



Kompleksitas Biodiversitas Habitat Gastropoda dan Mangrove Pada *Patch* Lokal

Faizal Kasim^{1,*}, Miftahul Khair Kadim¹, & Mansyur Abukasim²

¹Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia,

²Program Sarjana, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia.

E-mail: faizalkasim@ung.ac.id

Submitted 9 May 2022. Reviewed 2 August 2022. Accepted 17 October 2022.

DOI: [10.14203/oldi.2022.v7i2.400](https://doi.org/10.14203/oldi.2022.v7i2.400)

Abstrak

Biodiversitas memiliki hubungan positif dengan kompleksitas habitat dalam konsep ekologis. Keragaman dan kekayaan spesies akan bertambah sejalan dengan meningkatnya variasi dalam struktur habitat. Studi ini bermaksud mengetahui mekanisme ini secara lokal. Berdasarkan variasi struktural *patch*, pengaruh kompleksitas biodiversitas gastropoda berasosiasi dengan mangrove diuji menggunakan indikator indeks ekologis. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk 1) mengetahui variasi struktural *patch* yang membedakan kompleksitas habitat untuk mangrove dan gastropoda, 2) mengungkapkan pengaruh variasi struktur habitat pada kompleksitas keanekaragaman hayati dalam *patch* yang dievaluasi dari pola indeks ekologis gastropoda dan mangroves. Hasil menunjukkan bahwa perbedaan struktur habitat di antara *patch* terdiri dari ukuran *patch* dan jenis substrat untuk kompleksitas biodiversitas mangrove. Struktur mangrove adalah variasi tambahan untuk kedua variabel ketika mempertimbangkan kompleksitas biodiversitas gastropoda. Secara umum, pola indeks dapat mengidentifikasi mekanisme kompleksitas struktural tersebut. Penelitian ini telah menunjukkan bagaimana kinerja indeks ekologi mengungkapkan pengaruh dari variasi struktural yang berkontribusi pada kompleksitas di antara *patch* yang dievaluasi secara lokal di area mangrove Desa Kramat.

Kata Kunci: Gastropoda mangrove, Kompleksitas biodiversitas, indeks Margalef, indeks Pielou, indeks Sørensen.

Abstract

Habitat complexity of the gastropods and mangroves among local patches. Biodiversity has a positive relationship with the complexity of habitat in ecological concepts. Species diversity and richness will be higher in line with increasing variations in habitat structure. This study intends to know this mechanism locally. Based on structural variations of patches, the effects of biodiversity complexity of gastropods associated with mangroves were tested using ecological index indicator. Specifically, the study aims to 1) know the structural variation of the patches that distinguished the habitat complexity for mangroves and gastropods, 2) reveal the effects of habitat structural variations on biodiversity complexity in patches evaluated of the ecological index patterns of gastropods and mangroves. The result showed that the difference in habitat structure among patches consists of patch size and type of substrate for mangrove biodiversity complexity. The mangrove structure was the added variation for both variables when

considering the gastropods biodiversity complexity. Generally, the index pattern can identify the mechanism of those structural complexities. This research has demonstrated how the ecology index performance reveals the effect of contributed structural variation on the complexity among the patch evaluated locally in Kramat village's mangrove area.

Keywords: Mangrove gastropods, Biodiversity complexity, Margalef index, Pielou index, Sørensen index.

Pendahuluan

Filum Moluska adalah salah satu komponen biotik penyusun keanekaragaman komunitas biotik di lingkungan hutan mangrove (Zvonareva & Kantor, 2016). Gastropoda merupakan kelompok dominan dari moluska yang berperan ekologis penting dalam struktur dan fungsi ekosistem mangrove. Kelompok taksa ini merupakan komponen mata rantai dalam transfer energi bahan organik mangrove ke tingkatan trofik ketiga; konsumen seperti ikan dan burung (Kabir et al., 2014). Kompleksitas struktural, heterogenitas habitat dan ketersediaan makanan adalah faktor kunci yang mengatur pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup berbagai spesies gastropoda, yang menghasilkan keragaman dan pola kelimpahan mereka di berbagai habitat (Pandey et al., 2018). Makin kompleks habitat makin tinggi keragaman dan kelimpahan gastropoda (Carvalho et al., 2017; Azmin et al., 2022).

Banyak penelitian melaporkan hubungan positif antara kompleksitas habitat dengan kelimpahan dan kekayaan taksonomi, menyiratkan bahwa penyederhanaan struktural yang dihasilkan dari perusakan habitat adalah faktor penting dalam kehilangan biodiversitas di seluruh dunia. Demikian juga, degradasi mangrove, yang sedang berlangsung dalam skala lokal dan global, dapat menjadi ancaman bagi biodiversitas dalam ekosistem mangrove (Pawar, 2012; St. Pierre & Kovalenko, 2014). Degradasi juga menyebabkan gangguan dan kerusakan lingkungan sekitar yang akan mempengaruhi kesesuaian hutan mangrove sebagai habitat fauna asosiatif seperti gastropoda (Ario et al., 2015; Laraswati et al., 2020; Laily et al., 2022). Kebutuhan untuk mengevaluasi hubungan antara pengembangan mangrove dan kumpulan gastropoda adalah aspek yang relevan dengan program pelestarian mangrove (Yadav et al., 2019; Wang et al., 2021). Oleh karena itu, ketersediaan data (*baseline*) dari struktur biodiversitas komunitas gastropoda, sebagai salah satu parameter biologis menjadi penting dalam rehabilitasi mangrove (Zallesa et al., 2020), dan

merupakan kebutuhan penting untuk perlindungan dan pelestarian mangrove.

Penelitian biodiversitas gastropoda terkait dengan kondisi mangrove di Indonesia cukup banyak. Namun, laporan penelitian yang relevan dari dua komunitas di Desa Kramat masih sedikit. Misalnya, Damanik (2010) dan Daulima et al. (2021) menyatakan bahwa alih fungsi lahan karena kegiatan antropogenik telah menyebabkan kerusakan dan berkurangnya kawasan. Rawena et al. (2020) melaporkan bahwa area hutan mangrove di Desa Kramat saat ini sekitar 11,80 Ha. Di sisi lain, daerah pesisir Desa Kramat dan desa-desa pesisir lainnya di Kabupaten Boalemo adalah salah satu daerah penyebaran hutan mangrove di pesisir Teluk Tomini yang sangat penting untuk asosiasi fauna seperti gastropoda (Sianu et al., 2014; Lasalu et al., 2015; Abukasim et al., 2022).

Menurut Thistle et al. (2010), terdapat hubungan antara kuantifikasi heterogenitas bentuk habitat yang membentuk distribusi dan kelimpahan organisme dengan variabel lingkungan, termasuk fraktal dan struktur biotik. Kovalenko et al. (2012), mengamatinya melalui kompleksitas habitat untuk memberikan petunjuk tentang informasi itu. Terlepas dari pengaruh nyata dari kompleksitas habitat pada kelimpahan dan keragaman kumpulan biotik, pemahaman mengenai pengaruh tersebut masih terbatas terutama terkait tentang atribut struktural mana dalam pengaruh tersebut yang menjadi respon penting fauna (Pierre & Kovalenko, 2014). Dalam pengetahuan kami, informasi tentang struktur biodiversitas gastropoda dan hutan mangrove pada habitat lokal terkait dengan kompleksitas *patch* masih sangat minim dan menarik untuk diselidiki. Studi ini melihat kemungkinan pengaruh mekanisme semacam itu melalui penggunaan indeks ekologis. Indeks untuk mengungkapkan kompleksitas struktur biodiversitas dari kedua komunitas di Desa Kramat dievaluasi di antara *patch* berbeda yang mewakili struktur habitat berbeda.

Studi ini menggunakan indeks ekologis untuk mengidentifikasi pengaruh variasi struktural pada kompleksitas biodiversitas gastropoda dan

mangrove di antara *patch* yang berbeda di Desa Kramat, Kecamatan Mananggu, provinsi Gorontalo. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk 1) mengetahui variasi struktural *patch* yang membedakan kompleksitas habitat untuk mangrove dan gastropoda, selanjutnya 2) mengungkapkan pengaruh variasi struktur habitat pada kompleksitas keanekaragaman hayati dalam *patch* yang dievaluasi dari pola indeks ekologis gastropoda dan mangrove. Penelitian ini diharapkan bisa bermanfaat dalam menyediakan *baseline* kedua komunitas terkait perlindungan sumberdaya hayati di kawasan pesisir Selatan wilayah Provinsi Gorontalo.

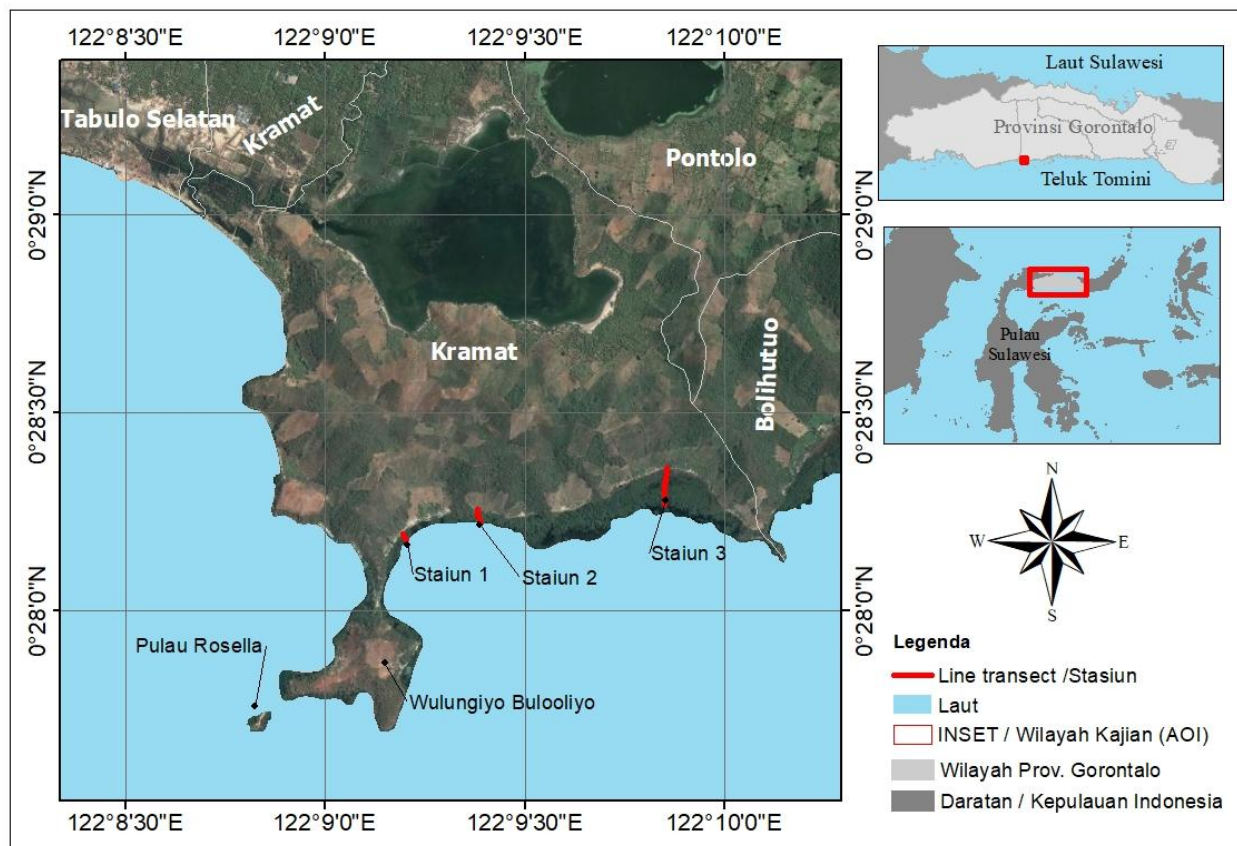
Metodologi

Penelitian dilakukan menggunakan metode kuadran dan *line transect* melalui kegiatan survei lapang. Penentuan *line transect* dan pembuatan

kuadran untuk pengambilan sampel pada stasiun pengamatan berbeda, ditentukan secara *purposive* pada tiga *patch* mewakili pengamatan struktural habitat. Pengamatan perbedaan struktural utama tersebut didasarkan atas lebar sabuk mangrove yang mewakili ukuran *patch* luas, kecil dan sedang. Dari pengamatan struktural utama tersebut, keberadaan variabel lain yang signifikan di setiap *patch* merupakan tambahan variasi struktural yang dievaluasi dalam penelitian ini sebagai kontributor kompleksitas di tiap *patch*.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di kawasan mangrove Desa Kramat, Kecamatan Mananggu, Kabupaten Boalemo, Provinsi Gorontalo. Lokasi penelitian terletak pada koordinat 122° 9' 12.629" – 122° 9' 51.906" Bujur Timur dan 0° 28' 9.53" – 0° 28' 22.052" Lintang Utara (Gambar 1). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan Oktober 2021.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (sumber: Google Earth, dengan modifikasi).
Figure 1. Location of Research (source: Google Earth, with modification).

Lokasi sampling ditentukan dengan metode *purposive sampling* (Gambar 1). Stasiun

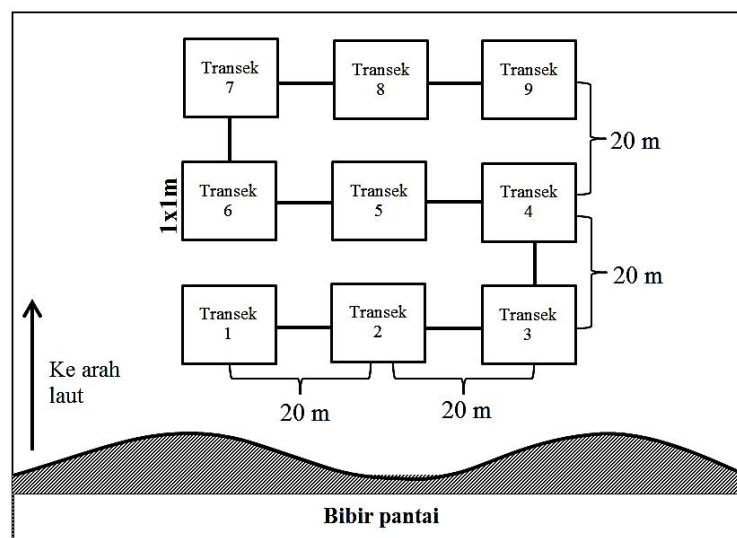
pengamatan ditetapkan berdasarkan tiga kategori, yaitu : 1) stasiun 1 merupakan zona tangkapan

siput Gonggong di hamparan padang lamun yang tidak banyak aktivitas masyarakat, 2) stasiun 2 merupakan zona tangkapan siput Gonggong di hamparan padang lamun dengan aktivitas masyarakat relatif sedang, dan 3) stasiun 3 merupakan zona tangkapan siput Gonggong di hamparan padang lamun dan terdapat vegetasi mangrove.

Metode sampling dilakukan dengan metode transek kuadrat mengacu pada Fachrul (2007). Transek kuadrat dibuat tegak lurus dari bibir pantai ke arah laut. Sebanyak sembilan transek kuadrat masing-masing berukuran 1x1 m² dibuat di setiap stasiun dengan jarak antara transek 20 m². Sampel siput Gonggong diambil pada saat surut rendah secara manual dengan tangan pada

sembilan transek kuadrat. Sampling dilakukan dengan tiga kali ulangan pada waktu pagi, siang dan sore hari dalam rentang waktu 12 jam.

Pengukuran kualitas perairan dilakukan pada saat air pasang dengan tiga kali ulangan di setiap stasiun. Parameter kualitas fisika dan kimia yang diukur adalah kecepatan arus, suhu, tekstur substrat, pH, oksigen terlarut (DO), salinitas dan TOM (*total organic matter*) substrat. Hasil pengukuran parameter kualitas perairan dibandingkan dengan ketentuan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup (Kepmen LH) No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut.



Gambar 2. *Layout* transek pengambilan sampel siput Gonggong.
Figure 2. Dog conch sampling transect layout.

Pengumpulan Data dan Survei.

Pengumpulan data bentuk dan luas habitat berupa *patch* mangrove dilakukan dengan teknik digitasi layar (*screen digitation*) pada data citra *Geoeye* bersumber dari Google berakuisisi 19 Agustus 2021. Survei pengamatan sampel gastropoda dan mangrove pada tiap *patch* menggunakan kuadran/plot berukuran 5 x 5 meter dengan jarak interval antar kuadran 10 meter. Masing-masing kuadran dibuat dalam tiap *line transect* yang ditarik tegak lurus terhadap garis pantai ke arah daratan (formasi depan hingga formasi belakang mangrove). Pengumpulan data parameter lingkungan *in situ* mencakup pH substrat, salinitas air, dan suhu air dalam tiap kuadran berturut-turut menggunakan pH meter, *hand refractometer*, dan termometer. Adapun jenis substrat dilakukan secara pengamatan visual.

Survei, Penanganan Sampel, dan Identifikasi Spesies Gastropoda

Objek penelitian ini yaitu jenis gastropoda yang ditemukan pada permukaan atau menempel (*epifauna* dan *epi treefauna*) pada tegakan mangrove (akar, batang dan daun) dalam tiap kuadran. Pengamatan sampel dibatasi pada ketinggian 0 – 2 meter di atas substrat. Tiap sampel yang dijumpai dilakukan *visual encounter* berdasarkan kesamaan ciri morfologi cangkang, serta masing-masing lokasi ditemukannya setiap individu gastropoda. Untuk kebutuhan dokumentasi dan identifikasi tiap spesies, representasi sampel dibuatkan spesimen, dikoleksi ke dalam kantung sampel, diawetkan menggunakan larutan alkohol 70%, dan diberi label. Identifikasi gastropoda berdasarkan

morfologi dan cangkang merujuk pada FAO Volume 1 (1998), Abbott & Dance (1982), Tapilatu & Pelasula (2012), dan Islamy & Hasan (2020). Adapun identifikasi mangrove mengacu pada Noor et al. (1999); Kasim et al. (2018, 2019).

Analisis Data Gastropoda

Analisis data indikator diversitas gastropoda, meliputi: kelimpahan spesies, dominansi dan keanekaragaman spesies, kekayaan dan keseragaman spesies, serta kesamaan komunitas. Kelimpahan spesies yang menggambarkan jumlah individu antar spesies dalam area pengamatan dianalisis berdasarkan formula, (Soegianto, 1994):

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

Dengan,

K = Kelimpahan spesies,

N_i = Jumlah individu sampel tiap spesies,

A = Total luas area pengamatan (kuadran)

Dominansi spesies sebagai indikator penguasaan suatu spesies dalam komunitas, dianalisis menggunakan formula indeks dominansi Simpson, sedangkan keanekaragaman spesies dihitung berdasarkan rumus indeks keanekaragaman Shannon-Weaner. Keduanya dikutip dari Odum (1993), sebagai berikut:

$$C = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

dan

$$H' = - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Dengan,

C = indeks dominansi Simpson,

H' = indeks keanekaragaman Shannon-Weaner,

N_i = jumlah individu sampel tiap spesies,

N = total individu sampel seluruh spesies

Indeks dominansi Simpson selanjutnya dibedakan atas kriteria: $0 < C < 0.5$ = Tidak ada spesies dominan dalam komunitas; dan $0.5 > C > 1$ = Terdapat spesies dominan dalam komunitas. Keanekaragaman dikategorikan sebagai berikut: $H' < 1,0$ = Keanekaragaman spesies rendah; $1,0 < H' < 3$ = Keanekaragaman spesies sedang; $H' > 3$ = Keanekaragaman spesies tinggi (Odum, 1993).

Kekayaan spesies dianalisis menggunakan indeks kekayaan spesies *Margalef* sedangkan

keseragaman spesies di dalam komunitas dianalisis dengan indeks keseragaman *Pielou*. Keduanya diformulasikan merujuk pada Aji & Widyastuti (2017):

$$d = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

dan

$$E = \frac{H'}{H'_{max}}$$

dimana

$$H'_{max} = \ln S$$

Dengan,

d = *Margalef's species richness index*,

S = total jumlah spesies tercatat dalam sampel,

N = jumlah total individu sampel seluruh spesies,

E = *Pielou's evenness index*,

H' = nilai dari indeks keanekaragaman Shannon-Weaner

Kriteria indeks kekayaan spesies *Margalef* sebagai berikut: $d < 2.5$ = Komunitas dengan kekayaan spesies rendah; $2.5 > d > 4$ = Tingkat kekayaan spesies dalam komunitas sedang; dan $d > 4$ = Tingkat kekayaan spesies komunitas bersangkutan tinggi. Kriteria indeks keseragaman *Pielou* sebagai berikut: $E < 0,31$ = tingkat pemerataan spesies dalam komunitas bersangkutan rendah, $0,31 > E > 1$ = tingkat pemerataan spesies dalam komunitas tersebut sedang, dan $E > 1$ = tingkat pemerataan spesies dalam komunitas yang tinggi.

Perbandingan kesamaan jenis komunitas gastropoda antar stasiun pengamatan dianalisis menggunakan *Sørensen similarity index* merujuk pada Odum (1993):

$$S = \frac{2C}{A + B} \times 100\%$$

Dengan,

S = *Sørensen similarity index* antar dua lokasi yang diperbandingkan,

A = jumlah spesies lokasi pertama (stasiun) dari dua lokasi yang diperbandingkan,

B = jumlah spesies lokasi kedua (stasiun) dari dua lokasi yang diperbandingkan,

C = jumlah spesies yang sama dari kedua lokasi diperbandingkan,

Indikator kesamaan komunitas selanjutnya dibedakan atas kriteria: 1-30% = kategori rendah, 31-60% = kategori sedang, 61-91% : kategori tinggi, >91% = kategori sangat tinggi (Odum, 1993).

Analisis pengaruh struktur habitat terhadap ukuran diversitas, berupa nilai indeks ekologi komunitas gastropoda dan mangrove antar stasiun, menggunakan elemen grafik *trendline* dan koefisien determinasi regresi (*R-square*) pada perangkat MS Excel. Kompleksitas struktural antar *patch* sebagai fokus penelitian ini mengacu pada McCoy & Bell (1991), Beck (2000), St. Pierre & Kovalenko. (2014), dan Torres-Pulliza et al. (2020). Dalam paradigma ekologi, umum diketahui bahwa habitat yang kompleks secara struktural cenderung mengandung lebih banyak spesies dan kelimpahan total lebih tinggi daripada habitat sederhana. Di lain pihak, sesuai prinsip paradigma ekologi, kekayaan spesies dan kepadatan relung akan meningkat dengan bertambahnya kompleksitas dari skala luas area dan luas permukaan habitat (Torres-Pulliza et al., 2020). Dengan prinsip tersebut pengaruh struktur utama, yaitu lebar *patch* habitat terhadap ukuran diversitas (nilai indeks) kedua komunitas dalam penelitian ini di Desa Kramat, diamati berdasarkan signifikansi (nilai *R-square*) masing-masing nilai indeks dalam membentuk pola linier (*trendline*) pada ketiga *patch*. Dengan pendekatan tersebut, kontribusi pengaruh variasi struktural lain terhadap kompleksitas habitat dalam tiap *patch*, diasumsikan bisa diamati pula pada nilai

signifikansi (nilai *R-square*) dari korelasi masing-masing indeks membentuk variasi dalam pola linieritas pada tiap *patch*.

Hasil

Lokasi penelitian kawasan mangrove tersebar secara sempit di sebelah Timur Tanjung Wulungiyo Bulooliyo dan sebelah Selatan wilayah pesisir Desa Kramat. Area ini memiliki ciri utama perbukitan dan alih fungsi lahan aktivitas antropogenik berupa pembukaan ladang oleh masyarakat pada formasi belakang kawasan mangrove (Gambar 1).

Variasi Struktur Patch yang Membentuk Biodiversitas Gastropoda dan Mangrove di Desa Kramat

Tabel 1 menyajikan perbandingan struktur habitat utama ukuran *patch* bagi gastropoda pada kawasan mangrove di ketiga stasiun. Ketiga *patch* memiliki lebar sabuk antara 15 – 211 m. Panjang *line transect* pengamatan struktura ukuran *patch* pada tiap stasiun tersebut adalah: ~32 m (Stasiun 1) untuk mewakili *patch* kecil, ~64 m (Stasiun 2) mewakili *patch* sedang, dan ~201 m (Stasiun 3) mewakili *patch* besar.

Tabel 1. Perbandingan struktur habitat antar stasiun.

Table 1. The comparison of the inter-station's habitat structure.

Station	Mangroves belt (m)	Average Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	Substrate	Mangroves species	Vegetation condition
1	15-41	28	32	6	Muds	<i>B. gymnorrhiza</i> <i>C. tagal</i> <i>R. mucronata</i> <i>R. stylosa</i>	Dominant tree over sapling
2	25 -79	28	33.25	6	Sandy mud	<i>B. gymnorrhiza</i> <i>C. decandra</i> <i>R. mucronata</i> <i>R. stylosa</i>	Dominant sapling over tree
3	41 - 211	29	31.36	6	Mud, and Muddy sand	<i>B. gymnorrhiza</i> <i>B. parviflora</i> <i>C. decandra</i> <i>R. mucronata</i> <i>R. stylosa</i> <i>S. alba</i>	Dominant sapling over tree

Substrat pada tiap stasiun ditemukan berbeda. Perbedaan jenis substrat tersebut merupakan variasi struktural lainnya antar stasiun.

Di lain pihak, kisaran parameter lingkungan berupa rerata suhu dan salinitas substrat perairan pada tiap transek ditemukan relatif homogen.

Sehingga dalam penelitian ini, kondisi tersebut dikecualikan dari variasi struktur *patch* yang membedakan ketiga stasiun.

Dari tujuh spesies kekayaan mangrove, Station 3 memiliki kekayaan tertinggi (enam spesies), dengan komposisi yang didominasi oleh kategori pancang, sama seperti pada Stasiun 2. Sementara, Stasiun 1 memiliki kekayaan spesies mangrove lebih rendah yang sama dengan Stasiun 2 (empat spesies), namun didominasi oleh kategori pohon. Kedua kategori struktur vegetasi dibedakan atas bentuk tegakkan, yaitu pancang (diameter tegakan kurang dari 10 cm) dan pohon sebaliknya (diameter ≥ 10 cm). Berdasarkan kondisi struktural tersebut (Tabel 1), variasi struktur habitat dari ketiga stasiun untuk

mangrove dibedakan atas lebar sabuk dan jenis substrat. Di lain pihak, dengan adanya perbedaan struktur vegetasi mangrove antar stasiun tersebut. Maka, variasi struktural *patch* untuk gastropoda bertambah dengan perbedaan struktur vegetasi mangrove (jenis mangrove dan komposisi umur tegakan).

Tabel 2 menyajikan distribusi dan kelimpahan jenis gastropoda di lokasi penelitian. Ditemukan 14 spesies gastropoda, anggota dari 11 genera dan 8 famili. Populasi individu seluruh spesies gastropoda dalam kawasan mangrove yang berhasil ditemukan sebanyak 604 individu. Morfologi cangkang keseluruhan spesies disajikan pada Gambar 2.

Tabel 2. Kelimpahan spesies gastropoda di setiap stasiun.

Table 2. Species abundance of gastropods on each station.

No	Family	Sppecies	ST 1	ST 2	ST 3	All Station	Origin Habitat
1	Cerithiidae	<i>Cerithium dialeucum</i>	0.14	0.08	0.07	0.08	Marine
2		<i>Cassidula nucleus</i>		0.06	0.07	0.06	Brackish, Terrestrial
3	Ellobiidae	<i>Ellobium aurisjudae</i>			0.01	0.00	Marine, Brackish
4		<i>Littoraria palascens</i>	0.08	0.02	0.03	0.03	Marine
5	Littorinidae	<i>Chicoreus capucinus</i>		0.05	0.05	0.04	Marine, Brackish
6	Muricidae	<i>Phrontis polygonata</i>			0.01	0.00	Marine
7	Nassariidae	<i>Nassarius olivaceus</i>			0.01	0.01	Marine
8	Neritidae	<i>Nerita balteata</i>	0.2		0.00	0.02	Marine, Brackish
9		<i>Nerita planospira</i>	1.24	0.07	0.10	0.21	Marine, Brackish
10	Potamididae	<i>Pirenella alata</i>	0.02	0.02	0.05	0.04	Marine, Brackish
11		<i>Telescopium telescopium</i>			0.05	0.04	Marine, Brackish
12		<i>Terebralia palustris</i>	0.56	0.23	0.15	0.21	Marine, Brackish
13		<i>Terebralia sulcata</i>	1.48	0.52	0.20	0.39	Brackish
14	Trochidae	<i>Monodonta labio</i>	0.66		0.01	0.07	Marine
Total of gastropods' abundance			4.38	1.05	0.80	1.21	
Number of gastropods species			8	8	14	14	

Note: ST 1, 2 plots (50 m²); ST 2, 4 plots (100 m²); ST 3, 14 plots (350 m²); All Stasiun (500 m²).

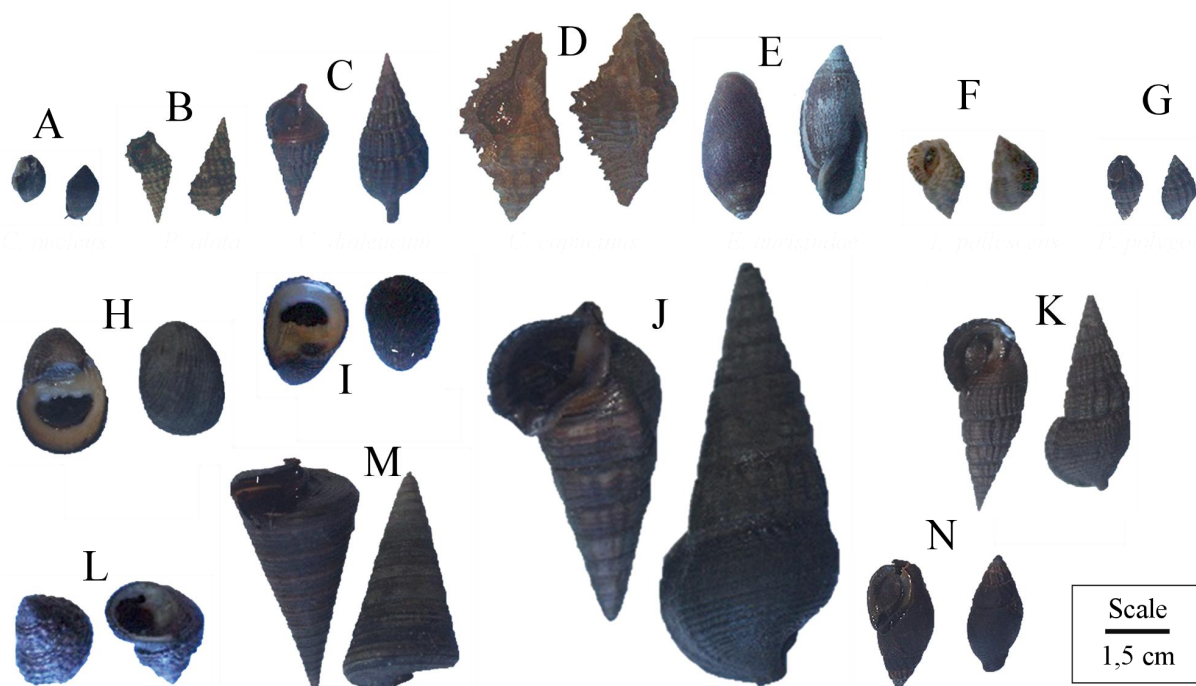
Mekanisme Kompleksitas Antar Patch Berdasarkan Pola Nilai Indeks Gastropoda dan Mangrove

Luas total kuadran *sampling* ketiga stasiun berdasarkan perbedaan lebar *patch*, berturut-turut adalah: Stasiun 1 mewakili *patch* kecil diperoleh dua kuadran pengamatan dengan luas 50 m², Stasiun 2 untuk pengamatan *patch* sedang sebanyak empat kuadran dengan luas 100 m², dan Stasiun 3 untuk pengamatan *patch* besar memperoleh 14 kuadran dengan luas 350 m². Stasiun 3 memiliki sabuk mangrove terpanjang

dan kuadran pengamatan terluas dari dua stasiun pengamatan lain (Tabel 2). Dengan demikian, meskipun jumlah tertinggi individu gastropoda terdapat di stasiun ini, namun kelimpahan gastropoda di stasiun ini lebih rendah daripada di stasiun lain berdasarkan formula kelimpahan gastropoda. Metodologi *sampling* merupakan elemen yang berpengaruh pada kompleksitas, dan bisa menjadi variasi lain struktural terkait fraktal (Beck, 2000; Kasim et al., 2018). Efek metodologis adalah variabel kompleksitas di luar faktor lingkungan (Beck, 2000). Untuk alasan

menyederhanakan pengaruh struktural variabel ini

dikecualikan dalam pengamatan kompleksitas antara *patch* di Desa Kramat.



Gambar 2. Jenis-jenis Gastropoda ditemukan pada lokasi penelitian. Keterangan spesies: a) *C. nucleus*, b) *P. alata*, c) *C. dialeucum*, d) *C. capucinus*, e) *E. aurisjudae*, f) *L. pallescens*, g) *P. polygonata*, h) *N. balteata*, i) *N. planospira*, j) *T. palustris*, k) *T. sulcate*, l) *M. labio*, m) *T. telescopium*, n) *N. olivaceus*.

Figure 2. Gastropods species found at the study site. Species description: a) *C. nucleus*, b) *P. alata*, c) *C. dialeucum*, d) *C. capucinus*, e) *E. aurisjudae*, f) *L. pallescens*, g) *P. polygonata*, h) *N. balteata*, i) *N. planospira*, j) *T. palustris*, k) *T. sulcate*, l) *M. labio*, m) *T. telescopium*, n) *N. olivaceus*.

Tabel 3 menyajikan pengaruh struktur utama (lebar *patch*) dan kombinasinya dengan struktur *patch* lain dalam menyusun kompleksitas biodiversitas kedua komunitas di tiga stasiun. Sedangkan, Tabel 4 menyajikan pengaruh kompleksitas pada perbedaan kekayaan jenis di ketiga stasiun berdasarkan nilai indeks kemiripan (*Sørensen Similarity Index*). Analisis kemiripan tersebut dibedakan atas: jumlah kehadiran spesies mangrove, jumlah masing-masing gastropoda penghuni mangrove, serta jumlah jenis komposit – yaitu jumlah gabungan spesies gastropoda dan mangrove pada ketiga *patch*.

Nilai indeks kemiripan kekayaan spesies gastropoda di Stasiun 1 dan 2 adalah yang tertinggi (75%). Indek kemiripan di Stasiun 1 dan 3 serta Stasiun 2 dan 3 lebih rendah dengan nilai yang sama (72%), menunjukkan bahwa kompleksitas (variasi pengaruh struktural *patch* kecil) di Stasiun 1 mendukung distribusi spesies gastropoda yang sebanding dengan Stasiun 2 dan 3 (berukuran *patch* lebih besar). Kondisi berbeda ditemukan pada nilai kemiripan kekayaan spesies mangrove yang memiliki pola linier dengan ukuran *patch* sebagaimana konsep hubungan biodiversitas-ukuran ruang. Semakin luas *patch* semakin tinggi kekayaan spesies mangrove.

Tabel 3. Indikator diversitas gastropoda berdasarkan kondisi mangrove di setiap stasiun.
Table 3. Gastropod diversity indicators is based on the mangrove condition on each station.

Types of diversity indices	ST 1 (28 m)	ST 2 (52 m)	ST 3 (126 m)	R-square
Numbers of mangroves spesies *	4	4	6	R ² = 0.94
Amount of mangrove stands	23	48	206	R ² = 0.99
Mangroves density (ind/m ²)	0.46	0.48	0.59	R ² = 0.99
Numbers of gastropods spesies (S)	8	8	14	R ² = 0.94
Numbers of Gastropods family**	5	4	8	R ² = 0.79
Numbers of Gastropods genera**	6	7	12	R ² = 0.99
Individual number of gastropods (n)	219	105	280	R ² = 0.35
Total of gastropods' abundance (ind/m ²)**	4.38	1.05	0.80	R ² = -0.53 ^x
Simpson Dominance Index (C)	0.24	0.31	0.14	R ² = -0.59 ^x
Diversity Index of Shannon-Weaner (H')	1.62	1.52	2.18	R ² = 0.86
Margalef's Species Richness Index (d)	1.30	1.50	2.31	R ² = 0.99
Pielou's Evenness Index (E)	0.779	0.729	0.825	R ² = 0.50
R-square of the individual amount pattern of mangrove to gastropods	R ² = 1	R ² = -0.98	R ² = -0.04	

Note: * source Table 1; ** source Table 2; ^x Negative relationship

Di sisi lain, nilai kemiripan tertinggi dari kekayaan jenis komposit antar stasiun ditemukan sama antara Stasiun 1 dan 2 serta Stasiun 2 dan 3. Rendahnya kekayaan spesies komposit Stasiun 1 dengan Stasiun 3 menunjukkan bahwa terdapat

faktor diluar faktor lebar *patch* yang mempengaruhi secara berbeda kekayaan jenis komposit kedua taksa pada Stasiun 1 (*patch* kecil) dan Stasiun 3 (*patch* besar).

Tabel 4. Matriks perbandingan Sørensen Similarity Index komunitas gastropoda dan spesies mangrove serta komposit antar stasiun.

Table 4. The comparison matrix of Sørensen Similarity Index of gastropods community and mangroves species, and composite among station.

x	Gastropods species			Mangroves species			Composite		
	ST 1	ST 2	ST 3	ST 1	ST 2	ST 3	ST 1	ST 2	ST 3
ST 1	x	75.00%	72.73%	x	75.00%	60.00%	x	75.00%	68.75%
ST 2	x	x	72.73%	x	x	80.00%	x	x	75.00%
ST 3	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Pembahasan

Berbagai penelitian yang melaporkan jenis gastropoda banyak berasosiasi dalam kawasan mangrove menunjukkan pentingnya peran kawasan mangrove sebagai habitat bagi gastropoda. Hasil penelitian kami di Desa Kramat ini menemukan sebanyak 14 spesies gastropoda, yang berasosiasi pada kawasan mangrove sebagai *epifauna* dan *tree epifauna*. Jumlah tersebut memiliki kesamaan dengan jumlah spesies gastropoda kawasan mangrove di Sungai Perpat dan Sungai Bunting, Kabupaten Bangka (Yuliawati et al., 2021). Di tingkat lokal, jumlah tersebut relatif lebih tinggi dibandingkan

gastropoda pada kawasan mangrove lain di pesisir Selatan Gorontalo. Seperti, Lasalu et al. (2015) yang menemukan 10 spesies di kawasan mangrove Desa Tabulo Selatan yang terletak di Barat Desa Kramat. Juga Laxmana et al. (2020) yang berhasil mencatat sebanyak 11 spesies di Desa Olimoo'o, Kabupaten Gorontalo. Di beberapa kawasan Indonesia, misalnya pesisir Suramadu, Kecamatan Bulak, Surabaya-Indonesia, Laily et al. (2022) mencatat sebanyak 12 spesies gastropoda mangrove. Adapun, kekayaan spesies gastropoda mangrove tertinggi di Indonesia dilaporkan oleh Islamy & Hasan (2020), yang menemukan 16 genera anggota dari 10 famili

gastropoda mangrove di pesisir Selatan Pulau Madura, Jawa Timur.

Gastropoda mangrove secara umum bisa dikelompokkan atas jenis penghuni asli, fakultatif dan pengunjung. Gastropoda yang ditemukan di Desa Kramat merupakan anggota dari ketiga kelompok tersebut. Misalnya, anggota Potamididae yang umum diketahui merupakan kelompok penghuni mangrove (Reid et al., 2008; Mujiono, 2009; Merly & Saleky, 2021). Di antara kelompok pengunjung dan fakultatif, di antaranya: anggota Trochidae yang umum dikenal sebagai gastropoda laut dan terumbu (Williams et al., 2010; Yamamori & Kato, 2018); serta Littorinidae yang sebagian besar dikenal sebagai keong laut dan Neritidae *euryhaline* dan merupakan gastropoda perairan umum (tawar) dan payau berlumpur (Symanowski & Hildebrandt, 2010; Abdou et al., 2015); Juga, *euryhaline* lainnya, Nassariidae, yang pada habitat sedimen laut dan payau (Iannotta et al., 2009); Anggota Muricidae yang dikenal sebagai gastropoda laut pada habitat terumbu (Pappalardo et al., 2014; Marimuthu & Tripathy, 2018); Serta, anggota Ellobioidea yang dikenal sebagai siput yang sangat beragam secara morfologi dan secara ekologis menempati habitat yang lebar, yaitu darat, laut dan payau (Weigand et al., 2013).

Kondisi vegetasi hutan mangrove mempengaruhi ukuran diversitas gastropoda. Misalnya, kelimpahan dan keanekaragaman jenis gastropoda yang tinggi biasanya terdapat pada tegakan pohon hutan mangrove yang rapat (Silaen et al., 2013). Keragaman Gastropoda yang tinggi pada biomassa mangrove menurut Tee (1982) adalah disebabkan hampir semua anggota jenis taksa ini merupakan pemanjat pohon. Temuan penelitian di Desa Kramat ini menunjukkan jika hubungan yang sering dilaporkan tersebut bersifat kompleks. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, adanya variabel aditif yaitu komposisi kelompok umur mangrove membentuk pengaruh struktural selain ukuran *patch* pada Stasiun 1 menciptakan mekanisme kompleksitas. Kompleksitas struktural dimaksud bisa ditemukan pada ukuran diversitas gastropoda berupa: jumlah total individu, serta indeks keanekaragaman dan pemerataan spesies.

Struktur habitat adalah semua komponen dari tiap kajian ekologi yang setidaknya memiliki tiga elemen utama: kompleksitas struktural, heterogenitas, dan skala (McCoy & Bell, 1991). Berdasarkan pengamatan makrobentos pada kondisi suksesi mangrove di wilayah gradien intertidal, Michaud et al. (2022) merinci elemen

variabel tersebut, berupa; elevasi, substrat, geomorfologi lokal, salinitas, predasi, sumber makanan, dan periode hidro. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan struktural habitat yang menyusun diversitas gastropoda dalam mangrove sangat kompleks.

Aktivitas gastropoda naik turun antara substrat dan tegakan mangrove mengikuti air pasang memiliki mobilitas terbatas, hanya turun saat substrat tidak tergenang air pada waktu kondisi surut (Irma & Sofyatuddin, 2012; Hookham et al.' 2014). Jumlah kehadiran kelompok gastropoda ini dalam mangrove menjadi kontributor terhadap keragaman spesies kelompok *tree epifauna* (indeks dominansi, komposisi spesies, dan struktur komunitas) yang berasosiasi pada mangrove (Hutchison et al., 2014). Gambaran pengaruh mekanisme struktural dari variabel periode hidro tersebut terhadap diversitas gastropoda dalam kawasan mangrove, merupakan variabel kompleksitas yang tidak ikut dianalisis di Desa Kramat, di samping parameter lingkungan suhu, salinitas, dan pH, serta variabel lain yang diuraikan oleh Michaud et al. (2022).

Secara umum, perbedaan struktur habitat ketiga *patch* dalam penelitian di Desa Kramat hanya terdiri atas tiga elemen atau variabel: lebar sabuk (luas permukaan), struktur umur mangrove, serta jenis substrat (Tabel 1). Di sisi lain, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan indikator indeks dan pola linieritas nilai indeks dapat bermanfaat mengungkapkan pengaruh variatif ketiga elemen terhadap ukuran diversitas gastropoda dan mangrove yang dievaluasi pada tiap *patch* (Tabel 3). Secara umum, komponen struktural utama (ukuran *patch*) untuk menguji mekanisme hubungan ukuran *patch* - diversitas akan di-tunjukkan oleh mekanisme gradien nilai diversitas membentuk pola nilai yang linier, ditunjukkan oleh nilai *R-square* yang tinggi. Dalam penelitian di Desa Kramat ini nilai tersebut ($R^2 \geq 0.94$) bisa tercatat pada ukuran: jumlah tegakan dan kerapatan mangrove, jumlah genera gastropoda, dan kekayaan spesies gastropoda, serta jumlah spesies mangrove dan spesies gastropoda.

Demikian pula, asumsi kami bahwa adanya kompleksitas yang dikontribusikan oleh variabel struktural lain diamati pada nilai signifikan pola linieritas (nilai *R-square* ukuran diversitas), dalam penelitian ini ditemukan terbukti sesuai, sebagaimana mekanisme tersebut telah ditunjukkan oleh kompleksitas pada Stasiun 1. Kompleksitas dikontribusikan oleh struktur umur tegakan pada Stasiun 1 tersebut mempengaruhi

nilai signifikan pola nilai linieritas ukuran diversitas menjadi lebih rendah berkisar dari -0.53 hingga 0.86 ($R^2 \leq 0.86$). Kompleksitas dimaksud tercatat pada ukuran diversitas gastropoda, berupa: dominansi dan pemerataan spesies, jumlah famili, serta jumlah individu dan kelimpahan spesies. Di sisi lain, kompleksitas ukuran diversitas yang mungkin sangat kompleks, misalnya dikontribusikan oleh jumlah kuadran dan variabel lain di luar pengamatan, bahkan menyebabkan pola linieritas terbalik yang tergolong cukup. Hal tersebut seperti ditunjukkan oleh nilai kelimpahan gastropoda ($R^2 = -53$), dan indeks dominansi ($R^2 = -59$).

Mekanisme variasi struktural antar *patch* yang membedakannya sebagai habitat gastropoda dan mangrove, juga mendukung kompleksitas melalui pengujian menggunakan indeks kemiripan kekayaan kedua komunitas, baik tiap komunitas maupun komposit (Tabel 4). Untuk komunitas mangrove, kombinasi perbedaan struktural antar *patch* yang ada di Desa Kramat mendukung hubungan umum luas area – diversitas spesies (St. Pierre & Kovalenko., 2014; Ebadzadeh et al., 2021). Hasil pengamatan ini sebagaimana tercatat pada seluruh nilai ukuran diversitas mangrove, yaitu: jumlah kekayaan spesies, jumlah individu tegakan, dan kerapatan. Untuk komunitas gastropoda, kombinasi struktural yang disusun oleh dominansi tegakan pohon serta jenis substrat lumpur pada Stasiun 1 dengan lebar *patch* terkecil, secara relatif meningkatkan nilai diversitas pada stasiun ini dibandingkan Stasiun 2 yang *patch*-nya lebih besar dengan substrat lumpur berpasir. Ukuran diversitas gastropoda dimaksud, yaitu: jumlah famili, jumlah individu spesies, kelimpahan total, indeks keanekaragaman, serta indeks pemerataan (Tabel 3). Tingginya pengaruh struktur umur mangrove terkait konsep luas permukaan habitat pada Stasiun 1, bahkan ditunjukkan oleh pengujian nilai *R-square* yang sempurna ($R^2 = 1$) dari hubungan jumlah tegakan mangrove terhadap jumlah individu gastropoda dalam tiap kuadran.

Mekanisme pengaruh struktur umur vegetasi di Desa Kramat ini didukung oleh penelitian lain sebelumnya. Chen & Ye (2011) menemukan kelimpahan gastropoda lebih tinggi pada kawasan mangrove dewasa dibandingkan pada vegetasi yang muda. Ernawati et al. (2013) melaporkan hal sama di kawasan rehabilitasi mangrove Tongke-tongke, Kecamatan Sinjai Timur Kabupaten Sinjai. Guerreiro et al. (1996) dengan mengamati pola dominansi Epibenthos, menegaskan bahwa hubungan tersebut merupakan

hasil dari kombinasi tiga faktor utama: (1) ketersediaan makanan, (2) kurangnya predator, serta (3) luasnya ruang hidup, serta substrat sebagai faktor yang sangat penting bagi Epibenthos.

St. Pierre & Kovalenko. (2014) mengemukakan bahwa luas permukaan yang lebih besar tidak selalu merupakan karakteristik dari struktur yang lebih kompleks. Habitat yang lebih heterogen terkait variasi elemen struktural lebih dapat mendukung kekayaan spesies yang lebih tinggi. Di mana, kondisi tersebut cenderung menyediakan mikrohabitat lebih besar yang mendukung ruang bagi terbentuknya relung yang lebih besar, dan/atau melalui pengurangan predasi serta mencegah berkurangnya mangsa. Mekanisme demikian teramati pada kondisi struktural antar *patch* di Desa Kramat. Struktur pohon yang dominan mengkontribusikan ukuran diversitas yang lebih tinggi pada Stasiun 1 (Tabel 3). Sebaliknya, Stasiun 2 dengan ukuran *patch* lebih besar daripada Stasiun 1, namun memiliki struktur umur vegetasi yang homogen (didominasi mangrove kategori pancang) dengan Stasiun 3, membentuk variasi struktural yang kecil pada Stasiun 2 dibandingkan pada Stasiun 1.

Relung yang besar terkait erat dengan banyaknya mikrohabitat yang terbentuk pada area permukaan yang lebih luas (Kovalenko et al., 2012; St. Pierre & Kovalenko. 2014), serta panjang rantai makanan (Ebadzadeh et al., 2021). Ada kemungkinan keragaman mangrove yang tinggi mengkontribusi preferensi sumber makanan yang beragam bagi gastropoda di dalam habitat tersebut, berasal dari luruhan daun, ranting, cabang batang, dan akar mangrove (Zvonareva & Kantor, 2016). Di samping itu, keragaman mangrove yang tinggi juga mengkontribusi keragaman struktur sistem akar pneumatofora beragam untuk mendukung kompleksitas diversitas gastropoda (Skilleter & Warren. 2000).

Mekanisme perbedaan struktur komunitas, indeks ekologi dan kelimpahan gastropoda terkait ukuran kawasan mangrove merupakan cerminan dari perbedaan struktur habitat mangrove bersangkutan (Singh et al., 2020). Terkait mekanisme ini, kondisi struktural di Stasiun 2 dan 3 diduga merupakan representasi yang baik dari konsep hubungan area - kekayaan spesies tersebut. Kekayaan spesies mangrove pada sabuk lebih lebar diduga bisa saja menyediakan dukungan sistem akar yang berperan menyediakan ruang yang lebih luas, selain jenis serasah yang lebih bervariasi sebagai sumber makanan. Ini memungkinkan asosiasi dari jenis gastropoda

pada berbagai preferensi yang luas bagi habitat dan makanan (serasah) yang terdapat dalam ekosistem mangrove pada Stasiun 2 dan 3. Namun demikian, diperlukan penyelidikan lanjut terkait hal ini.

Kesimpulan

Variasi struktural habitat berkontribusi pada kompleksitas diversitas yang terdiri atas variabel lingkungan maupun kondisi biotik dalam habitat. Bagi gastropoda di Desa Kramat, kombinasi struktur umur pada mangrove pohon merupakan variasi kondisi biotik, dan substrat lumpur sebagai variabel abiotik memberikan kontribusi penting pada kompleksitas diversitas lokal pada spesies gastropoda dalam hubungannya dengan struktur luas *patch* mangrove sebagai habitatnya. Indeks diversitas dapat mengungkapkan mekanisme kompleksitas tersebut melalui gradien nilai indeks yang membentuk pola linieritas dan signifikansi korelasi nilai indeks antar kawasan ataupun *patch* mangrove yang dievaluasi. Hasil ini memberi implikasi pada kinerja penilaian habitat berdasarkan pendekatan indeks yang memungkinkan diimplementasikan dalam program kegiatan evaluasi sumberdaya kawasan mengingat kegiatan tersebut erat kaitannya dalam penilain ukuran biodiversitas.

Persantunan

Artikel ini merupakan bagian dari luaran Hibah Penelitian Kolaboratif Dosen-Mahasiswa Tahun Anggaran 2021 pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Negeri Gorontalo (FPIK-UNG). Peneliti menyampaikan terima kasih kepada pihak pimpinan FPIK-UNG yang mendanai penelitian, serta anggota DEHETO Gorontalo yang telah banyak membantu dalam kegiatan pengumpulan data lapangan.

Daftar Pustaka

- Abbot T. R., & Dance P. S. (1998). *Compendium of seashells: a full-color guide to more than 4,200 of the world's marine shells* (1st ed., 6th print. (rev.). Odyssey Pub.
- Abdou, A., Keith, P., & Galzin, R. (2015). Freshwater neritids (Mollusca: Gastropoda) of tropical islands: amphidromy as a life cycle, a review. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 70(4), 387-397.
- Ario, R., Subardjo, P., & Handoyo, G. (2016). Analisis Kerusakan Mangrove Di Pusat Restorasi Dan Pembelajaran Mangrove (PRPM), Kota Pekalongan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2).
- Aji, L. P., & Widyastuti, A. (2017). Molluscs Diversity in Coastal Ecosystem of South Biak, Papua. *OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia)*, 2(1), 25-37.
- Azmin, N., Hartati, H., Nasir, M., & Yulianti, M. (2022). Inventarisasi Keanekaragaman Gastropoda Dikawasan Mangrove Desa Wilamaci Kecamatan Monta Kabupaten Bima. *Oryza: Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(1), 1-6.
- Beck, M. W. (2000). Separating the elements of habitat structure: independent effects of habitat complexity and structural components on rocky intertidal gastropods. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 249(1), 29-49.
- Carvalho, L. R. S., Loiola, M., & Barros, F. (2017). Manipulating habitat complexity to understand its influence on benthic macrofauna. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 489, 48-57.
- Chen, G. C., & Ye, Y. (2011). Restoration of *Aegiceras corniculatum* mangroves in Jiulongjiang Estuary changed macrobenthic faunal community. *Ecological Engineering*, 37(2), 224-228.
- Damanik, M. (2010). *Interpretsi penutup lahan dan perubahan luas mangrove wilayah pesisir Teluk Tomini Periode 1988 – 2010.*, Gorontalo. Program Teluk Tomini (Susclam). Kantor SUSCLAM.
- Daulima, N., Kasim, F., Kadim, M. K., & Paramata, A. R. (2021). Struktur Komunitas dan Pola Sebaran Gastropoda pada Ekosistem Mangrove di Desa Bolihutuo, Kabupaten Boalemo, Gorontalo. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 8(3), 154-159.
- Ebadzadeh, H., Shojaei, M. G., & Seyfabadi, J. (2021). The Effect of Habitat Structural Complexity on Gastropods in Anarid Mangrove Wetland. PREPRINT (Version 1) available at *Research Square*
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-768072/v1>
- Ernawati, S. K., Andi, N., Natsir, N. M., & Bin, A. O. S. (2013). Sukses Makroozobentos di Hutan Mangrove Alami dan Rehabilitasi di Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Bionature*, 14(1).

- FAO, (1998). *The Living Marine Resources of The Western Central Pasific. Vol. 1: Seaweeds, corals, bivalves and gastropods*. FAO of The United Nation. 686 pp.
- Guerreiro, J., Freitas, S., Pereira, P., Paula, J., & Macia, A. (1996). Sediment macrobenthos of mangrove flats at Inhaca Island, Mozambique. *Cahiers de Biologie Marine*, 37(4), 309-328.
- Hookham, B., Shau-Hwai, A. T., Dayrat, B., & Hintz, W. (2014). A baseline measure of tree and gastropod biodiversity in replanted and natural mangrove stands in Malaysia: Langkawi Island and Sungai Merbok. *Tropical life sciences research*, 25(1), 1–12.
- Hutchison, J., Spalding, M., & zu Ermgassen, P. (2014). *The role of mangroves in fisheries enhancement*. The Nature Conservancy and Wetlands International. 54 pages
- Iannotta, M. A., Toscano, F., & Patti, F. P. (2009). *Nassarius corniculus* (Olivi, 1792) (Caenogastropoda: Nassariidae): a model of environmental complexity of Italian brackish and marine habitats. *Marine Ecology*, 30(1), 106-115.
- Irma, D., & Sofyatuddin, K. (2012). Diversity of Gastropods and Bivalves in mangrove ecosystem rehabilitation areas in Aceh Besar and Banda Aceh districts, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 5(2), 55-59.
- Islamy, R. A., & Hasan, V. (2020). Checklist of mangrove snails (Mollusca: Gastropoda) in south coast of pamekasan, Madura Island, East Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(7), 3127-3134.
- Kabir, M., Abolfathi, M., Hajimoradloo, A., Zahedi, S., Kathiresan, K., & Goli, S. (2014). Effect Of Mangroves On Distribution, Diversity And Abundance Of Molluscs In Mangrove Ecosystem: A Review. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation (AACL Bioflux)*, 7(4), 286-300.
- Kasim, F., Nursinar, S. & Kadim, M. K. (2018). *Mangrove Sejati*. Dalam: F. Kasim, ed. *Mangrove Sejati Gorontalo Utara [Tinjauan Kawasan Pesisir Bagian Timur]: Monografi Mangrove Gorontalo Utara*. Gorontalo: C.V. Artha Samudera, pp. 9-16.
- Kasim, F., Kadim, M. K., Nursinar, S., Karim, Z., & Lamalango, A. (2019). Comparison of true mangrove stands in Dudepo and Ponelo islands, North Gorontalo District, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(1), 359-366.
- Kovalenko, K.E., Thomaz, S.M. & Warfe, D.M. (2012). Habitat complexity: approaches and future directions. *Hydrobiologia* 685, 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0974-z>
- Laraswati, Y., Soenardjo, N., & Setyati, W. A. (2020). Komposisi dan kelimpahan gastropoda pada ekosistem mangrove di Desa Tireman, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(1), 41-48.
- Laily, N., Isnainingsih, N. R., & Ambarwati, R. (2022). Struktur Komunitas Gastropoda di Kawasan Mangrove Pesisir Suramadu, Surabaya. *OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia)*, 7(1), 33-41.
- Laxmana, M., Kasim, F., & Hamzah, S. N. (2020). Keanekaragaman Jenis dan Indeks Kesamaan Gastropoda Epifauna pada Ekosistem Lamun dan Mangrove di Desa Olimoo'o| Species diversity and similarity index of Gastropod Epifauna in the seagrass and mangrove ecosystems in Olimoo Village. *The NIKe Journal*, 5(2), 35-40.
- Lasalu, N., Sahami, F. M., & Kasim, F. (2015). Komposisi dan Keanekaragaman Gastropoda Ekosistem Mangrove di Wilayah Pesisir Teluk Tomini sekitar Desa Tabulo Selatan Kecamatan Mananggu Kabupaten Boalemo Provinsi Gorontalo. *The NIKe Journal*, 3(1), 25-31.
- Marimuthu, N., & Tripathy, B. (2018). First report of *Drupella cornus* Röding, 1798 (Gastropoda: Muricidae), a biological indicator of coral reef habitat of Lakshadweep Archipelago, India. *Records of the Zoological Survey of India*, 118(1), 97-99.
- McCoy, E. D., & Bell, S. S. (1991). Habitat structure: the evolution and diversification of a complex topic. In *Habitat structure* (pp. 3-27). Springer, Dordrecht.
- Merly, S. L., & Saleky, D. (2021, June). DNA barcoding of gastropods *Terebralia semistriata* (Mörch, 1852 (Potamididae: Gastropoda)). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 805, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.
- Michaud, E., Aschenbroich, A., Gauthier, O., Fromard, F., Aller, J. Y., Aller, R. C., ... & Thouzeau, G. (2022). The Codevelopment of Mangroves and Infaunal Community Diversity in Response to the Natural

- Dynamics of Mud Deposition in French Guiana. *Sustainability*, 14(5), 2829.
- Mujiono, N. O. V. A. (2009). Mudwhelks (gastropoda: potamididae) from mangroves of ujung kulon national park, banten. *Jurnal Biologi*, 13(2), 51-56.
- Noor, Y.R., M. Khazali & I.N.N. Suryadiputra. 1999. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. Bogor: PHKA/Wi-IP.
- Odum, E.P. (1993). *Dasar – Dasar Ekologi*. Gramedia. Jakarta. 697 pp.
- Pandey, V., Thiruchitrabalam, G., & Satyam, K. (2018). Habitat heterogeneity determines structural properties of intertidal gastropod assemblages in a pristine tropical island ecosystem. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 47(04), 846-853.
- Pappalardo, P., Rodriguez-Serrano, E., & Fernandez, M. (2014). Correlated evolution between mode of larval development and habitat in muricid gastropods. *PLoS One*, 9(4), e94104. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094104>
- 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.
- Rawena, G. O., Wuisang, C. E., & Siregar, F. O. (2020). Pengaruh Aktivitas Masyarakat Terhadap Ekosistem Mangrove Di Kecamatan Mananggu. *SPASIAL*, 7(3), 343-351.
- Reid, D. G., Dyal, P., Lozouet, P., Glaubrecht, M., & Williams, S. T. (2008). Mudwhelks and mangroves: the evolutionary history of an ecological association (Gastropoda: Potamididae). *Molecular phylogenetics and evolution*, 47(2), 680-699.
- Sianu, N. E., Sahami, F. M., & Kasim, F. (2014). Keanekaragaman dan asosiasi Gastropoda dengan ekosistem lamun di Perairan Teluk Tomini. *The NIKe Journal*, 2(4), 156-163.
- Singh, H. R., Yahya, M.A. & Baharin, N. K. (2020). *The Gastropods and Fish of Replanted Mangroves of Sungai Haji Dorani and Delta Kelantan*. pp:232-254. in: Status of Mangroves in Malaysia (Omar, H., Husin, T. M. & Palan, I. Eds). Forest Research Institute Malaysia-Ministry of Energy and Natural Resources. Selangor Darul Ehsan, Malaysia, 300 pp.
- Skilleter, G. A., & Warren, S. (2000). Effects of habitat modification in mangroves on the structure of mollusc and crab assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 244(1), 107-129.
- St. Pierre, J. I., & Kovalenko, K. E. (2014). Effect of habitat complexity attributes on species richness. *Ecosphere*, 5(2), 1-10.
- Symanowski, F., & Hildebrandt, J. P. (2010). Differences in osmotolerance in freshwater and brackish water populations of *Theodoxus fluviatilis* (Gastropoda: Neritidae) are associated with differential protein expression. *Journal of Comparative Physiology B*, 180(3), 337-346.
- Tapilatu, Y., & Pelasula, D. (2012). Fouling organisms associated with mangrove in Ambon inner bay. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(2). 267-279.
- Tee, G. A. C., (1982). Some aspect of the mangrove forest at Sungai Buloh, Selangor II. Distribution pattern and population dynamic of tree dwelling fauna. *Mal Nat J*, 35, 267-277.
- Thistle, M. E., Schneider, D. C., Gregory, R. S., & Wells, N. J. (2010). Fractal measures of habitat structure: maximum densities of juvenile cod occur at intermediate eelgrass complexity. *Marine Ecology Progress Series*, 405, 39-56.
- Torres-Pulliza, D., Dornelas, M. A., Pizarro, O., Bewley, M., Blowes, S. A., Boutros, N., ... & Madin, J. S. (2020). A geometric basis for surface habitat complexity and biodiversity. *Nature Ecology & Evolution*, 4(11), 1495-1501.
- Wang, Q., Song, L., Agusti, S., Duarte, C., Christakos, G., & Wu, J. (2021). Changes of the Macrobenthos Community with Non-native Mangrove Rehabilitation (*Kandelia obovata*) and Salt Marsh Invasion (*Spartina alterniflora*) in Ximen Island, Zhejiang, China. *Ocean Science Journal*, 56(4), 395-405.
- Weigand, A. M., Jochum, A., Slapnik, R., Schnitzler, J., Zarza, E., & Klussmann-Kolb, A. (2013). Evolution of microgastropods (Ellobioidea, Carychiidae): integrating taxonomic, phylogenetic and evolutionary hypotheses. *BMC Evolutionary Biology*, 13(1), 1-24.
- Williams, S. T., Donald, K. M., Spencer, H. G., & Nakano, T. (2010). Molecular systematics of the marine gastropod families Trochidae

- and Calliostomatidae (Mollusca: Superfamily Trochoidea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54(3), 783-809.
- Yadav, R., Malla, P. K., Dash, D., Bhoi, G., Patro, S., & Mohapatra, A. (2019). Diversity of gastropods and bivalves in the mangrove ecosystem of Paradeep, east coast of India: a comparative study with other Indian mangrove ecosystems. *Molluscan Research*, 39(4), 325-332.
- Yamamori, L., & Kato, M. (2018). Morphological and ecological adaptation of limpet-shaped top shells (Gastropoda: Trochidae: Fossarininae) to wave-swept rock reef habitats. *PLoS One*, 13(8), e0197719. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197719>
- Zallesa, S., Riyantini, I., Astuty, S., Nurrahman, Y. A., Faizal, I., Arsad, S., ... & Prasetya, F. S. (2020). A Survey of Macrozoobenthos Assemblages in a Tropical Mangrove Estuary in Brebes, Java Island. *Omni-Akuatika*, 16(1), 62-68.
- Zvonareva, S., & Kantor, Y. (2016). Checklist of gastropod molluscs in mangroves of Khanh Hoa province, Vietnam. *Zootaxa*, 4162(3), 401-437.