

# KARAKTERISTIK LINGKUNGAN PENENTU DISTRIBUSI DAN KEPADATAN FAUNA MAKRO BENTIK SERTA HUBUNGANNYA: STUDI KASUS GASTROPODA DAN KEPITING BRACHYURA DI KAWASAN REBOISASI MANGROVE KEPULAUAN SERIBU

*The Characteristics of Fauna Distribution and Density Determination of Macro-Types and Relationship: Case Study Gastropods and Brachyurans Crabs In The Area Mangrove Reboisation Of Seribu Islands*

Syahrial<sup>1,2\*</sup>, Fahriansyah<sup>2</sup>, Anna Lilian<sup>2</sup>, Arbaeyah<sup>2</sup>, Cahyani Fitrah Tanjung<sup>2</sup>, Nila Sari Lubis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Wahana Alam Bahari

Jl. Syech Umar Pangkalan Sesai Dumai Barat, Kota Dumai 28824

<sup>2</sup>Belukap Mangrove Club

Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Tampan, Pekanbaru 28293

\*Email: [syahrial.bmc@gmail.com](mailto:syahrial.bmc@gmail.com)

*Diserahkan tanggal 10 Desember 2018, Diterima tanggal 12 Februari 2019*

## ABSTRAK

Hutan mangrove memiliki lingkungan yang sangat kompleks, dimana di dalam dan antar lokasi habitat mangrove saling berbeda. Kajian karakteristik lingkungan penentu distribusi dan kepadatan fauna makro bentik serta hubungannya (studi kasus gastropoda dan kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu) telah dilakukan pada bulan Maret 2014. Hal ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor lingkungan yang berperan terhadap distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura serta untuk mengetahui hubungan antara karakteristik lingkungan dengan distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu. Pengukuran karakteristik lingkungan dilakukan dengan cara insitu, sedangkan data gastropoda dan kepiting brachyura dikumpulkan dengan membuat transek garis dan plot yang ditarik dari titik acuan (tegakan mangrove terluar) dan tegak lurus garis pantai sampai ke daratan. Faktor-faktor lingkungan yang menentukan distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura dianalisis menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA), sedangkan hubungannya digunakan analisis regresi linier sederhana. Hasil kajian memperlihatkan bahwa karakteristik lingkungan yang paling menentukan distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu adalah parameter pH. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi pH perairan, maka kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura juga semakin tinggi. Begitu sebaliknya, semakin rendah konsentrasi pH perairan, maka kepadatan gastropoda dan kepiting brachyura juga semakin menurun.

**Kata kunci:** Karakteristik Lingkungan; Gastropoda; Kepiting Brachyura; Mangrove; Reboisasi; Kepulauan Seribu

## ABSTRACT

*Mangrove forests have a very complex environment, where in and between locations mangrove habitats are different. The study of environmental characteristics determining the distribution and density of benthic macrofauna and their relationship (a case study of gastropods and crab brachyurans in the Seribu Islands mangrove reforestation area) was conducted in March 2014. The research aims to determine environmental factors that contribute to the distribution and density of gastropods and brachyurans crabs and to determine the relationship between environmental characteristics and the distribution and density of gastropods and crab brachyurans in the Seribu Islands mangrove reforestation area. Measurements of environmental characteristics were carried out by insitu method, while data on gastropods and crab brachyurans were collected by making line transects and plots drawn from the reference point (outermost mangrove stands) and perpendicular to the coastline to the mainland. Environmental factors that determine the distribution and density of gastropods and crab brachyurans were analyzed using the Principle Component Analysis (PCA), while the relationship used simple linear regression analysis. The results of the study show that the environmental characteristics that most determine the distribution and density of gastropods and crab brachyurans in the mangrove reforestation area of the Seribu Islands are pH parameters. This indicates that the higher the concentration of water pH, the higher the density of gastropods and crab brachyurans. On the contrary, the lower the concentration of water pH, the density of gastropods and crab brachyurans also decreases..*

**Keywords:** Characteristics; Gastropods; Crab Branchyurans; Mangroves; Reforestation; Seribu Island

## PENDAHULUAN

Mangrove adalah salah satu ekosistem yang paling beragam di lingkungan laut (Suratissa dan Rathnayake, 2017), sensitif terhadap pasang surut (Ball, 1988; McGuinness, 1997; Giri *et al.*, 2011; Hamzah dan Pancawati, 2013; Osland *et al.*, 2016; Neogi *et al.*, 2016; Gaut, 2018), terletak di sepanjang pantai tropis maupun subtropis (Woodroffe dan Grindrod, 1991; Holguin *et al.*, 2001; Valiela *et al.*, 2001; Onrizal, 2010; Chakraborty, 2013; Maiti dan Chowdhury, 2013; Gaut, 2018) dan berada di daerah terlindung (Parvaresh *et al.*, 2010; Maiti dan Chowdhury, 2013; Osland *et al.*, 2016). Menurut Holguin *et al.*, (2001) mangrove berfungsi sebagai tempat pembiakan, pertumbuhan, perlindungan maupun zona makan bagi organisme laut. Selain itu, mangrove juga memberikan kontribusi nilai-nilai penting dan jasa ekosistem seperti rekreasi/pariwisata (Gilbert dan Janssen, 1998; Ronnback, 1999; Alongi, 2011; Brander *et al.*, 2012; Vo *et al.*, 2012). Kemudian juga dapat melindungi pesisir pantai, mendukung perikanan pesisir, menyimpan karbon, menyediakan kayu dan meningkatkan kualitas air (Ewel *et al.*, 1998; Barbier *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2014) serta membawa 4100 spesies flora maupun fauna (Alongi, 2002; Laing *et al.*, 2009; Lewis *et al.*, 2011).

Menurut FAO (1994) luas hutan mangrove dunia mencapai 16.530.000 ha yang tersebar di Asia 7.441.000 ha, Afrika 3.258.000 ha dan Amerika 5.831.000 ha. Kemudian pada tahun 2012 total luasan mangrove Grenada sekitar 1,10 km<sup>2</sup>, Taiwan 0,81 km<sup>2</sup>, Ghana 23,58 km<sup>2</sup>, Kamboja 323,22 km<sup>2</sup>, Curacao 0,33 km<sup>2</sup>, Guatemala 257,10 km<sup>2</sup>, Aruba 0,12 km<sup>2</sup>, Myanmar 2.557,50 km<sup>2</sup>, Saint Kitts dan Nevis 0,12 km<sup>2</sup>, Filipina 2.064,2 km<sup>2</sup>, Kuba 1.633,5 km<sup>2</sup>, India 797,8 km<sup>2</sup>, Meksiko 2.991,8 km<sup>2</sup>, Amerika 1.568,6 km<sup>2</sup>, Brazil 7.674,9 km<sup>2</sup>, Thailand 1.886,3 km<sup>2</sup>, Malaysia 4.725,8 km<sup>2</sup> dan Indonesia 23.324,3 km<sup>2</sup> (Hamilton dan Casey, 2016).

Hamilton (2013) menyatakan bahwa saat ini hutan mangrove sedang mengalami deforestasi. Ancaman utamanya adalah degradasi habitat dan kawasan mangrove yang dikonversi menjadi akuakultur, pertanian, pengembangan perkotaan maupun pesisir serta eksploitasi yang berlebihan (Polidoro *et al.*, 2010). Selain itu, kerusakan mangrove juga dapat diakibatkan oleh faktor alami seperti suksesi hutan, dinamika hidrologi, dampak cuaca ekstrim (angin topan) dan kenaikan permukaan laut (meningkatkan frekuensi dan kekuatan akibat perubahan iklim) (Field, 1995; Farnsworth dan Ellison, 1997; Alongi, 2002; Alongi, 2008; Gilman *et al.*, 2008; Krauss *et al.*, 2008; Suzuki *et al.*, 2011).

Kegiatan penanaman mangrove telah banyak dilakukan dan didokumentasikan dari berbagai daerah (Spurgeon, 1998; Tri *et al.*, 1998; Botero dan Salzwedel, 1999; Franks dan Falconer, 1999; Barbier 2000). Kemudian hasilnya ada yang memuaskan dan ada juga yang tidak. Berhasilnya rehabilitasi mangrove disebabkan karena ada unsur biologi dan persyaratan hidrologi yang dimasukkan ke dalam perancangan dan pelaksanaan penanaman mangrove (Matsui *et al.*, 2010; Oh *et al.*, 2017), sedangkan ketidakberhasilannya disebabkan oleh pemilihan spesies yang buruk, lokasi rehabilitasi yang tidak tepat dan masalah tata kelola pemerintahan daerah setempat (Lewis, 2005; Primavera dan Esteban, 2008; Elliott *et al.*, 2016; Kodikara *et al.*, 2017). Menurut Primavera (2000), Lewis (2005) maupun Samson dan Rollon (2008) pada umumnya keberhasilan rehabilitasi mangrove sangat rendah. Namun,

restorasi di Indian River Lagoon (IRL) Florida merupakan tingkat keberhasilan restorasi yang tinggi/besar selama lebih dari 25 tahun (Rey *et al.*, 2012).

Field (1998) menyatakan bahwa tingkat kehadiran fauna bentik telah dianggap sebagai salah satu kriteria utama dalam menilai keberhasilan program restorasi hutan mangrove. Namun, hanya sedikit kajian yang memasukkan fauna bentik dalam menilai kinerja kegiatan penanaman mangrove tersebut (Dale *et al.*, 2014). Faraco dan Lana (2003) menyatakan bahwa dengan mempertimbangkan hubungan timbal balik antara variabel biologi (kelimpahan maupun produktivitas) dan faktor fisika kimia di mangrove, fauna (epi- atau infauna) dapat digunakan sebagai bioindikatornya. Oleh karena itu, kajian karakteristik lingkungan penentu distribusi dan kepadatan fauna makro bentik serta hubungannya (studi kasus gastropoda dan kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu) sangat perlu dilakukan, dimana keragaman dan kelimpahan populasi moluska (gastropoda) dan kepiting telah terbukti menjadi faktor kunci dalam penjagaan fungsi dan layanan ekosistem mangrove (Duke *et al.*, 2007; Cannicci *et al.*, 2008; Lee, 2008). Hal ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor lingkungan yang berperan terhadap distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura serta untuk mengetahui hubungan antara karakteristik lingkungan dengan distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

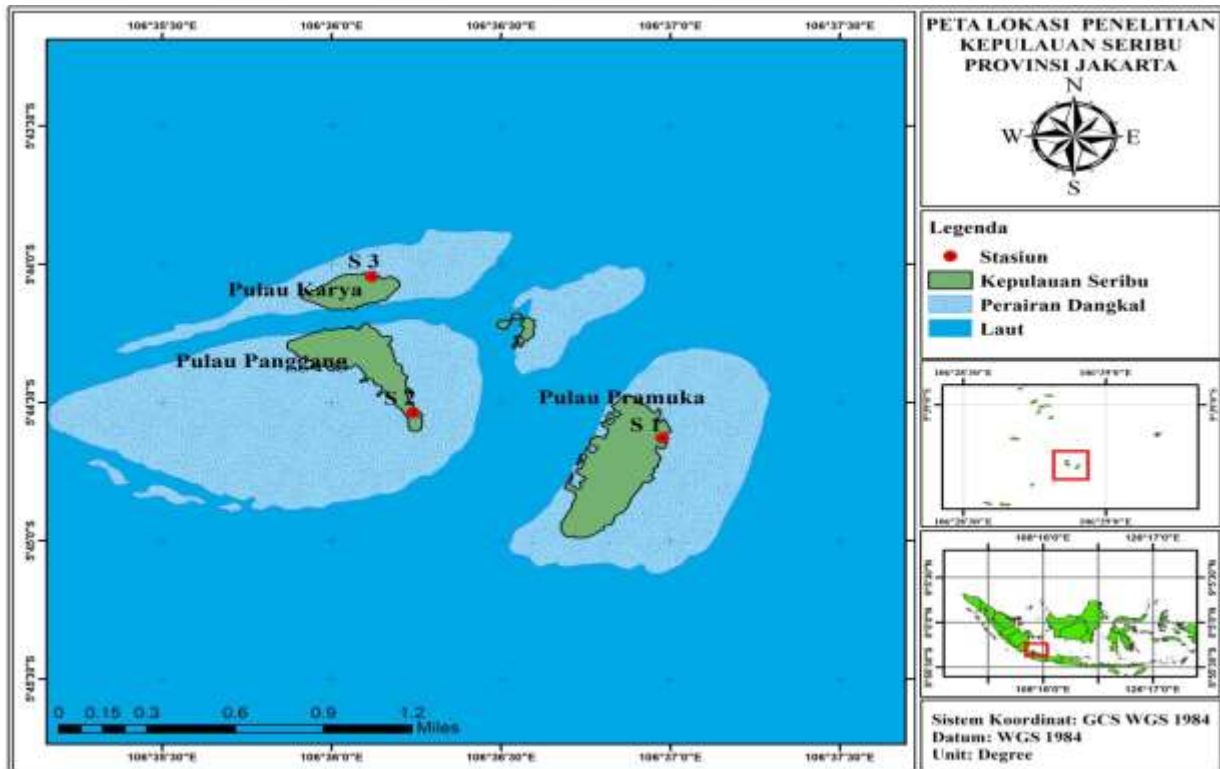
Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2014 di kawasan reboisasi mangrove Kabupaten Kepulauan Seribu Provinsi Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta. Stasiun 1 berada di Pulau Pramuka, Stasiun 2 di Pulau Panggang dan Stasiun 3 di Pulau Karya (Gambar 1). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah rol meter, buku identifikasi siput dan kerang Dharma (1988), data sheet, kamera, GPS Garmin 62 series, alat tulis, kantong plastik polyethylene, *water quality meter* (suhu, salinitas, pH) dan *cool box*. Sementara bahan yang digunakan adalah alkohol 70% untuk pengawetan fauna makro bentik dan aquades untuk mengkalibrasi alat kualitas air.

### Pengumpulan Data Karakteristik Lingkungan

Pengukuran karakteristik lingkungan dilakukan dengan cara insitu yaitu mengambil contoh air pada masing-masing stasiun pengamatan. Parameter karakteristik lingkungan yang diukur meliputi suhu perairan, pH dan salinitas dengan menggunakan *water quality meter*. Sementara parameter oksigen terlarut (DO) menggunakan data sekunder.

### Pengumpulan Data Gastropoda dan Kepiting Brachyura

Data gastropoda dan kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan seribu dikumpulkan dengan membuat transek garis dan plot yang ditarik dari titik acuan (tegakan mangrove terluar) dan tegak lurus garis pantai sampai ke daratan. Kemudian transek garis dibuat petak-petak contoh (plot) dengan ukuran 10 x 10 m<sup>2</sup> dan di dalam ukuran 10 x 10 m<sup>2</sup> tersebut dibuat plot kecil (sub plot) yang berukuran 1 x 1 m<sup>2</sup> (Ernanto *et al.*, 2010) sebanyak 5 plot. Tiap stasiun terdiri dari 3 plot dan tiap plot terdiri dari 5 sub plot, sehingga jumlah sub plot keseluruhannya adalah 45.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

#### Analisis Kepadatan Gastropoda dan Kepiting Brachyura

Untuk analisis kepadatan gastropoda dan kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu mengacu pada Odum (1971), Southwood (1978), Brower dan Zar (1984) serta Krebs (1989).

#### Analisis Faktor Penentu dan Hubungannya Terhadap Distribusi dan Kepadatan Gastropoda Maupun Kepiting Brachyura

Untuk menentukan faktor-faktor yang menentukan distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu digunakan analisis statistik multivariabel yang didasarkan pada *Principal Component Analysis* (PCA) atau Analisis Komponen Utama (AKU) menggunakan *Statistical Package for Social Science* (SPSS) versi 19, sedangkan untuk mengetahui hubungan karakteristik lingkungan terhadap gastropoda dan kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu dilakukan menggunakan regresi linier sederhana (Purnami *et al.*, 2010; Choirudin *et al.*, 2014; Hasby *et al.*, 2014; Mushtofa *et al.*, 2014; Pamuji *et al.*, 2015; Wahyuningrum *et al.*, 2016; Mustofa, 2018).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Karakteristik Lingkungan

Karakteristik lingkungan yang diukur di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu tidak begitu berbeda antar stasiunnya (Tabel 1). Hal ini karena letak geografis pulau (stasiun pengamatan) yang tidak terlalu jauh jaraknya. Selain itu, Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa parameter-parameter yang diukur tidak melebihi ambang batas baku mutu untuk biota laut, sehingga baik itu mangrove maupun fauna makro

bentik dapat mentolerirnya untuk kelangsungan hidupnya. Nobil *et al.*, (2010) menyatakan bahwa kualitas air dan sedimen sangat penting untuk kelangsungan hidup dan kesejahteraan keanekaragaman hayati, terutama di daerah pesisir dan muara. Hal ini karena lingkungan intertidal mangrove merupakan lingkungan yang dinamis, baik itu secara fisik maupun geologis (Alongi, 2015), sehingga ekosistem mangrove menjadi rentan terhadap pengaruh lingkungan (Ghosh, 2011). Kemudian Saintilan *et al.*, (2014) menyatakan bahwa suhu merupakan faktor pembatas yang utama bagi mangrove karena memberikan penjelasan yang korelatif terhadap penyebarannya (Osland *et al.*, 2013). Kemudian Nguyen *et al.*, (2015) menyatakan bahwa salinitas adalah salah satu ciri lingkungan yang mendefinisikan habitat mangrove, apakah berkisar antara air tawar ataupun *hypersaline*.

Tabel 1. Karakteristik lingkungan

Stasiun	Kualitas Air			
	Suhu (°C)	Salinitas (‰)	pH	*DO
1	32	30	7.7	<sup>a</sup> 6.7
2	31	33	6.6	<sup>b</sup> 7.0
3	30	31	7.0	<sup>b</sup> 6.0
Baku mutu MNLH (2004)	28-32	s/d 34	7-8.5	>5

\*Data sekunder; <sup>a</sup>Faiqoh *et al.*, (2015); <sup>b</sup>Riani *et al.*, (2017)

#### Distribusi Gastropoda dan Kepiting Brachyura

Tabel 2 memperlihatkan bahwa gastropoda di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu ditemukan 3 spesies yaitu *Atilia (Columbella) scripta*, *Littoraria scabra* dan *Nerita albicilla*, sedangkan kepiting brachyura ditemukan 2 spesies yaitu *Cardisoma carnifex* dan *Metopograpsus latifrons*.

Menurut Macintosh *et al.*, (2002) keragaman vegetasi mangrove berkorelasi positif terhadap keragaman fauna yang terkait, dimana dalam indeks tegakan mangrove yang dewasa terdapat keanekaragaman fauna invertebrata yang lebih tinggi dibandingkan dengan tegakan mangrove yang baru ditanam. Kemudian menurut Skilleter (1996), Skilleter dan Warren (2000) maupun Bosire *et al.*, (2004) komposisi spesies, keanekaragaman, biomassa maupun kelimpahan invertebrata akan berubah apabila ada gangguan, eksploitasi serta berada di area rehabilitasi mangrove.

**Tabel 2.** Distribusi gastropoda dan keping brachyura

Spesies	Stasiun	Plot		
		1	2	3
<i>Atilia (Columbella) scripta</i>				
<i>Littoraria scabra</i>		+	+	+
<i>Nerita albicilla</i>	1			
<i>Cardisoma carnifex</i>		+		
<i>Metopograpsus latifrons</i>				
<i>Atilia (Columbella) scripta</i>		+		
<i>Littoraria scabra</i>		+	+	+
<i>Nerita albicilla</i>	2			
<i>Cardisoma carnifex</i>		+		
<i>Metopograpsus latifrons</i>				+
<i>Atilia (Columbella) scripta</i>			+	
<i>Littoraria scabra</i>		+	+	+
<i>Nerita albicilla</i>	3			
<i>Cardisoma carnifex</i>		+		
<i>Metopograpsus latifrons</i>				

(+) = Spesies yang ditemukan

Tabel 2 juga memperlihatkan bahwa gastropoda *A. scripta* hanya ditemukan pada Stasiun 2 dan 3, dimana spesies ini sama dengan yang ditemukan Hasniar *et al.*, (2013) di ekosistem padang lamun Mara'bombang Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan. Reid *et al.*, (2008) menyatakan bahwa gastropoda yang ditemukan di habitat mangrove menunjukkan tingkat kesetiaan yang berbeda-beda dan beberapa spesiesnya kadang-kadang ditemukan di lingkungan lain juga. Kemudian Tabel 2 memperlihatkan bahwa gastropoda *L. scabra* ditemukan merata di semua stasiun. Hal ini didukung pernyataan Chen *et al.*, (2007) bahwa gastropoda famili Littorinidae lebih representatif pada mangrove muda yang baru direhabilitasi. Selanjutnya Tabel 2 memperlihatkan bahwa gastropoda *N. albicilla* hanya ditemukan pada Stasiun 3. Macnae (1968) menyatakan bahwa komposisi spesies gastropoda di vegetasi mangrove yang lebih kedarat, lebih didominasi oleh gastropoda famili Neritidae. Kemudian Chen *et al.*, (2007) menyatakan bahwa gastropoda famili Neritidae lebih melimpah di hutan mangrove dewasa dibandingkan dengan hutan yang baru direboisasi (lebih muda).

Untuk keping brachyura, spesies *C. carnifex* ditemukan merata di semua stasiun, sedangkan spesies *M. latifrons* hanya ditemukan pada Stasiun 2. Hal ini mengindikasikan bahwa keping *C. carnifex* memiliki toleransi yang sangat luas, sedangkan keping *M. latifrons* memiliki toleransi yang sangat sempit di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu. Micheli *et al.*, (1991); Colombini *et al.*, (1995), Hartnoll *et al.*, (2002) maupun Skov *et al.*, (2002) menyatakan bahwa keping *C. carnifex* berbagi tempat dengan keping *Neosarmatium meinerti*, *Chiromantes ortmanni*, *C. eulimene*, *Uca annulipes* dan *U. inversa*, kemudian juga berbagi tempat dengan ikan

*Periophthalmus* spp. dan spesies ikan lainnya di rawa-rawa mangrove Afrika Timur. Sementara Fratini *et al.*, (2000) menyatakan bahwa keping *Metopograpsus* tumbuh subur di antara akar dan batang pohon mangrove.

**Tabel 3.** Perbandingan jumlah spesies gastropoda dan keping brachyura yang ditemukan pada kawasan reboisasi mangrove dunia

No	Peneliti/ Referensi	Jumlah Makro Bentik Ditemukan (Spesies)	
		Gastropoda	Brachyura
1	Penelitian ini	3	2
2	Macintosh <i>et al.</i> , (2002)	-	26
3	Bosire <i>et al.</i> , (2004)	-	17
4	Chen <i>et al.</i> , (2007)	8	6
5	Chakraborty <i>et al.</i> (2009)	20	18
6	Chen dan Ye (2011)	9	11
7	Irma dan Sofyatuddin (2012)	14	-
8	Omar <i>et al.</i> , (2012)	12	-
9	Samsi <i>et al.</i> , (2018)	18	-
10	Al- Khayat <i>et al.</i> , (2019)	28	-

#### Kepadatan Gastropoda dan Keping Brachyura

Kepadatan gastropoda dan keping brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu sangat bervariasi, dimana kepadatan gastropoda tertingginya adalah *L. scabra* (30.07 ind/m<sup>2</sup>), sedangkan keping brachyura adalah *C. carnifex* (01.00 ind/m<sup>2</sup>) (Tabel 4). Tingginya kepadatan *L. scabra* dan *C. carnifex* mengindikasikan bahwa makro bentik ini sangat menyukai lingkungan di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu. Menurut Reid (1985) di pantai tropis, sekelompok siput Littorinidae secara khas ditemukan di pohon mangrove yakni *Littorina scabra* (Linne) dan *L. angulifera* (Lamarck) yang berasal dari Indo-Pasifik dan Atlantik. Hal yang sama juga dinyatakan oleh Wolf *et al.*, (2001); Alfaro (2007) dan Mujiono (2009), dimana salah satu gastropoda yang dominan terdapat pada ekosistem mangrove adalah famili Littorinidae (*L. scabra*). Kemudian di dalam tutupan mangrove, biasanya siput famili Littorinidae ditemukan di akar, batang maupun dedaunan mangrove (Reid, 1985; 1986; Alvarez-Leon dan Garcia-Hansen, 2003). Selanjutnya, Micheli *et al.*, (1991) menyatakan bahwa keping *C. carnifex* aktif menggali dan menjaga liangnya di sedimen mangrove. Kemudian keping *C. carnifex* juga berfungsi sebagai mediator penting dalam transformasi bahan organik dan dinamika unsur hara di ekosistem mangrove (Robertson, 1986; Lee, 1989; 1998; Micheli *et al.*, 1991; Skov dan Hartnoll, 2002).

**Tabel 4.** Kepadatan gastropoda dan keping brachyura

No	Spesies	Jumlah Individu	Kepadatan (ind/m <sup>2</sup> )
1	<i>Atilia (Columbella) scripta</i>	9	00.60
2	<i>Littoraria scabra</i>	451	30.07
3	<i>Nerita albicilla</i>	1	00.07
4	<i>Cardisoma carnifex</i>	15	01.00
5	<i>Metopograpsus latifrons</i>	3	00.20
	Jumlah	479	31.94
	Rata-Rata	95.80	06.39
		±198.64	±13.24

### Faktor Penentu Distribusi dan Kepadatan Gastropoda Maupun Kepiting Brachyura Serta Hubungannya

Tabel 5 memperlihatkan bahwa terdapat dua komponen yang nilai eigennya lebih dari satu dengan keragaman data sebesar 96.30%. Komponen pertama menjelaskan 56.69%, sedangkan komponen kedua 39.61%. Untuk komponen pertama, karakteristik lingkungan yang paling mempengaruhi distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura adalah parameter pH dan Salinitas. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi pH perairan, maka kepadatan gastropoda dan kepiting brachyura juga semakin tinggi, sedangkan pada salinitas, semakin tinggi salinitas perairan, maka kepadatan gastropoda dan kepiting brachyura akan semakin turun (Gambar 2). Turunnya kepadatan gastropoda dan kepiting brachyura menggambarkan bahwa gastropoda *A. scripta*, *L. scabra* maupun *N. albicilla* tidak menyukai lingkungan yang bersalinitas tinggi. Begitu juga dengan kepiting *C. carnifex* dan *M. latifrons*. Sriyaraj dan Shutes (2001) menyatakan bahwa dalam kolom air, perubahan kondisi hidrologi dapat memodifikasi atau mengubah sifat geokimia sedimen maupun infauna dan flora intertidal. Kemudian Pratiwi (2012) menyatakan bahwa setiap kepiting memiliki kemampuan toleransi pada kondisi lingkungan tertentu. Sementara Pratiwi (2002) menyatakan bahwa keberadaan mangrove, lamun maupun terumbu karang sangat berpengaruh terhadap keberadaan kepiting brachyura. Selain itu, Tuheteru *et al.*, (2014) menyatakan bahwa struktur komunitas gastropoda sangat dipengaruhi oleh lingkungan habitat, ketersediaan makanan dan kompetisi.

**Tabel 5.** Hasil analisis PCA faktor penentu distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura

PC	Initial Eigenvalues			Nama Variabel	Faktor Load ing	Varian yang Dijelaskan (%)
	Tot al	% of Vari ance	Cumu lative %			
1	2.27	56.69	56.69	pH Salinitas	0.977 -0.934	56.69
2	1.58	39.61	96.30	Suhu DO	0.967 0.736	39.61

PC = Principal component; <sup>(-)</sup> = Tanda negatif hanya menunjukkan arah korelasi

Selanjutnya untuk komponen kedua, karakteristik lingkungan yang paling mempengaruhi distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura adalah parameter DO (oksigen terlarut) dan suhu (Tabel 5). Ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi oksigen terlarut di perairan, maka gastropoda *A. scripta*, *L. scabra* dan *N. albicilla* maupun kepiting *C. carnifex* dan *M. latifrons*, keberadaannya akan menjadi sedikit (turun) (Gambar 2). Begitu juga sebaliknya. Kemudian semakin tinggi atau turun suhu perairan, maka keberadaan gastropoda *A. scripta*, *L. scabra* dan *N. albicilla* maupun kepiting *C. carnifex* dan *M. latifrons* tidak mengalami peningkatan atau penurunan sama sekali (tetap/tidak berpengaruh) (Gambar 2). Menurut Purnami *et al.*, (2010) serta Boudreau dan Worm (2012) perubahan kualitas ekosistem perairan dan substrat akan mempengaruhi kelimpahan dan keanekaragaman kepiting maupun biota lainnya. Kemudian Viswanathan *et al.*, (2013) menyatakan

bahwa aktivitas kepiting di suatu ekosistem sangat berperan dalam keberlangsungan rantai makanan, sehingga kepiting dikategorikan sebagai *keystone species*.

Secara keseluruhan dan berdasarkan nilai varian yang dimiliki oleh kedua faktor, maka faktor pertama (pH dan salinitas) merupakan faktor yang paling mempengaruhi terhadap distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu (56.69%). Kemudian berdasarkan nilai faktor loadingnya, maka parameter pH merupakan karakteristik lingkungan yang paling mempengaruhi distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu (0.977). Menurut Rukminasari *et al.*, (2014) berubahnya parameter pH, akan memberikan petunjuk terhadap terganggunya sistem penyangga dan dapat menimbulkan perubahan maupun ketidakseimbangan kadar CO<sub>2</sub>, sehingga membahayakan kehidupan biota laut.

### KESIMPULAN

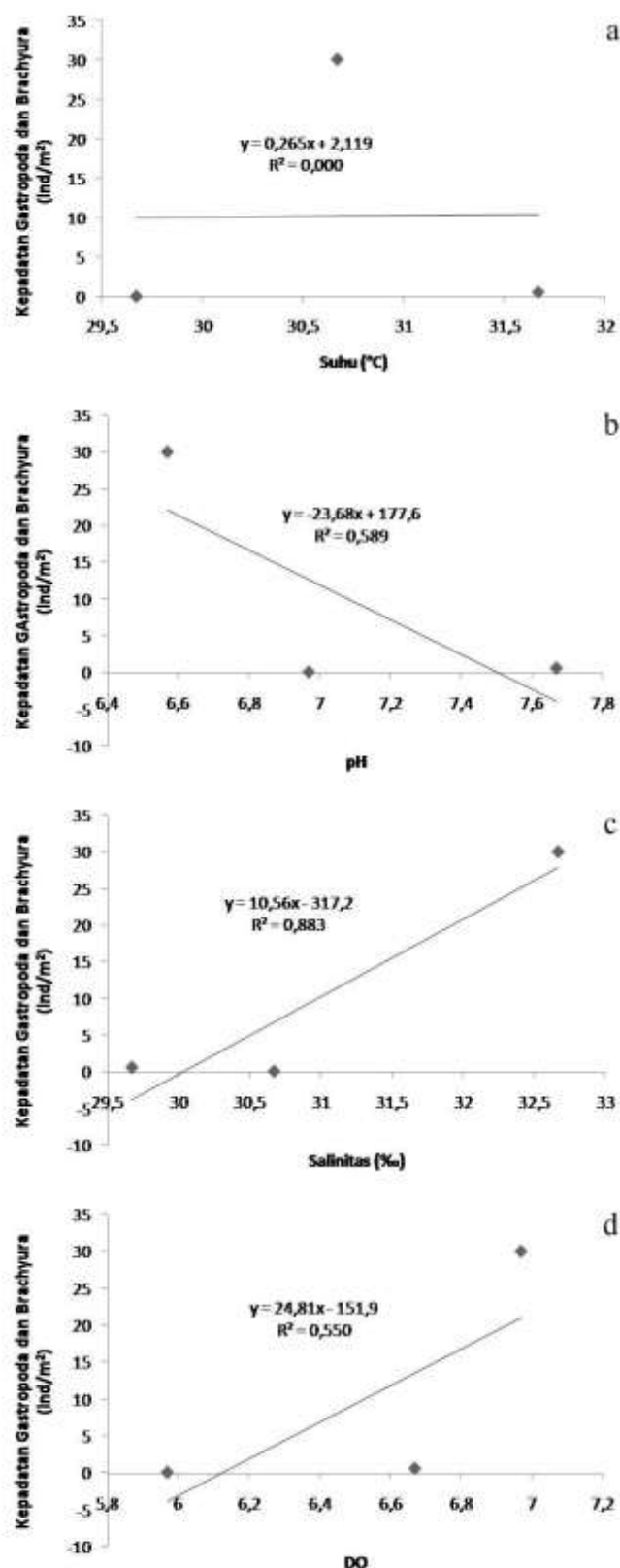
Karakteristik lingkungan sebagai penentu distribusi dan kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu ditentukan oleh pH perairan. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi pH perairan, maka kepadatan gastropoda maupun kepiting brachyura juga semakin tinggi. Begitu sebaliknya, semakin rendah konsentrasi pH perairan, maka kepadatan gastropoda dan kepiting brachyura juga semakin menurun.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada pihak Taman Nasional Kepulauan Seribu (TNKS) yang telah menyediakan fasilitas penginapan. Selain itu, ucapan terimakasih juga disampaikan kepada masyarakat Pulau Pramuka yang telah membantu saat pengambilan sampel di lapangan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alfaro, A.C. 2007. Migration and trail affinity of snails, *Littoraria scabra*, on mangrove trees of Nananu-i-ra, Fiji Islands. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. 40(4): 247 – 255. DOI: 10.1080/10236240701450964.
- Al-Khayat, J.A., M.A. Abdulla, J.M. Alatalo. 2019. Diversity of benthic macrofauna and physical parameters of sediments in natural mangroves and in afforested mangroves three decades after compensatory planting. *Aquatic Sciences*. 81(4): 1 – 11. DOI: 10.1007/s00027-018-0599-7.
- Alongi, D.M. 2002. Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*. 29(3): 331 – 349. DOI: 10.1017/S0376892902000231.
- Alongi, D.M. 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 76(1): 1 – 13. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.08.024.
- Alongi, D.M. 2011. Carbon payments for mangrove conservation: Ecosystem constraints and uncertainties of sequestration potential. *Environmental Science and*



**Gambar 2.** Hubungan karakteristik lingkungan terhadap kepadatan gastropoda dan kepiting brachyura; a = suhu, b = pH, c = salinitas, d = DO

*Policy*. 14(4): 462 – 470. DOI: 10.1016/j.envsci.2011.02.004.

Alongi, D.M. 2015. The impact of climate change on mangrove forests. *Current Climate Change Reports*. 1(1): 30 – 39. DOI: 10.1007/s40641-015-0002-x.

Alvarez-Leon, R., I. Garcia-Hansen. 2003. Biodiversity associated with mangroves in Colombia. *ISME/GLOMIS Electronic Journal*. 3(1): 1 – 2.

Ball, M.C. 1988. Ecophysiology of mangroves. *Trees*. 2(3): 129 – 142. DOI: 10.1007/BF00196018.

Barbier, E.B. 2000. Valuing the environment as input: Review of applications to mangrove-fishery linkages. *Ecological Economics*. 35(1): 47 – 61. DOI: 10.1016/S0921-8009(00)00167-1.

Barbier, E.B., S.D. Hacker, C. Kennedy, E.W. Koch, A.C. Stier, B.R. Silliman. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*. 81(2): 169 – 193. DOI: 10.1890/10-1510.1.

Bosire, J.O., F. Dahdouh-Guebas, J.G. Kairo, S. Cannicci, N. Koedam. 2004. Spatial variations in macrobenthic fauna recolonisation in a tropical mangrove bay. *Biodiversity and Conservation*. 13: 1059 – 1074. DOI: 10.1023/B:BIOC.0000018149.88212.2d.

Botero, L., H. Salzwedel. 1999. Rehabilitation of the Ciénaga Grande de Santa Marta, a mangrove-estuarine system in the Caribbean coast of Colombia. *Ocean and Coastal Management*. 42(2-4): 243 – 256. DOI: 10.1016/S0964-5691(98)00056-8.

Boudreau, S.A., B. Worm. 2012. Ecological role of large benthic decapods in marine ecosystems: A review. *Marine Ecology Progress Series*. 469: 195 – 214. DOI: 10.3354/meps09862.

Brander, L.M., A.J. Wagtendonk, S.S. Hussain, A. McVittie, P.H. Verburg, R.S. De Groot, S. van der Ploeg. 2012. Ecosystem service values for mangroves in Southeast Asia: A meta-analysis and value transfer application. *Ecosystem Services*. 1(1): 62 – 69. DOI: 10.1016/j.ecoser.2012.06.003.

Brower, J.E., J.H. Zar. 1984. *Field and Laboratory Methods for General Ecology* Second Edition. Dubuque, IA : W.C. Brown Publishers.

Cannicci, S., D. Burrows, S. Fratini, T.J. Smith, J. Offenberg, F. Dahdouh-Guebas. 2008. Faunal impact on vegetation structure and ecosystem function in mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*. 89(2): 186 – 200. DOI: 10.1016/j.aquabot.2008.01.009.

Chakraborty, S.K. 2013. Interactions of environmental variables determining the biodiversity of coastal-mangrove ecosystem of West Bengal, India. *The Ecocan*. 3(Special): 251 – 265. DOI:

Chakraborty, S.K., S. Giri, G. Chakravarty, N. Bhattacharya. 2009. Impact of eco-restoration on the biodiversity of Sundarbans mangrove ecosystem, India. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*. 9(3-4): 303 – 320. DOI: 10.1007/s11267-009-9209-y.

Chen, G.C., Y. Ye. 2011. Restoration of *Aegiceras corniculatum* mangroves in Jiulongjiang Estuary changed macro-benthic faunal community. *Ecological Engineering*. 37(2): 224 – 228. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2010.10.003.

Chen, G., Y. Ye, C. Lu. 2007. Changes of macro-benthic faunal community with stand age of rehabilitated *Kandelia candel* mangrove in Jiulongjiang Estuary,

- China. *Ecological Engineering*. 31(3): 215 – 224. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2007.07.002.
- Choirudin, I.R., M.N. Supardjo, M.R. Muskananfolo. 2014. Studi hubungan kandungan bahan organik sedimen dengan kelimpahan makrozoobenthos di muara Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources*. 3(3): 168 – 176.
- Colombini, I., R. Berti, A. Ercolini, A. Nocita, L. Chelazzi. 1995. Environmental factors influencing the zonation and activity patterns of a population of *Periophthalmus sobrinus* Eggert in a Kenyan mangrove. *Experimental Marine Biology and Ecology*. 190: 135 – 149. DOI: 10.1016/0022-0981(95)00020-R.
- Dale, P.E.R., J.M. Knight, P.G. Dwyer. 2014. Mangrove rehabilitation: A review focusing on ecological and institutional issues. *Wetlands Ecology and Management*. 22(6): 587 – 604. DOI: 10.1007/s11273-014-9383-1.
- Dharma, B. 1988. *Siput dan Kerang Indonesia (Indonesian Shells)*. Jakarta, Indonesia.
- Duke, N.C., J.O. Meynecke, S. Dittmann, A.M. Ellison, K. Anger, U. Berger, S. Cannicci, K. Diele, K.C. Ewel, C.D. Field, N. Koedam, S.Y. Lee, C. Marchand, I. Nordhaus, F. Dahdouh-Guebas. 2007. A world without mangroves?. *Science*. 317(5834): 41 – 42. DOI: 10.1126/science.317.5834.41b.
- Elliott, M., L. Mander, K. Mazik, C. Simenstad, F. Valesini, A. Whitfield, E. Wolanski. 2016. Ecoengineering with Ecohydrology: Successes and failures in estuarine restoration. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 176: 12 – 35. DOI: 10.1016/j.ecss.2016.04.003.
- Ernanto, R., F. Agustriani, R. Aryawati. 2010. Struktur komunitas gastropoda pada ekosistem mangrove di muara Sungai Batang Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan. *Maspari*. 1: 73 – 78.
- Ewel, K.C., R.R. Twilley, J.E. Ong. 1998. Different kinds of mangrove forests provide different goods and services. *Global Ecology and Biogeography Letters*. 7(1): 83 – 94. DOI: 10.1111/j.1466-8238.1998.00275.x.
- Faiqoh, E., I.P. Ayu, B. Subhan, Y.F. Syamsuni, A.W. Anggoro, A. Sembiring. 2015. Variasi geografik kelimpahan zooplankton di perairan terganggu, Kepulauan Seribu, Indonesia. *Marine and Aquatic Sciences*. 1: 19 – 22. DOI: 10.24843/jmas.2015.v1.i01.19-22.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 1994. *Mangrove Forest Management Guidelines: FAO Forestry Paper 117*. Roma, Itali.
- Faraco, L.F.D., P. da Cunha Lana. 2003. Response of polychaetes to oil spills in natural and defaunated subtropical mangrove sediments from Paranagua Bay (SE Brazil). *Hydrobiologia*. 496(1-3): 321 – 328. DOI: 10.1023/A:1026173621456.
- Farnsworth, E.J., A.M. Ellison. 1997. The global conservation status of mangroves. *Ambio*. 26(6): 328 – 334.
- Field, C.D. 1995. Impact of expected climate change on mangroves. *Hydrobiologia*. 295(1-3): 75 – 81. DOI: 10.1007/BF00029113.
- Field, C.D. 1998. Rehabilitation of mangrove ecosystems: An overview. *Marine Pollution Bulletin*. 37(8-12): 383 – 392. DOI: 10.1016/S0025-326X(99)00106-X.
- Franks, T., R. Falconer. 1999. Developing procedures for the sustainable use of mangrove systems. *Agricultural Water Management*. 40(1): 59 – 64. DOI: 10.1016/S0378-3774(98)00104-8.
- Fratini, S., S. Cannicci, L.M. Bincha, M. Vannini. 2000. Feeding, temporal and spatial preferences of *Metopograpsus thukuhar* (Decapoda; Grapsidae): An opportunistic mangrove dweller. *Crustacean Biology*. 20(2): 326 – 333. DOI: 10.1651/0278-0372(2000)020[0326:FTASPO]2.0.CO;2.
- Gaut, B.S. 2018. A convergent outcome: Small genomes in mangroves. *New Phytologist*. 217(1):5 – 7. DOI: 10.1111/nph.14906.
- Ghosh, D. 2011. Mangroves: The most fragile forest ecosystem. *Resonance*. 16(1): 47 – 60. DOI: 10.1007/s12045-011-0007-2.
- Gilbert, A.J., R. Janssen. 1998. Use of environmental functions to communicate the values of a mangrove ecosystem under different management regimes. *Ecological Economics*. 25(3): 323 – 346. DOI: 10.1016/S0921-8009(97)00064-5.
- Gilman, E.L., J. Ellison, N.C. Duke, C. Field. 2008. Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aquatic Botany*. 89(2): 237–250. DOI: 10.1016/j.aquabot.2007.12.009.
- Giri, C., E. Ochieng, L.L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek, N. Duke. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*. 20(1): 154 – 159. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x.
- Hamilton, S. 2013. Assessing the role of commercial aquaculture in displacing mangrove forest. *Bulletin of Marine Science*. 89(2): 585 – 601. DOI: 10.5343/bms.2012.1069.
- Hamilton, S.E., D. Casey. 2016. Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography*. 25(6): 729 – 738. DOI: 10.1111/geb.12449.
- Hamzah, F., Y. Pancawati. 2013. Fitoremediasi logam berat dengan menggunakan mangrove. *Ilmu Kelautan*. 18(4): 203 – 212. DOI: 10.14710/ik.ijms.
- Hartnoll, R.G., S. Cannicci, W.D. Emmerson, S. Fratini, A. Macia, Y. Mgya, F. Porri, R.K. Ruwa, J.P. Shunula, M.W. Skov, M. Vannini. 2002. Geographic trends in mangrove crab abundance in East Africa. *Wetlands Ecology and Management*. 10: 203 – 213. DOI: 10.1023/A:1020123713133.
- Hasby, M., Thamrin, Sukendi. 2014. Keberlanjutan biota Sungai Sail Kota Pekanbaru (studi kasus distribusi dan kelimpahan makrozoobenthos). *Dinamika Pertanian*. 29(3): 295 – 306.
- Hasniar, M. Litaay, D. Priosambodo. 2013. Biodiversitas gastropoda di padang lamun perairan Mara'bombang Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan. *Torani*. 23(3): 127 – 136.

- Holguin, G., P. Vazquez, Y. Bashan. 2001. The role of sediment microorganisms in the productivity, conservation, and rehabilitation of mangrove ecosystems: An overview. *Biology and Fertility of Soils*. 33(4): 265 – 278. DOI: 10.1007/s003740000319.
- Irma, D., K. Sofyatuddin. 2012. Diversity of gastropods and bivalves in mangrove ecosystem rehabilitation areas in Aceh Besar and Banda Aceh districts, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation International Journal of The Bioflux Society*. 5(2): 55 – 59.
- Kodikara, K.A.S., N. Mukherjee, L.P. Jayatissa, F. Dahdouh-Guebas, N. Koedam. 2017. Have mangrove restoration projects worked? An in-depth study in Sri Lanka. *Restoration Ecology*. 25(5): 705 – 716. DOI: 10.1111/rec.12492.
- Krauss, K.W., C.E. Lovelock, K.L. McKee, L. Lopez-Hoffman, S.M.L. Ewe, W.P. Sousa. 2008. Environmental drivers in mangrove establishment and early development: A review. *Aquatic Botany*. 89(2): 105 – 127. DOI: 10.1016/j.aquabot.2007.12.014.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. New York: University of British Columbia, Harper Collins Publishers.
- Laing, G.D., J. Rinklebe, B. Vandecasteele, E. Meers, F.M.G. Tack. 2009. Trace metal behaviour in estuarine and riverine floodplain soils and sediments: A review. *Science of The Total Environment*. 407(13): 3972 – 3985. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2008.07.025.
- Lee, S.Y. 1989. The importance of sesarminae crabs *Chiromanthes* spp. and inundation frequency on mangrove (*Kandelia candel* (L.) Druce) leaf litter turnover in a Hong Kong tidal shrimp pond. *Experimental Marine Biology and Ecology*. 131: 23 – 43. DOI: 10.1016/0022-0981(89)90009-9.
- Lee, S.Y. 1998. Ecological role of grapsid crabs in mangrove ecosystems: A review. *Marine and Freshwater Research*. 49: 335 – 343. DOI: 10.1071/MF97179.
- Lee, S.Y. 2008. Mangrove macrobenthos: Assemblages, services and linkages. *Sea Research*. 59(1-2): 16 – 29. DOI: 10.1016/j.seares.2007.05.002.
- Lee, S.Y., J.H. Primavera, F. Dahdouh-Guebas, K. McKee, J.O. Bosire, S. Cannicci, K. Diele, F. Fromard, N. Koedam, C. Marchand, I. Mendelssohn, N. Mukherjee, S. Record. 2014. Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: A reassessment. *Global Ecology and Biogeography*. 23(7): 726 – 743. DOI: 10.1111/geb.12155.
- Lewis, R.R. 2005. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological Engineering*. 24(4): 403 – 418. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2004.10.003.
- Lewis, M., R. Pryor, L. Wilking. 2011. Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: A review. *Environmental Pollution*. 159(10): 2328 – 2346. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.04.027.
- Macintosh, D.J., E.C. Ashtona, S. Havanon. 2002. Mangrove rehabilitation and intertidal biodiversity: A study in the Ranong Mangrove Ecosystem, Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 55(3): 331 – 345. DOI: 10.1006/ecss.2001.0896.
- Macnae, W. 1968. A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific region. *Advances in Marine Biology*. 6: 73 – 270. DOI: 10.1016/S0065-2881(08)60438-1.
- Maiti, S.K., A. Chowdhury. 2013. Effects of anthropogenic pollution on mangrove biodiversity: A review. *Environmental Protection*. 4(12): 1428 – 1434. DOI: 10.4236/jep.2013.412163
- Matsui, N., J. Suekuni, M. Nogami, S. Havanond, P. Salikul. 2010. Mangrove rehabilitation dynamics and soil organic carbon changes as a result of full hydraulic restoration and re-grading of a previously intensively managed shrimp pond. *Wetlands Ecology and Management*. 18(2): 233 – 242. DOI: 10.1007/s11273-009-9162-6.
- McGuinness, K.A. 1997. Seed predation in a tropical mangrove forest: A test of the dominance-predation model in northern Australia. *Tropical Ecology*. 3(2): 293 – 302. DOI: 10.1017/S0266467400010464.
- Micheli, F., F. Gherardi, M. Vannini. 1991. Feeding and burrowing ecology of two East African mangrove crabs. *Marine Biology*. 111: 247 – 254. DOI: 10.1007/BF01319706.
- [MNLH] Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tentang Baku Mutu Air Laut No. 51*. Jakarta, Indonesia.
- Mujiono, N. 2009. Mudwhelks (Gastropoda: Potamididae) from mangroves of Ujung Kulon National Park, Banten. *Biologi*. 13(2):51 – 56.
- Mushthofa, A., M.R. Muskananfolo, S. Rudiyaniti. 2014. Analisis struktur komunitas makrozoobenthos sebagai bioindikator kualitas perairan Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources*. 3(1): 81 – 88.
- Mustofa, A. 2018. Pengaruh total padatan tersuspensi terhadap biodiversitas makrozoobentos di pantai Telukawur Kabupaten Jepara. *Disprotek*. 9(1): 37 – 45.
- Neogi, S.B., M. Dey, S.M.L. Kabir, S.J.H. Masum, G. Kopprio, S. Yamasaki, R. Lara. 2016. Sundarban mangroves: Diversity, ecosystem services and climate change impacts. *Asian Journal of Medical and Biological Research*. 2(4): 488 – 507. DOI: 10.3329/ajmbr.v2i4.30988.
- Nguyen, H.T., D.E. Stanton, N. Schmitz, G.D. Farquhar, M.C. Ball. 2015. Growth responses of the mangrove *Avicennia marina* to salinity: Development and function of shoot hydraulic systems require saline conditions. *Annals of Botany*. 115(3): 397 – 407. DOI: 10.1093/aob/mcu257.
- Nobi, E.P., E. Dilipan, T. Thangaradjou, K. Sivakumar, L. Kannan. 2010. Geochemical and geo-statistical assessment of heavy metal concentration in the sediments of different coastal ecosystems of Andaman Islands, India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 87(2): 253 – 264. DOI: 10.1016/j.ecss.2009.12.019.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology 3rd Edition*. W. B. Saunders Co. Philadelphia.
- Oh, R.R.Y., D.A. Friessa, B.M. Brown. 2017. The role of surface elevation in the rehabilitation of abandoned aquaculture ponds to mangrove forests, Sulawesi, Indonesia. *Ecological Engineering*. 100: 325 – 334. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.12.021.



- Omar, A., S. Bin, R. Sirante, Suwarni, M. Litaay. 2012. Keanekaragaman gastropoda (moluska) di ekosistem mangrove Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan. *Dalam Seminar Nasional Moluska III*. 14 Juni 2012. Makassar, Indonesia.
- Onrizal. 2010. Perubahan tutupan hutan mangrove di pantai Timur Sumatera Utara periode 1977-2006. *Biologi Indonesia*. 6(2): 163 – 172. DOI: 10.14203/jbi.v6i2.3154.
- Osland, M.J., N. Enwright, R.H. Day, T.W. Doyle. 2013. Winter climate change and coastal wetland foundation species: Salt marshes vs. mangrove forests in the Southeastern United States. *Global Change Biology*. 19(5): 1482 – 1494. DOI: 10.1111/gcb.12126.
- Osland, M., L. Feher, K. Griffith, K. Cavanaugh, N. Enwright, R.H. Day, C.L. Stagg, K.W. Krauss, R.J. Howard, J.B. Grace, K. Rogers. 2016. Climatic controls on the global distribution, abundance and species richness of mangrove forests. *Ecological Monographs*. 87(2): 341 – 359. DOI: 10.1002/ecm.1248.
- Pamuji, A., M.R. Muskananfolo, C. A'in. 2015. Pengaruh sedimentasi terhadap kelimpahan makrozoobenthos di muara Sungai Betahwalang Kabupaten Demak. *SAINTEK PERIKANAN*. 10(2): 129 – 135. DOI: 10.14710/ijfst.10.2.129-135.
- Parvaresh, H., Z. Abedi, P. Farshchi, M. Karami, N. Khorasani, A. Karbassi. 2010. Bioavailability and concentration of heavy metals in the sediments and leaves of grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh, in Sirik Azini Creek, Iran. *Biological Trace Element Research*. 143(2): 1121 – 1130. DOI: 10.1007%2Fs12011-010-8891-y
- Polidoro, B.A., K.E. Carpenter, L. Collins, N.C. Duke, A.M. Ellison, J.C. Ellison, E.J. Farnsworth, E.S. Fernando, K. Kathiresan, N.E. Koedam, S.R. Livingstone, T. Miyagi, G.E. Moore, V.N. Nam, J.E. Ong, J.H. Primavera, S.G. Salmo, J.C. Sanciangco, S. Sukardjo, Y. Wang, J.W.H. Yong. 2010. The loss of species: Mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. *Plos One*. 5(4): 1 – 10. DOI: 10.1371/journal.pone.0010095.
- Pratiwi, R. 2002. Adaptasi fisiologis, reproduksi dan ekologi Krustasea (Decapoda) di Mangrove. *Oseana*. 27(2): 1 – 9.
- Pratiwi, R. 2012. Jenis dan pola sebaran fauna Krustasea di padang lamun Pulau Tikus, Kepulauan Seribu. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 38(1): 43 – 55.
- Primavera, J.H. 2000. Development and conservation of Philippine mangroves: Institutional issues. *Ecological Economics*. 35(1): 91 – 106. DOI: 10.1016/S0921-8009(00)00170-1.
- Primavera, J.H., J.M.A. Esteban. 2008. A review of mangrove rehabilitation in the Philippines: Successes, failures and future prospects. *Wetlands Ecology and Management*. 16(5): 345 – 358. DOI: 10.1007/s11273-008-9101-y.
- Purnami, T.P., Sunarto, P. Setyono. 2010. Study of benthos community based on diversity and similarity index in Cengklik Dam Boyolali. *Ekosains*. 2(2): 50 – 65.
- Reid, D.G. 1985. Habitat and zonation patterns of Littoraria species (Gastropoda: Littorinidae) in Indo-Pacific mangrove forests. *Biological Linnean Society*. 26(1): 39 – 68. DOI: 10.1111/j.1095-8312.1985.tb01551.x.
- Reid, D.G. 1986. *The Littorinid Molluscs of Mangrove Forests in the Indo-Pacific Region: The Genus Littoraria*. London, Inggris.
- Reid, D.G., P. Dyal, P. Lozouet, M. Glaubrecht, S.T. Williams. 2008. Mudwhelks and mangroves: The evolutionary history of an ecological association (Gastropoda: Potamididae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 47: 680 – 699. DOI: 10.1016/j.ympev.2008.01.003.
- Rey, J.R., D.B. Carlson, B.R. Brockmeyer. 2012. Coastal wetland management in Florida: Environmental concerns and human health. *Wetlands Ecology and Management*. 20(3): 197 – 211. DOI: 10.1007/s11273-011-9235-1.
- Riani, E., H.S. Johari, M.R. Cordova. 2017. Bioakumulasi logam berat kadmium dan timbal pada Kerang Kapak-Kapak di Kepulauan Seribu. *Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 131 – 142.
- Robertson, A.I. 1986. Leaf-burying crabs: Their influence on energy flow and export from mixed mangrove forests (*Rhizophora* spp.) in North Eastern Australia. *Experimental Marine Biology and Ecology*. 102: 237 – 248. DOI: 10.1016/0022-0981(86)90179-6.
- Ronnback, P. 1999. The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. *Ecological Economics*. 29(2): 235 – 252. DOI: 10.1016/S0921-8009(99)00016-6.
- Rukminasari, N., Nadiarti, K. Awaluddin. 2014. Pengaruh derajat keasaman (pH) air laut terhadap konsentrasi kalsium dan laju pertumbuhan *Halimeda* sp. *Torani*. 24(1): 28 – 34.
- Saintilan, N., N. Wilson, K. Rogers, A. Rajkaran, K.W. Krauss. 2014. Mangrove expansion and salt marsh decline at mangrove poleward limits. *Global Change Biology*. 20(1): 147 – 157. DOI: 10.1111/gcb.12341.
- Samsi, A.N., S.B.N. Omar, A. Niartiningih. 2018. Pengaruh faktor lingkungan terhadap pola penyebaran moluska pada ekosistem mangrove alami dan hasil rehabilitasi. *Fish Scientiae*. 8(1): 51 – 60.
- Samson, M.S., R.N. Rollon. 2008. Growth performance of planted mangroves in the philippines: Revisiting forest management strategies. *Ambio: A Journal of The Human Environment*. 37(4): 234 – 240. DOI: 10.1579/0044-7447(2008)37[234:GPOPMI]2.0.CO;2.
- Skilleter, G.A. 1996. Validation of rapid assessment of damage in urban mangrove forests and relationships with molluscan assemblages. *The Marine Biological Association of the United Kingdom*. 76(3): 701 – 716. DOI: 10.1017/S0025315400031404.
- Skilleter, G.A., S. Warren. 2000. Effects of habitat modification in mangroves on the structure of mollusc and crab assemblages. *Experimental Marine Biology and Ecology*. 244: 107–129. DOI: 10.1016/S0022-0981(99)00133-1.
- Skov, M.W., R.G. Hartnoll. 2002. Paradoxical selective feeding on a low-nutrient diet: Why do mangrove

- crabs eat leaves?. *Oecologia*. 131: 1 – 7. DOI: 10.1007/s00442-001-0847-7.
- Skov, M.W., M. Vannini, J. Shunula, R. Hartnoll, S. Cannicci. 2002. Quantifying the density of mangrove crabs: Ocypodidae and Grapsidae. *Marine Biology*. 141: 725 – 732. DOI: 10.1007/s00227-002-0867-9.
- Southwood, T.R.E. 1978. *Ecological Methods*. London, Inggris.
- Spurgeon, J. 1998. The socio-economic costs and benefits of coastal habitat rehabilitation and creation. *Marine Pollution Bulletin*. 37(8): 373 – 382. DOI: 10.1016/S0025-326X(99)00074-0.
- Sriyaraj, K., R.B.E. Shutes. 2001. An assessment of the impact of motorway runoff on a pond, wetland and stream. *Environment International*. 26(5-6): 433 – 439. DOI: 10.1016/S0160-4120(01)00024-1.
- Suratissa, D.M., U. Rathnayake. 2017. Effect of pollution on diversity of marine gastropods and its role in trophic structure at Nasese Shore, Suva, Fiji Islands. *Asia-Pacific Biodiv*. 10: 192 – 198. DOI: 10.1016/j.japb.2017.02.001.
- Suzuki, T., M. Zijlema, B. Burger, M.C. Meijer, S. Narayan. 2011. Wave dissipation by vegetation with layer schematization in SWAN. *Coastal Engineering*. 59(1): 64 – 71. DOI: 10.1016/j.coastaleng.2011.07.006.
- Tri, N.H., W.N. Adger, P.M. Kelly. 1998. Natural resource management in mitigating climate impacts: The example of mangrove restoration in Vietnam. *Global Environmental Change*. 8(1): 49 – 61. DOI: 10.1016/S0959-3780(97)00023-X.
- Tuheteru, M., S. Notosoedarmo, M. Martosupono. 2014. Distribusi gastropoda di ekosistem mangrove. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Raja Ampat – Waisai*. 12 – 13 Agustus 2014. Papua Barat, Indonesia. A-151 – A-156.
- Valiela, I., J.L. Bowen, J.K. York. 2001. Mangrove forests: One of the world's threatened major tropical environments. *Bioscience*. 51(10): 807 – 815. DOI: 10.1641/0006-3568(2001)051[0807:MFOOTW]2.0.CO;2.
- Viswanathan, C., T.V. Suresh, V. Elumalai, M. Pravinkumar, S.M. Raffi. 2013. Recurrence of a marine brachyuran crab, *Parapanope euagora* (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Galenidae) from East Coast of India. *Arthropods*. 2(2): 75 – 79.
- Vo, Q.T., C. Kuenzer, Q.M. Vo, F. Moder, N. Oppelt. 2012. Review of valuation methods for mangrove ecosystem services. *Ecological Indicators*. 23: 431 – 446. DOI: 10.1016/j.ecolind.2012.04.022.
- Wahyuningrum, E.S., M.R. Muskananfolo, A. Suryanto. 2016. Hubungan tekstur sedimen, bahan organik dengan kelimpahan biota makrozoobentos di perairan Delta Wulan, Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources*. 5(1): 46 – 51.
- Wolf, H.D., S.A. Ulomi, T. Backeljau, H.B. Pratap, R. Blust. 2001. Heavy metal levels in the sediments of four Dar es Salaam mangroves: Accumulation in, and effect on the morphology of the periwinkle, *Littoraria scabra* (Mollusca: Gastropoda). *Environment International*. 26(4): 243 – 249. DOI: 10.1016/S0160-4120(00)00113-6.
- Woodroffe, C.D., J. Grindrod. 1991. Mangrove biogeography: The role of quaternary environmental and sea-level change. *Biogeography*. 18(5): 479 – 492. DOI: 10.2307/2845685.