km (Delinom dan Lubis

2007), dimana sebagian daerah pantai tersebut ditumbuhi hutan mangrove dengan lebar beberapa meter sampai beberapa kilometer. Noor et al. (2006) mengatakan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki mangrove terluas di dunia dan juga memiliki keragaman hayati yang terbesar serta strukturnya paling bervariasi. Onrizal dan Kusmana (2008) menyatakan kondisi kawasan mangrove di Indonesia dari tahun ke tahun semakin menurun baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya.

Salah satu wilayah Indonesia yang memiliki kawasan hutan mangrove yang cukup luas adalah di Propinsi DKI Jakarta bagian utara yakni kawasan Pantai Angke Kapuk dan merupakan satu-satunya kawasan ekosistem mangrove di wilayah DKI Jakarta dengan sabuk hijau seluas 327,70 hektare yang tersebar di beberapa wilayah (BKSDA Jakarta 2003). Pesisir Jakarta yang terdiri dari daerah Muara Angke, Sunda Kelapa, Ancol, Tanjung Priok, dan Cilincing Marunda dahulu merupakan kawasan hutan mangrove, namun saat ini sebagian besar hutan mangrove telah dieksploitasi untuk dijadikan lahan pemukiman, pelabuhan,

tambak dan kawasan wisata sehingga lokasi mangrove yang masih berbentuk hutan hanya terdapat di kawasan Angke Kapuk.

Kawasan mangrove di Angke Kapuk berperan penting dalam pelestarian ekosistem karena menjadi suaka bagi sejumlah spesies yang menempatinya salah satunya adalah makrozoobentos. Beragamnya aktivitas manusia di wilayah pesisir yang terus meningkat menyebabkan kawasan ini merupakan wilayah yang paling mudah terkena dampak kegiatan manusia. Akibat lebih jauh adalah terjadinya penurunan kualitas perairan pesisir, karena adanya masukan limbah padat maupun cair yang terus bertambah sehingga sering dijumpai tumpukan sampah yang mengapung dan tersangkut disekitar habitat mangrove termasuk substrat dan perakaran mangrove. Letak lokasi mangrove Angke Kapuk dilewati oleh tiga sungai yang memiliki kontribusi sebagai jalur masuknya sampah dari hulu hingga ke muara. Kondisi tersebut dapat menimbulkan potensi menurunnya fungsi ekologi mangrove sebagai habitat dan sumber mencari makan bagi biota makrozoobentos yang hidup berasosiasi dengan mangrove, Butler (1978) menyatakan bahwa untuk perairan yang dinamis analisis struktur komunitas hewan makrozoobentos dapat memberikan gambaran tentang kualitas perairan dan makrozoobentos sering dijadikan sebagai bioindikator untuk menilai status kualitas perairan, hal ini disebabkan karena sifat makrozoobentos yang cenderung hidup menetap di dasar perairan dan mobilitas atau pergerakannya relatif rendah, sehingga perubahan kualitas perairan akan memberikan dampak yang signifikan terhadap makrozoobentos (Fisesa et al. 2014), oleh karena itu informasi mengenai penurunan fungsi ekologi mangrove dan kondisi terkini kerusakan mangrove yang berada dikawasan Pantai Angke Kapuk sangat penting

diketahui untuk menetapkan kebijakan pengelolaan yang berkelanjutan di kawasan mangrove ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (i) Menganalisis fungsi ekologi mangrove sebagai habitat makrozoobentos di kawasan Pantai Angke Kapuk, (ii) Menentukan status tingkat kerusakan mangrove dan merekomendasikan strategi pengelolaan ekosistem mangrove yang berkelanjutan di kawasan Pantai Angke Kapuk sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan pengelolaan hutan mangrove yang berkelanjutan serta memberikan informasi ilmu pengetahuan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

BAHAN DAN METODE

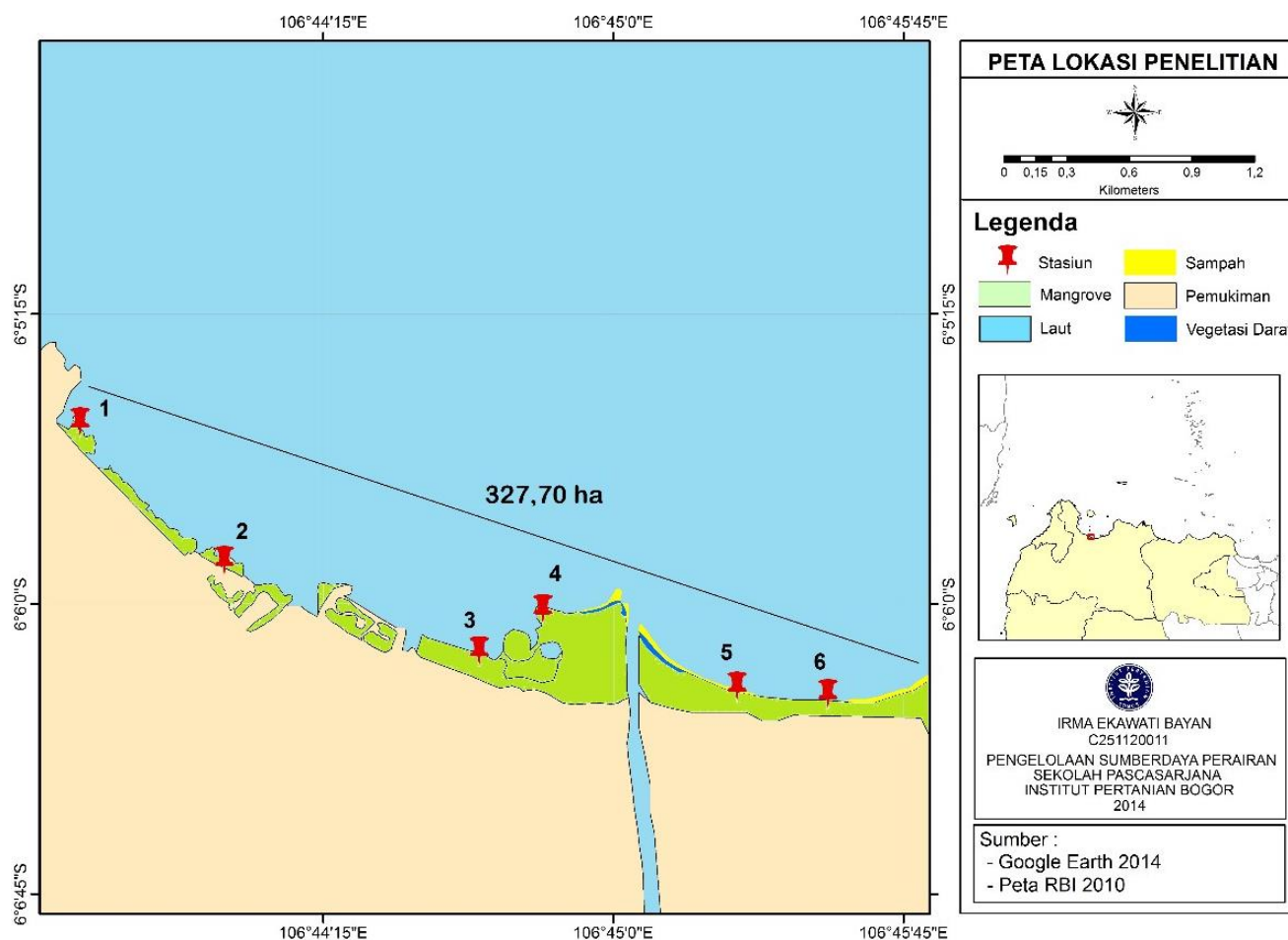
Penelitian ini bersifat eksploratif dan deskriptif karena tujuan penelitian ini untuk menggali secara luas tentang sebab-sebab atau hal-hal yang mempengaruhi terjadinya sesuatu fakta yang ada (Arikunto 1993). Arah penelitian ini adalah untuk mendapatkan data kondisi terkini ekosistem mangrove serta rekomendasi pengelolannya. Pengumpulan data primer dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan dengan melakukan observasi lapangan terlebih dahulu untuk mengetahui kondisi lokasi penelitian. Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mengumpulkan data atau informasi dari pihak-pihak terkait atau instansi terkait. Data yang diperoleh dapat berupa data statistik, peta lokasi penelitian, dan dokumen- dokumen terkait.

Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada saat penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian

Parameter	Satuan	Alat	Tempat analisis	Metode
Kualitas air				
Kekeruhan	NTU	Botol <i>water sample</i>	Laboratorium	APHA, ed. 22, 2012, 2130-B
DO	mg/L	DO meter	<i>In situ</i>	SNI 06-6989.14-2004
COD	mg/L	Spektrofotometer	Laboratorium	APHA, ed. 22, 2012, 5220-D
Salinitas	‰	<i>Refractometer</i>	<i>In situ</i>	SNI 06-2412-1991
pH	-	pH meter	<i>In situ</i>	SNI 06-6989.11-2004
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	Botol <i>water sample</i>	Laboratorium	APHA, ed. 22, 2012, 4500-NO3-E
Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	Botol <i>water sample</i>	Laboratorium	APHA, ed. 22, 2012, 4500-NO3-B
Orto fosfat (PO ₄ -P)	mg/L	Botol <i>water sample</i>	Laboratorium	APHA, ed. 22, 2012, 4500-PE
Padatan Tersuspensi (TSS)	mg/L	Botol <i>water sample</i>	Laboratorium	APHA, ed. 22, 2012, 2540-D
Biologi mangrove				
Struktur umur		Transek kuadran	<i>In situ</i>	SNI 7717: 2011
Struktur komunitas	Ind/m ²	Transek kuadran	<i>In situ</i>	SNI 7717: 2011
Diameter pohon	m	Meteran 10-20 m	<i>In situ</i>	Noor et al. 2006
Identifikasi	-	Buku identifikasi	<i>In situ</i>	Noor et al. 2006
Jalur pengamatan	m	Tali plastik	<i>In situ</i>	-
Koordinat lokasi	DMS	GPS	<i>In situ</i>	-
Komunitas makrozoobentos				
Makrozoobentos	mm	<i>Core sampler</i> dan saringan 0,5	<i>In situ</i> dan laboratorium	Setyobudiandi et al. 2009



Gambar 1. Lokasi penelitian di Pantai Angke Kapuk, Teluk Jakarta

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2013 dan Maret 2014 di kawasan Pantai Angke Kapuk, Jakarta Utara (Gambar 1).

Prosedur pengambilan data

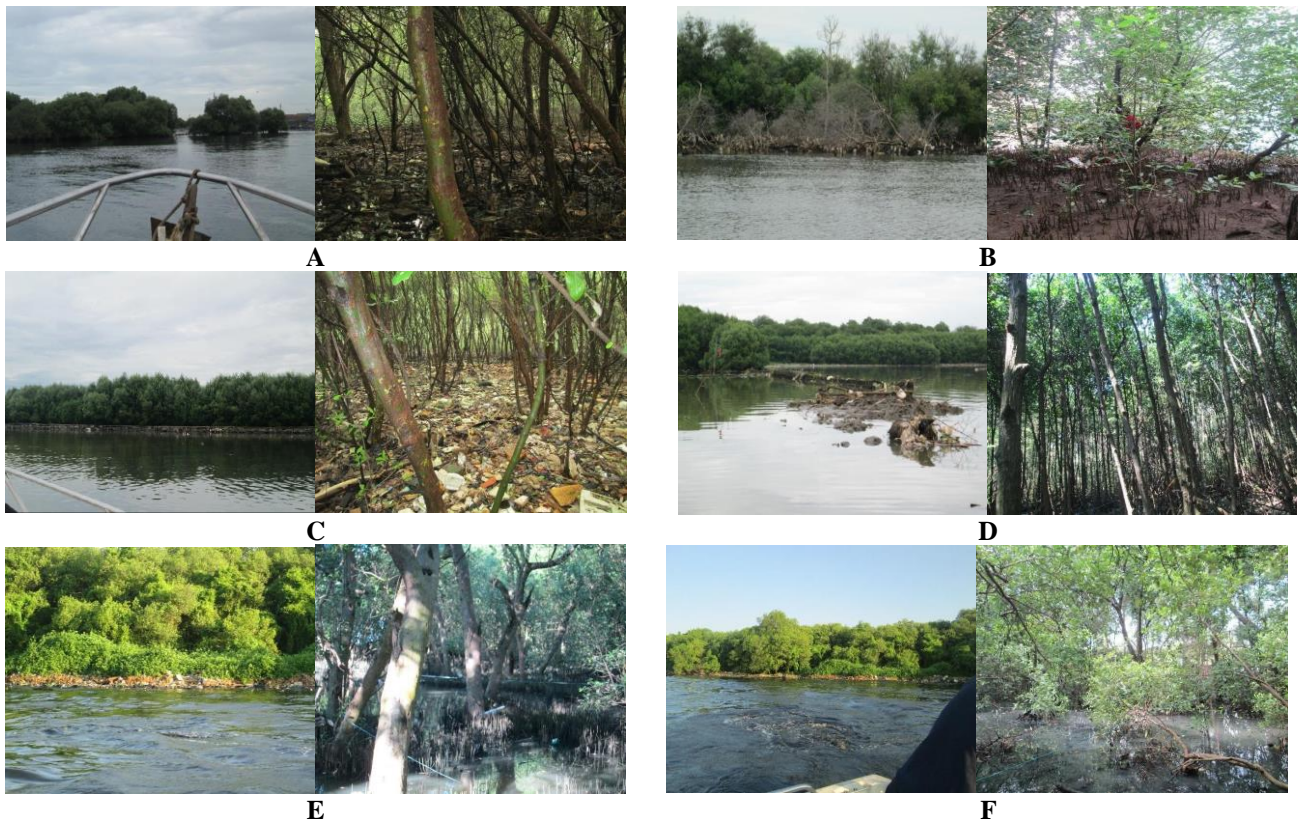
Penentuan lokasi stasiun pengamatan

Pemilihan Stasiun pengamatan vegetasi mangrove iawali dengan survei lapangan untuk melihat kondisi lokasi

penelitian yaitu vegetasi mangrove di sepanjang Pantai Angke Kapuk dan menentukan titik sampling dan titik ordinat masing-masing Stasiun dengan menggunakan GPS. Pemilihan titik sampling atau titik pengambilan data dilakukan berdasarkan keterwakilan kondisi ekologi mangrove Pantai Angke Kapuk. Karakteristik lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Karakteristik lokasi penelitian

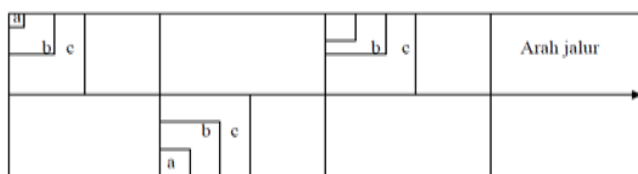
Stasiun	Ordinat	Karakteristik
1	S: 06°05'31.90" E: 106°43'37.30"	Posisi terletak di Sungai Muara Kamal dengan kondisi mangrove yang tampak lebat dan rimbun dan sangat dekat pemukiman warga.
2	S: 06°05'53.40" E: 106°43'59.70"	Terdapat banyak pohon mangrove yang mati dibagian depan dan semakin kebelakang kondisi mangrove makin baik karena telah memasuki kawasan Taman Wisata Alam dan vegetasi darat.
3	S: 06°06'07.40" E: 106°44'39.20"	Sangat dekat dengan aktivitas daratan reklamasi, penimbunan dan pembangunan gedung serta banyak tumpukan sampah.
4	S: 06°06'00.90" E: 106°44'49.10"	Ketebalan mangrove hingga 40-50 m, terlihat sangat lebat dengan kondisi perairan penuh sampah dan berlumpur, letaknya tepat berhadapan dengan kawasan reklamasi.
5	S: 06°06'12.90" E: 106°45'19.20"	Ketebalan mangrove mencapai 5 m, sangat dekat pemukiman warga, terdapat vegetasi darat di bibir pantai hingga ke darat dengan kondisi perairan yang kotor dan penuh sampah, dan terdapat lahan bekas tambak dengan substrat berlumpur.
6	S: 06°06'14.7" E: 106°45'33.30"	Mangrove memiliki ketebalan mencapai 5-10 m dengan substrat berlumpur dan tercampur dengan sampah.



Gambar 2. Geomorfologi lokasi penelitian di Pantai Angke Kapuk, Teluk Jakarta. A. Stasiun 1, B. Stasiun 2, C. Stasiun 3, D. Stasiun 4, E. Stasiun 5, F. Stasiun 6

Metode pengambilan data mangrove

Pengamatan vegetasi mangrove dilakukan dengan menggunakan metode jalur pada setiap Stasiun pengamatan yang dibuat dengan arah tegak lurus garis pantai ke arah daratan hingga tidak ditemukan lagi tegakan dimana arah jalur ditentukan dengan menggunakan kompas, untuk hutan mangrove yang tumbuh di pinggir sungai arah jalur tegak lurus dengan garis sungai. Setiap jalur ditempatkan kuadran pengamatan sesuai dengan tingkat pertumbuhannya dengan kategori tingkat tegakan tersebut sebagai berikut: (i) Semai (*seedling*): 1 m x 1 m, diameter < 2 cm, (ii) Pancang (*sapling*): 5 m x 5 m, diameter 2 cm – 10 cm, (iii) Pohon (*tree*): 10 m x10 m, diameter > 10 cm.



Gambar 2. Desain unit contoh pengamatan vegetasi dengan metode Jalur. Keterangan: A. Petak untuk pengamatan semai, B. Petak untuk pengamatan pancang, C. Petak untuk pengamatan pohon

Jarak antar kuadran ditetapkan secara sistematis terutama berdasarkan perbedaan struktur vegetasi. Selanjutnya, pada setiap kuadran dilakukan perhitungan jumlah individual (pohon dewasa, pohon remaja, anakan), diameter pohon, dan prediksi tinggi pohon untuk setiap jenis. Pengambilan contoh bagian-bagian tumbuhan, mencatat nama spesies, ciri-ciri, dan tempat tumbuhnya yang diidentifikasi dengan melihat buku petunjuk yang ada.

Pengambilan data makrozoobentos infauna dan epifauna

Pengambilan sampel bentos dilakukan di dalam transek pengamatan vegetasi 10 m x 10 m kemudian didalam setiap plot transek tersebut dibuat sub petak dengan lima titik, dimana masing-masing titik tersebut menggunakan transek 1x1 m². Pengambilan contoh sampel biota dilakukan pada substrat, batang dan akar mangrove. Metode yang digunakan untuk bentos yang terdapat didalam substrat (infauna) adalah metode *core sampler* yaitu dengan cara membenamkan *core sampler* kedalam substrat kurang lebih 20 cm kemudian sedimen, moluska, dan hewan bentos lain yang telah terperangkap di dalam *core* disetiap Stasiun dimasukan kedalam kantong plastik dan diawetkan dengan formalin 10% dan diberi label kemudian diidentifikasi di laboratorium. Sedangkan untuk biota yang terdapat pada permukaan substrat, batang, akar dan daun mangrove dilakukan dengan mengambil contoh biota yang mewakili epifauna yang terdapat di mangrove. Pemisahan sedimen

dan spesimen dilakukan melalui penyaringan dengan saringan berukuran 0,5 mm² (Setyobudiandi et al 2009). Proses penyortiran bentos selain berukuran makro dilakukan dibawah mikroskop binokuler kemudian diidentifikasi jenisnya dilakukan dengan bantuan mikroskop monokuler dengan pembesaran 100x. Metode ini biasa digunakan pada daerah pengamatan dengan substrat berlumpur.

Pengukuran parameter lingkungan

Pengambilan sampel akan dilakukan sebanyak 2 kali. Tahapan penelitian meliputi pengamatan dan pengambilan sampel di lapangan, pengukuran dan analisis sampel di laboratorium. Pada penelitian ini dibutuhkan beberapa data terkait dengan parameter fisika dan kimia lingkungan perairan Pantai Angke Kapuk sebagai data pendukung yang terdiri dari DO, suhu, salinitas, pH, nitrat, fosfat, dan kecerahan yang dilakukan secara *insitu*. Untuk pengukuran nitrat dan fosfat dilakukan dengan cara mengambil sampel air kemudian dimasukan kedalam botol sampel dan disimpan dalam *coolbox* selanjutnya di analisis di laboratorium, begitu juga dengan sampel air untuk analisis COD dimasukan kedalam botol sampel yang telah diberi nama masing- masing Stasiun kemudian disimpan dalam *cool box* dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

Pengambilan contoh substrat pada setiap Stasiun pengamatan dengan menggunakan pipa paralon (PVC). Sampel substrat kemudian disimpan didalam botol sampel dan kemudian di analisis di laboratorium untuk menentukan presentasi fraksi substrat. Berdasarkan presentase fraksi tanah yang dianalisis dengan cara memplotkan, fraksi pasir, debu dan liat, kemudian akan diperoleh tipe substrat.

Analisis data

Kerapatan mangrove

Kerapatan jenis adalah jumlah individu jenis ke-i dalam suatu area:

$$\text{Kerapatan} = \sum_{i=1}^n ni/A$$

Keterangan:

ni : jumlah individu

A : luas petak pengamatan I : 1, 2,, n

Penutupan Mangrove (English et al. 1997)

Penutupan mangrove merupakan perbandingan antara luas area penutupan jenis I (Ci) dan luas total area penutupan untuk seluruh jenis (ΣC):

$$Ci = \sum_{i=1}^n BA_i/A$$

Keterangan:

BA : Basal area ($\pi DBH^2/4$)

DBH : diameter batang pohon dari jenis i (CBH/ π)

A : luas total petak contoh

CBH : lingkaran pohon

i : 1, 2,, n

Analisis kondisi habitat

Pengukuran parameter fisik kimia perairan mengikuti metode baku APHA- AWWA-WEF (2012). Analisis karakteristik parameter kualitas air dilakukan secara deskriptif, yaitu dengan membandingkan hasil pengukuran dengan baku mutu kualitas air laut untuk biota laut berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 (KepMenLH, 2004).

Pengelompokkan Stasiun berdasarkan parameter fisika-kimia ditentukan dengan menggunakan *Canberra metric* (Lance dan William dalam Clifford dan Stephenson 1975) yaitu menggunakan rumus:

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_{i1} - y_{i2}|}{y_{i1} + y_{i2}}$$

Keterangan:

C : *Canberra metric*

N : jumlah parameter yang dibandingkan

y_{i1} : nilai parameter fisika-kimia ke-i Stasiun 1 y_{i2} : nilai parameter fisika kimia ke-i Stasiun 2 i: 1, 2,, n

Penentuan korelasi antar parameter kualitas air menggunakan pendekatan analisis komponen utama multivariat menggunakan perangkat lunak Minitab 15, dari gambaran ini diharapkan dapat diungkapkan kondisi keanekaragaman makrozoobentos dan faktor fisika kimia apa saja yang terutama mempengaruhi keberadaan makrozoobentos di perairan tersebut.

Selanjutnya untuk melihat tingkat kesamaan antara Stasiun pengamatan digunakan rumus:

$$S = 1 - C$$

Keterangan:

S : kesamaan antara Stasiun

C : *Canberra metric*

Kepadatan dan keanekaragaman makrozoobentos

Kepadatan adalah jumlah individu persatuan luas (Brower dan Zar 1977) dengan formulasi sebagai berikut:

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

keterangan:

D : kepadatan bentos

ni : jumlah individu bentos

A : luas area pengambilan sampel

Keanekaragaman jenis menurut Odum (1994):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Keterangan:

H' : indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

P_i : proporsi spesies ke-i (n_i) terhadap jumlah total individu (N)

Ln : *logaritma nature*

S : jumlah total spesies di dalam komunitas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi mangrove di Pantai Angke Kapuk

Jenis mangrove yang ditemukan di kawasan Angke Kapuk yaitu sebanyak 6 jenis yaitu *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Xylocarpus moluccensis*, *Acanthus ilicifolius*, *Excoecaria agallocha*, dan *Rhizophora stylosa*, distribusi jenis mangrove dapat dilihat pada Tabel 3.

Lokasi penelitian dibagi kedalam tiga bagian kawasan yaitu Barat, Tengah dan Timur. Kawasan mangrove bagian Barat terdiri dari Stasiun 1 dan 2 dimana kedua Stasiun ini terletak di bagian timur muara sungai kamal dan sangat dekat dengan pemukiman penduduk sehingga kawasan mangrove ini sangat rentan terkena dampak langsung dari aktivitas manusia. Jenis-jenis mangrove yang ditemukan di kawasan penelitian mangrove bagian barat Angke Kapuk sebanyak 3 jenis mangrove terdiri dari 3 jenis mangrove yaitu *A. marina*, *R. mucronata*, dan *R. stylosa*.

Bagian tengah kawasan mangrove Angke Kapuk terdiri dari Stasiun 3 dan 4 dimana kedua Stasiun ini merupakan Stasiun yang sangat dekat dengan aktivitas reklamasi dan memiliki kondisi perairan dan habitat mangrove penuh sampah. Jenis-jenis mangrove yang ditemukan pada kawasan mangrove bagian Tengah sebanyak 4 jenis mangrove yaitu *A. marina*, *R. mucronata*, *X. moluccensis*, dan *A. ilicifolius*.

Bagian Timur terdapat 3 jenis mangrove yang ditemukan pada Stasiun 5 dan Stasiun 6 dimana pada kawasan penelitian ini sangat dekat dengan pemukiman warga, selain itu kondisi perairan dan substrat mangrove sangat dipenuhi sampah dan terdapat lahan bekas tambak yang telah ditinggalkan. Adapun jenis-jenis mangrove yang ditemukan pada kawasan ini adalah *A. marina*, *R. mucronata*, dan *E. agallocha*. Struktur vegetasi pada keenam Stasiun terdiri dari satu strata, memiliki tinggi pohon 4-20 m, tajuknya kontinu dan pohonya rendah, kecil, serta mempunyai banyak cabang.

Spesies *A. marina* merupakan jenis mangrove yang paling sering dijumpai di seluruh lokasi penelitian. Kusmana dan Istomo (2011) menyatakan *A. marina* merupakan jenis mangrove yang toleran terhadap perubahan salinitas, hidup di dataran lumpur dan tepi sungai. *A. marina* dan *R. mucronata* merupakan spesies pioner yang berperan penting dalam struktur komunitas mangrove (Tomlinson 1984). Kondisi ini sesuai dengan kawasan mangrove Angke Kapuk yang terletak di dekat muara sungai dan tepi pantai sehingga keadaan ini turut mempengaruhi perubahan salinitas air laut. Mangrove dapat tumbuh subur pada kisaran salinitas 10-30 ppt. Mangrove merupakan vegetasi yang bersifat *salt-tolerant* bukan *salt-demanding*, sehingga dapat tumbuh dengan baik pula di habitat air tawar.

Indeks nilai penting (INP) menunjukkan bahwa secara ekologi jenis mangrove *A. marina* dan *R. mucronata* memiliki peranan dalam struktur komunitas mangrove, INP untuk kedua jenis ini sangat tinggi jika dibandingkan dengan jenis-jenis lain. Kedua jenis mangrove ini menyebar dan ditemukan hampir diseluruh petak contoh pengamatan sehingga ini menandakan adanya jenis mangrove yang apabila mengalami kerusakan maka

ekosistem mangrove juga mengalami kerusakan dan mempengaruhi keberadaan hewan asosiasi salah satunya adalah makrozoobentos.

Berdasarkan Kepmen LH No 201 (2004) kerapatan dan penutupan mangrove di kawasan Pantai Angke Kapuk telah masuk dalam kategori rusak yaitu kerapatan pohon <1000 pohon/ha dan penutupan mangrove <50%. Penentuan status kerusakan mangrove kebanyakan mengacu kepada ketentuan yang telah ditetapkan sebagai standar baku penentuan kerusakan mangrove, salah satunya adalah Kepmen LH No 201 tahun 2004 (Tabel 4).

Rusaknya mangrove kemungkinan disebabkan oleh tingginya tekanan dari luar ekosistem seperti tingginya masukan limbah padat dan limbah cair yang berasal dari aktifitas pembangunan, perindustrian dan aktivitas manusia lainnya yang sebagian besar berasal muara sungai Angke, Cengkareng dan Muara Kamal. Kusmana et al. (2005) mengatakan kerapatan mangrove pada suatu area dapat memberi gambaran ketersediaan dan potensi tumbuhan.

Kondisi mangrove yang letaknya berdekatan dengan muara sungai seiring dengan pertumbuhan pembangunan akan merubah kondisi lingkungan disekitar mangrove yaitu tersebarny sampah diseluruh permukaan substrat yang akan berdampak pada penurunan kualitas habitat mangrove dan mengakibatkan tidak tersedianya media untuk pertumbuhan mangrove terutama pada tingkat semai yang akhirnya akan berdampak pada tidak ada keberlanjutan ekosistem mangrove dan berakhir dengan hilangnya populasi mangrove di kawasan ini.

Tabel 3. Distribusi jenis mangrove dilokasi penelitian

Jenis mangrove	Barat		Tengah		Timur	
	1	2	3	4	5	6
<i>Acanthus ilicifolius</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Avicennia marina</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Excoecaria agallocha</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Rhizophora mucronata</i>	-	+	+	+	-	+
<i>Rhizophora stylosa</i>	-	+	-	-	-	-
<i>Xylocarpus moluccensis</i>	-	-	+	-	-	-
Jumlah jenis	1	3	4	2	2	2

Keterangan: + (ditemukan); - (tidak ditemukan)

Tabel 4 Kriteria baku kerusakan mangrove

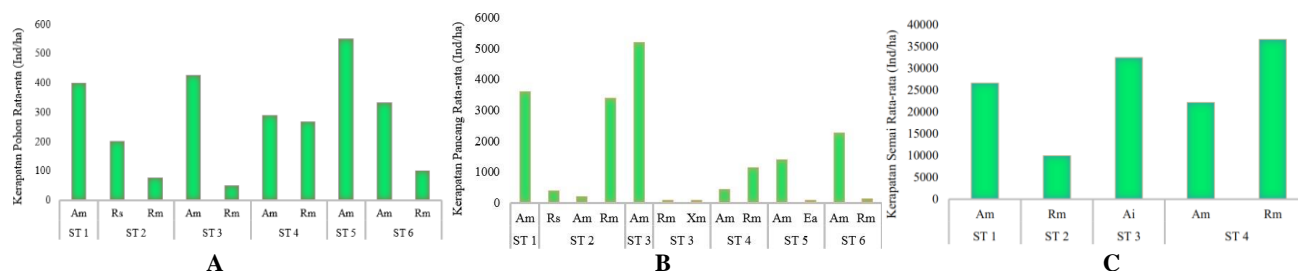
Kriteria	Kerapatan pohon/ha	Penutupan (%)
Baik Sangat padat	≥ 1500	≥ 75
Sedang	$\geq 1000 - < 1500$	$\geq 50 - < 75$
Rusak Jarang	< 1000	< 50

Sumber: Kepmen LH No 201 (2004)

Tabel 5. Kondisi kerapatan dan penutupan mangrove di kawasan Pantai Angke Kapuk

Kawasan	Stasiun	Kerapatan (ind/ha)	Kategori	Penutupan (%)	Kategori
Barat	1	400	Rusak	7	Rusak
	2	275	Rusak	5	Rusak
Tengah	3	475	Rusak	21	Rusak
	4	556	Rusak	11	Rusak
Timur	5	550	Rusak	17	Rusak
	6	433	Rusak	12	Rusak

Mengacu pada Kepmen LH No 201 (2004)



Gambar 3. Kerapatan rata-rata jenis mangrove di lokasi penelitian. A. Pohon, B. Pancang, C. Semai. Keterangan: AM: *Avicennia marina*, Rm: *Rhizophora mucronata* Xm: *Xylocarpus moluccensis* Ai: *Acanthus ilicifolius*, Ea: *Excoecaria agallocha*, Rs: *Rhizophora stylosa*

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan mangrove adalah pasang surut air laut yang berperan dalam menyuplai masuknya air laut kedalam vegetasi dalam menyebarkan bakal semai mangrove, selain itu substrat juga sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan semai sebagai media hidupnya. Pada kawasan mangrove bagian Timur yaitu Stasiun 5 dan 6 yang memiliki kondisi habitat mangrove paling kotor karena sebaran sampah yang menyebar hampir diseluruh permukaan substrat sehingga semai mangrove tidak dapat tumbuh pada kedua Stasiun ini, berbeda dengan kawasan mangrove pada stasiun 1, 2, 3, dan 4 yang masih ditemukan semai.

Saenger dan Hutching (1987) menyatakan bahwa faktor-faktor fisika dan kimia lingkungan merupakan penentu utama pertumbuhan dan perkembangan mangrove. Kusmana et al. (2005) menambahkan bahwa struktur, fungsi, komposisi, distribusi spesies, dan pola pertumbuhan mangrove bergantung pada faktor lingkungan, sedangkan menurut Percival and Womersley (1975) menyatakan bahwa kondisi lingkungan mempengaruhi mangrove adalah struktur fisiografi wilayah, daya erosi dari laut atau sungai, pengaruh pasang surut, kondisi tanah, serta kondisi-kondisi tertentu yang disebabkan oleh eksploitasi. Chapman (1975) menyatakan bahwa banyak faktor lingkungan yang mempengaruhi rawa-rawa mangrove hanya beberapa faktor terpenting yaitu tipe tanah atau substrat, salinitas, drainase, dan arus air.

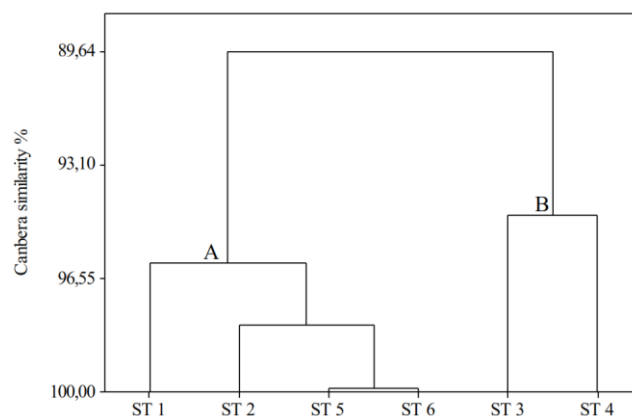
Kondisi kualitas air dan karakteristik substrat

Faktor-faktor fisika kimia lingkungan merupakan penentu utama pertumbuhan dan perkembangan mangrove (Perry et al. 2009). Tinggi rendahnya pencemaran sangat berpengaruh terhadap kondisi komponen biotik mangrove Angke Kapuk baik flora maupun faunanya. Secara umum dapat dikatakan telah terjadi penurunan fungsi ekologis perairan kawasan mangrove sebagai habitat berbagai macam organisme termasuk makrozoobentos. Kondisi kualitas air laut berdasarkan baku mutu air laut untuk biota laut yang hidup di habitat mangrove telah mengalami penurunan kualitas air berdasarkan Kepmen LH No 51 (2004) tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut. Kondisi terkini fisika kimia perairan kawasan mangrove Angke Kapuk disajikan pada Tabel 6.

Berdasarkan pengelompokan Stasiun kawasan mangrove Angke Kapuk berdasarkan parameter fisika dan kimia air menggunakan *Canbera metric similarity* didapatkan 2 pengelompokan Stasiun, yaitu kelompok A yang terdiri dari Stasiun 1, 2, 5, dan 6, sedangkan kelompok B terdiri dari Stasiun 3 dan 4, masing-masing kelompok memiliki kondisi lingkungan berbeda-beda berdasarkan perbedaan karakteristik lokasi. Pengelompokan kualitas air dapat dilihat pada gambar 4.

Tabel 6. Kualitas air laut

Parameter	Titik sampling					
	1	2	3	4	5	6
Kekeruhan (NTU)	605	70	27	53	89	80
TSS (mg/L)	540	100	27	53	89	80
COD (mg/L)	43,51	30,33	34,83	55,75	49,7	40,59
Nitrat (mg/L)	0,05	0,03	0,09	0,19	0,06	0,14
Nitrit (mg/L)	0,01	0,01	0,05	0,06	0,03	0,10
BOD ₅ (mg/L)	5,8	14,4	15,2	4	9,2	4,6
Orto fosfat (mg/L)	0,21	0,11	0,21	0,10	0,14	0,17
DO(mg/L)	0,6	2,7	4,25	6,95	1,5	1,15
pH	6,6	7,25	6,2	6,05	6,15	5,65
Salinitas (‰)	11	14	1	1	0	1
Substrat	Berpasir	Berpasir	Lumpur	Lumpur	Berpasir	Berpasir



Gambar 4. Dendrogram pengelompokan kualitas air

Kelompok A merupakan kawasan mangrove yang memiliki kualitas perairan paling buruk karena letaknya berada disisi sungai Kamal, Muara Angke dan Cengkareng Drain yang merupakan daerah padat pemukiman dengan aktivitas manusia yang sangat tinggi sehingga ketiga muara sungai tersebut berperan dalam memasok limbah padat maupun cair, sehingga secara keseluruhan hasil pengukuran parameter kualitas air telah melewati batas baku mutu kualitas air untuk biota laut. Santoso (2012) mengatakan rendahnya kecepatan air sungai di bagian hilir di daerah Muara Angke menyebabkan proses biodegrasi terjadi pada perjalanan menuju ke muara yang mengkonversi zat organik yang terlarut menjadi koloid sehingga mempercepat laju sedimentasi. Nilai kualitas air yang melebihi baku mutu menunjukkan bahwa kualitas perairan di kawasan telah mengalami perubahan. Perubahan ini dapat disebabkan oleh adanya bahan pencemar yang masuk ke perairan. Kondisi perairan yang tercemar ini juga ditunjukkan oleh warna dan bau air yang tidak sedap di sekitar dan dalam kawasan.

Kelompok B merupakan kawasan mangrove yang terletak berdekatan dengan kawasan reklamasi dan aktivitas pembukaan lahan. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air beberapa parameter fisika kimia pada kelompok B masih dalam batas baku mutu kualitas air untuk biota laut seperti DO, BOD, dan TSS sehingga pada kawasan ini masih tampak beberapa kapal nelayan yang beroperasi dalam kegiatan penangkapan ikan.

Kondisi kualitas air dikawasan mangrove Angke Kapuk ini banyak dipengaruhi oleh sifat fisika dan kimia perairan (estuaria) yang dinamis sesuai kondisi musim. Besarnya pengaruh air sungai yang membawa beban pencemaran nampak dari nilai kadar padatan terlarut maupun padatan tersuspensi yang cukup tinggi. Kelompok A memiliki nilai TSS (padatan tersuspensi) telah melampaui batas kelayakan untuk biota perairan laut yaitu melebihi 20-80 mg/L atau sebesar 89-540 mg/L. Perairan dengan kepadatan terlarut 20-80 mg/L masih dalam batas kelayakan baku mutu air laut untuk biota laut dimana kisaran tersebut masih bisa didapatkan pada beberapa titik penelitian di kawasan mangrove Angke Kapuk yaitu pada kelompok B (Stasiun 3 dan 4) ini didasarkan pada Kepmen LH No 51 (2004) memiliki kisaran 80 mg/L, sama halnya dengan baku mutu pada APHA (2012) dengan kisaran layak untuk biota laut sebesar 20-80 mg/L.

Kekeruhan air di lokasi penelitian sudah melebihi baku mutu dan tidak dapat di tolerir lagi bagi kehidupan biota perairan yaitu <5 dimana nilai kekeruhan air pada kawasan mangrove Angke Kapuk telah melebihi nilai baku mutu (27-605), sedangkan untuk suhu perairan masih dalam kisaran normal menurut baku mutu khususnya mangrove yaitu 28-32oC (Kepmen LH No 51 2004).

Nilai kualitas air kawasan mangrove Angke Kapuk berdasarkan data kimiawi pada Tabel 7 secara umum menggambarkan kondisi perairan yang tercemar berat, pada Tabel terlihat kondisi kualitas air untuk nilai pH air cenderung asam, DO rata- rata dibawah nilai baku mutu >5

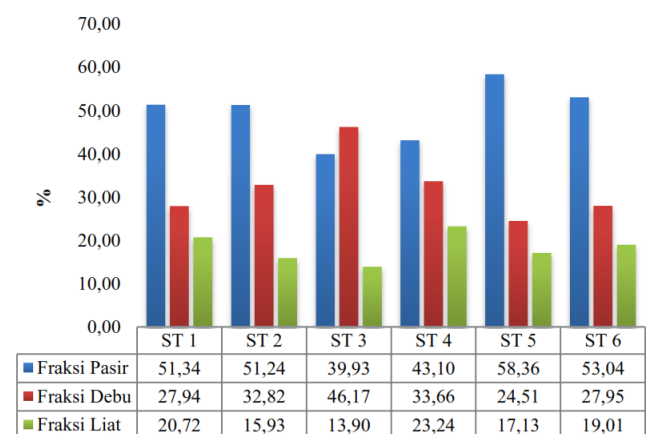
kecuali pada kelompok B (Stasiun 4) sebesar 6,785 yang tergolong baik untuk kehidupan biota perairan, nilai pH dan oksigen terlarut merupakan parameter kualitas air yang menjadi indikator kesehatan ekosistem perairan (Goudey, 2003) sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH (Pasingi et al. 2014). Salinitas berkisar antara 0,5-14,85 ‰, demikian pula kandungan bahan organik seperti nitrat, nitrit dan orto fosfat memiliki nilai yang telah melebihi baku mutu perairan yaitu 0,008 dan 0,015 untuk orto fosfat.

Tekstur substrat pada lokasi penelitian dominan berpasir namun pada Stasiun 3 terlihat tekstur substratnya lebih dominan debu kemudian pasir (lumpur berpasir), sehingga dapat dikatakan bahwa tekstur substrat vegetasi mangrove di kawasan Angke Kapuk adalah berpasir-debu berpasir. Hasil analisis substrat dapat dilihat pada Gambar 5.

Degradasi fungsi ekologi mangrove sebagai habitat makrozoobentos

Berdasarkan hasil identifikasi makrozoobentos yang dibagi dalam dua kelompok besar yaitu epifauna dan infauna, ditemukan 95 jenis makrozoobentos yang masuk dalam 13 kelas yaitu Adenophorea, Anthozoa, Clitellata, Hydrozoa, Nematoda, Oligochaeta, Ostrocooda, Palaeonemertea, Polychaeta, Turbellaria, Bivalvia, Malacostraca, dan Gastropoda. Distribusi makrozoobentos di kawasan mangrove Angke Kapuk dapat dilihat pada Tabel 7.

Kondisi makrozoobentos di vegetasi mangrove Angke kapuk berbeda-beda berdasarkan analisis keanekaragaman dan kepadatan. Odum (1994) menyatakan bahwa organisme dengan nilai kepadatan tertinggi menandakan bahwa organisme tersebut memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan lingkungan yang ditempatinya. Selain itu kepadatan makrozoobentos juga dipengaruhi oleh tipe substrat dasar sebagai habitat yang spesifik dan sebagai tempat mencari makan.



Gambar 5. Karakteristik substrat di lokasi penelitian

Tabel 7. Distribusi makrozoobentos dilokasi penelitian

Kelompok	No	Kelas	A			B		
			Distribusi	Jumlah jenis	Jumlah Individu	Distribusi	Jumlah jenis	Jumlah individu
Infauna	1	Adenophorea	+	1	1	+	1	2
	2	Anthozoa	+	3	4	-	-	-
	3	Clitellata	+	1	118	+	2	144
	4	Hydrozoa	+	3	12	-	-	-
	5	Nematoda	+	2	15	+	1	5
	6	Oligochaeta	+	7	531	+	7	2640
	7	Ostrocooda	+	1	15	+	1	8
	8	Palaeonemertea	+	1	2	-	-	-
	9	Polychaeta	+	27	617	+	18	627
	10	Turbellaria	+	1	12	+	1	12
Epifauna	11	Bivalvia	+	3	3	+	2	2
	12	Malacostraca	+	2	26	+	2	101
	13	Gastropoda	+	20	435	+	21	2158

Tabel 8. Kerapatan mangrove dan struktur komunitas makrozoobentos

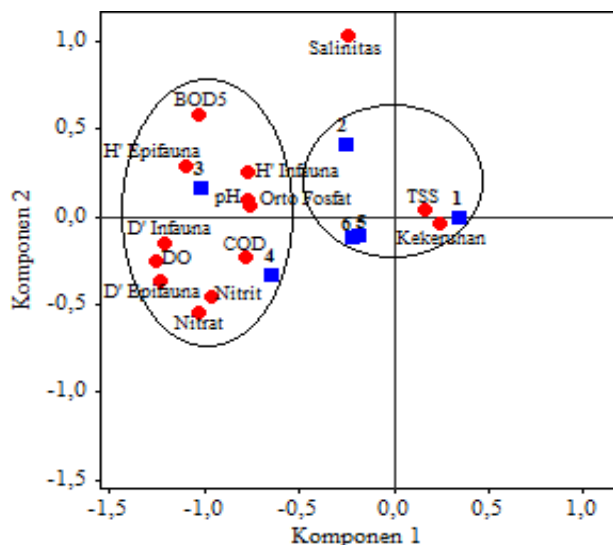
Kelompok stasiun	Kerapatan mangrove (pohon/ha)	Kepadatan		Keanekaragaman	
		Infauna (ind/m ³)	Epifauna (ind/100 m ²)	Infauna	Epifauna
A	415	3847	39	2,83	2,1
B	515	12503	90	2,33	3,74

Kepadatan makrozoobentos terendah terdapat pada kelompok A yaitu 39 ind/100m² untuk epifauna dan 3847 ind/m³ untuk infauna sedangkan kepadatan makrozoobentos tertinggi terdapat pada kelompok B dengan nilai kepadatan epifauna sebesar 90 ind/100m² dan infauna sebesar 12503 ind/m³. Odum (1994) menyatakan bahwa organisme dengan nilai kepadatan tertinggi menandakan bahwa organisme tersebut memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan lingkungan yang ditempatinya. Kelompok A menggambarkan terjadinya penurunan fungsi habitat karena kepadatan biota pada kelompok ini lebih sedikit jika dibandingkan dengan kepadatan pada kelompok B. Keberadaan mangrove mempengaruhi keberadaan makrozoobentos yang hidup berasosiasi pada ekosistem ini, hal ini jelas memiliki hubungan dengan tingkat kerapatan mangrove dimana pada kelompok B memiliki kerapatan mangrove paling tinggi yaitu 515 pohon/ha dibandingkan dengan kelompok A yaitu 415 pohon/ha. Mangrove yang memiliki kerapatan tinggi menyediakan tempat berlindung yang baik dan mendukung tersedianya asupan nutrisi yang cukup dari serasah daun mangrove yang berjatuh di substrat dan dijadikan sebagai sumber makanan bagi makrozoobentos. Nagroho et al. (2013) menyatakan bahwa semakin tinggi kerapatan mangrove maka serasah yang dihasilkan semakin banyak yang pada akhirnya menjadikan kandungan bahan organik pada substrat makin meningkat.

Keanekaragaman makrozoobentos untuk kelompok infauna di kawasan mangrove Angke Kapuk termasuk sedang yaitu 2,83 untuk kelompok stasiun A dan 2,33 untuk kelompok stasiun B. Jenis infauna di Angke Kapuk di dominasi oleh kelas Polychaeta dan Oligochaeta dan

beberapa kelompok moluska yang menunjukkan kondisi perairan berada dalam keadaan kandungan oksigen yang rendah, kontaminasi organik di sedimen dan polusi sampah. Makrozoobentos seperti Polychaeta merupakan indikator yang baik untuk kualitas air lingkungan laut karena respon mereka terhadap polutan sangat tinggi dibandingkan di air tawar. Menurut Onrizal, Hernandes dan Hesti (2009) bahwa cacing dari jenis Polychaeta dapat pula menjadi indikator terjadinya pencemaran yang representatif di kawasan ekosistem mangrove. Polychaeta memperlihatkan korelasi yang positif terhadap pengayaan bahan organik ataupun nutrisi dalam lingkungannya (Zhe et al. 2013). EPA (2002) menyatakan bahwa sebagaimana di sistem perairan tawar, biota yang hidup di perairan estuaria dan laut dapat menunjukkan kualitas perairan.

Keanekaragaman epifauna tertinggi terdapat pada kelompok B yaitu 3,74 dan kelompok A adalah 2,1 yang tergolong sedang. Tingginya keanekaragaman epifauna pada kelompok B mengindikasikan bahwa pada kelompok ini memiliki kondisi habitat yang mendukung kehidupan biota di dalamnya. Kondisi substrat berlumpur pada kelompok B mendukung kehidupan makrozoobentos sebagai habitat dan mencari makan, selain itu kondisi beberapa parameter kualitas air seperti TSS, BOD, dan salinitas masih dalam standar baku mutu air laut untuk biota laut, sehingga kepadatan Bivalvia, Gastropoda, dan Malacostraca lebih tinggi dibandingkan pada kelompok lainnya. Mane dan Khade (2012) menyatakan bahwa Gastropoda dan Bivalva merupakan organisme bio indikator kesehatan ekologi. Fachrul (2007) mengatakan bahwa keanekaragaman identik dengan kestabilan suatu ekosistem, yaitu jika keanekaragaman suatu ekosistem tinggi, maka kondisi ekosistem tersebut cenderung stabil. Pada umumnya organisme tidak peka terhadap berbagai tekanan lingkungan dan kelimpahannya dapat bertambah di perairan yang tercemar oleh bahan organik. Wilhm (1975) dalam Fajri dan Kasry (2013) menyatakan bahwa perairan dikatakan tercemar berat, jika nilai indeks keragamannya < 1. Jika berkisar antara 1 < H < 3 maka air tersebut setengah tercemar, sedangkan air bersih indeks keragaman makrozoobenthosnya > 3.



Gambar 6. Sebaran parameter kualitas air

Sebaran karakteristik antara parameter fisika kimia hasil analisis *Coresspondence Analisis* (CA) menunjukkan adanya 2 pengelompokan yang dapat dilihat pada Gambar 6. Kelompok pertama adalah Stasiun 1, 2, 5, dan 6 (kelompok yang dicirikan oleh parameter TSS, dan kekeruhan. Kelompok kedua (B) terdiri dari Stasiun 3 dan 4 yang dicirikan oleh DO, nitrat, nitrit, COD, BOD, ortofosfat, pH, dan salinitas serta menunjukkan keberadaan makrozoobentos. Kajian penurunan fungsi ekologi dilihat berdasarkan korelasi antar faktor yaitu kondisi habitat yang dilihat berdasarkan nilai kualitas air, kondisi biofisik mangrove, dan kondisi terkini biota yang hidup di habitat vegetasi mangrove khususnya makrozoobentos.

Rekomendasi pengelolaan

Ekosistem mangrove di kawasan Angke Kapuk saat ini berada dibawah tekanan kondisi lingkungan yang cenderung disebabkan oleh tingginya aktivitas manusia diantaranya adalah buangan limbah padat dan cair dari muara sungai serta alih fungsi kawasan mangrove menjadi lahan reklamasi dan tambak. Seiring dengan perkembangan pembangunan yang kian marak hal ini berpotensi meningkatkan penurunan kualitas lingkungan mangrove yang akan mempengaruhi keberlanjutan hidup mangrove dan biota yang berasosiasi didalamnya.

Upaya pemulihan kondisi lingkungan ekosistem mangrove Angke Kapuk yang kini telah masuk dalam kategori rusak sangat diperlukan demi keberlanjutan dan kelestarian hidup mangrove mengingat letak mangrove yang berada di antara daratan dan lautan yang rentan terhadap tekanan lingkungan maka diperlukan perencanaan pengelolaan hutan mangrove secara lestari dengan memperhatikan berbagai macam aspek yang terlibat di dalamnya yaitu aspek bioekologi, aspek ekonomi, dan lingkungan. Upaya rehabilitasi tidak terlepas dari peran stakeholder yang merupakan pihak dengan kemampuan untuk mengontrol pemanfaatan sumberdaya, selain itu upaya ini dapat berhasil apabila memperhatikan kondisi lingkungan ekosistem seperti kualitas lingkungan

mangrove (Hashim et al. 2009) karena hal ini dapat berpengaruh terhadap keragaman, kepadatan, dan biomassa moluska dan krustacea (Macintosh et al. 2002).

Pengelolaan yang perlu diterapkan untuk keberkelanjutan hidup mangrove kawasan Angke Kapuk adalah: (i) Rehabilitasi hutan dan lahan mengacu pada Permenhut Nomor 70 Tahun 2008 tentang Pedoman Teknis Rehabilitasi Hutan dan Lahan adalah upaya untuk memulihkan, mempertahankan dan meningkatkan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung, produktivitas dan peranannya dalam mendukung sistem penyangga kehidupan tetap terjaga. (ii) Integrasi lintas sektor-sektor terkait yang meliputi rencana pengelolaan kawasan (BKSDA) dan kebijakan yang terintegrasi baik skala regional (Provinsi DKI Jakarta) dan skala nasional (Kementerian Kehutanan) dalam memperketat pengaturan izin usaha mendirikan bangunan di wilayah pesisir pengadaaan kegiatan rehabilitasi mangrove dengan melibatkan masyarakat secara langsung, dan pelarangan yang di ikuti dengan sanksi moral bagi masyarakat yang membuang limbah domestik ke muara sungai. (iii) Perbaikan habitat dapat dilakukan dengan membersihkan sampah dan mengangkut sampah padat keluar dari kawasan mangrove, terutama pada kelompok stasiun A yang memiliki kondisi mangrove paling rusak dan paling banyak menerima tekanan lingkungan, begitu juga dengan kelompok stasiun B yang sangat berpotensi mengalami degradasi fungsi ekologi akibat tekanan pembangunan yang besar pada kawasan mangrove di kelompok ini, kemudian dilakukan penanaman vegetasi mangrove pada *site* yang telah siap untuk ditanam. (iv) Pemeliharaan ekosistem mangrove perlu melibatkan masyarakat karena kegiatan masyarakat di sekitar kawasan dapat berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap kawasan dan vegetasi mangrove di dalamnya. Keberadaan mangrove tersebut juga berpengaruh baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap kehidupan masyarakat, khususnya bagi mereka yang penghasilannya tergantung dari hasil laut.

KESIMPULAN

Sebagai habitat makrozoobentos kawasan mangrove di pantai Angke Kapuk telah mengalami degradasi fungsi ekologis. Status mangrove di Angke Kapuk telah masuk dalam kategori rusak berdasarkan kriteria baku kerusakan mangrove Kepmen LH No 201 Tahun 2004 kerapatan mangrove <1000 pohon/ha dan penutupan <50%. Upaya rehabilitasi sangat perlu melibatkan peran masyarakat dan sektor pengelola terkait dalam pengelolaan kawasan mangrove yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA-AWWA-WEF. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington DC.
- Arikunto S. 1993. Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek. PT. Pemuda Cipta. Jakarta.

- BKSDA Jakarta. 2003. Rencana Pengelolaan Suaka Margasatwa Muara Angke. Balai Konservasi Sumberdaya Alam-Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Butler G. 1978. Principles of ecotoxicology scope 12. John Willey & Sons. New York.
- Chapman VJ. 1975. Mangrove vegetation. Strauss and Cramer GmbH, Germany.
- Clifford HT, Stephenson W. 1975. An Introduction to Numerical Classification. Academic Press. New York.
- Delinom MR, Lubis FR. 2007. Air Tanah Di Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil. Pusat Penelitian Geoteknologi, Bandung.
- Fachrul MF. 2007. Metode Sampling Bioekologi. Bumi Aksara. Jakarta.
- Fajri NE, Karsy A. 2013. Kualitas perairan muara Sungai Siak ditinjau dari sifat fisika kimia dan makrozoobentos. Berkala Perikanan Terubuk 41 (1): 37- 52.
- Fisesa ED, Setyobudiandi I, Marjana K. 2014. Kondisi perairan dan struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Belumai Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. Jurnal Depik 3 (1): 1-9.
- Goudey R. 2003. Nutrient objectives for rivers and streams-ecosystem protection. EPA Victoria, Victoria, Australia.
- Hashim R, Kamali B, Tamin NM, Zakaria R. 2009. An integrated approach to coastal rehabilitation: mangrove restoration in sungai Haji Dorani, Malaysia. Estuar Coast Shelf Sci 86: 118-124.
- Huda N. 2008. Strategi kebijakan Pengelolaan Mangrove Berkelanjutan Di Wilayah Pesisir Kabupaten Tanjung Jabung Timur Jambi. [Tesis]. Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hutching P, Saenger P. 1987. Ecology of Mangrove. University of Queensland Press. Queenslan, Australia.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. Nomor 201 Tahun 2004: Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. Nomor 51 Tahun 2004. Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut.
- Kusmana C, Hilwan I, Pamungkas P, Wilarso S, Wibowo C, Tiryana T, Triswanto A, Yunasfi, Hamzah. 2005. Teknik rehabilitas mangrove. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kusmana C, Istomo. 2011. Pengenalan Jenis-jenis Mangrove. Departemen Silviculture IPB. Bogor.
- Kusmana C. 2007. Sosialisasi Bimbingan Teknis dan Pemanfaatan Pelaksanaan Rehabilitasi Mangrove. Makalah. Makasar.
- Macintosh DJ, Ashton EC, Havanon S. 2002. Mangrove rehabilitation and intertidal biodiversity: a study in the Ranong mangrove ecosystem, Thailand. Estuar Coast Shelf Sci 55: 331-345.
- Mane UH, Khade SN. 2012. Diversity of bivalve and gastropod molluscs in mangrove ecosystem from selected sites of Raigad district, Maharashtra, west coast of India. Recent Res Sci Technol 4: 16-20.
- Noor YM, Khazali M, Suryadiputra NNI. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKA/WI-IP, Bogor.
- Nugroho RA, Sugeng W, Rudhi P. 2013. Studi kandungan bahan organik dan mineral (N, P, K, Fe dan Mg) Sedimen di kawasan mangrove Desa Bedono, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Journal of Marine Research. 2 (1): 62-70
- Odum EP. 1994. Dasar-dasar Ekologi. Edisi ketiga. Yogyakarta: UGM Pres.
- Onrizal, Fernandes SPS, Hesti W. 2009. Keanekaragaman Makrozoobenthos pada
- Onrizal, Kusmana C. 2008. Studi ekologi hutan mangrove di pantai timur Sumatera Utara. Biodiversitas 9 (1): 25-29.
- Pasisingi N, Pratiwi NM, Marjana K. 2014. Kualitas perairan Sungai Cileungsi bagian hulu berdasarkan kondisi fisik-kimia. Jurnal Depik, 3 (1): 56-64.
- Percival M, Womersley JS. 1975. Floristics and ecology of the mangrove vegetation of Papua New Guinea. Bot Bull 8: 1-96.
- Perry CT, Berkeley A. 2009. Intertidal substrate modification as a result of mangrove planting: impact of introduce mangrove species on sediment microfacies characteristic. Estuar Coast Shelf Sci 81: 225-237.
- Setyobudiandi I, Sulistiono, Yulianda F, Kusmana C, Haryadi S, Damar A, Sembiring A, Bahtiar. 2009. Sampling dan Analisis Data Perikanan dan Kelautan Terapan Metode Pengambilan Contoh di Wilayah Pesisir dan laut. Cetakan 1. Makaira. Bogor.
- Tomlinson PB. 1984. The botany of mangrove. Cambridge University Press. UK.
- Zhe CL, Jiang SHW, HansUD, Su JF, Xin WC, Chen W. 2013. Does High Organic Matter Content Affect Polychaete Assemblages in A Shenzhen Bay Mudflat, China?. J Mar Sci Technol 21: 274-284.