

## Korelasi Faktor Lingkungan dan Distribusi Spasial Komunitas Moluska di Kawasan Reboisasi Mangrove Kepulauan Seribu, Indonesia

Correlation of environmental factors and spatial distribution of molluscs communities in mangrove reboisition areas of Seribu Islands, Indonesia

Syahrial<sup>1,2✉</sup>, Eryc Pranata<sup>2</sup>, Hendri Susilo<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

✉correspondent author: syahrial.bmc@gmail.com

### Abstrak

Reboisasi mangrove sering dilakukan di berbagai kawasan atau daerah, tetapi informasi mengenai hubungan faktor lingkungan dan distribusi fauna asosiasinya masih sangat minim. Kajian *Principal Component Analysis* (PCA) pada korelasi faktor lingkungan dan distribusi spasial komunitas moluska di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu telah dilakukan pada bulan Maret 2014 dengan tujuan untuk menganalisis faktor lingkungan terhadap keanekaragaman dan keberadaan moluskanya. Faktor lingkungan diukur secara insitu, sedangkan komunitas moluskanya dikumpulkan dengan membuat transek garis dan plot berukuran 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>. Hasil kajian memperlihatkan bahwa faktor lingkungan tidak begitu berbeda antar stasiun dan tidak melebihi baku mutu untuk kehidupan 4 spesies moluska, dimana parameter pH perairan merupakan faktor lingkungan yang paling mempengaruhi distribusinya.

Kata kunci: *faktor lingkungan, distribusi, komunitas moluska, reboisasi mangrove, Kepulauan Seribu, Indonesia*

### Abstract

Mangrove reforestation is often carried out in various regions or regions, but information about the relationship of environmental factors and the distribution of fauna associations is still very minimal. The *Principal Component Analysis* (PCA) study on the correlation of environmental factors and the spatial distribution of the mollusks community in the Seribu Islands mangrove reforestation area was conducted in March 2014 with the aim of analyzing environmental factors for the diversity and presence of the mollusks. Environmental factors are measured insecurely, while the moluccan community is collected by making line transects and plots measuring 10 x 10 m<sup>2</sup> and in the size of 10 x 10 m<sup>2</sup>, a small plot of 1 x 1 m<sup>2</sup> is made. The results of the study show that environmental factors are not so different between stations and do not exceed the quality standard for the lives of 4 species of mollusks, where the parameters of aquatic pH are the environmental factors that most influence their distribution.

Keywords: *environmental factors, distribution, mollusks community, mangrove reforestation, Seribu Islands*

### Pendahuluan

Moluska merupakan salah satu fauna yang memainkan peran ekologis di ekosistem mangrove (Lee, 1989; Macnae, 1968) yakni dalam proses penggalian liang tanah dan memakan alga (Bouillon *et al.*, 2002; Kristensen *et al.*, 2008; Lee, 2008). Menurut Gosliner dan Draheim (1996) lebih dari 3000 jenis moluska telah tercatat di Indo-Pasifik, dimana saat mencapai tahap dewasa, moluska hidupnya relatif menetap (Salmo *et al.*, 2017) dan dapat dijadikan proxy serta indikator yang berguna dalam pemulihan fungsi habitat mangrove (Duke *et al.*, 2007; Cannicci *et al.*, 2008; Lee, 2008; Salmo *et al.*, 2017).

Selain itu, kekayaan dan keragaman jenisnya sangat berbeda antara kelompok maupun wilayah dan akan berubah seiring dengan usia tegakan mangrove sekitarnya (Morrisey *et al.*, 2003; Salmo *et al.*, 2017).

Bieler (1992) maupun Ponder dan Lindberg (1997) menyatakan bahwa gastropoda merupakan kelas dari filum moluska yang paling beragam jenisnya (sekitar 40.000 – 100.000), memiliki ukuran yang berbeda-beda (Klussmann-Kolb, 2004), anggota utamanya adalah fauna laut (Bouchet dan Rocroi, 2005) dan merupakan fauna utama di ekosistem mangrove (Morgan dan Hailstone, 1986; Pribadi *et al.*, 2009). Di ekosistem laut, gastropoda ditemukan pada habitat pantai berpasir, pantai berbatu, hutan mangrove dan daerah berlumpur (Suratissa dan Rathnayake, 2017) dengan ciri struktural dan hidup yang berbeda-beda (Ponnusamy *et al.*, 2016). Ada yang tergolong herbivora, karnivora, pemakan bangkai, *ciliari feeder* ataupun parasit (Suratissa dan Rathnayake, 2017). Menurut Rodelli *et al.*, (1984) sumber makanan utama gastropoda adalah detritus dan alga. Kemudian Suratissa dan Rathnayake (2017) menyatakan bahwa gastropoda termasuk kedalam tingkat trofik dua dan tiga pada rantai makanan ekosistem laut, dimana gastropoda yang mendominasi di ekosistem mangrove adalah Littorinidae (misalnya *Littoraria scabra*), Potamididae (misalnya *Terebralia palustris*, *Telescopium telescopium*), Muricidae, Onchinidae, Cerithidae dan Ellobidae (Mujiono, 2009). Sementara pada hutan mangrove dewasa, didominasi oleh Neritidae dan Ellobiidae, sedangkan di daerah rehabilitasi didominasi oleh Assimineidae, Potamididae dan Littorinidae (Macintosh *et al.*, 2002). Kemudian pada zona daratan vegetasi mangrove, gastropoda yang dominan dijumpai adalah Ellobidae, Assimineidae dan Neritidae, sedangkan di hutan mangrove bagian pinggir laut didominasi oleh Potamididae (Macnae, 1968). Selain itu, Sasekumar (1974) menyatakan bahwa penyebaran gastropoda di hutan mangrove dapat secara menegak ataupun mendatar, hal ini mengikuti naik turunnya air laut (pasang surut).

Anggota lain dari filum moluska yang juga mendominasi di ekosistem mangrove adalah bivalva. Lough (1974) menyatakan bahwa larva dan individu bivalva dewasa merupakan dua organisme morfologis dan fisiologis yang berbeda serta menempati lingkungan yang berbeda. Selanjutnya Stenzel (1971) menyatakan bahwa bivalva hidupnya mengelompok dan komposisinya bervariasi, baik secara spasial maupun musiman (Holland *et al.*, 1987; Kalejta dan Hockey, 1991), dimana perilaku menyaring makanan yang dilakukan mereka sangat responsif terhadap fluktuasi jumlah maupun komposisi seston yang disaring (Bayne, 1998). Menurut Zuloaga *et al.*, (2009) beberapa bivalva diduga dapat merekam kontaminan yang ada di kolom air dan/atau sedimen. Hal yang serupa juga

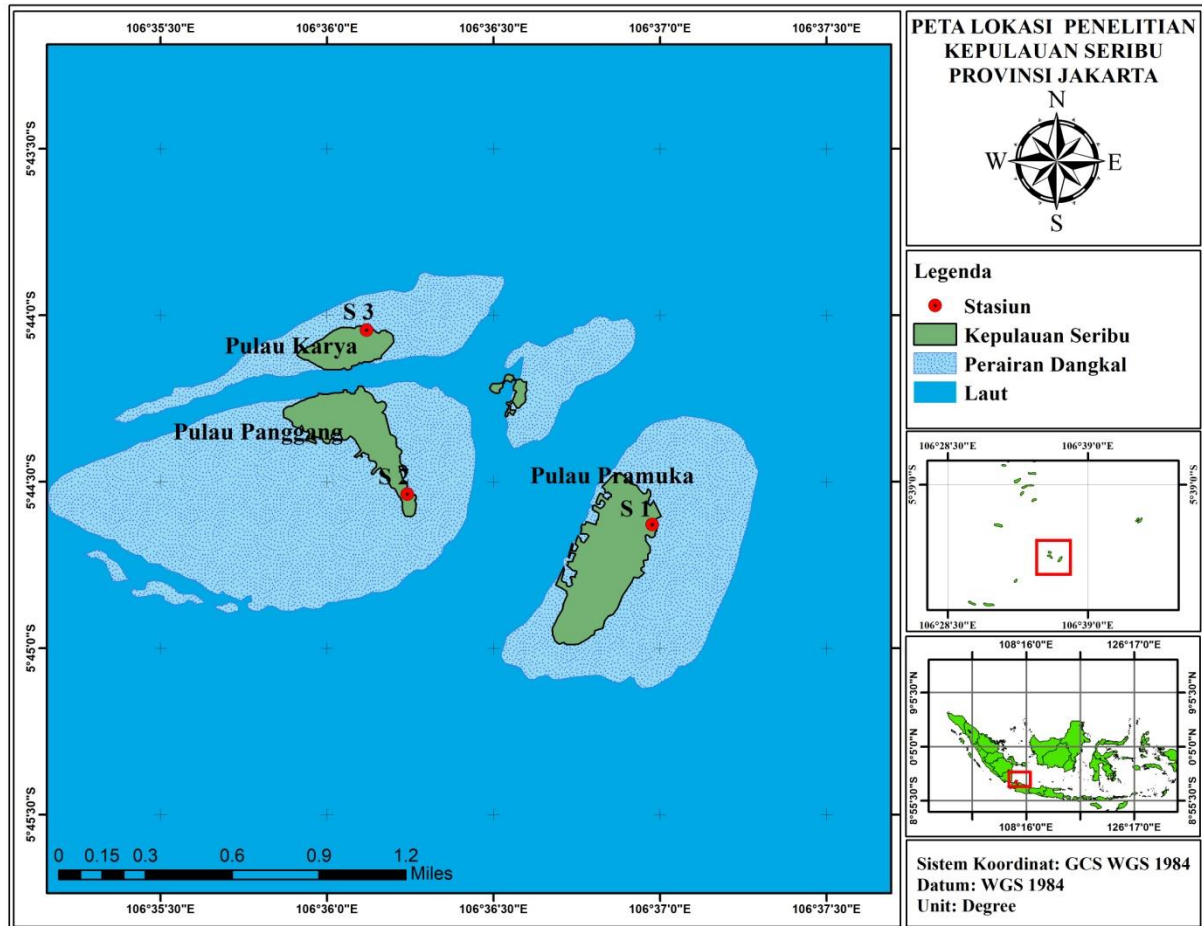
dinyatakan oleh Fuge *et al.*, (1993), Raith *et al.*, (1996), maupun Price dan Pearce (1997) seperti terjadinya blooming fitoplankton (Stecher *et al.*, 1996; Putten *et al.*, 2000).

Terlepas dari hal di atas, *Principal Component Analysis* (PCA) merupakan salah satu teknik analisis ordinasasi yang menderetkan stasiun sampel berdasarkan koefisien ketidaksamaan, dimana stasiun sampel yang serupa (komposisi spesies dan kelimpahannya) akan mempunyai posisi saling berdekatan, sedangkan stasiun sampel yang tidak serupa (komposisi spesies dan kelimpahannya) akan mempunyai posisi saling berjauhan (Ismunarti, 2013), sehingga penggunaan PCA banyak dilakukan dalam mempelajari hubungan faktor lingkungan terhadap distribusi spasial suatu komunitas (Soedibjo, 2007; Wijaya dan Pratiwi, 2011; Ismunarti, 2013; Zulfiandi *et al.*, 2014; Kadir *et al.*, 2015; Islami, 2015; Aininnur *et al.*, 2015; Sartimbul *et al.*, 2017; Wahyuni dan Zakaria, 2018). Namun, penggunaan PCA untuk mempelajari pengaruh faktor lingkungan terhadap distribusi moluska di kawasan reboisasi mangrove masih sangat terbatas, mengingat tingkat kehadiran fauna benthik (termasuk moluska) merupakan salah satu kriteria dalam menilai keberhasilan program restorasi mangrove (Field 1998, Teal dan Weishar 2005). Kemudian juga mengingat pertumbuhan moluska sangat berkaitan erat dengan faktor lingkungannya (Comfort, 1946; Ebling *et al.*, 1962; Vermeij, 1972, 1973; Ruwa dan Brakel, 1981), maka kajian PCA pada korelasi faktor lingkungan dan distribusi spasial komunitas moluska di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu sangat perlu dilakukan. Hal ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh faktor lingkungan terhadap keanekaragaman dan keberadaan moluska 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).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

### Alat dan bahan

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 dan *cool box*. Sementara bahan yang digunakan adalah alkohol 70% untuk pengawetan biota asosiasi mangrovenya.

### Pengumpulan data faktor lingkungan

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

### Pengumpulan data komunitas moluska

Data komunitas moluska 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.

### Korelasi faktor lingkungan dan distribusi spasial komunitas moluska

Untuk mengetahui korelasi faktor lingkungan terhadap distribusi spasial komunitas moluska di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu dilakukan menggunakan statistik multivariat *Principal Component Analysis* (PCA) dengan software SPSS versi 19.

## Hasil dan Pembahasan

### Faktor lingkungan

Berdasarkan Tabel 1 memperlihatkan bahwa faktor lingkungan yang diukur di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu tidak begitu berbeda antar stasiunnya. 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 komunitas moluska dapat mentolerirnya untuk kelangsungan hidupnya. Nobi *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. Faktor lingkungan komunitas moluska di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu

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
<b>Baku mutu MNLH (2004)</b>	<b>28 – 32</b>	<b>s/d 34</b>	<b>7 – 8.5</b>	<b>&gt;5</b>

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

## Distribusi komunitas moluska

Komunitas moluska yang ditemukan di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu terdiri dari 4 spesies yaitu *Atilia (Columbella) scripta*, *Littoraria scabra*, *Nerita albicilla* dan *Saccostrea cucculata* (Tabel 2), dimana gastropoda *L. scabra* dan bivalva *S. cucculata* ditemukan merata di semua stasiun. Hal ini mengindikasikan bahwa *L. scabra* maupun *S. cucculata* memiliki toleransi yang sangat luas di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu. Menurut Chen *et al.*, (2007) gastropoda famili Littorinidae lebih representatif pada mangrove muda yang baru direhabilitasi. Kemudian Reid (1985), Wolf *et al.*, (2001), Alfaro (2007) dan Mujiono (2009) menyatakan bahwa salah satu gastropoda yang dominan terdapat di ekosistem mangrove adalah famili Littorinidae (*L. scabra*) yang ditemukan pada akar, batang maupun dedaunan mangrove (Reid, 1985; 1986; Alvarez-Leon dan Garcia-Hansen, 2003) dan tergolong sebagai *feeder oportunistik* (Christensen, 1998) yang memakan berbagai autotrof makroskopik maupun mikroskopik (Norton *et al.*, 1990; Christensen, 1998). Selanjutnya Tuheteru *et al.*, (2014) menyatakan bahwa siput *L. scabra* sangat menyukai permukaan lumpur atau daerah dengan genangan air yang cukup luas dan berada di atas permukaan tanah mangrove, sanggup bertahan hidup hanya dengan percikan air pasang (Alvarez-Leon dan Garcia-Hansen, 2003), memperoleh makanan pada saat surut (Alfaro, 2008), dapat beradaptasi dengan baik pada kondisi intertidal kering yang tinggi (Underwood, 1972; Warren, 1985; Vaughn dan Fisher, 1988; Yamada *et al.*, 1998; Rochette dan Dill, 2000) hingga melakukan transisi ke lingkungan terestrial, kecuali ketergantungan pada air laut untuk perkembangan larva dan memperbarui sumber makanan mikroskopis pada permukaan mangrove (Alfaro, 2007).

Tabel 2. Distribusi komunitas moluska di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu

Spesies	Stasiun	Substrat	Plot		
			1	2	3
<i>Atilia (Columbella) scripta</i>	1	Pasir Berlumpur			
<i>Littoraria scabra</i>			+	+	+
<i>Nerita albicilla</i>					
<i>Saccostrea cucculata</i>			+	+	
<i>Atilia (Columbella) scripta</i>	2	Pasir Berlumpur			
<i>Littoraria scabra</i>			+	+	+
<i>Nerita albicilla</i>					
<i>Saccostrea cucculata</i>			+		+
<i>Atilia (Columbella) scripta</i>	3	Lumpur Berpasir		+	
<i>Littoraria scabra</i>			+	+	+
<i>Nerita albicilla</i>					+
<i>Saccostrea cucculata</i>				+	

Keterangan: (+) = Spesies yang ditemukan

Sementara itu, van Someren dan Whitehead (1961) menyatakan bahwa bivalva *S. cucullata* dapat ditemukan pada akar penyangga mangrove dan celah-celah batu. Kemudian Hartnoll (1976) juga menyatakan bahwa bivalva *S. cucullata* dapat ditemukan pada batang maupun akar tanaman mangrove serta substrat berbatu di lingkungan laut payau yang tersebar di Somalia (Chelazzi dan Vannini, 1980), pantai Timur Afrika Selatan (Dye, 1989), Afrika Timur hingga Kepulauan Pasifik (Braley, 1982), Guam (Braley, 1982), Kenya (Ruwa, 1984; Okemwa et al., 1986), Thailand (Jarayabhand dan Thavornnyutikarn, 1995; Day et al., 2000; Klinbunga et al., 2003), Tanzania (Hartnoll, 1976; Mtanga dan Machiwa, 2007), Sundarbans India (Mitra et al., 2008), Teluk Persia (Azarbad et al., 2010), Karibia (Lohan et al., 2015), Filipina (Racuyal et al., 2016) maupun Indonesia (Ramadhaniaty et al., 2018). Kemudian Okemwa et al., (1986) menyatakan bahwa pertumbuhan bivalva *S. cucullata* sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

### **Korelasi faktor lingkungan dan distribusi spasial komunitas moluska**

Berdasarkan Tabel ,3 memperlihatkan bahwa terdapat dua komponen yang nilai eigennya lebih dari satu dengan keragaman data sebesar 96.30%, dimana komponen pertama dijelaskan sebesar 56.69% dan komponen kedua 39.61%. Selain itu, Tabel 3 juga memperlihatkan bahwa untuk komponen pertama, faktor lingkungan yang paling menentukan distribusi komunitas moluska adalah parameter pH dan Salinitas. Hal ini mengindikasikan bahwa komunitas moluska tidak menyukai pH perairan yang tinggi dan salinitas yang rendah serta substrat sedimennya berpasir (Tabel 2). Hasil ini bertolak belakang dengan pernyataan Al Bakri dan Kittaneh (1998) bahwa pada habitat intertidal yang bersubstrat pasir, memiliki pH lebih rendah dibandingkan yang bersubstrat lumpur, sehingga menyebabkan keanekaragaman fauna bentik (termasuk moluska) lebih melimpah (Al Bakri *et al.*, 1997). Menurut Rukminasari *et al.*, (2014) berubahnya parameter pH, akan memberikan petunjuk terhadap terganggunya sistem penyangga dan akan menimbulkan perubahan maupun ketidakseimbangan kadar CO<sub>2</sub>, sehingga membahayakan kehidupan biota laut. Kemudian menurut Okland dan Okland (1986) bahwa kolom air yang rendah kalsium dan konsentrasi H<sup>+</sup> yang tinggi akan membatasi distribusi atau penyebaran moluska. Selanjutnya, Montague dan Ley (1993) menyatakan bahwa perubahan salinitas di suatu habitat akan menyebabkan berubahnya distribusi maupun kelimpahan makrobentiknya.

Tabel 3. Hasil analisis PCA faktor penentu distribusi komunitas moluska di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu

Principal Component (PC)	Initial Eigenvalues			Nama Variabel	Faktor Loading	Varian yang Dijelaskan (%)
	Total	% of Variance	Cumulative %			
1	2.27	56.69	56.69	pH Salinitas	0.977 -0.934	56.69
2	1.58	39.61	96.30	DO Suhu	0.967 0.736	39.61

Selanjutnya, untuk komponen kedua, karakteristik lingkungan yang paling mempengaruhi distribusi komunitas moluska adalah parameter DO (oksigen terlarut) dan suhu perairan (Tabel 3), dimana komunitas moluska juga tidak menyukai DO maupun suhu perairan yang tinggi serta habitat yang berpasir (Tabel 2). Sriyaraj dan Shutes (2001) menyatakan bahwa dalam kolom air, perubahan kondisi hidrologi dapat memodifikasi atau mengubah sifat kimia dan fisika terhadap ketersediaan nutrisi, toksisitas, salinitas, oksigen terlarut (DO), tingkat anoksia substrat maupun memodifikasi atau mengubah sifat geokimia sedimen dan infauna serta flora intertidal. Kemudian Tuheteru *et al.*, (2014) menyatakan bahwa sifat kimia yang berpengaruh langsung terhadap distribusi makrozoobentos adalah derajat kesamaan (pH) serta kandungan oksigen terlarut (DO). Selain itu, menurut Hadiputra dan Damayanti (2013) suhu perairan memiliki peran yang sangat penting terhadap kehidupan di dalamnya, dimana suhu yang baik untuk kehidupan gastropoda adalah 15 – 30°C (Tuheteru *et al.*, 2014). Secara keseluruhan, berdasarkan nilai varian yang dimiliki oleh kedua faktor, maka faktor pertama (pH dan salinitas) merupakan faktor yang paling mempengaruhi distribusi komunitas moluska (56.69%) dan berdasarkan nilai faktor loadingnya, parameter pH adalah faktor lingkungan yang paling mempengaruhi distribusi komunitas moluska di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu (0.977).

### Simpulan

Parameter suhu, salinitas dan pH yang diukur tidak melebihi baku mutu untuk kehidupan biota laut. Kemudian komunitas moluska yang ditemukan terdiri dari 4 spesies dengan gastropoda *L. scabra* dan bivalva *S. cucculata* ditemukan merata di semua stasiun. Selanjutnya parameter pH perairan adalah faktor lingkungan yang paling mempengaruhi distribusi komunitas moluska di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu.



**Daftar Pustaka**

- Aininnur A, Putro SP, Muhammad F. 2015. Hubungan faktor fisika-kimia perairan terhadap kelimpahan moluska di area keramba jaring apung sistem polikultur Teluk Awerange, Sulawesi Selatan. *Biologi*. 4(4): 47 – 52.
- Al Bakri D, Kittaneh W. 1998. Physicochemical characteristics and pollution indicators in the intertidal zone of Kuwait: Implications for benthic ecology. *Environmental Management*. 22(3): 415 – 424.
- Al Bakri D, Behbehani M, Khuraibet A. 1997. Quantitative assessment of the intertidal environment of Kuwait II: Controlling factors. *Environmental Management*. 51(4): 333 – 341.
- Alfaro AC. 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.
- Alfaro AC. 2008. Diet of *Littoraria scabra*, while vertically migrating on mangrove trees: Gut content, fatty acid, and stable isotope analyses. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 79(4): 718 – 726.
- Alongi DM. 2015. The impact of climate change on mangrove forests. *Current Climate Change Reports*. 1(1): 30 – 39.
- Alvarez-Leon R, Garcia-Hansen I. 2003. Biodiversity associated with mangroves in Colombia. *ISME/GLOMIS Electronic Journal*. 3(1): 1 – 2.
- Azarbad H, Khoi AJ, Mirvaghefi A, Danekar A, Shapoori M. 2010. Biosorption and bioaccumulation of heavy metals by rock oyster *Saccostrea cucullata* in the Persian Gulf. *International Aquatic Research*. 2(1): 61 – 69.
- Bayne BL. 1998. The physiology of suspension feeding by bivalve molluscs: An introduction to the Plymouth “TROPHEE” workshop. *Experimental Marine Biology and Ecology*. 219(1-2): 1 – 19.
- Bieler R. 1992. Gastropod phylogeny and systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 23: 311 – 338.
- Bouchet P, Rocroi J. 2005. Classification and nomenclator of gastropod families. *Malacologia*. 47(1-2): 1 – 397.
- Bouillon S, Koedam N, Raman AV, Dehairs F. 2002. Primary producers sustaining macro-invertebrate communities in intertidal mangrove forests. *Oecologia*. 130(3): 441 – 448.
- Braley RD. 1982. Reproductive periodicity in the indigenous oyster *Saccostrea cucullata* in Sasa Bay, Apra Harbor, Guam. *Marine Biology*. 69(2): 165 – 173.
- Cannicci S, Burrows D, Fratini S, Smith TJ, Offenberg J, Dahdouh-Guebas F. 2008. Faunal impact on vegetation structure and ecosystem function in mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*. 89(2): 186 – 200.
- Chelazzi G, Vannini M. 1980. Zonation of intertidal molluscs on rocky shores of Southern Somalia. *Estuarine and Coastal Marine Science*. 10(5): 569 – 583.
- Chen G, Ye Y, Lu C. 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.
- Christensen JT. 1998. Diet in *Littoraria*. *Hydrobiologia*. 378: 235 – 236.
- Comfort A. 1946. *Patella vulgata* L. relation of habitat to form. *Conchology*. 22: 216 – 217.
- Day AJ, Hawkins AJS, Visootviseth P. 2000. The use of allozymes and shell morphology to distinguish among sympatric species of the rock oyster *Saccostrea* in Thailand. *Aquaculture*. 187(1-2): 51 – 72.
- Dharma B. 1988. *Siput dan Kerang Indonesia (Indonesian Shells)*. Jakarta, Indonesia.

- Duke NC, Meynecke JO, Dittmann S, Ellison AM, Anger K, Berger U, Cannicci S, Diele K, Ewel KC, Field CD, Koedam N, Lee SY, Marchand C, Nordhau I, Dahdouh-Guebas F. 2007. A world without mangroves?. *Science*. 317(5834): 41 – 42.
- Dye AH. 1989. Studies on the ecology of *Saccostrea cucullata* (Born, 1778) (Mollusca: Bivalvia) on The East Coast of Southern Africa. *South African Journal of Zoology*. 24(2): 110 – 115.
- Ebling FJ, Sloane JF, Davies HM. 1962. The ecology of Lough Ine. XII. The distribution and characteristics of *Patella* species. *Animal Ecology*. 31(3): 457 – 470.
- Ernanto R, Agustriani F, Aryawati R. 2010. Struktur komunitas gastropoda pada ekosistem mangrove di muara Sungai Batang Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan. *Maspari*. 1: 73 – 78.
- Faiqoh E, Ayu IP, Subhan B, Syamsuni YF, Anggoro AW, Sembiring A. 2015. Variasi geografik kelimpahan zooplankton di perairan terganggu, Kepulauan Seribu, Indonesia. *Marine and Aquatic Sciences*. 1: 19 – 22.
- Field CD. 1998. Rehabilitation of mangrove ecosystems: An overview. *Marine Pollution Bulletin*. 37(8-12): 383 – 392.
- Fuge R, Palmer TJ, Pearce NJG, Perkins WT. 1993. Minor and trace element chemistry of modern shells: A laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry study. *Applied Geochemistry*. 8(Supplement 2): 111 – 116.
- Ghosh D. 2011. Mangroves: The most fragile forest ecosystem. *Resonance*. 16(1): 47 – 60.
- Gosliner TM, Draheim R. 1996. Indo-Pacific opisthobranch gastropod biogeography: How do we know what we don't know?. *American Malacological Bulletin*. 12(1-2): 37 – 43.
- Hadiputra MA, Damayanti A. 2013. Kajian potensi makrozoobentos sebagai bioindikator pencemaran logam berat tembaga (Cu) di kawasan ekosistem mangrove Wonorejo Pantai Timur Surabaya. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVIII*. 27 Juli 2013. Surabaya, Indonesia. D-14-1 – D-14-8.
- Hartnoll R. 1976. The ecology of some rocky shores in tropical East Africa. *Estuarine and Coastal Marine Science*. 4(1): 1 – 10.
- Holland AF, Shaughnessy AT, Hiegel MH. 1987. Long-term variation in mesohaline Chesapeake Bay macrobenthos: Spatial and temporal patterns. *Estuaries*. 10(3): 227 – 245.
- Islami MM. 2015. Distribusi spasial gastropoda dan kaitannya dengan karakteristik lingkungan di pesisir Pulau Nusalaut, Maluku Tengah. *Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 7(1): 365 – 378.
- Ismunarti DH. 2013. Analisis komponen utama pada hubungan distribusi spasial komunitas fitoplankton dan faktor lingkungan. *Ilmu Kelautan*. 18(1): 14 – 19.
- Jarayabhand P, Thavornyutikarn M. 1995. Realized heritability estimation on growth rate of oyster, *Saccostrea cucullata* Born, 1778. *Aquaculture*. 138(1-4): 111 – 118.
- Kadir MA, Damar A, Krisanti M. 2015. Dinamika spasial dan temporal struktur komunitas zooplankton di Teluk Jakarta. *Ilmu Pertanian Indonesia*. 20(3): 247 – 256.
- Kalejta B, Hockey PAR. 1991. Distribution, abundance and productivity of benthic invertebrates at the Berg River Estuary, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 33(2): 175 – 191.
- Klinbunga S, Khamnamtong N, Tassanakajon A, Puanglarp N, Jarayabhand P, Yoosukh W. 2003. Molecular genetic identification tools for three commercially cultured oysters (*Crassostrea belcheri*, *Crassostrea iredalei*, and *Saccostrea cucullata*) in Thailand. *Marine Biotechnology*. 5: 27 – 36.
- Klussmann-Kolb A. 2004. Phylogeny of the Aplysiidae (Gastropoda, Opisthobranchia) with new aspects of the evolution of sea hares. *Zoologica Scripta*. 33(5): 439 – 462.

- Kristensen E, Bouillon S, Dittmar T, Marchand C. 2008. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. *Aquatic Botany*. 89(2): 201 – 219.
- Lee SY. 1989. The importance of sesarminae crabs *Chiromantes* 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.
- Lee SY. 2008. Mangrove macrobenthos: Assemblages, services and linkages. *Sea Research*. 59(1-2): 16 – 29.
- Lohan KMP, Hill-Spanik KM, Torchin ME, Strong EE, Fleischer RC, Ruiz GM. 2015. Molecular phylogenetics reveals first record and invasion of *Saccostrea* species in the Caribbean. *Marine Biology*. 162(5): 957 – 968.
- Lough RG. 1974. A reevaluation of the combined effects of temperature and salinity on survival and growth of bivalve larvae using response surface techniques. *Fishery Bulletin*. 73(1): 86 – 94.
- Macintosh DJ, Ashton EC, Havanon S. 2002. Mangrove rehabilitation and intertidal biodiversity: A study in the Ranong Mangrove Ecosystem, Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 55(3): 331 – 345.
- 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.
- Mitra A, Basu S, Banerjee K. 2008. Seasonal variation in biochemical composition of edible oyster (*Saccostrea cucullata*) from Indian Sundarbans. *Fishery Technology*. 45(2): 209 – 216.
- [MNLH] Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tentang Baku Mutu Air Laut No. 51*. Jakarta, Indonesia.
- Montague CL, Ley JA. 1993. A Possible effect of salinity fluctuation on abundance of benthic vegetation and associated fauna in Northeastern Florida Bay. *Estuaries*. 16(4): 703 – 717.
- Morgan GJ, Hailstone TS. 1986. Distribution of gastropods in a mangrove habitat in South-East Queensland. *The Malacological Society of Australia*. 7(3-4): 131 – 140.
- Morrisey DJ, Skilleter GA, Ellis JI, Burns BR, Kemp CE, Burt K. 2003. Differences in benthic fauna and sediment among mangrove (*Avicennia marina* var. *australasica*) stands of different ages in New Zealand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 56(3-4): 581 – 592.
- Mtanga A, Machiwa JF. 2007. Heavy metal pollution levels in water and oysters, *Saccostrea cucullata*, from Mzingo Creek and Ras Dege mangrove ecosystems, Tanzania. *African Journal of Aquatic Science*. 32(3): 235 – 244.
- Mujiono N. 2009. Mudwhelks (Gastropoda: Potamididae) from mangroves of Ujung Kulon National Park, Banten. *Biologi*. 13(2): 51 – 56.
- Nguyen HT, Stanton DE, Schmitz N, Farquhar GD, Ball MC. 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.
- Nobi EP, Dilipan E, Thangaradjou T, Sivakumar K, Kannan L. 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.
- Norton TA, Hawkins SJ, Manley NL, Williams GA, Watson DC. 1990. Scraping a living: A review of littorinid grazing. *Hydrobiologia*. 193(1): 117 – 138.
- Okemwa ER, Ruwa RK, Polk P. 1986. The autecology of the edible oyster *Crassostrea cucullata* Born, 1778: Size related vertical distribution at Mkomani, Mombasa. *Kenya Journal of Sciences Series B*. 7(2): 9 – 14.
- Okland J, Okland KA. 1986. The effects of acid deposition on benthic animals in lakes and streams. *Experientia*. 42: 471 – 486.

- Osland MJ, Enwright N, Day RH, Doyle TW. 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.
- Ponder WF, Lindberg DR. 1997. Towards a phylogeny of gastropod molluscs: An analysis using morphological characters. *Zoological Journal of The Linnean Society*. 119(2): 83 – 265.
- Ponnusamy K, Munilkumar S, Das S, Verma A, Venkitesan R, Pal AK. 2016. Shellfish resources around Madras Atomic Power Station Kalpakkam, Southeast India. *Asia-Pacific Biodiversity*. 10(1): 118 – 123.
- Pribadi R, Hartati R, Suryono CA. 2009. Komposisi jenis dan distribusi gastropoda di kawasan hutan mangrove Segara Anakan Cilacap. *Ilmu Kelautan*. 14(2): 102 – 111.
- Price GD, Pearce NJG. 1997. Biomonitoring of pollution by *Cerastoderma edule* from the British Isles: A laser ablation ICP-MS study. *Marine Pollution Bulletin*. 34(12): 1025 – 1031.
- Putten EV, Dehairs F, Keppens E, Baeyens W. 2000. High resolution distribution of trace elements in the calcite shell layer of modern *Mytilus edulis*: Environmental and biological controls. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 64(6): 997 – 1011.
- Racuyal JT, Mabonga DA, Roncesvalles ER. 2016. Rock Mounds as Rock Oyster (*Saccostrea cucullata* von Born, 1778) Bed in an Intertidal Zone. *Academic Research*. 1(4): 11 – 21.
- Raith A, Perkins WT, Pearce NJG, Jeffries TE. 1996. Environmental monitoring on shellfish using UV laser ablation ICP-MS. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*. 355(7-8): 789 – 792.
- Ramadhaniaty M, Setyobudiandi I, Madduppa HH. 2018. Morphogenetic and population structure of two species marine bivalve (Ostreidae: *Saccostrea cucullata* and *Crassostrea iredalei*) in Aceh, Indonesia. *Biodiversitas*. 19(3): 978 – 988.
- Reid DG. 1985. Habitat and zonation patterns of Littoraria species (Gastropoda: Littorinidae) in Indo-Pacific mangrove forests. *Biological Linnean Society*. 26(1): 39 – 68.
- Reid DG. 1986. *The Littorinid Molluscs of Mangrove Forests in the Indo-Pacific Region: The Genus Littoraria*. London, Inggris.
- Riani E, Johari HS, Cordova MR. 2017. Bioakumulasi logam berat kadmium dan timbal pada Kerang Kapak-Kapak di Kepulauan Seribu. *Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 131 – 142.
- Rochette R, Dill LM. 2000. Mortality, behavior and the effects of predators on the intertidal distribution of littorinid gastropods. *Experimental Marine Biology and Ecology*. 253(2): 165 – 191.
- Rodelli MR, Gearing JN, Gearing PJ, Marshall N, Sasekumar A. 1984. Stable isotope ratio as a tracer of mangrove carbon in Malaysian ecosystems. *Oecologia*. 61(3): 326 – 333.
- Rukminasari N, Nadiarti, Awaluddin K. 2014. Pengaruh derajat keasaman (pH) air laut terhadap konsentrasi kalsium dan laju pertumbuhan *Halimeda* sp. *Torani*. 24(1): 28 – 34.
- Ruwa RK. 1984. Invertebrate faunal zonation on rocky shores around Mombasa, Kenya. *Kenya Journal of Sciences Series B*. 5(1-2): 49 – 65.
- Ruwa RK, Brakel WH. 1981. Tidal periodicity and size-related variations in the zonation of the gastropod *Nerita plicata* on East African rocky shore. *Kenya Journal of Sciences Series B*. 2: 61 – 67.
- Saintilan N, Wilson N, Rogers K, Rajkaran A, Krauss KW. 2014. Mangrove expansion and salt marsh decline at mangrove poleward limits. *Global Change Biology*. 20(1): 147 – 157.

- Salmo SG, Tibbetts I, Duke NC. 2017. Colonization and shift of mollusc assemblages as a restoration indicator in planted mangroves in the Philippines. *Biodiversity and Conservation*. 26(4): 865 – 881.
- Sartimbul A, Larasati AA, Sari SHJ, Rohadi E, Yona D. 2017. Variasi komunitas plankton dan parameter oseanografi di daerah penangkapan ikan pelagis di perairan Malang Selatan, Jawa Timur. *Fisheries and Marine Science*. 1(2): 55 – 64.
- Sasekumar A. 1974. Distribution of macrofauna on a Malayan mangrove shore. *Animal Ecology*. 43(1): 51 – 69.
- Soedibjo BS. 2007. Pengaruh faktor lingkungan terhadap distribusi spasial komunitas zooplankton di Teluk Klabat, Perairan Bangka Belitung. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 33: 47 – 63.
- Sriyarak K, Shutes RBE. 2001. An assessment of the impact of motorway runoff on a pond, wetland and stream. *Environment International*. 26(5-6): 433 – 439.
- Stecher HA, Krantz DE, Lord CJ, Luther GW, Bock KW. 1996. Profiles of strontium and barium in *Mercenaria mercenaria* and *Spisula solidissima* shells. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 60(18): 3445 – 3456.
- Stenzel HB. 1971. Oysters. In *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part N, Mollusca 6, Bivalvia*. Moore RC, Ed. Lawrence KS: Geological Society of America, pp. N593 – 1051.
- Suratissa DM, Rathnayake U. 2017. Effect of pollution on diversity of marine gastropods and its role in trophic structure at Nasese Shore, Suva, Fiji Islands. *Asia-Pacific Biodiversity*. 10: 192 – 198.
- Teal JM, Weishar L. 2005. Ecological engineering, adaptive management, and restoration management in Delaware Bay salt marsh restoration. *Ecological Engineering*. 25(3): 304 – 314.
- Tuheteru M, Notoedarmo S, Martosupono M. 2014. Distribusi gastropoda di ekosistem mangrove. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Raja Ampat – Waisai*. 12 – 13 Agustus 2014. Papua Barat, Indonesia.
- Underwood AJ. 1972. Tide-model analysis of the zonation of intertidal prosobranchs. I. Four species of *Littorina* (L.). *Experimental Marine Biology and Ecology*. 9(3): 239 – 255.
- van Someren WR, Whitehead BA. 1961. An investigation of the biology and culture of an East African oyster *Crassostrea cucullata*. *Fish. Publ. Lond.* 14: 1 – 41.
- Vaughn CC, Fisher FM. 1988. Vertical migration as a refuge from predation in intertidal marsh snails: A field test. *Experimental Marine Biology and Ecology*. 123(2): 163 – 176.
- Vermeij GJ. 1972. Intraspecific shore-level size gradients in intertidal molluscs. *Ecology*. 53(4): 693 – 700.
- Vermeij GJ. 1973. Morphological patterns in high intertidal gastropods: Adaptive strategies and their limitations. *Marine Biology*. 20(4): 319 – 346.
- Wahyuni TT, Zakaria A. 2018. Keanekaragaman ikan di Sungai Luk Ulo Kabupaten Kebumen. *Biosfera*. 35(1): 23 – 28.
- Warren JH. 1985. Climbing as an avoidance behaviour in the salt marsh periwinkle, *Littorina irrorata* (Say). *Experimental Marine Biology and Ecology*. 89(1): 11 – 28.
- Wijaya NI, Pratiwi R. 2011. Distribusi spasial krustasea di perairan Kepulauan Matasiri, Kalimantan Selatan. *Ilmu Kelautan*. 16(3): 125 – 134.
- Wolf HD, Ulomi SA, Backeljau T, Pratap HB, Blust R. 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.

- Yamada SB, Navarrete SA, Needham C. 1998. Predation induced changes in behavior and growth rate in three populations of the intertidal snail, *Littorina sitkana* (Philippi). *Experimental Marine Biology and Ecology*. 220(2): 213 – 226.
- Zulfiandi, Zainuri M, Widowati I. 2014. Kajian distribusi/sebaran fitoplankton dan zooplankton di perairan dan estuaria banjir kanal Barat Kota Semarang Jawa Tengah. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Kelautan IX*. 24 April 2014. Surabaya, Indonesia. C1-24 – C1-31.
- Zuloaga O, Prieto A, Usobiaga A, Sarkar SK, Chatterjee M, Bhattacharya BD, Bhattacharya A, Alam MA, Satpathy KK. 2009. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in intertidal marine bivalves of Sunderban mangrove wetland, India: An approach to bioindicator species. *Water, Air and Soil Pollution*. 201: 305 – 318.