

Pengujian dan Penentuan Spesies Gastropoda sebagai Bioindikator di Kawasan Reboisasi Mangrove Kepulauan Seribu, Indonesia

Syahrial^{a*}, Muhammad Fauzan Isma^b, Ahmadryadi^c, M. Ilham Fajriansyah^a

^aWahana Alam Bahari, Dumai, Indonesia

^bProgram Studi Budidaya Perairan Universitas Samudra, Langsa, Indonesia

^cAlumni Pascasarjana Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

*Corresponding author, email: syahrial.bmc@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received: Maret 01th 2019

Received in revised form: Maret 19th 2019

Accepted: January 13th 2020

Available online: February 28th 2020

Keywords:

Testing

Determination

Bioindicator

Gastropods

Mangrove Reforestation

Seribu Islands

ABSTRACT

The development of coastal zones throughout the world has resulted in changes in the order of the mangrove ecosystem, therefore, planting activities are carried out in various regions. The study of the testing and determination of gastropod species as bioindicators in the mangrove reforestation area was carried out in the Seribu Islands. This research aims to determine how suitable the gastropod species are used as bioindicators in assessing the success of mangrove reforestation, especially in the Seribu Islands. Collection of gastropod species is done by making line transects and plots drawn from the reference point (outermost mangrove stands) and perpendicular to the coastline to the mainland. Line transects are made of plots of size 10 x 10 m and in the size of 10 x 10 m a small plot of 1 x 1 m is made. Furthermore, testing is carried out with several criteria and analyzed using multivariate *Principal Component Analysis* (PCA) statistics. The results of the study show that the species *Littoraria scabra* has met all the specified testing criteria. Then *L. scabra* also has the highest eigenvalue compared to the other species, making it suitable to be used as a bioindicator species in assessing the success of the Seribu Islands mangrove reforestation.

2020 JMRT. All rights reserved.

1. Pendahuluan

Mangrove memiliki keanekaragaman fauna yang tinggi (Nagelkerken et al., 2008), salah satunya adalah organisme bentik yang hidup di atau di bawah sedimen (Saravanakumar et al. 2007; George et al. 2010; Xiping et al. 2015; Xinwei et al. 2017; Cannicci et al. 2008 dan Kristensen 2008) menyatakan bahwa organisme bentik sangat berperan dalam penataan ekosistem mangrove maupun fungsinya, baik itu dalam memodifikasi struktur fisik ataupun terhadap vegetasi mangrove (Smith, 1987; Smith et al., 1991). Selain itu, fauna bentik juga dapat menghubungkan produsen primer dengan karnivora atas (predator), membantu mengurai materi organik dan siklus nutrisi, meningkatkan porositas sedimen serta menciptakan jalur oksigen, air dan elemen lainnya agar masuk ke dalam sedimen (Kon et al., 2011; Pravinkumar et al., 2013). Selanjutnya, fauna bentik juga dimanfaatkan sebagai sumber makanan bagi burung-burung pantai (Zou et al., 2008), ikan (Wilson, 1989; Sheaves dan Molony, 2000) dan manusia (Echem, 2017; Yap et al., 2014). Menurut Sasekumar (1974), Ashton et al. (2003) serta Metcalfe dan Glasby (2008) kekayaan spesies fauna bentik berkorelasi positif terhadap keragaman jenis mangrove dan mereka beradaptasi dengan lingkungan yang banyak tekanan sekalipun (Pagliosa et al., 2016), seperti kesuburan, pengeringan, konsentrasi oksigen tanah yang rendah maupun kandungan bahan

organik yang tinggi (Cannicci et al., 2008; Lee, 2008; Nagelkerken et al., 2008).

Di daerah intertidal, fauna bentik yang paling mendominasi, baik itu jumlah maupun biomasnya adalah gastropoda (Sasekumar, 1974), dimana kebanyakan hidupnya di laut (Bouchet dan Rocroi, 2005), mempunyai cara hidup dan ciri struktural yang berbeda-beda (Ponnusamy et al., 2016), serta tergolong sebagai herbivora, karnivora, pemakan bangkai, *ciliari feeder* ataupun parasit (Suratissa dan Rathnayake, 2017). Kemudian, gastropoda memiliki hidup yang relatif menetap dan pergerakannya juga lambat, serta dapat merespon adanya gangguan yang terjadi (Warwick, 1986; Thouzeau et al., 1991; Dauer, 1993; Engle et al., 1994; Ritter dan Montagna, 1999; Baldo et al., 1999; Frouin, 2000), sehingga banyak para ahli menggunakannya sebagai bioindikator lingkungan (Stroben et al., 1992; Foale, 1993; Schulte-Oehlmann et al., 1995; Macintosh et al., 2002; Ashton et al., 2003b; de Castro et al., 2004; Zhao et al., 2005; Limaverde et al., 2007; Hall et al., 2009; Reguera et al., 2018; Kattel et al., 2018; Campoy-Diaz et al., 2018). Bioindikator merupakan cara yang baik dalam memantau efek bahan beracun pada suatu organisme (Bridgham, 1988), dimana definisi sederhana bioindikator adalah sebagai spesies atau kelompok spesies yang mencerminkan keadaan biotik atau abiotik lingkungan, mewakili dampak perubahan lingkungan pada habitat, komunitas maupun ekosistem, atau menunjukkan

keanekaragaman terhadap suatu spesies yang lain (McGeoch, 1998). Kemudian Dauer (1993) menyatakan bahwa penerapan bioindikator sangat bergantung pada kondisi rujukan yang mendefinisikan kondisi biologis atau habitat yang dapat dicapai atau diinginkan, sehingga dengan menggunakan bioindikator, dimungkinkan dapat menilai suatu dampak yang diakibatkan oleh aktivitas manusia terhadap lingkungan sekitarnya (Rainio dan Niemela, 2003).

Chen dan Ye (2011) menyatakan bahwa pada umumnya komunitas fauna bentik (termasuk gastropoda) sering diabaikan dalam kegiatan pengelolaan mangrove yang direhabilitasi, dimana tingkat kehadirannya telah dianggap sebagai kriteria dalam menilai keberhasilan suatu program rehabilitasi pesisir (Field, 1998; Teal dan Weishar, 2005). Oleh karena itu, mengingat pentingnya mangrove bagi kehidupan pesisir dan laut serta kajian yang sering dilakukan hanyalah penggunaan struktur komunitas fauna bentik sebagai bioindikator lingkungan (Pearson dan Rosenberg, 1978; Collie et al., 2000; Warwick et al., 2002; Lancellotti dan Stotz, 2004; Arntz et al., 2006; Pagliosa dan Barbosa, 2006; Amin et al., 2009; Afif et al., 2014; Kalor et al., 2018). Namun, kajian yang berkaitan dengan pengujian maupun penentuan terhadap suatu spesies untuk dijadikan bioindikator masih sangat minim, terutama di kawasan reboisasi mangrove, sehingga kajian pengujian dan penentuan spesies gastropoda sebagai bioindikator di kawasan reboisasi mangrove sangat perlu

dilakukan khususnya di Kepulauan Seribu. Hal ini bertujuan untuk menentukan seberapa cocok spesies-spesies gastropoda yang ditemukan dijadikan bioindikator untuk menilai keberhasilan reboisasi mangrove yang dilakukan.

2. Metode Penelitian

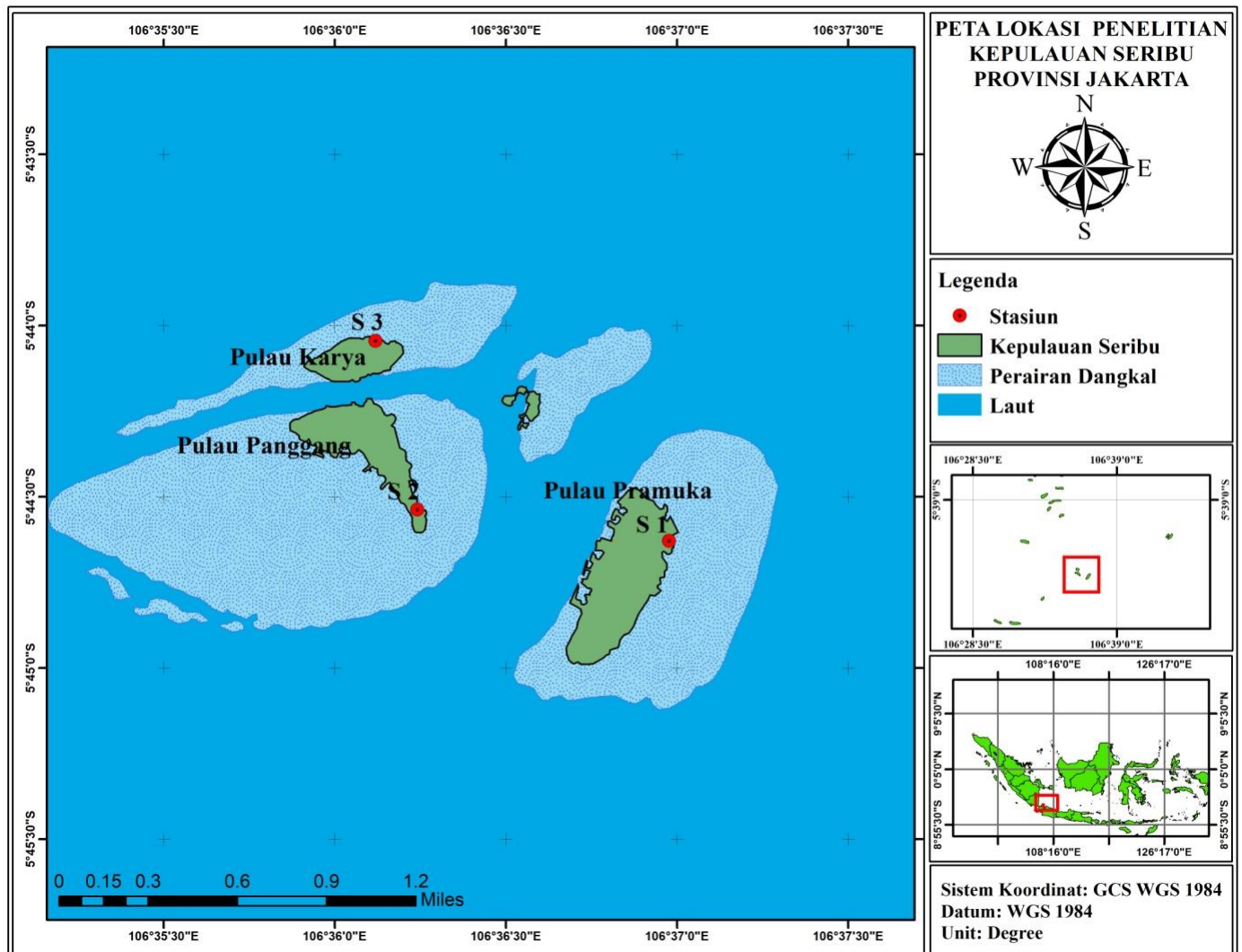
2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

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).

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

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, *cool box* dan kantong plastik polyethylene. Sementara bahan yang digunakan adalah alkohol 70% untuk pengawetan gastropoda.

2.3. Pengumpulan Data Gastropoda



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Data gastropoda 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 dan di dalam ukuran 10 x 10 m tersebut dibuat plot kecil (sub plot) yang berukuran 1 x 1 m (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.

2.4. Analisis Kepadatan Gastropoda

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

2.5. Analisis Pengujian Spesies Bioindikator

Pengujian sebagai bioindikator terhadap spesies gastropoda yang ditemukan pada kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu disesuaikan dengan Han et al., (2015), dimana uji kriteria

Tabel 1. Distribusi gastropoda di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu

Spesies	Stasiun	Lokasi (Pulau)	Plot		
			1	2	3
<i>Atilia (Columbella) scripta</i>	1	Pramuka			
<i>Littoraria scabra</i>			+	+	+
<i>Nerita albicilla</i>					
<i>Atilia (Columbella) scripta</i>	2	Panggung	+		
<i>Littoraria scabra</i>			+	+	+
<i>Nerita albicilla</i>					
<i>Atilia (Columbella) scripta</i>	3	Karya		+	
<i>Littoraria scabra</i>			+	+	+
<i>Nerita albicilla</i>					+

(+) = Spesies yang ditemukan

Tabel 2. Kepadatan gastropoda pada kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu

Stasiun	Lokasi (Pulau)	Spesies Gastropoda	Kepadatan (ind/m ²)
1	Pramuka	<i>Littoraria scabra</i>	06.33
2	Panggung	<i>Littoraria scabra</i>	09.93
		<i>Atilia (Columbella) scripta</i>	00.53
3	Karya	<i>Littoraria scabra</i>	13.80
		<i>Atilia (Columbella) scripta</i>	00.07
		<i>Nerita albicilla</i>	00.07

spesies bioindikator yang digunakan adalah 1) spesies memiliki taksonomi yang jelas, 2) spesies memiliki ekologi yang jelas, 3) spesies tersebar di wilayah geografis yang luas, 4) spesies menunjukkan karakteristik habitat yang jelas, 5) spesies dapat memberikan peringatan dini terhadap suatu perubahan, 6) spesies mudah dan murah secara ekonomi saat dilakukan survey, 7) spesies memiliki banyak kelompok individu yang independen dan tidak terlalu terpengaruh oleh ukuran, 8) spesies dapat mewakili respon spesies lainnya, 9) spesies mewakili perubahan ekologi yang disebabkan oleh pengaruh tekanan manusia, 10) spesies telah dilakukan kajian terhadap adanya perubahan iklim, 11) spesies mudah diamati, muncul untuk waktu yang lama dan membentuk kelompok dengan banyak individu, serta 12) spesies penting secara sosial, ekonomi maupun budaya.

2.6. Analisis Penentuan Spesies Bioindikator

Untuk menentukan spesies-spesies gastropoda yang ditemukan pada kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu sebagai bioindikator, digunakan analisis statistik multivariat

Principal Component Analysis (PCA) dengan software SPSS versi 19.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Distribusi Gastropoda

Spesies gastropoda yang ditemukan di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu terdiri dari 3 spesies yaitu *Atilia (Columbella) scripta*, *Littoraria scabra* dan *Nerita albicilla* (Tabel 1). Kemudian, Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa gastropoda *L. scabra* ditemukan merata di semua stasiun yang mengindikasikan bahwa *L. scabra* memiliki toleransi yang sangat luas. Hasil ini didukung oleh pernyataan Chen et al., (2007) bahwa gastropoda famili Littorinidae merupakan gastropoda yang lebih representatif pada mangrove muda atau baru direhabilitasi.

3.2. Kepadatan Gastropoda

Tabel 2 memperlihatkan bahwa kepadatan gastropoda yang ditemukan pada kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu

sangat bervariasi, dimana kepadatan tertingginya adalah *L. scabra*, baik itu di Stasiun 1, 2 maupun 3 (06.33, 09.93 dan 13.80 ind/m²), sedangkan kepadatan terendahnya adalah *A. scripta* dan *N. albicilla* pada Stasiun 3 dengan kepadatan masing-masingnya 00.07 ind/m². Menurut Wolf et al., (2001), Alfaro (2007) dan Mujiono (2009) salah satu gastropoda yang dominan terdapat pada ekosistem mangrove adalah famili Littorinidae yaitu *L. scabra*. Kemudian Reid (1985), Reid (1986) serta Alvarez-Leon dan Garcia-Hansen (2003) menyatakan bahwa di dalam tutupan mangrove, biasanya siput Littorinidae ditemukan di akar, batang maupun dedaunan mangrove.

3.3. Pengujian Spesies Bioindikator

Tabel 3 memperlihatkan bahwa gastropoda *L. scabra* berhasil memenuhi semua kriteria yang ditetapkan sebagai spesies bioindikator dalam menilai keberhasilan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu. Menurut Kalor et al., (2018) penggunaan bioindikator dalam kondisi ekosistem tidak semudah yang diperkirakan, hal ini karena karakteristik biologi dan ekologi tiap ekosistemnya berbeda-beda, sehingga diperlukan seleksi spesies

Tabel 3. Validasi kriteria bioindikator terhadap spesies gastropoda di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu

No	Kriteria Spesies Bioindikator	Keterangan
<i>Atilia (Columbella) scripta</i>		
1	Memiliki taksonomi yang jelas Taksonomi <i>A. scripta</i> belum dapat ditelusuri. Hal ini karena banyaknya nama yang telah dibuat serta banyak dianggap sinonim, sehingga sulit untuk menelusurinya.	X
2	Memiliki ekologi yang jelas <i>A. scripta</i> merupakan salah satu gastropoda yang dapat ditemukan di ekosistem padang lamun (Hasniar et al., 2013; Aji et al., 2018).	X
3	Tersebar di wilayah geografis yang luas Hasil kajian Hasniar et al. (2013) dan Aji et al., (2018) memperlihatkan bahwa <i>A. scripta</i> terdistribusi di daerah bagian Timur Indonesia yaitu Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan dan Kabupaten Biak Numfor Papua, sedangkan hasil kajian ini menemukan <i>A. scripta</i> di bagian Barat Indonesia (Kepulauan Seribu).	√
4	Menunjukkan karakteristik habitat yang jelas Hasniar et al. (2013) menemukan <i>A. scripta</i> pada habitat yang bersubstrat lempung liat berpasir, sedangkan Aji et al. (2018) menemukan <i>A. scripta</i> pada substrat yang didominasi oleh pasir, baik itu halus maupun kasar.	√
5	Dapat memberikan peringatan dini terhadap suatu perubahan Perubahan terhadap keberadaan <i>A. scripta</i> (hilang atau melimpah) yang dapat memberikan peringatan dini, belum dapat ditelusuri secara jelas.	X
6	Mudah dan murah secara ekonomi saat survey Dalam melakukan survey, <i>A. scripta</i> dapat dikumpulkan menggunakan tangan (dipungut tanpa menggunakan alat bantu). Hal ini karena hidupnya yang cenderung relatif menetap dan pergerakannya yang lambat. Salmo et al. (2017) menyatakan bahwa moluska merupakan fauna yang relatif menetap dalam tahap dewasanya.	√
7	Memiliki banyak kelompok individu yang independen dan tidak terlalu terpengaruh oleh ukuran Tuheteru et al. (2014) menyatakan bahwa pada umumnya gastropoda hidupnya berkelompok.	√
8	Dapat mewakili respon spesies lain Perubahan terhadap hilang atau melimpahnya <i>A. scripta</i> dan memberikan respon terhadap spesies lain, belum dapat ditelusuri secara jelas.	X
9	Mewakili perubahan ekologi yang disebabkan oleh pengaruh tekanan manusia Secara spesifik, perubahan ekologi <i>A. scripta</i> yang disebabkan oleh pengaruh tekanan manusia masih kurang dipelajari.	X
10	Telah dilakukan kajian terhadap perubahan iklim Kajian dampak perubahan iklim terhadap <i>A. scripta</i> masih kurang dipelajari.	X
11	Mudah diamati, muncul untuk waktu yang lama dan membentuk kelompok dengan banyak individu Karena ekologinya di ekosistem padang lamun (nomor 2) dan pergerakannya yang cenderung relatif menetap serta lambat (nomor 6), mengindikasikan bahwa <i>A. scripta</i> mudah untuk diamati dan muncul untuk waktu yang lama. Kemudian dari hasil analisis kepadatan (Tabel 2), mengindikasikan bahwa <i>A. scripta</i> membentuk kelompok dengan banyak individu.	√
12	Penting secara sosial, ekonomi dan budaya Pemanfaatan <i>A. scripta</i> , baik itu dari segi ekonomi, sosial maupun budaya, masih belum dipelajari secara jelas.	X
<i>Littoraria scabra</i>		
13	Memiliki taksonomi yang jelas Taksonomi <i>L. scabra</i> telah dijelaskan oleh Reid (1984).	√
14	Memiliki ekologi yang jelas <i>L. scabra</i> merupakan salah satu gastropoda yang dominan di ekosistem mangrove (Reid, 1985; Wolf et al., 2001; Alfaro, 2007; Mujiono, 2009; Zvonareva et al., 2015; Yolanda et al., 2015).	√
15	Tersebar di wilayah geografis yang luas Menurut Reid (1985) pada pantai tropis, sekelompok siput Littorinidae (salah satunya <i>L. scabra</i>) secara khas ditemukan di pohon mangrove yang berasal dari Indo-Pasifik maupun Atlantik (Reid, 1985). Kemudian ditemukan juga di Samudera Pasifik oleh Alfaro (2007).	√
16	Menunjukkan karakteristik habitat yang jelas Tuheteru et al. (2014) menyatakan bahwa <i>L. scabra</i> sangat menyukai permukaan lumpur atau daerah dengan genangan air yang cukup luas dan berada di atas permukaan tanah serta sanggup bertahan hidup hanya dengan percikan air pasang (Alvarez-Leon dan Garcia-Hansen, 2003). Kemudian Mileikovskiy (1975) menyatakan bahwa spesies dari famili Littorinidae dapat ditemukan di semua habitat pasang surut (termasuk supralittoral) dunia.	√
17	Dapat memberikan peringatan dini terhadap suatu perubahan Rusaknya hutan mangrove yang diakibatkan oleh konversi lahan untuk permukiman penduduk maupun lahan pertanian, menyebabkan gastropoda <i>L. scabra</i> tidak ditemukan pada hutan mangrove Teluk Ambon (Suyadi, 2009). Kemudian kawasan yang mengalami tekanan fisik oleh pertambangan, industri, permukiman penduduk maupun pariwisata, juga menyebabkan gastropoda <i>L. scabra</i> tidak ditemukan di hutan mangrove Kelurahan Tugurejo Semarang (Haryoardyantor et al., 2013). Sementara di daerah program rehabilitasi mangrove, gastropoda <i>L. scabra</i> hanya ditemukan dengan tingkat kehadiran yang rendah di beberapa titik (Silaen et al., 2013).	√

Tabel 3. Validasi kriteria bioindikator terhadap spesies gastropoda di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu (Lanjutan)

No	Kriteria Spesies Bioindikator	Keterangan
18	<i>Mudah dan murah secara ekonomi saat survey</i> Dalam melakukan survey, <i>L. scabra</i> dapat dikumpulkan menggunakan tangan (dipungut tanpa menggunakan alat bantu). Hal ini karena hidupnya cenderung relatif menetap (Salmo et al., 2017) dan pergerakannya sangat lambat (Tupan, 2009).	√
19	<i>Memiliki banyak kelompok individu yang independen dan tidak terlalu terpengaruh oleh ukuran</i> <i>L. scabra</i> secara khas ditemukan di pantai-pantai tropis (Reid, 1985), sehingga terdistribusi merata dan hasilnya akan memuaskan saat melakukan survey atau kajian. Weaver (1995) menyatakan bahwa replikasi (survey/kajian di beberapa lokasi) akan mengurangi masalah ketidakmerataan suatu spesies, dimana semakin banyak jumlah lokasi yang dilakukan/diambil, maka spesies tersebut akan terdistribusi merata dan hasilnya menjadi lebih akurat.	√
20	<i>Dapat mewakili respon spesies lain</i> Secara spesifik, respon spesies lain akibat adanya perubahan <i>L. scabra</i> (bertambah atau hilang) di hutan mangrove masih kurang dipelajari. Namun, perubahan <i>Littorina littorea</i> (Littorinidae) sudah dikaji dan sangat mempengaruhi tutupan alga (Lubchenco dan Menge, 1978; Bertness et al., 1983; Petraitis, 1983) maupun teritip <i>Balanus balanoides</i> (Petraitis, 1983). Hal ini memiliki kemiripan dengan <i>L. scabra</i> , dimana <i>L. scabra</i> merupakan gastropoda herbivora (Imrie et al., 1990; Voltolina dan Sacchi, 1990; Lee et al., 2001; Alfaro, 2008) dengan jenis makanannya berupa mikroalga, lembaran-lembaran makrofita, filamen alga dan jaringan mangrove (Christensen, 1998; Alfaro, 2008). Selain itu, keberadaan Littoraria di permukaan lumpur mangrove dapat memberikan makanan bagi organisme makro dan mikroalga serta invertebrata kecil (Barlocher dan Newell, 1994) karena <i>L. scabra</i> berkontribusi secara signifikan terhadap dinamika jaring makanan di ekosistem mangrove (Alfaro, 2007).	√
21	<i>Mewakili perubahan ekologi yang disebabkan oleh pengaruh tekanan manusia</i> Menurut Wolf dan Rashid (2008) keberadaan <i>L. scabra</i> di kawasan non-tercemar, memiliki berat total, panjang cangkang maupun lebar cangkang yang lebih besar dibandingkan di kawasan tercemar. Begitu juga dengan kepadatannya, lebih rendah di kawasan tercemar dibandingkan di kawasan non-tercemar (Wolf dan Rashid, 2008).	√
22	<i>Telah dilakukan kajian terhadap perubahan iklim</i> Chapperon dan Seuront (2011) melakukan kajian tentang variabel suhu lingkungan terhadap <i>L. scabra</i> terkait perubahan iklim, dimana batas maksimal suhu lingkungan yang dapat ditolerir <i>L. scabra</i> hanya mencapai 33.40°C dan kemudian mereka menunjukkan perilaku mencari lokasi yang lebih baik, jika suhunya melebihi 33.40°C.	√
23	<i>Mudah diamati, muncul untuk waktu yang lama dan membentuk kelompok dengan banyak individu</i> <i>L. scabra</i> hanya bergerak ke atas dan ke bawah pohon mangrove, biasanya ditemukan pada akar, batang maupun dedaunan mangrove (Alfaro, 2007). Hal ini mengindikasikan bahwa mereka mudah untuk diamati dan muncul untuk waktu yang lama. Kemudian Reid (1985) menyatakan bahwa Littoraria merupakan satu-satunya gastropoda arboreal yang paling melimpah di hutan mangrove, sehingga mengindikasikan bahwa mereka membentuk kelompok dengan banyak individu.	√
24	<i>Penting secara sosial, ekonomi dan budaya</i> <i>L. scabra</i> dapat dianggap penting secara ekonomi. Hal ini karena mereka memiliki sifat grazers yang mempengaruhi kepadatan teritip. Buschbaum (2000) menyatakan bahwa kepadatan periwinkle (Littorinidae) dapat menjadi faktor kunci dalam dinamika populasi teritip, dimana teritip sering menjadi masalah yang serius bagi suatu bangunan yang ditempelnya (misalnya tiang dermaga/pelabuhan) yakni dapat merusak dan memperpendek umur bangunan tersebut (Nontji, 2001).	√
<i>Nerita albicilla</i>		
25	<i>Memiliki taksonomi yang jelas</i> Taksonomi <i>N. albicilla</i> telah dijelaskan oleh Sasaki (2001) maupun Tan dan Clements (2008).	√
26	<i>Memiliki ekologi yang jelas</i> <i>N. albicilla</i> merupakan salah satu gastropoda yang dapat ditemukan di zona intertidal (Frank, 1969; Hughes, 1971; Mandura et al., 1987; Price et al., 1987; Tokeshi et al., 2000; Jaiswar dan Kulkarni, 2002; Wei-dong et al., 2003; Tan dan Kastoro, 2004; Tan dan Clements, 2008; Datta et al., 2010; Tan dan Yeo, 2010; Boominathan et al., 2012; Pawar, 2012; Gumert dan Malaivijitnond, 2012; Hamli et al., 2013; Zvonareva et al., 2015; Nazim et al., 2015; Yolanda et al., 2015; Haumahu dan Uneputty, 2018; kajian ini).	√
27	<i>Tersebar di wilayah geografis yang luas</i> Gastropoda Nerita terdistribusi secara luas (Frey, 2010), dimana spesies <i>N. albicilla</i> dapat ditemukan di zona pasang surut (intertidal) Laut Merah (Mandura et al., 1987; Price et al., 1987; El-Sorogy et al., 2013), Tanzania (Marshall et al., 2015), Semenanjung Leizhou Cina (Wei-dong et al., 2003), Laut Cina Selatan (sekarang Laut Natuna Utara = Tan dan Kastoro, 2004), Singapura (Tan dan Yeo, 2010), India (Datta et al., 2010; Boominathan et al., 2012; Pawar, 2012; Kurhe et al., 2014), Australia (Poloczanska et al., 2011), Thailand (Gumert dan Malaivijitnond, 2012), Vietnam (Zvonareva et al., 2015), Pakistan (Nazim et al., 2015), Samudera Hindia (Hughes, 1971), Filipina (Echem, 2017), Malaysia (Hamli et al., 2013), hingga Indonesia (Yolanda et al., 2015; Haumahu dan Uneputty, 2018; kajian ini). Hal yang sama juga dinyatakan oleh Cernohorsky (1972) maupun Krijnen (2002) bahwa <i>N. albicilla</i> tersebar luas di Indo-Pasifik.	√

Tabel 3. Validasi kriteria bioindikator terhadap spesies gastropoda di kawasan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu (Lanjutan)

No	Kriteria Spesies Bioindikator	Keterangan
28	<p><i>Menunjukkan karakteristik habitat yang jelas</i></p> <p>Secara ekologis, spesies gastropoda memiliki spesialisasi diberbagai jenis substrat, baik itu batu, pasir, lumpur maupun mangrove, kemudian mereka memilah/memisahkan menjadi lebih kecil (mikrohabitat) di sepanjang gradien zona intertidal (Neil, 2001). Tan dan Clements (2008) menyatakan bahwa spesies genus Nerita (famili Neritidae) lebih erat kaitannya dengan lingkungan laut, dimana hasil kajian Rahman dan Barkati (2012) menemukan <i>N. albicilla</i> sangat melimpah di pantai berbatu. Begitu juga dengan hasil kajian Frank (1969), Poloczanska et al. (2011), Yekta et al. (2012) serta Haumahu dan Uneputtu (2018).</p>	X
29	<p><i>Dapat memberikan peringatan dini terhadap suatu perubahan</i></p> <p>Harper dan Williams (2001) menyatakan bahwa kepadatan <i>N. albicilla</i> lebih rendah pada musim panas dibandingkan dengan musim dingin (diduga sebagai respons terhadap kondisi panas yang kering) dan pada musim dingin <i>N. albicilla</i> akan memperluas kawasan distribusinya.</p>	√
30	<p><i>Mudah dan murah secara ekonomi saat survey</i></p> <p>Dalam melakukan survey, <i>N. albicilla</i> dapat dikumpulkan menggunakan tangan (dipungut tanpa menggunakan alat bantu). Hal ini karena hidupnya yang cenderung relatif menetap dan pergerakannya yang sangat lambat.</p>	√
31	<p><i>Memiliki banyak kelompok individu yang independen dan tidak terlalu terpengaruh oleh ukuran</i></p> <p><i>N. albicilla</i> dapat ditemukan di pesisir-pesisir subtropis dan tropis (Samudera Pasifik dan Hindia) (Kumazawa et al., 1988), dimana pertumbuhan di tahun pertamanya mencapai 01.20 mm (Frank, 1969). Sebanyak 200 individu <i>N. albicilla</i> telah dikumpul oleh Echem (2017) di sepanjang pantai Zamboanga Filipina dan mendapatkan lebar cangkang rata-rata 01.59 ± 00.19 mm. Kemudian Haumahu dan Uneputtu (2018) mengukur morfometrik 50 individu <i>N. albicilla</i> di Desa Oma, Maluku Tengah, Indonesia Timur, hasil panjang cangkangnya berkisar 18.80 – 33.80 mm, lebar cangkang 14.32 – 28.12 mm, tinggi spire 01.94 – 09.60 mm, panjang columella 03.55 – 20.40 mm, panjang bukaan cangkang (<i>aperture</i>) 07.94 – 21.77 mm dan lebar bukaan cangkang (<i>aperture</i>) 02.41 – 15.02 mm.</p>	√
32	<p><i>Dapat mewakili respon spesies lain</i></p> <p>Perubahan atas <i>N. albicilla</i> sangat mempengaruhi tutupan alga hijau <i>Cladophora crystallina</i> dan <i>Enteromorpha clathrata</i> (Cribb, 1966). <i>C. crystallina</i> dan <i>E. clathrata</i> merupakan alga hijau yang berfilamen. Sze (1993) menyatakan bahwa jika keberadaan alga berfilamen melimpah di suatu perairan, maka akan menurunkan kualitas perairan di perairan tersebut akibat dari busa dan lendir yang dikeluarkan oleh mereka. Selain itu, Echem (2017) menyatakan bahwa lendir yang dikeluarkan gastropoda di pantai berbatu, juga dapat mendukung pertumbuhan tanaman/tumbuhan (misalnya alga atau ganggang).</p>	√
33	<p><i>Mewakili perubahan ekologi yang disebabkan oleh pengaruh tekanan manusia</i></p> <p>Secara spesifik, perubahan ekologi <i>N. albicilla</i> yang disebabkan oleh pengaruh tekanan manusia masih kurang dipelajari. Namun, perubahan ekologi gastropoda intertidal berbatu telah dilakukan oleh Roy et al. (2003), dimana aktivitas manusia (antropogenik) telah menyebabkan penurunan yang signifikan terhadap luas ukuran tubuhnya, sedangkan <i>N. albicilla</i> merupakan salah satu spesies gastropoda yang hidup di zona intertidal dan pantai berbatu (nomor 28).</p>	√
34	<p><i>Telah dilakukan kajian terhadap perubahan iklim</i></p> <p>Poloczanska et al. (2011) melakukan kajian tentang perubahan dalam distribusi komunitas fauna pantai berbatu di pantai Timur Australia setelah 50 tahun terjadinya pemanasan yang secara cepat. Hasilnya memperlihatkan bahwa <i>N. albicilla</i> tidak mengalami pergeseran area distribusinya, walaupun telah terjadi pemanasan yang substansial suhu permukaan laut sejak 1940-an.</p>	√
35	<p><i>Mudah diamati, muncul untuk waktu yang lama dan membentuk kelompok dengan banyak individu</i></p> <p>Di negara bagian Yap, para wanita nelayannya mengumpulkan <i>N. albicilla</i> sepanjang tahun (Herbert et al., 2003). Kemudian keberadaan ekologisnya di kawasan intertidal (nomor 26) dan habitatnya di pantai berbatu (nomor 28) serta hidupnya yang cenderung relatif menetap dengan pergerakan yang lambat (nomor 30) mengindikasikan bahwa <i>N. albicilla</i> sangat mudah diamati, muncul dengan waktu yang lama serta membentuk kelompok dengan banyak individu.</p>	√
36	<p><i>Penting secara sosial, ekonomi dan budaya</i></p> <p><i>N. albicilla</i> dapat dianggap penting secara budaya. Hal ini karena produk turunan hewan memainkan peran penting dalam pakaian tradisional yang dikenakan oleh tabib/dukun di Afrika Tenggara, salah satunya adalah <i>N. albicilla</i>, dimana cangkang <i>N. albicilla</i> yang kosong diikat bersamaan dengan tali dua baris secara paralel dan dijadikan gelang-gelang kecil dan gelang tersebut mempunyai arti bahwa warna hitam dan putih melambangkan kebanyakan warna dari obat tradisional (Herbert et al., 2003). Selain itu, <i>N. albicilla</i> juga dapat dianggap penting secara ekonomi, dimana wanita nelayan di negara bagian Yap mengumpulkan <i>N. albicilla</i> sebagai salah satu hasil tangkapannya (Kronen dan Tafleichig, 2008). Kemudian Sarong dan Mursawal (2016) menyatakan bahwa anggota Neritidae banyak menjadi sumber energi bagi lingkungan sekitarnya (misalnya sebagai sumber protein hewani) dan oleh manusia, mereka dimanfaatkan untuk lauk makanan, baik berupa tumisan keong, sate maupun rendang.</p>	√

indikator yang tepat berdasarkan karakteristik ekosistem, level gangguan, ancaman ekosistem dan kriteria spesies bioindikator yang akurat. Selain itu, Rainio dan Niemela (2003) menyatakan bahwa salah satu alasan penggunaan bioindikator adalah efektivitas biaya serta permasalahan yang tersulitnya adalah

generalisasi hasil. Selanjutnya Han et al. (2015) menyatakan bahwa kondisi yang diperlukan untuk pemilihan bioindikator harus fleksibel dan sangat bergantung pada tujuan penyelidikan yang ingin dilakukan.

Tabel 4. Hasil analisis PCA penentu spesies gastropoda sebagai bioindikator

Principal Component (PC)	Initial Eigenvalues			Nama Variabel	Faktor Loading
	Total	% of Variance	Cumulative %		
1	1.87	62.18	62.18	<i>Littoraria scabra</i>	0.936
	0.94	31.15	93.33	<i>Nerita albicilla</i>	0.924
	0.20	06.67	100.00	<i>Atilia (Columbella) scripta</i>	-0.367

3.4. Penentuan Spesies Bioindikator

Manoj et al. (2012) menyatakan bahwa nilai eigen menunjukkan pentingnya suatu komponen, kemudian komponen dengan nilai eigen yang tertinggi, dianggap paling signifikan. Selain itu, Nair et al. (2010) menyatakan bahwa untuk pertimbangan yang tepat dalam menganalisis PCA, nilai eigennya harus memiliki satu atau lebih. Hasil analisis PCA kajian ini memperlihatkan bahwa hanya ada satu komponen yang nilai eigennya melebihi dari satu yaitu *L. scabra* (1.87) (Tabel 4), sehingga *L. scabra* telah memenuhi sebagai spesies bioindikator dalam menilai keberhasilan penanaman mangrove di Kepulauan Seribu.

4. Simpulan

Spesies *L. scabra* memenuhi semua kriteria pengujian yang ditentukan. Kemudian juga memiliki nilai eigen yang tertinggi dibandingkan spesies lainnya, sehingga cocok dijadikan sebagai spesies bioindikator dalam menilai keberhasilan reboisasi mangrove Kepulauan Seribu.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada pihak Taman Nasional Kepulauan Seribu (TNKS), Camat Kepulauan Seribu Utara dan Lurah Kelurahan Panggang yang telah memberikan izin sehingga terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

Afif, J., Ngabekti, S., Pribadi, T. A. 2014. Keanekaragaman makrozoobentos sebagai indikator kualitas perairan di ekosistem mangrove wilayah Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Unnes Journal of Life Science*. 3(1):47 – 52.

Aji, L. P., Widayastuti, A., Capriati, A. 2018. Struktur komunitas moluska di padang lamun perairan Kepulauan Padaido dan Aimando Kabupaten Biak Numfor, Papua. *Oseanologi dan Limmologi di Indonesia*. 3(3): 219 – 234.

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.

Alfaro, A. C. 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.

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

Amin, B., Ismail, A., Arshad, A., Yap, C. K., Kamarudin, M. S. 2009. Gastropod assemblages as indicators of sediment metal contamination in mangroves of Dumai, Sumatra, Indonesia. *Water Air Soil Pollution*. 201:9 – 18.

Arntz, W. E., Gallardo, V. A., Gutierrez, D., Isla, E., Levin, L. A., Mendo, J., Neira, C., Rowe, G. T., Tarazona, J., Wolff, M. 2006. El Nino and similar perturbation effects on the benthos of the Humboldt, California, and Benguela Current upwelling ecosystems. *Advances in Geosciences*. 6: 243 – 265.

Ashton, E. C., Macintosh, D. J., Hogarth, P. J. 2003. A baseline study of the diversity and community ecology of crab and molluscan macrofauna in the Sematan mangrove forest, Sarawak, Malaysia. *Tropical Ecology*. 19(2): 127 – 142.

Ashton, E. C., Hogarth, P. J., Macintosh, D. J. 2003b. A comparison of brachyuran crab community structure at four mangrove locations under different management systems along the Melaka Straits-Andaman Sea Coast of Malaysia and Thailand. *Estuaries*. 26(6): 1461 – 1471.

Baldo, F., Garcia-Martin, S. F., Drake, P., Arias, A. M. 1999. Discrimination between disturbed coastal ecosystems by using macrobenthos at different taxonomic levels. *Boletin - Instituto Espanol de Oceanografia*. 15(1): 489 – 493.

Barlocher, F., Newell, S. Y. 1994. Growth of the salt marsh periwinkle *Littoraria irrorata* on fungal and cordgrass diets. *Marine Biology*. 118(1): 109 – 114.

Bertness, M. D., Yund, P. O., Brown, A. F. 1983. Snail grazing and the abundance of algal crusts on a sheltered New England rocky beach. *Experimental Marine Biology and Ecology*. 71: 147 – 164.

Boominathan, M., Ravikumar, G., Chandran, M. D. S., Ramachandra, T. V. 2012. Mangrove associated molluscs of India. In: *LAKE 2012: National Conference on Conservation and Management of Wetland Ecosystems*. 06th – 09th November 2012. Mahatma Gandhi University, Kottayam, Kerala – India.

Bouchet, P., Rocroi, J. 2005. Classification and nomenclator of gastropod families. *Malacologia*. 47(1-2): 1 – 397.

Bridgman, S. D. 1988. Chronic effects of 2,2'-Dichlorobiphenyl on reproduction, mortality, growth, and respiration of *Daphnia pulicaria*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 17(6): 731 – 740.

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

Buschbaum, C. 2000. Direct and indirect effects of *Littorina littorea* (L.) on barnacles growing on mussel beds in the Wadden Sea. *Hydrobiologia*. 440: 119 – 128.

Campoy-Diaz, A. D., Arribere, M. A., Guevara, S. R., Vega, I. A. 2018. Bioindication of mercury, arsenic and uranium in the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda, Ampullariidae): Bioconcentration and depuration in tissues and symbiotic corpuscles. *Chemosphere*. 196: 196 – 205.

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

Cernohorsky, W. O. 1972. *Marine Shells of The Pacific*. Vol. 2. Pacific Publications. Sydney. 411 pp.

Chapperon, C., Seuront, L. 2011. Behavioral thermoregulation in a tropical gastropod: Links to climate change scenarios. *Global Change Biology*. 17: 1740 – 1749.

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

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, J. T. 1998. Diet in *Littoraria*. *Hydrobiologia*. 378(1-3): 235 – 236.

- Collie, J. S., Hall, S. J., Kaiser, M. J., Poiner, I. R. 2000. A quantitative analysis of fishing impacts on shelf-sea benthos. *Animal Ecology*. 69(5): 785 – 798.
- Cribb, A. B. 1966. *The Algae of Heron Island, Great Barrier Reef, Australia. Part 1. General Account*. Univ. Old. Papers, Great Barrier Reef Committee, Heron Island Research Station 1. 1 – 23.
- Datta, S. N., Chakraborty, S. K., Jaiswar, A. K., Ziauddin, G. 2010. A comparative study on intertidal faunal biodiversity of selected beaches of Mumbai coast. *Environmental Biology*. 31(6): 981 – 986.
- Dauer, D. M. 1993. Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure. *Marine Pollution Bulletin*. 26(5): 249 – 257.
- de Castro, I. B., Meirelles, C. A. O., Matthews-Cascon, H., Fernandez, M. A. 2004. *Thais (Stramonita) rustica* (Lamarck, 1822) (Mollusca: Gastropoda: Thaididae), a potential bioindicator of contamination by organotin northeast Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*. 52(2): 135 – 139.
- Dharma, B. 1988. *Siput dan Kerang Indonesia (Indonesian Shells)*. Jakarta, Indonesia.
- Echem, R. T. 2017. Morphometric relations of gastropod species: *Nerita albicilla* and *Patella nigra*. *World News of Natural Sciences*. 7: 30 – 36.
- El-Sorogy, A., El Kammar, A., Ziko, A., Aly, M., Nour, H. 2013. Gastropod shells as pollution indicators, Red Sea coast, Egypt. *African Earth Sciences*. 87: 93 – 99.
- Engle, V. D., Summers, J. K., Gaston, G. R. 1994. A benthic index of environmental condition of Gulf of Mexico estuaries. *Estuaries*. 17(2): 372 – 384.
- 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.
- Field, C. D. 1998. Rehabilitation of mangrove ecosystems: An overview. *Marine Pollution Bulletin*. 37(8-12): 383 – 392.
- Foale, S. 1993. An evaluation of the potential of gastropod imposex as a bioindicator of tributyltin pollution in Port Phillip Bay, Victoria. *Marine Pollution Bulletin*. 26(10): 546 – 552.
- Frank, P. W. 1969. Growth rates and longevity of some gastropod mollusks on the coral reef at Heron Island. *Oecologia*. 2(2): 232 – 250.
- Frey, M. A. 2010. The relative importance of geography and ecology in species diversification: Evidence from a tropical marine intertidal snail (*Nerita*). *Biogeography*. 37: 1515 – 1528.
- Frouin, P. 2000. Effects of anthropogenic disturbances of tropical soft-bottom benthic communities. *Marine Ecology Progress Series*. 194: 39 – 53.
- George, A. D. I., Abowei, J. F. N., Alfred-Ockiya, J. F. 2010. The distribution, abundance and seasonality of benthic macro invertebrate in Okpoka Creek sediments, Niger Delta, Nigeria. *Applied Sciences Engineering and Technology*. 2(1): 11 – 18.
- Gumert, M. D., Malaivijitnond, S. 2012. Marine prey processed with stone tools by Burmese Long-Tailed Macaques (*Macaca fascicularis aurea*) in intertidal Habitats. *American Journal of Physical Anthropology*. 149(3): 447 – 457.
- Hall, C. M., Rhind, S. M., Wilson, M. J. 2009. The potential for use of gastropod molluscs as bioindicators of endocrine disrupting compounds in the terrestrial environment. *Environmental Monitoring*. 11(3): 491 – 497.
- Hamli, H., Idris, M. H., Hena, M. K. A., Wong, S. K., Arshad, A. 2013. Checklist and habitat descriptions of edible gastropods from Sarawak, Malaysia. *Fisheries and Aquatic Science*. 8(2): 412 – 418.
- Han, Y., Kwon, O., Cho, Y. 2015. A study of bioindicator selection for long-term ecological monitoring. *Ecology and Environment*. 38(1): 119 – 122.
- Harper, K. D., Williams, G. A. 2001. Variation in abundance and distribution of the chiton *Acanthopleura japonica* and associated molluscs on a seasonal, tropical, rocky shore. *Zoology*. 253(3): 293 – 300.
- Haryoardyantoro, S., Hartati, R., Widianingsih. 2013. Komposisi dan kelimpahan gastropoda di vegetasi mangrove Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Marine Research*. 2(2): 85 – 93.
- Hasniar, Litaay, M., Priosambodo, D. 2013. Biodiversitas gastropoda di padang lamun perairan Mara'bombang Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan. *Torani*. 23(3): 127 – 136.
- Haumahu, S., Uneputty, P. A. 2018. Morphometric variation of ten species of Nerita (Molluscs: Gastropods) in rocky intertidal zone of Oma Village, Central Moluccas, Eastern Indonesia. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 6(3): 276 – 280.
- Herbert, D. G., Hamer, M. L., Mander, M., Mkhize, N., Prins, F. 2003. Invertebrate animals as a component of the traditional medicine trade in KwaZulu-Natal, South Africa. *African Invertebrates*. 44(2): 1 – 18.
- Hughes, R. N. 1971. Notes on the Nerita (Archaeogastropoda) populations of Aldabra Atoll, Indian Ocean. *Marine Biology*. 9(4): 290 – 299.
- Imrie, D. W., McCrohan, C. R., Hawkins, S. J. 1990. Feeding behaviour in *Littorina littorea*: A study of the effects of ingestive conditioning and previous dietary history on food preference and rates of consumption. *Hydrobiologia*. 193(1): 191 – 198.
- Jaiswar, A. K., Kulkarni, B. G. 2002. Length-weight relationship of intertidal molluscs from Mumbai, India. *The Indian Fisheries Association*. 29: 55 – 63.
- Kalor, J. D., Dimara, L., Swabra, O. G., Paiki, K. 2018. Status kesehatan dan uji spesies indikator biologi ekosistem mangrove Teluk Yotefa Jayapura. *Biosfera*. 35(1): 1 – 9.
- Kattel, G., Cai, Y., Yang, X., Zhang, K., Hao, X., Wang, R., Dong, X. 2018. Potential indicator value of subfossil gastropods in assessing the ecological health of the middle and lower reaches of the Yangtze River floodplain system (China). *Geosciences*. 8(6): 1 – 19.
- Kon, K., Kurokura, H., Tongnunui, P. 2011. Influence of a microhabitat on the structuring of the benthic macrofaunal community in a mangrove forest. *Hydrobiologia*. 671: 205 – 216.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. University of British Columbia, Harper Collins Publishers, New York.
- Krijnen, C. 2002. The subgenera of the genus *Nerita* Linnaeus, 1758. *Gloria Maris*. 41: 38 – 69.
- Kristensen, E. 2008. Mangrove crabs as ecosystem engineers; with emphasis on sediment processes. *Sea Research*. 59(1-2): 30 – 43.
- Kronen, M., Tafleichig, A. 2008. Traditional rights and management of Yap's coastal fisheries and the role of fisherwomen. *SPC Women in Fisheries Information Bulletin*. 18: 21 – 25.
- Kumazawa, N. H., Kato, E., Takaba, T., Yokota, T. 1988. Survival of *Vibrio parahaemolyticus* in two gastropod molluscs, *Clithon retropictus* and *Nerita albicilla*. *The Japanese Journal of Veterinary Science*. 50(4): 918 – 924.
- Kurhe, A. R., Rodriguez, M. A., Dsuryawanshi, G. 2014. Vertical distribution and diversity of gastropods molluscs from intertidal habitats of the Ratnagiri coast Maharashtra, India. *International Research Journal of Natural and Applied Sciences*. 1(6): 1 – 13.
- Lancellotti, D. A., Stotz, W. B. 2004. Effects of shoreline discharge of iron mine tailings on a marine soft-bottom community in Northern Chile. *Marine Pollution Bulletin*. 48(3-4): 303 – 312.
- Lee, S. Y. 2008. Mangrove macrobenthos: Assemblages, services and linkages. *Sea Research*. 59(1-2): 16 – 29.
- Lee, O. H. K., Williams, G. A., Hyde, K. D. 2001. The diets of *Littoraria arduiniana* and *L. melanostoma* in Hong Kong mangroves. *Marine Biological Association of the United Kingdom*. 81(6): 967 – 973.
- Limaverde, A. M., Wagener, A. R. L., Fernandez, M. A., Scofield, A. L., Coutinho, R. 2007. *Stramonita haemastoma* as a bioindicator for organotin contamination in coastal environments. *Marine Environmental Research*. 64(3): 384 – 398.
- Lubchenco, J., Menge, B. A. 1978. Community development and persistence in a low rocky intertidal zone. *Ecological Monographs*. 48(1): 67-94.
- Macintosh, D. J., Ashton, E. C., 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.

- Mandura, A. S., Saifullah, S. M., Khafaji, A. K. 1987. Mangrove ecosystem of Southern Red Sea Coast of Saudi Arabia. *Proceeding of Saudi Biological Society*. 10: 165 – 193.
- Manoj, K., Padhy, P. K., Chaudhury, S. 2012. Study of heavy metal contamination of the river water through index analysis approach and environmetrics. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*. 1(10): 7 – 15.
- Marshall, D. J., Rezende, E. L., Baharuddin, N., Choi, F., Helmuth, B. 2015. Thermal tolerance and climate warming sensitivity in tropical snails. *Ecology and Evolution*. 5(24): 5905 – 5919.
- McGeoch, M. A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*. 73: 181 – 201.
- Metcalf, K. N., Glasby, C. J. 2008. Diversity of Polychaeta (Annelida) and other worm taxa in mangrove habitats of Darwin Harbour, Northern Australia. *Sea Research*. 59(1-2): 70 – 82.
- Mileikovsky, S. A. 1975. Types of larval development in Littorinidae (Gastropoda: Prosobranchia) of the world ocean, and ecological patterns of their distribution. *Marine Biology*. 30(2): 129 – 135.
- Mujiono, N. 2009. Mudwhelks (Gastropoda: Potamididae) from mangroves of Ujung Kulon National Park, Banten. *Biologi*. 13(2): 51 – 56.
- Nagelkerken, I., Blaber, S. J. M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L. G., Meynecke, J. O., Pawlik, J., Penrose, H. M., Sasekumar, A., Somerfield, P. J. 2008. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*. 89(2): 155 – 185.
- Nair, I. V., Singh, K., Arumugam, M., Gangadhar, K., Clarson, D. 2010. Trace metal quality of Meenachilriver at Kottayam, Kerala (India) by principal component analysis. *World Applied Sciences Journal*. 9(10): 1100 – 1107.
- Nazim, K., Ahmed, M., Khan, M. U., Shaukat, S. S., Khokhar, A., Durrani, A. T. H. 2015. Population distribution of mollusks in mangrove forests, Pakistan. *FUUAST Journal of Biology*. 5(1): 37 – 41.
- Neil, K. M. 2001. Microhabitat segregation of co-existing gastropod species. *The Veliger*. 44: 294 – 300.
- Nontji, A. 2001. *Laut Nusantara*. Djambatan. Ed rev, Cetakan 5. Jakarta. 300 hal.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia, Pennsylvania.
- Pagliosa, P. R., Barbosa, F. A. R. 2006. Assessing the environment – Benthic fauna coupling in protected and urban areas of Southern Brazil. *Biological Conservation*. 129(3): 408 – 417.
- Pagliosa, P. R., Oortman, M. S., Rovai, A. S., Soriano-Sierra, E. J. 2016. Is mangrove planting insufficient for benthic macrofaunal recovery when environmental stress is persistent?. *Ecological Engineering*. 95: 290 – 301.
- Pawar, P. R. 2012. Molluscan diversity in mangrove ecosystem of Uran (Raigad), Navi Mumbai, Maharashtra, West coast of India. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*. 1(6): 55 – 59.
- Pearson, T. H., Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and marine biology*. 16: 229 – 311.
- Petratis, P. S. 1983. Grazing patterns of the Periwinkle and their effect on sessile intertidal organisms. *Ecology*. 64(3): 522-533.
- Poloczanska, E. S., Smith, S., Fauconnet, L., Healy, J., Tibbetts, I. R., Burrows, M. T., Richardson, A. J. 2011. Little change in the distribution of rocky shore faunal communities on the Australian east coast after 50 years of rapid warming. *Experimental Marine Biology and Ecology*. 400: 145-154.
- Ponnusamy, K., Munilkumar, S., Das, S., Verma, A., Venkitesan, R., Pal, A. K. 2016. Shellfish resources around Madras Atomic Power Station Kalpakkam, Southeast India. *Asia-Pacific Biodiversity*. 10(1): 118 – 123.
- Pravinkumar, M., Murugesan, P., Prakash, R. K., Elumalai, V., Viswanathan, C., Raffi, S. M. 2013. Benthic biodiversity in the Pichavaram mangroves, Southeast Coast of India. *Oceanography and Marine Science*. 4(1): 1 – 11.
- Price, A. R. G., Medley, P. A. H., McDowall, R. J., Dawson-Shepherd, A. R., Hogarth, P. J., Ormond, R. F. G. 1987. Aspects of mangal ecology along the Red Sea coast of Saudi Arabia. *Natural History*. 21(2): 449 – 464.
- Rahman, S., Barkati, S. 2012. Spatial and temporal variations in the species composition and abundance of benthic molluscs along 4 rocky shores of Karachi. *Turkish Journal of Zoology*. 36(3): 291 – 306.
- Rainio, J., Niemela, J. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*. 12: 487-506.
- Reguera, P., Couceiro, L., Fernandez, N. 2018. A review of the empirical literature on the use of limpets *Patella* spp. (Mollusca: Gastropoda) as bioindicators of environmental quality. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 148: 593 – 600.
- Reid, D. G. 1984. *The Systematics and Ecology of The Mangrove-Dwelling Littoraria Species (Gastropoda: Littorinidae) in The Indo-Pacific*. Ph.D. Thesis. James Cook University of North Queensland.
- 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.
- Reid, D. G. 1986. *The Littorinid Molluscs of Mangrove Forests in the Indo-Pacific Region: The Genus Littoraria*. British Museum (Natural History), London.
- Ritter, C., Montagna, P. A. 1999. Seasonal hypoxia and models of benthic response in a Texas Bay. *Estuaries*. 22(1): 7 – 20.
- Roy, K., Collins, A. G., Becker, B. J., Begovic, E., Engle, J. M. 2003. Anthropogenic impacts and historical decline in body size of rocky intertidal gastropods in Southern California. *Ecology Letters*. 6: 205 – 211.
- Salmo, S. G., Tibbetts, I., Duke, N. C. 2017. Colonization and shift of mollusc assemblages as a restoration indicator in planted mangroves in the Philippines. *Biodiversity and Conservation*. 26(4): 865 – 881.
- Saravanakumar, A., Serebiah, J. S., Thivakaran, G. A., Rajkumar, M. 2007. Benthic macrofaunal assemblage in the arid zone mangroves of Gulf of Kachchh – Gujarat. *Ocean University of China (Oceanic and Coastal Sea Research)*. 6(3): 303 – 309.
- Sarong, M. A., Mursawal, A. 2016. Analisis morfologi cangkang Neritidae di ekosistem mangrove Sungai Reuleung Leupung Kabupaten Aceh Besar. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 3(1): 25 – 30.
- Sasaki, T. 2001. Macro-and microstructure of shell and operculum in two recent gastropod species, *Nerita (Theliostyla) albicilla* and *Cinnalepeta pulchella* (Neritopsina: Neritoidea). *Paleontological Research*. 5(1): 21 – 31.
- Sasekumar, A. 1974. Distribution of macrofauna on a Malayan mangrove shore. *Animal Ecology*. 43(1): 51 – 69.
- Schulte-Oehlmann, U., Bettin, C., Fioroni, P., Oehlmann, J., Stroben, E. 1995. *Marisa cornuarietis* (Gastropoda, prosobranchia): A potential TBT bioindicator for freshwater environments. *Ecotoxicology*. 4(6): 372 – 384.
- Sheaves, M., Molony, B. 2000. Short-circuit in the mangrove food chain. *Marine Ecology Progress Series*. 199: 97 – 109.
- Silaen, I. F., Hendarto, B., Supardjo, M. N. 2013. Distribusi dan kelimpahan gastropoda pada hutan mangrove Teluk Awur Jepara. *Management of Aquatic Resources*. 2(3): 93 – 103.
- Smith, T. J. 1987. Seed predation in relation to tree dominance and distribution in mangrove forests. *Ecology*. 68(2): 266 – 273.
- Smith, T. J., Boto, K. G., Frusher, S. D., Giddins, R. L. 1991. Keystone species and mangrove forest dynamics: The influence of burrowing by crabs on soil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 33(5): 419 – 432.
- Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological Methods*. London, Inggris.
- Stroben, E., Oehlmann, J., Fioroni, P. 1992. *Hinia reticulata* and *Nucella lapillus*: Comparison of two gastropod tributyltin bioindicators. *Marine Biology*. 14(2): 289 – 296.
- Suratissa, D. M., Rathnayake, U. S. 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(2): 192 – 198.

- Suyadi. 2009. Kondisi hutan mangrove di Teluk Ambon: Prospek dan tantangan. *Berita Biologi*. 9(5): 481 – 490.
- Sze, P. 1993. *A Biology of The Algae: Second Edition*. W.M.C. Brown Publisher. 258 p.
- Tan, S. K., Clements, R. 2008. Taxonomy and distribution of the Neritidae (Mollusca: Gastropoda) in Singapore. *Zoological Studies*. 47(4): 481 – 494.
- Tan, K. S., Kastoro, W. W. 2004. A small collection of gastropods and bivalves from the Anambas and Natuna Islands, South China Sea. *The Raffles Bulletin of Zoology*. 11: 47 – 54.
- Tan, S. K., Yeo, R. K. H. 2010. The intertidal molluscs of Pulau Semakau: Preliminary results of “Project Semakau”. *Nature in Singapore*. 3: 287 – 296.
- Teal, J. M., Weishar, L. 2005. Ecological engineering, adaptive management, and restoration management in Delaware Bay salt marsh restoration. *Ecological Engineering*. 25(3): 304 – 314.
- Thouzeau, G., Robert, G., Ugarte, R. 1991. Faunal assemblages of benthic megainvertebrates inhabiting sea scallop grounds from eastern Georges Bank, in relation to environmental factors. *Marine Ecology Progress Series*. 74(1): 61 – 82.
- Tokeshi, M., Ota, N., Kawai, T. 2000. A comparative study of morphometry in shell-bearing molluscs. *Zoology London*. 251: 31 – 38.
- 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.
- Tupan, C. I. 2009. Tingkah laku pergerakan gastropoda *Littorina scabra* pada pohon mangrove *Sonneratia alba* di perairan pantai Tawiri, Pulau Ambon. *Triton*. 5(1): 28 – 33.
- Voltolina, D., Sacchi, C. F. 1990. Field observations on the feeding habits of *Littorina scutulata* Gould and *L. sitkana* Philippi (Gastropoda, Prosobranchia) of Southern Vancouver Island (British Columbia, Canada). *Hydrobiologia*. 193(1): 147 – 154.
- Warwick, R. M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*. 92(4): 557 – 562.
- Warwick, R. M., Ashman, C. M., Brown, A. R., Clarke, K. R., Dowell, B., Hart, B., Lewis, R. E., Shillabeer, N., Somerfield, P. J., Tapp, J. F. 2002. Inter-annual changes in the biodiversity and community structure of the macrobenthos in Tees Bay and the Tees Estuary, UK, associated with local and regional environmental events. *Marine Ecology Progress Series*. 234: 1 – 13.
- Weaver, J. C. 1995. Indicator species and scale of observation. *Conservation Biology*. 9: 939 – 942.
- Wei-dong, H., Jin-ke, L., Xiu-Ling, H., Ying-Ya, C., Fu-liang, Y., Li-qiang, X., Ning, Y. 2003. Shellfish and fish biodiversity of mangrove ecosystems in Leizhou Peninsula, China. *Coastal Development*. 7(1): 21 – 29.
- Wilson, K. A. 1989. Ecology of mangrove crabs: Predation, physical factors and refuges. *Bulletin of Marine Science*. 44(1): 263 – 273.
- Wolf, H. D., Rashid, R. 2008. Heavy metal accumulation in *Littoraria scabra* along polluted and pristine mangrove areas of Tanzania. *Environmental Pollution*. 152(3): 636 – 643.
- Wolf, H. D., Ulomi, S. A., Backeljau, T., Pratap, H. B., 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.
- Xinwei, C., Lizhe, C., Xiping, Z., Yiyong, R. 2017. Geographical variation in oligochaete density and biomass in subtropical mangrove wetlands of China. *Ocean University of China (Oceanic and Coastal Sea Research)*. 16(5): 925 – 931.
- Xiping, Z., Lizhe, C., Sujing, F. 2015. Comparison of meiofaunal abundance in two mangrove wetlands in Tong'an Bay, Xiamen, China. *Ocean University of China (Oceanic and Coastal Sea Research)*. 14(5): 816 – 822.
- Yap, C. K., Edward, F. B., Tan, S. G. 2014. Concentrations of heavy metals in different tissues of the bivalve *Polymesoda erosa*: Its potentials as a biomonitor and food safety concern. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. 37(1): 19 – 38.
- Yekta, F. A., Kiabi, B., Mohammadreza, S., Ardalan, A. A. 2012. Abundance and species richness of intertidal gastropods in Qeshm Island, the Persian Gulf, before and after Cyclone Gonu (2007-2008). *The Persian Gulf*. 3(9): 25 – 31.
- Yolanda, R., Syaifullah, S., Nurdin, J., Febriani, Y., Muchlisin, Z. A. 2015. Diversity of gastropods (mollusc) in the mangrove ecosystem of the Nirwana Coast, Padang City, West Sumatra, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation*. 8(5): 687 – 693.
- Zhao, X., Zheng, M., Liang, L., Zhang, Q., Wang, Y., Jiang, G. 2005. Assessment of PCBs and PCDD/Fs along the Chinese Bohai sea coastline using mollusks as bioindicators. *Environmental Contamination and Toxicology*. 49(2): 178 – 185.
- Zou, F., Zhang, H., Dahmer, T., Yang, Q., Cai, J., Zhang, W., Liang, C. 2008. The effects of benthos and wetland area on shorebird abundance and species richness in coastal mangrove wetlands of Leizhou Peninsula, China. *Forest Ecology and Management*. 255(11): 3813 – 3818.
- Zvonareva, S., Kantor, Y., Li, X., Britayev, T. 2015. Long-term monitoring of gastropoda (mollusca) fauna in planted mangroves in Central Vietnam. *Zoological Studies*. 54(39): 1 – 16.