

**PERAN KERANG KOTAK PENYARING PARTIKEL, *SEPTIFER BILOCULARIS*, TERHADAP KERAGAMAN
MAKROBENTHOS DI AGREGASI KERANG PESISIR TIWOHO DAN BLONGKO, SULAWESI UTARA**

***THE ROLE OF PARTICLE-FEEDING BOX MUSSELS ON THE DIVERSITY OF MACROBENTHOS ON MUSSEL
AGGREGATION IN THE COASTAL AREA OF TIWOHO AND BLONGKO, NORTH SULAWESI***

Medy Ompi^{1,*}, Farnis Binea Boneka¹, Erly Yosep Kaligis¹ dan Stella Tinny Kaunang²

¹Laboratorium Akuatik BioEkologi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi;
Kampus Bahu, 95115, Manado, Sulawesi Utara

²Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Katolik, De La Sale Manado
Kairagi 1, Kombos 95233, Manado, Sulawesi Utara

Teregistrasi I tanggal: 26 Januari 2023; Diterima setelah perbaikan tanggal: 18 April 2023;

Disetujui terbit tanggal: 26 April 2023

ABSTRAK

Formasi agregasi kerang nampak berubah dalam ukuran dan kandungan di dalamnya seiring dengan waktu, di mana perubahan-perubahan ini dapat mempengaruhi keragaman, distribusi dan kelimpahan makrobenthos yang berasosiasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi jenis, kelimpahan, keragaman, dan kesamaan makrobenthos yang berada di dalam posisi agregasi di lokasi berbeda. Observasi telah dilakukan di 2 lokasi Tiwoho dan Blongko, selama April 2021. Makrobenthos diambil dengan meletakkan 'Core' (PVC) dengan diameter 15 cm pada posisi tengah dan pinggir agregasi besar, serta agregasi kecil di 2 lokasi. Materi yang ada di dalam 'Core' diangkat, dimasukkan di dalam plastik yang berlabel, selanjutnya disortir, diidentifikasi, dihitung, dan foto di laboratorium. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 4 kali sebagai ulangan pada posisi agregasi yang berbeda. Jumlah jenis dan individu makrobenthos dianalisa dengan menggunakan ANOVA 2 Arah, di mana posisi dalam agregasi dan lokasi adalah sebagai faktor utama. Mengetahui keragaman dilakukan melalui perhitungan Indeks 'Simpson' dan kesamaan dengan Indeks 'Evenness'. Hasil menunjukkan bahwa jumlah jenis dan jumlah individu (kelimpahan) makrobenthos bervariasi di antara posisi dalam agregasi kerang, namun tidak dipengaruhi oleh baik posisi dalam agregasi dan lokasi. Keragaman dan kesamaan jenis makrobenthos dikategorikan tinggi, walaupun baik 'Indeks Simpson' dan 'Evenness' bervariasi dan tidak konsisten di antara posisi dalam agregasi dan lokasi. Jumlah individu (kelimpahan) makrobenthos nampak berbeda di antara posisi agregasi di lokasi Blongko berdampak pada perbedaan stabilitas makrobenthos untuk kedua lokasi.

Kata Kunci: Kerang; 'byssus'; stabilitas; habitat; terumbu

ABSTRACT

The aggregation formation of mussel shells appears to change in size and content over time, which can affect the diversity, distribution, and abundance of associated macrobenthos. This study aimed to determine macrobenthos' species, abundance, diversity, and evenness within the aggregation positions in different locations. Observations have been applied on the mussel bed of Tiwoho and Blongko, during April 2021. Macrobenthos were taken by placing 'Cores' (PVC) with a diameter of 15 cm in the middle and edges of large aggregates and small aggregates in 2 locations. The materials were removed, inserted in the labelled plastic, and then sorted, identified, calculated, and photographed in the laboratory. Sampling was carried out 4 times as replication at different aggregated positions. The number of species and individuals was analyzed using 2-Way ANOVA, where the position in aggregation and location was the main factor. Diversity was calculated through the 'Simpson' Index and species richness/evenness with the 'Evenness' Index. The results showed that the number of species and the number of individuals (abundance) macrobenthos varied among positions in the aggregation but were not affected by both the position in the aggregation and the location. The diversity and evenness of macrobenthos are categorized as high, although both the 'Simpson Index' and 'Evenness' vary and are inconsistent among positions in aggregation and location. A different number (abundance) of macrobenthos between positions in

Korespondensi penulis:

e-mail: ompimedy@unsrat.ac.id

the aggregation occurred at the Blongko site, where it affected a difference in macrobenthos stability for both locations.

KEYWORDS: *Mussels; byssus, stability; habitat; reef*

PENDAHULUAN

Kerang *Septifer bilocularis* (Linnaeus, 1758) adalah salah satu jenis bivalve tropis penyaring partikel yang menempati substrat keras di pesisir pantai Sulawesi Utara. Jenis ini terdistribusi luas di perairan Indo-Pasific, Laut India, dan Mediteranian (<https://www.gbif.org/species/2285667>). Kerang ini dikenal sebagai kerang kotak, biasanya menempel pada substrat keras ataupun pada cangkang sesama jenis dengan menggunakan rambut-rambut protein yang dikenal dengan *byssus* (Ompi, 2019), yang membentuk kelompok yang disebut dengan agregasi.

Selanjutnya, yang dimaksud suatu agregasi tidak hanya terdiri dari kumpulan biota kerang yang sejenis, tetapi termasuk sedimen, materi lainnya yang ada di antara kerang-kerang, termasuk biota baik tumbuhan dan organisme dasar lainnya yang berasosiasi dan menempati di agregasi sebagai suatu habitat, yang lebih dikenal dengan *patch* (Svane & Ompi, 2012). Lebih tepatnya, *patch* didefinisikan sebagai munculnya suatu kumpulan yang menonjol di dasar perairan, yang memberikan perbedaan dengan lingkungan sekitarnya (Jager *et al.*, 2017). Svane & Ompi (2012), mengukur suatu agregasi (*patch*) berdasarkan besar kecilnya diameter dari suatu agregasi kerang dari family Mytilidae. Misalnya agregasi kerang *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758 di perairan Kerteminde dan Limfjorden di perairan dingin Denmark, memiliki ukuran mencapai diameter 9 meter, yang dikelompokkan ke dalam agregasi berukuran besar, sedangkan ukuran agregasi kecil diidentifikasi saat diameter agregasi mencapai kurang dari 0,3 meter (Svane & Ompi, 2012).

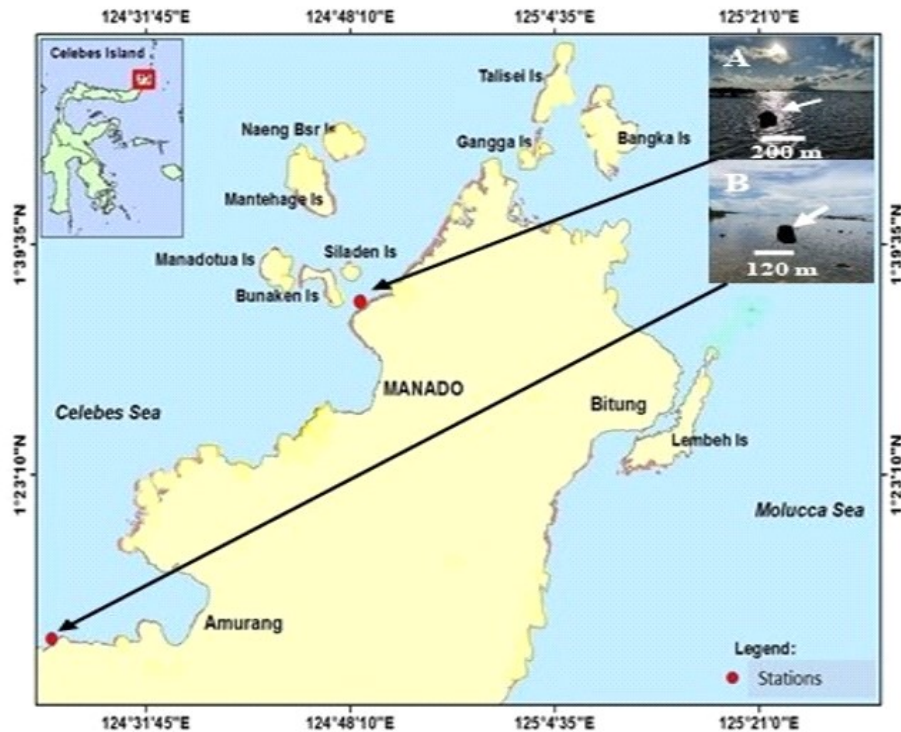
Agregasi kerang *Septifer bilocularis* nampak hadir di banyak pesisir-pesisir di Sulawesi Utara (Ompi, 2019). Makrobenthos yang menempati dasar pesisir adalah berasal dari kelompok seperti *gastropoda*, *bivalve*, *nudibranchs*, *echinoderm*, *crustacea*, *worms*, *ascidian*, serta *seagrass* dan alga (Sarker *et al.*, 2020; Palit *et al.*, 2021; Ompi, 2016; Ompi *et al.*, 2018; Undap *et al.*, 2019; Papu *et al.*, 2020; Opa *et al.*, 2020; Agustein *et al.*, 2022; Maatuil *et al.*, 2022). Biota-biota dasar ini menempati agregasi kerang dengan berbagai tujuan, baik sebagai tempat tinggal, mencari makan, ataupun sebagai tempat memijah (Sarker *et al.*, 2020). Biota epifauna ada yang menempel pada cangkang kerang, ataupun infauna yang penetrasi tubuhnya ke dalam sedimen yang mengisi antara cangkang di agregasi kerang. Epifauna yang berada di antara cangkang dalam agregasi memanfaatkan posisi mereka dalam agregasi sebagai tempat berlindung (Jager *et al.*, 2017). Ikan-ikan baik karnifora dan herbivora

menggunakan daerah ini tidak hanya sebagai tempat mencari makan (Gray & Eliot, 2009); tetapi juga sebagai tempat memijah (Christensen *et al.*, 2015), yang menjadikan tempat ini adalah sebagai tempat rekreasi dan perikanan komersial (Svane & Peterson, 2001; Christensen *et al.*, 2015).

Biota yang berasosiasi dengan agregasi kerang memiliki keuntungan dan bahkan kerugian (Tsuchiya, 2002). Adanya variasi ukuran agregasi kerang, yang diasumsikan mempengaruhi kehadiran biota dasar, lebih khusus bagi keragaman biota dasar. Keragaman dapat berhubungan dengan struktur ataupun fungsi dari komunitas dalam suatu periode waktu, di mana keragaman jenis, jumlah individu, dan kelimpahan adalah sebagai komponen dalam ekosistem laut (Gray & Eliot, 2009). Menjadi pertanyaan apakah kehadiran makrobenthos yang berasosiasi baik jenis, kelimpahan, serta keragaman makrobenthos berkorelasi dengan ukuran agregasi, serta posisi di dalam agregasi?

Penelitian dinamika agregasi kerang, termasuk peran makrobenthos yang menempati dan beraktivitas dalam agregasi kerang berkembang dengan cepat untuk perairan-perairan dingin, seperti keuntungan dan kerugian biota yang berasosiasi dengan agregasi (Tsuchiya, 2002; Svane & Ompi, 2012), makrobenthos yang berasosiasi dengan agregasi kerang jenis invasif (Cinar *et al.*, 2017), sampai pada peningkatan keragaman jenis biota di dasar perairan melalui *replantasi* kerang (Sea *et al.*, 2022). Namun demikian penelitian makrobenthos pada agregasi kerang di perairan tropis, termasuk di Sulawesi Utara masih terbatas. Penelitian-penelitian makrobenthos lebih banyak dihubungkan dengan polusi perairan, sebagai contoh makrobenthos sebagai indikator pencemaran (Dilak *et al.*, 2018; Sahidin *et al.*, 2019), hubungan komunitas makrobenthos dengan kualitas perairan di mangrove, pesisir Surabaya (Kinasih *et al.*, 2018), kondisi kerang hijau (*Perna viridis*) dan kandungan kadmium di perairan Mandalle Makassar (Fachrudin, 2019), serta keragaman makrobenthos di lingkungan perairan yang berbeda, di antaranya komunitas Polychaeta di Teluk Manado (Lumingas *et al.*, 2022), komunitas fauna benthos di teluk Manado (Hanibe *et al.*, 2022), dan biodiversitas makroalga di perairan pesisir Desa Bahoi, Kecamatan Likupang Barat, Minahasa Utara (Baino *et al.*, 2019). Beberapa penelitian tentang kerang kotak telah dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti rekrut kerang kotak pada agregasi dan kepadatan induk kerang yang berbeda (Ompi, 2019; Palit *et al.*, 2021).

Seperti umumnya kondisi perairan pesisir di Sulawesi



Gambar 1. Lokasi sampling makrobenthos () dengan insert untuk Tiwoho = A, Blongko = B. Area yang berwarna hitam diindikasikan dengan panah putih menunjukkan daerah agregasi kerang.

Figure 1. Sampling locations of macrobenthos (); the inserts show the inlet of A = Tiwoho; B = Blongko. The black colour indicated by arrows shows the position of the box mussels' beds.

Utara, kondisi perairan Pantai Tiwoho dan Blongko yang berada di zone intertidal, memiliki kondisi hidrodinamik yang dapat sama ataupun berbeda, yang dipengaruhi oleh arus pasang dan surut (Jansen, 2018). Variasi kondisi hidrodinamik ini, termasuk perubahan kondisi lingkungan, waktu, serta predator dapat mengontrol struktur, keragaman biota yang berasosiasi, kelimpahan jenis, bahkan jaringan makanan, serta ukuran agregasi (Masuda, 2007; Christensen *et al.*, 2015; Sea *et al.*, 2022).

Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis-jenis, kelimpahan, keragaman, dan kesamaan makrobenthos yang ada di dalam posisi agregasi dan antara lokasi berbeda. Memahami dinamika agregasi kerang terutama peran ekologi di dalamnya, seperti kehadiran jenis, kelimpahan, dan keragaman dalam agregasi, akan mendorong pengelolaan agregasi kerang, lebih khusus bagi agregasi kerang *Septifer*, untuk dipertahankan keberadaannya di pesisir di Sulawesi Utara, seiring dengan hilangnya ataupun berkurangnya populasi kerang ini, termasuk agregasi kerang, di beberapa pesisir Sulawesi Utara, seperti Tongkaina (Ompi, 2019).

BAHATAN METODE

Sampling

Agregasi kerang yang berukuran besar dan kecil,

masing-masing dengan 4 ulangan dipilih untuk digunakan sebagai tempat dilakukan sampling makrobenthos yang berasosiasi. Lokasi sampling berada di Tiwoho, Kabupaten Minahasa dengan posisi 1°35'20" LU; 124°49'22" BT, dan di Blongko, Kabupaten Minahasa Selatan, dengan posisi 1°13'39" LU; 124°21'19" BT (Gambar 1). Pengukuran besar kecil agregasi kerang dilakukan dengan mengukur diameter agregasi kerang. Meteran diletakkan dari salah satu sisi agregasi kerang terluar, yang ditarik sejajar dengan laut, ke salah satu sisi lainnya yang terpanjang. *Core* dari PVC dengan diameter 15 cm yang dikonversi menjadi luas sampling dengan menggunakan rumus $2\delta r^2$ dimana $\delta=22/7$, r = jari-jari, dengan demikian luas sampling area adalah 177 cm². *Core* diletakkan pada posisi tengah dan posisi pinggir agregasi besar, demikian halnya *core* dari PVC dengan diameter yang sama diletakkan pada bagian tengah agregasi kecil. PVC diletakkan pada masing-masing posisi di agregasi berbeda sebanyak 4 kali ulangan.

Semua materi termasuk biota yang ada dalam *core*, diangkat dengan menggunakan bantuan baik gunting, pahat dan lainnya, selanjutnya semua materi ini dimasukkan ke dalam plastik sampel yang telah diberi label berdasarkan masing-masing posisi dalam agregasi. Sampel di bawa ke laboratorium BioEkologi Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, selanjutnya dimasukkan ke

dalam freezer, sebelum diobservasi. Sortiran dilakukan dengan bantuan dissecting mikroskop, selanjutnya, diidentifikasi (Baino et al., 2019; Eleftheriou, 2013; Nono et al., 2014; Ompi, 2019; Pelealu et al., 2018; Paat et al., 2022; Sumilat et al. 2022), difoto dan dihitung masing-masing jumlah jenis yang teridentifikasi.

Analisa

Analisa data menggunakan 2 cara, yaitu untuk jenis dan jumlah individu makrobenthos menggunakan ANOVA 2 Arah, di mana posisi dalam agregasi dan lokasi adalah sebagai faktor utama yang mempengaruhi jumlah jenis dan jumlah individu makrobenthos. Analisa ini dilakukan terhadap rata-rata jumlah jenis dan rata-rata jumlah individu makrobenthos untuk masing-masing posisi dalam agregasi dan lokasi sampling. Uji kenormalan data dilakukan sebelum uji ANOVA, dimana data adalah normal setelah dilakukan uji kenormalan melalui 70% data berada di antara rata-rata \pm standard deviasi (Fowler et al., 1998).

Untuk menganalisa keragaman jenis dilakukan dengan menggunakan Indeks ‘Simpson’ (1 - D):

$$D = \sum p_i^2 \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

D = Indeks ‘Simpson’

p_i = proporsi jenis dalam suatu komunitas

D memiliki kisaran nilai dari 0 – 1, dimana keragaman

rendah diindikasikan dengan nilai yang mendekati 0, dan keragaman tinggi diindikasikan dengan nilai yang mendekati 1 (Krebs, 2014).

Selanjutnya, kekayaan dan kesamaan jenis (Evenness) dianalisa dengan menggunakan:

$$J' = H'/H'_{MAX}, \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

J' = ‘Evenness measure’, dengan kisaran dari 0 – 1,

H' = ‘Shannon-Wiener function’,

H'_{MAX} = nilai maximum dari $H = \log S$, S = jumlah jenis dalam sampel (Krebs, 2014).

HASIL DAN BAHASAN

Hasil

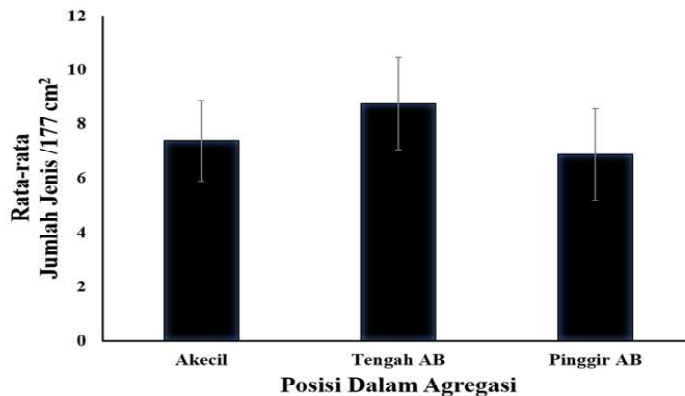
Jenis Makrobenthos

Pola rata-rata jumlah jenis makrobenthos yang menempati posisi tengah agregasi besar adalah relatif besar dibandingkan dengan yang teridentifikasi menempati posisi pinggir agregasi besar dan agregasi kecil. Namun demikian dari hasil uji ANOVA 2 Arah menunjukkan bahwa jumlah jenis makrobenthos nampak tidak ada perbedaan yang berada di antara posisi dalam agregasi (ANOVA 2 Arah, $p > 0,05$), dan juga tidak dipengaruhi oleh lokasi (ANOVA 2 Arah, $p > 0,05$) (Tabel 1). Rata-rata jumlah jenis baik yang ada di dalam posisi agregasi dan lokasi ditampilkan pada Gambar 2 dan 3.

Tabel 1. Hasil analisa ANOVA 2 Arah, posisi dalam agregasi dan lokasi adalah sebagai faktor utama.

Table 1. The result of 2 Way ANOVA analysis, position in aggregation and location as the main factor.

Sumber	Type III SS	Df	Rata-rata	F rasio	p-nilai
Posisi	15,083	2	7,54	1,7520	0,202
Lokasi	0,0001	1	0,0001	0,0001	1
Posisi*Lokasi	4,750	2	2,375	0,5520	0,585
Error	77,500	18	4,306		



Gambar 2. Jumlah jenis makrobenthos pada agregasi kecil (AK), posisi tengah agregasi besar (Tengah AB), dan posisi pinggir agregasi besar (Pinggir AB). Vertikal bar menunjukkan tingkat kepercayaan 95%.

Figure 2. Number macrobenthos species in small aggregation (AK), middle position of large aggregation (Middle AB), and the edge position of large aggregation (Edge AB). Vertical Bars show the 95% Confidence Level.

Tabel 2. Daftar jenis makrobenthos yang teridentifikasi menempati posisi tengah dan pinggir agregasi besar, serta agregasi kecil di kedua lokasi Tiwoho dan Blongko.

Table 2. List of macrobenthos species in middle and edge of large aggregation, and small aggregation in both locations Tiwoho and Blongko.

No	Klass/ Family	Genus/ Jenis	Lokasi					
			Tiwoho Agregasi		Blongko Agregasi			
			Besar	Kecil	Besar	Kecil		
			Posisi Tengah	Posisi Pinggir	Posisi Tengah	Posisi Pinggir		
Florideophyceae								
1.	Corallinaceae (red algae)	<i>Amphiroa</i> J. V. Lamouroux 1812	-	-	-	v	v	-
2.	Gracilaceae (red algae)	<i>Gracilaria</i> Greville, 1830	v	v	v	-	v	v
3.	Cystocloniac- eae (red algae)	<i>Hypnea</i> J.V.Lamouroux, 1813	v	v	v	v	v	v
4.	Rhodomelac- Eae (red algae)	<i>Laurencia</i> J.V. Lamouroux, 1813	v	-	v	-	-	v
Phaeophyceae								
5.	Dyctiotaceae (brown macro algae)	<i>Padina</i> Adanson, M. (1763)	v	v	v	v	v	v
Ulvophyceae								
6.	Anadyomena- ceae	<i>Anadyomene</i> J.V. Lamouroux , 1812	v	-	v	v	v	v
7.	Halimedaceae	<i>Halimeda</i> J.V.Lamouroux , 1812	v	v	v	v	v	v
Liliopsida								
8.	Hydrocharita- ceae (marine seagrass)	<i>Enhalus</i> (Rich.)	v	v	v	v	v	v
9.	Hydrocharita- ceae (marine Seagrass)	<i>Thalassia</i> Banks ex.K.D Kóning	v	v	v	v	v	v
Anthropoda (Crustacea) Copepod								
10.	Cletodidae	Cletodidae	v	v	v	v	v	v
Echinoidea								
11.	Echinometridae (sea urchin)	<i>Echinometra</i> Gray, 1825	v	v	-	v	v	-
Ophiuroidea								
12.	Ophiocomidae (brittle star)	<i>Ophiocoma</i> L. Agassiz, 1835	v	v	-	v	v	v
13.	Ophiactidae (brittle star)	<i>Ophiactis</i> Lütken, 1856	v	v	v	v	v	v
14.	Ophiocomidae (echinoderms)	<i>Ophiomastix</i> Müller & Troschel, 1842	v	v	-	v	v	v

Bivalvia

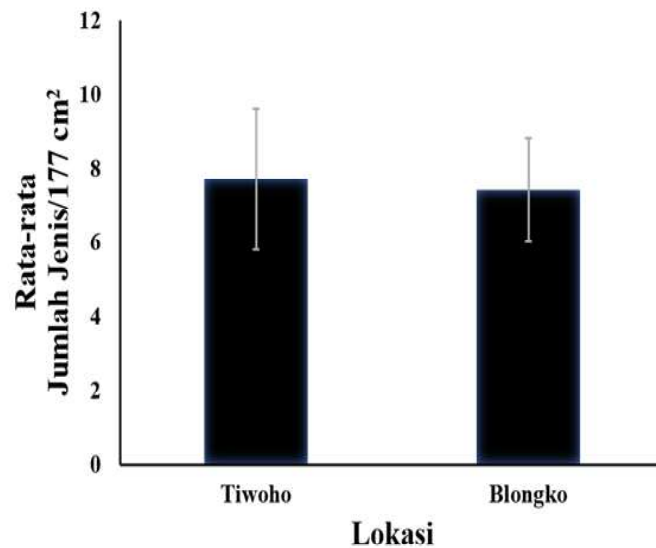
14.	Isognomonidae	<i>Isognomon</i> Lightfoot, 1786	v	-	-	-	-	-
15.	Pinnidae	<i>Pinna</i> Linnaeus, 1758	v	-	-	-	-	-
16.	Pteriidae	<i>Pinctada</i> Röding, 1798	v	-	-	-	-	-

Gastropoda

17.	Cerithiidae	<i>Cerithium</i> Bruguière, 1789	v	v	v	v	v	v
18.	Conidae (gastropod)	<i>Conus</i> Linnaeus, 1758	v	-	v	v	v	v
19.	Olividae	<i>Oliva</i> Bruguiere, 1789	-	v	-	v	-	-

Polychaeta

20.	Capitelliidae	<i>Capitella</i>	v	v	-	v	-	v
-----	---------------	------------------	---	---	---	---	---	---



Gambar 3. Jumlah jenis macrobenthos pada kedua lokasi Tiwoho dan Blongko. Vertikal bar menunjukkan tingkat kepercayaan 95%.

Figure 3. Number macrobenthos species in both locations Tiwoho and Blongko. Vertical bars show the 95% Confidence level.

Walaupun kehadiran jenis tidak dipengaruhi oleh posisi dalam agregasi dan lokasi, nampak ada jenis-jenis makrobenthos yang dapat dikategorikan unik (Krebs, 2014), yang teridentifikasi hanya pada satu posisi dari seluruh sampling dalam agregasi (Tabel 2). Misalnya, jenis *Isognomon* sp., *Pinna* sp., dan *Pinctada* sp., yang teridentifikasi hanya di posisi tengah agregasi besar di Tiwoho. Selanjutnya ada jenis-jenis makrobenthos yang teridentifikasi di semua posisi agregasi di kedua lokasi penelitian, Tiwoho dan Blongko, seperti dari algae, *Hypnea* sp., *Padina* sp., *Halimeda* sp., dari lamun, *Enhalus* sp., dan *Thalasia* sp., dari Copepod: Cletodidae, dan dari Gastropoda: *Cerithium* sp.

Jumlah Individu

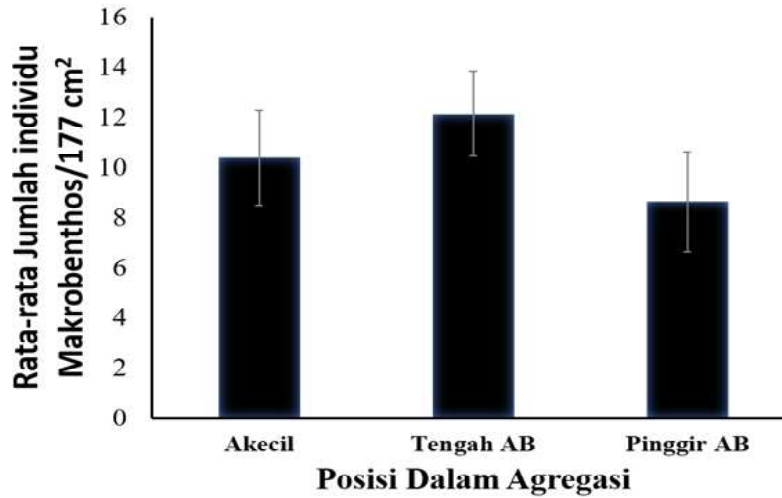
Hasil uji ANOVA 2 Arah, di mana posisi dalam agregasi dan lokasi sebagai faktor utama yang mempengaruhi

jumlah individu (kelimpahan) makrobenthos menunjukkan bahwa jumlah rata-rata makrobenthos yang berasosiasi adalah nyata bervariasi yang dipengaruhi oleh posisi dalam agregasi (ANOVA 2 Arah, $p < 0,05$) (Gambar 4), tetapi tidak dipengaruhi oleh lokasi (ANOVA 2 Arah, $p > 0,05$) (Tabel 3) (Gambar 5).

Selanjutnya, untuk jumlah rata-rata individu (kelimpahan) makrobenthos yang ada dalam posisi agregasi untuk masing-masing lokasi diuji dengan uji ANOVA 1 Arah, di mana posisi dalam agregasi adalah sebagai faktor utama, yang dilakukan untuk masing-masing lokasi. Jumlah rata-rata individu makrobenthos yang ada di Tiwoho adalah tidak dipengaruhi oleh posisi dalam agregasi (ANOVA 1 Arah, $p > 0,05$). Sebaliknya, jumlah rata-rata individu makrobenthos adalah nyata yang dipengaruhi oleh posisi dalam agregasi di Blongko (ANOVA 1 Arah, $p < 0,05$).

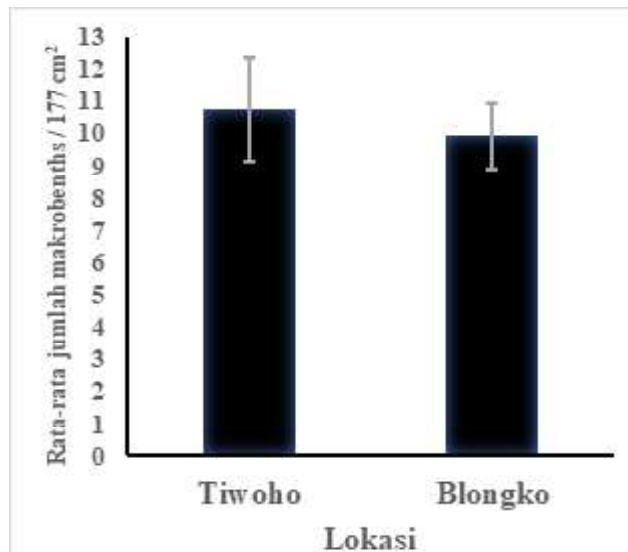
Tabel 3. Hasil ANOVA 2 Arah, di mana posisi dalam agregasi dan lokasi adalah sebagai faktor utama.
 Table 3. The result of 2 Way ANOVA, position in aggregation and location as the main effect.

Sumber	Type III SS	Df	Rata-rata	F-Rasio	p-nilai
Posisi	49	2	24,5	4,356	0,029
Lokasi	3,375	1	3,375	0,6	0,449
Posisi * Lokasi	0,0001	2	0,0001	0,0001	1,000
Error	101,250	18	5,625		



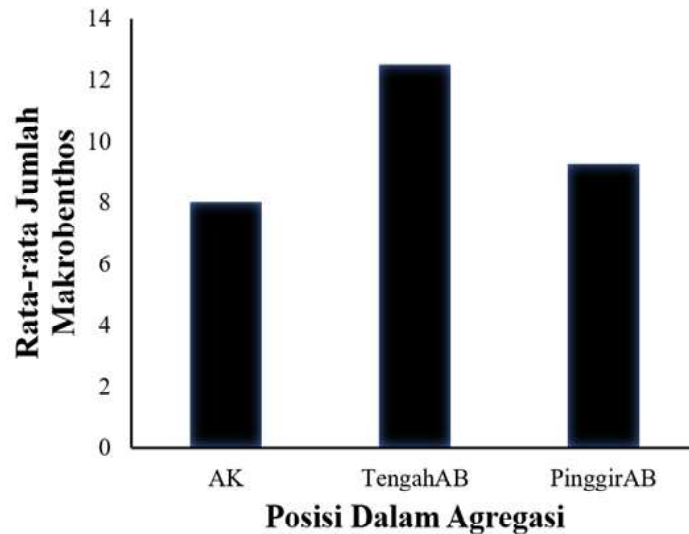
Gambar 4. Jumlah individu makrobenthos yang berasosiasi pada agregasi kecil (AK), posisi tengah agregasi besar (Tengah AB), dan posisi pinggir agregasi besar (Pinggir AB). Vertikal bar menunjukkan tingkat kepercayaan 95%.

Figure 4. Number of individual associated macrobenthos in small aggregation (AK), middle position of large aggregation (Middle AB), and edge position of large patch (Edge AB). Vertical bars show 95% Confidence Level.



Gambar 5. Jumlah individu makrobenthos yang berasosiasi di kedua lokasi, Tiwoho dan Blongko. Vertikal bar menunjukkan tingkat kepercayaan 95%.

Figure 5. Number of individuals associated macrobenthos in both locations, Tiwoho and Blongko. Vertical Bars show 95% Confidence Interval.



Gambar 6. Jumlah individu makrobenthos di posisi dalam agregasi di lokasi Blongko. Agregasi kecil (AK), posisi tengah agregasi besar (Tengah AB), dan posisi pinggir agregasi besar (Pinggir AB).

Figure 6. Number of individuals macrobenthos within position in aggregation in Blongko. Small aggregation (AK), middle position large aggregation (Middle AB), edge position large aggregation (Edge AB).

Uji lanjut dilakukan untuk melihat perbandingan jumlah rata-rata individu makrobenthos di antara posisi baik antara agregasi kecil dan posisi tengah agregasi besar, agregasi kecil dan posisi pinggir agregasi besar, serta antara agregasi tengah dan pinggir agregasi besar dengan menggunakan *Tukey Test*. Hasil *Tukey Test* menunjukkan jumlah rata-rata individu makrobenthos yang ada di posisi tengah agregasi besar lebih besar dibandingkan dengan jumlah rata-rata individu makrobenthos yang menempati agregasi kecil (*Tukey Test*, $P < 0,05$). Jumlah rata-rata individu makrobenthos yang ada di posisi tengah adalah juga memiliki perbedaan yang nyata dibandingkan dengan jumlah rata-rata individu makrobenthos yang ada di pinggir agregasi besar (*Tukey Test*, $P < 0,05$) (Gambar 6). Namun demikian, jumlah rata-rata individu makrobenthos yang menempati posisi pinggir agregasi dan agregasi kecil nampak tidak berbeda nyata (*Tukey Test*, $P > 0,05$).

Keragaman (Diversity)

Hasil analisa keragaman makrobenthos teridentifikasi bahwa adanya variasi nilai Indeks Simpson bagi makrobenthos yang ada di antara posisi baik tengah dan pinggir agregasi besar, serta dengan agregasi kecil. Makrobenthos yang berada di posisi agregasi kecil memiliki nilai Indeks Simpson relatif lebih tinggi dibandingkan dengan posisi lainnya dengan nilai 0,92, selanjutnya diikuti oleh 0,89 bagi makrobenthos yang berada pada posisi tengah agregasi besar, dan relatif lebih rendah, yaitu 0,88 bagi makrobenthos yang berada di posisi pinggir agregasi besar (Gambar 7).

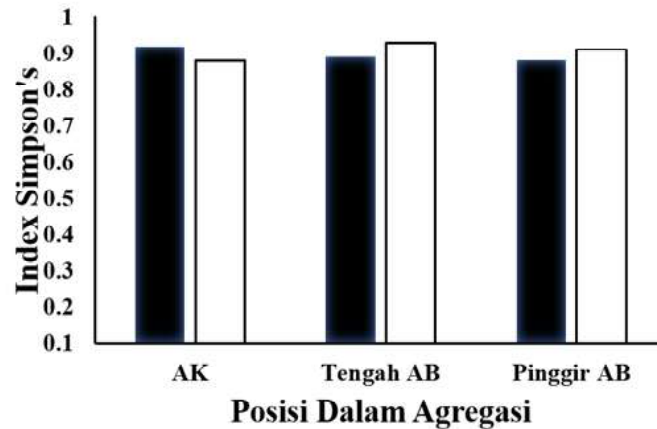
Keragaman makrobenthos yang berada di Blongko

memiliki nilai yang tidak konsisten dibandingkan dengan keragaman makrobenthos yang ada di lokasi Tiwoho. Makrobenthos yang berada di posisi tengah agregasi besar memiliki nilai Indeks Simpson relatif lebih tinggi dibandingkan dengan posisi lainnya, yaitu dengan nilai 0,93, selanjutnya 0,91 bagi makrobenthos yang berada di posisi pinggir agregasi besar, dan Indeks Simpson yang relatif rendah, yaitu 0,83 bagi makrobenthos yang berada di posisi agregasi kecil. Distribusi nilai Indeks Simpson bagi makrobenthos yang ada di dalam posisi agregasi di Blongko ditampilkan pada Gambar 7.

Krebs (2014) mendefinisikan bahwa keragaman dikategorikan semakin tinggi dengan nilai Indeks Simpson mendekati 1, sebaliknya keragaman semakin rendah dengan nilai Indeks Simpson mendekati 0. Nilai Indeks Simpson yang bervariasi dari 0,83 – 0,93 menggambarkan bahwa makrobenthos di dalam posisi tengah dan pinggir agregasi besar serta kecil memiliki keragaman tinggi, dengan nilai Indeks Simpson yang mendekati 1.

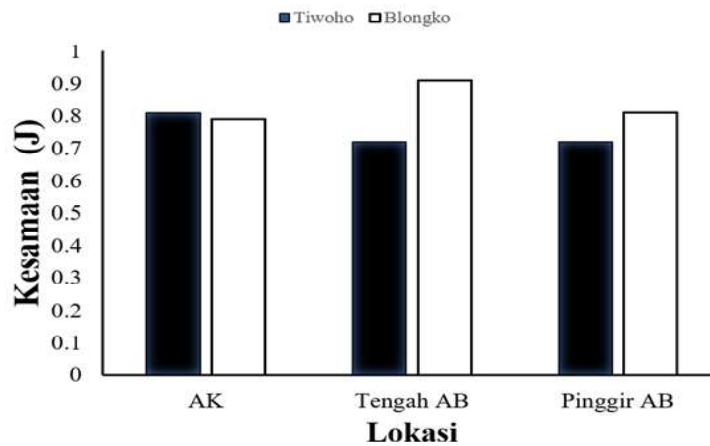
Kesamaan

Krebs (2014) mengategorikan distribusi kesamaan jenis ke dalam kisaran 0 sampai 1, dimana 0 indikasi adanya kesamaan jenis rendah, sebaliknya kesamaan menjadi semakin tinggi saat mendekati 1. Hasil analisa kesamaan jenis untuk masing-masing posisi dalam agregasi di masing-masing lokasi, baik di Tiwoho dan Blongko memiliki indeks yang bervariasi dari 0 - 1 (Gambar 8). Dalam analisa ANOVA, nampak jumlah jenis tidak berbeda baik yang ada di antara posisi tengah dan pinggir agregasi besar, dan agregasi kecil, serta antar lokasi.



Gambar 7. Indeks Simpson keragaman (*diversity*) makrobenthos di agregasi kecil (AK), posisi tengah agregasi besar (Tengah AB), posisi pinggir agregasi besar (Pinggir AB).

Figure 7. Simpson's Index macrobenthos diversity in small aggregation (AK), middle position large aggregation (Middle AB), edge position large aggregation (Edge AB).



Gambar 8. Kesamaan (J) jenis-jenis makrobenthos di masing-masing posisi di kedua lokasi, baik Tiwoho dan Blongko. Agregasi Kecil (AK), posisi tengah agregasi besar (Tengah AB), dan posisi pinggir agregasi besar (Pinggir AB).

Figure 8. Evenness macrobenthos species within position in aggregation of each lokasi of Tiwoho and Blongko. Small aggregation (AK), middle position large aggregation (Middle AB), edge position large aggregation (Edge AB).

Walaupun distribusi jenis di antara posisi tengah dan pinggir agregasi besar, serta agregasi kecil dan di antara kedua lokasi nampak tidak ada perbedaan, variasi kesamaan jenis, nampak memberikan hasil yang berbeda lebih khusus bagi makrobenthos yang ada di stasiun Blongko. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya jenis-jenis tertentu memiliki distribusi kelimpahan yang tinggi, dengan nilai Indeks Kesamaan adalah mendekati 1 (Gambar 8). Hal ini nampak pula dari hasil analisa ANOVA, dimana

ada pengaruh posisi terhadap jumlah individu makrobenthos yang ada di lokasi Blongko. Jenis-jenis makrobenthos di Blongko memiliki distribusi kelimpahan yang bervariasi untuk setiap jenis, di mana ada jenis yang memiliki kelimpahan yang tinggi, seperti *Padina* sp. (Bivalvia), dibandingkan dengan jenis lainnya yang memiliki kelimpahan rendah, seperti jenis *Ophiocoma* sp. (Ephiroids).

BAHASAN

Agregasi kerang kotak *Septifer bilocularis* baik yang ada di pesisir Tiwoho, Kabupaten Minahasa dan Blongko, Kabupaten Minahasa Selatan memiliki jumlah jenis makrobenthos yang relatif sama di antara Tiwoho dan Blongko. Namun untuk jumlah individu (kelimpahan) makrobenthos adalah relatif tidak konsisten di antara posisi dalam posisi tengah dan pinggir agregasi besar, serta agregasi kecil. Jumlah jenis dan individu makrobenthos (kelimpahan) yang bervariasi dan tidak konsisten ini, nampak mempengaruhi keragaman (*diversity*) serta kesamaan jenis makrobenthos yang ada di antara posisi pinggir dan tengah agregasi besar, serta agregasi kecil dan di antara dua lokasi Tiwoho dan Blongko.

Nilai Indeks *Simpson* yang mencapai 1 menggambarkan keragaman yang tinggi, sebaliknya yang mendekati 0 mengindikasikan memiliki keragaman yang rendah. Dalam penelitian ini, nilai Indeks *Simpson* yang bergerak ke arah 1, mengidentifikasi bahwa keanekaragaman makrobenthos di dalam posisi agregasi besar dan kecil memiliki keanekaragaman yang tinggi untuk kedua lokasi, di Tiwoho dan Blongko. Keragaman dan kesamaan jenis nampak tinggi untuk kedua Pola ini menggambarkan bahwa proporsi distribusi kelimpahan jenis makrobenthos di Tiwoho adalah lebih baik dari yang ada di Blongko.

Agregasi kerang adalah rumah bagi beragam makrobenthos, termasuk jenis-jenis lainnya di pesisir yang datang di habitat yang sama dalam waktu yang sama ataupun berbeda untuk beragam aktivitas (Tsuchiya, 2002). Keragaman dari organisme yang berasosiasi dapat dikontrol oleh beragam faktor seperti posisi di dalam agregasi, pasang surut, umur agregasi, predator, serta kondisi lingkungan agregasi. Dalam penelitian ini diidentifikasi bahwa keanekaragaman dan kesamaan makrobenthos adalah tinggi, yang merefleksikan bahwa adanya kestabilan komunitas untuk makrobenthos yang menempati posisi dalam agregasi (Tsuchiya, 2002; Christensen *et al.*, 2015; Nauta *et al.*, 2022).

Ada 21 jenis makrobenthos yang terdistribusi pada posisi pinggir dan tengah agregasi besar, serta pada agregasi kecil di kedua lokasi Tiwoho dan Blongko. Makrobenthos yang berasosiasi, menempati di agregasi sebagai habitat. Misalnya bagi cacing laut, biota ini teridentifikasi menempati sedimen yang berada di antara kerang. Cacing-cacing memanfaatkan bahan-bahan organik, sebagai hasil buangan, baik dari kerang-kerangan dan makrofauna lainnya sebagai endapan biologi (*biodeposit*) yang ada di sedimen sebagai makanan (Tsuchiya, 2002). Cacing, gastropoda, bivalva, dan makrobenthos lainnya dapat menjadi sumber makanan bagi predator, seperti bintang laut yang juga teridentifikasi

menempati agregasi kerang sebagai tempat tinggal biota-biota ini.

Agregasi kerang menyediakan substrat yang kompleks (Tsuchiya, 2002; Christensen *et al.*, 2015; Nauta *et al.*, 2022), yang mendorong beragam organisme untuk menempatinnya sebagai habitat (Cinar *et al.*, 2017; Nauta *et al.*, 2022; Chakraborty *et al.*, 2020), yang disebutkan sebagai tempat yang stabil bagi makrofauna (Cinar *et al.*, 2017; Nauta *et al.*, 2022; Chakraborty *et al.*, 2020). Organisme yang menempati agregasi kerang ini, tidak terbatas bagi organisme dewasa, tetapi juga bagi organisme berukuran kecil, sebagai anak-anak (Christensen *et al.*, 2015; Montes *et al.*, 2021).

Agregasi yang dibangun oleh kerang-kerangan yang disatukan melalui benang-benang *byssus*, seiring dengan waktu, benang-benang *byssus* terus bertambah (Khalaman & Lezin, 2015), yang dilekatkan di antara cangkang kerang, bahkan pada substrat keras, ukuran agregasi bertambah besar bahkan kompleks, yang menjadikan agregasi semakin kuat (Christensen *et al.*, 2015). Agregasi besar di pesisir mencirikan agregasi yang mampu bertahan dari hampasan gelombang dan arus pantai (Tsuchiya, 2002). Karakteristik ini menjadi salah satu indikasi sebagai tempat yang stabil, sekaligus sebagai habitat bagi makrobenthos. Habitat yang stabil dapat menjelaskan hasil dalam penelitian ini, di mana adanya indeks keragaman dan kesamaan yang tinggi bagi makrobenthos yang menempati posisi-posisi di agregasi besar dan agregasi kecil di kedua lokasi Tiwoho dan Blongko. Kestabilan agregasi berkorelasi dengan rantai makanan yang panjang, jaringan makanan yang kompleks (Christensen *et al.*, 2015; Nauta *et al.*, 2022), dan komunitas makrobenthos yang stabil (Tsuchiya, 2002). Nauta *et al.*, (2022), mengidentifikasi tidak hanya makrobenthos yang menempati substrat yang stabil, tetapi menjadi habitat yang menarik bagi *jellyfish* dan ikan jenis lainnya.

Adanya keuntungan yang diperoleh oleh kerang, yang tidak dimiliki oleh makrobenthos lainnya, dengan memproduksi benang-benang *byssus*, benang-benang ini akan menutupi kerang, sehingga kerang dapat terlindung dari predator (Khalaman & Lezin, 2015). Pemboran cangkang yang dilakukan oleh predator, bertujuan untuk mendapatkan daging yang terlindung dari cangkang, serta terlindung dari *byssus* (Khalaman & Lezin, 2015).

Byssus yang banyak, yang direkatkan di antara cangkang bahkan pada substrat, menjadikan agregasi semakin kuat (Brown *et al.*, 2011), sebagai habitat yang baik bagi makrobenthos yang menempatinnya, yang mendukung kegiatan-kegiatan makrobenthos yang berasosiasi, termasuk biota lainnya untuk melakukan penelitian-penelitian pendahulu, seperti contoh, di mana

beragam aktivitas di mana agregasi kerang ini berada (Albertsen & Støttrup, 2022). Montez et al., (2021) melaporkan bahwa untuk anak-anak kerang adalah lebih rentan terhadap predator. Namun demikian, anak-anak kerang yang penetrasi dan menempel baik di antara cangkang bahkan di antara benang-benang (*byssus*), adalah menjadi salah satu cara untuk berlindung dari predator (Ompi 2019).

Pola keragaman jenis makrobenthos dan kelimpahan jenis makrobenthos yang tidak konsisten di antara posisi dalam agregasi tengah dan pinggir agregasi besar, serta agregasi kecil, nampak di antara lokasi dalam penelitian ini. Hasil penelitian ini adalah bertolak belakang dengan hipotesis dari penelitian-penelitian pendahulu, seperti contoh, di mana jenis-jenis yang berasosiasi, kelimpahan dan distribusi makrobenthos meningkat, berkorelasi dengan meningkatnya ukuran agregasi (Tsuchiya, 2002).

Keragaman jenis yang tidak konsisten dapat disebabkan adanya gangguan-gangguan, salah satunya oleh adanya interspesifik kompetisi untuk ruang dan makanan. Kehadiran predator dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan bervariasinya keragaman jenis, yang ditunjukkan melalui nilai Indeks Simpson yang tidak konsisten di antara posisi agregasi. Tingginya kehadiran predator adalah menjadikan salah satu penyebab berkurangnya keragaman jenis, sebaliknya kehadiran predator yang rendah, keragaman jenis menjadi tetap ataupun meningkat (Christensen et al., 2015), sekaligus menentukan kestabilan dari struktur komunitas dalam suatu ekosistem (Sabine et al., 2016; Nauta et al., 2022).

Penelitian ini tidak secara khusus mengobservasi peran predator dalam kestabilan komunitas dalam suatu ekosistem. Hadirnya predator yang teridentifikasi di dalam agregasi kerang dalam penelitian ini, seperti dari kelompok *echinodermata*, berupa bintang laut dan bulu babi dapat menjelaskan berfluktuasinya baik keragaman dan kesamaan makrobenthos dalam posisi agregasi di kedua lokasi penelitian.

Agregasi yang berada di daerah pasang surut, arus dan gelombang, baik saat surut dan saat air pasang, dapat menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi struktur keragaman, di antaranya adalah distribusi biota yang ada di agregasi kerang (Tsuchiya, 2002). Dalam penelitian ini nampak bahwa distribusi makrobenthos yang tinggi di posisi tengah agregasi besar dibandingkan dengan posisi lainnya di agregasi kerang di lokasi Blongko, dapat sebagai salah satu penyebab, di mana makrobenthos yang berada di antara kerang di posisi tengah agregasi besar adalah sebagai tempat yang lebih terlindung (Dolmer & Svane, 1995; Tsuchiya, 2001 & Scheibling, 2001), termasuk dari gangguan seperti dari energi arus dan gelombang, yang dapat menghempaskan biota-biota ini jauh dari agregasi

kerang.

Teridentifikasi adanya jenis-jenis yang memiliki perbedaan nyata dalam jumlah (kelimpahan) yang tinggi dan yang rendah di posisi agregasi di Blongko. Dengan kesamaan dan keragaman yang tinggi bagi makrobenthos yang menempati posisi-posisi di dalam agregasi kerang, adanya faktor faktor yang mendorong perbedaan dalam jumlah individu, dapat berasal dari luar agregasi kerang. Tsuchiya (2002) mencatat bahwa adanya keterbatasan toleransi jenis-jenis makrobenthos terhadap perbedaan suhu yang nyata di saat surut rendah. Keterbatasan toleransi ini dapat menjadi salah satu faktor yang mendorong adanya perbedaan kelimpahan yang nyata, bagi jenis-jenis makrobenthos yang menempati posisi dalam agregasi di lokasi Blongko. Faktor lingkungan, seperti antropogenik (Tsuchiya (2002), dapat menjadi salah satu alasan juga, untuk menjelaskan adanya perbedaan kelimpahan jenis untuk lokasi Blongko. Namun demikian, faktor antropogenik ini memerlukan observasi lebih lanjut, yang tidak dilakukan dalam penelitian ini.

Cangkang kerang serta substrat keras lainnya yang berada di agregasi menjadi tempat untuk menempel bagi biota yang menggunakan benang-benang protein ataupun semen yang direkatkan pada cangkang, menjadikan agregasi kerang sebagai habitat yang baik bagi biota-biota ini, termasuk bivalvae seperti *Pinna* sp., *Isognomon* sp., dan *Pinctada* sp.

Kehadiran beragam jenis alga yang memanfaatkan agregasi kerang sebagai habitat, yang teridentifikasi baik di posisi tengah dan pinggir agregasi besar, termasuk pada agregasi kecil menjadikan agregasi kerang sebagai salah satu habitat yang baik bagi alga serta lamun dalam penelitian ini. Kerang dalam agregasi mampu menyaring partikel-partikel yang ada di kolom perairan (Lassen et al., 2006), yang dapat menyebabkan kejernihan kolom perairan yang ada di atas agregasi kerang. Kolom perairan jernih akan mendorong penetrasi cahaya sampai di dasar perairan, sehingga mendorong proses fotosintesa yang baik, yang menjadikan salah satu kriteria, di mana agregasi kerang menjadi salah satu habitat yang baik bagi jenis-jenis alga termasuk lamun dalam penelitian ini, serta makrobenthos lainnya. Kehadiran alga mendorong beragam organisme yang berasosiasi dengan alga di agregasi kerang, menempati agregasi kerang, yang menjadi salah satu kriteria meningkatkannya keragaman di agregasi kerang (Tsuchiya, 2002; Nauta et al., 2022).

Kerang-kerang merekatkan *byssus* pada substrat keras dan di antara cangkang kerang dalam agregasi, bersamaan dengan waktu agregasi mejadi ukuran yang besar, menjadikan agregasi yang kuat bertahan termasuk dari energi gelombang (Dolmer & Svane, 1995; Tsuchiya, 2001 & Scheibling, 2001), menjadikan sebagai habitat yang baik

(Nauta *et al.*, 2022), yang dapat mempertahankan keragaman makrobenthos (Tsuhiya, 2002; Christensen *et al.*, 2015; Nauta *et al.*, 2022).

KESIMPULAN

Ada 21 jenis makrobenthos yang teridentifikasi menempati posisi dalam agregasi kerang di kedua lokasi, berupa alga, lamun, gastropoda, bivalvae, copepod, cacing, termasuk echinodermata. Agregasi kerang adalah menjadi tempat ataupun habitat yang baik bagi makrobenthos, walaupun posisi dalam agregasi, serta ukuran agregasi tidak menentukan jumlah jenis dan individu makrobenthos. Keragaman makrobenthos adalah tinggi, walaupun nampak adanya variasi Indeks Keragaman di antara posisi tengah dan pinggir agregasi besar, serta agregasi kecil, dan lokasi. Nilai kesamaan (*evenness*) nampak lebih bervariasi bagi makrobenthos yang ada di Blongko, dibandingkan yang ada di Tiwoho, yang menggambarkan bahwa proporsi jumlah individu (kelimpahan) nampak lebih merata di antara posisi dalam agregasi yang ada di Tiwoho dari pada yang ada di Blongko.

PERSANTUNAN

Terima kasih disampaikan kepada Deity A. Palit, S.Kel., Muhamad Z. Ambarak, S.Kel., dan Pricilia O.M. Ompi, S.Kel., atas bantuan dan kerja sama yang diberikan selama sampling, serta Dr. Ir. Joice R.T.S.L. Rimper, M.Si., Dr. Ir. Darus Y. Paransa, M.Si., dan Dr. Ir. Elvis Batarogao, M.Sc., atas saran-sarannya. Terima kasih disampaikan kepada Universitas Sam Ratulangi yang sudah membiayai penelitian ini melalui RDUU, No.: 255/UN12.13/LT/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Albertsen, C.M., & Støttrup, J.G. (2022). Aggregation and attachment responses of blue mussels, *Mytilus edulis*—impact of substrate composition, time scale and source of mussel seed. *Aquaculture*, 435, 245–251.
- Agustein, I.G., Ompi, M., Rimper, J.R.T.S.L., Angmalisang, P.A., Kaligis, E.Y., & Watung, J.Ch. (2022). Ukuran cangkang, perkembangan gonad, dan ‘survival Abalon *Haliotis varia*, di pesisir Timur Likupang. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 10 (2), 89- 97.
- Brown, K.M., Aronhime, B., & Wang, X. (2011). Predatory blue crabs induce byssal thread production in hooked mussels. *Invertebrate Biology*, (130), 43–48.
- Baino, I., Kepel, R. Ch., Manu, G.D. (2019). Biodiversitas makroalga di perairan pesisir Desa Bahoi, Kecamatan Likupang Barat, Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 7 (1).
- Christensen, H.T., Dolmer, P., Hansen, B. W., Holmer, M., Christensen, L.D., Poulsen, K., Stenberg, C., Albertsen, C.M., & Støttrup, J.G. (2015). Aggregation and attachment responses of blue mussels, *Mytilus edulis*—impact of substrate composition, time scale and source of mussel seed. *Aquaculture*, 435, 245-251.
- Cinar, M.E., Bakir, K., Öztürk, B., Katağan, T., Doğan, A., Acik, S., Kurt-Sahin, G., Özcan, T., Dađli, E., Bitlis-Bakir, B., Kocak, F., & Kirkim, F. (2017). Macrobenthic fauna associated with the invasive alien species *Brachidontes pharaonis* (Mollusca: Bivalvia) in the Levantine Sea (Turkey). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-16.
- Chakraborty, A., Parveen, S., Dipak Kr. Chanda, D.Kr., & Aditya, G. (2020). An insight into the structure, composition and hardness of a biological material: the shell of freshwater mussels. *RSC Advances*, 10, 29543
- Dolmer, P., & Svane, I. (1994). Attachment and orientation of *Mytilus edulis* L. in flowing water. *Ophelia* 40 (1), 63-74.
- Dilak, H.I., Missa, R., & Eryah, H.P. 2018. Kelimpahan dan keanekaragaman makrobenthos sebagai bioindikator pencemaran lingkungan laut dangkal perairan Tablolong, Kupang Barat. *Marine and Fisheries Science Technology Journal* 2 (2).
- Fowler, J., Cohen, L., & Jarvis, P. (1998). *Practical Statistics for Field Biology*. John & Wiley & Sons.
- Fachruddin, L. (2019). Indeks kondisi kerang hijau (*Perna viridis*) dan kandungan kadmium (condition indices of green mussel, *Perna viridis*, and cadmium content). *Journal Pengelolaan Perairan* 2 (2).
- Gray, J. S., & Elliott, M. (2009). *Ecology of Marine Sediments: from Science to Management*. Oxford: Oxford University Press.
- Hanibe, J.J., Mamangkey, N.G.F., Manembu, I.S., Boneka, F.B., & Ompi, M. (2022). Kepadatan dan keragaman jenis fauna benthos (>1 mm) pada daerah pecahan karang di perairan Kelurahan Molas, Teluk Manado. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 10 (2), 24-32.
- Jager, M.D., Weissing, F.J., & Koppel, J. V.D. (2017). Why mussels stick together: spatial self-organization affects the evolution of cooperation. *Evolution Ecology*, 31, 547–558
- Jansen, T. (2018). Tinjauan Pengaruh Pasang Surut Terhadap Pola Arus Di Teluk Amurang, Sulawesi Utara. *Tekno*, 16 (70), 67-70.
- Krebs, C.J. (2014). *Ecological Methodology*. Addison-Wesley Educational Publisher., Inc.
- Kinasih, A.G., Perdanawati, R.A., & Munir, M. (2018). Studi hubungan struktur komunitas makrobenthos dengan kualitas perairan di rumah mangrove Wonorejo, Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan IV*, 65 -75.
- Khalaman, V.V., & Lezin, P.A. 2014. Clumping behavior and byssus production as strategies for substrate competition in *Mytilus edulis*. *Invertebrate Biology* 134 (1), 38–47.

- Lassen, J., Kortegård, M., Riisgård, H.U., Friedrichs, M., Graf, G., & Larsen, P.S. (2006). Down-mixing of phytoplankton above filterfeeding mussels—interplay between water flow and biomixing. *Marine Ecology Progress Series*, 314, 77-88.
- Lumingas, A.R.T., Boneka, F.B., Ompi, M., Mamangkey, N.G.F., Manembus, I.S., Undap, S.L., & Lumingas, L.J.L. (2022). Komunitas Polychaeta Dalam Substrat Lunak Zona Subtidal Teluk Manado, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah PLATAX* 10 (1): 168 -178.
- Masuda, N. (2007). Participation costs dismiss the advantage of heterogeneous networks in evolution of cooperation. *Proc R Soc B Biol Sci*, 274:1815–1821.
- Maatui, T.J., Mamangkey, N.G.F., Manembu, I.S., Boneka, B.F., Ompi, M., & Pangkey, H. (2022). Fauna benthos berukuran lebih dari 1 mm di muara sungai Sario, Kota Manado. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 10 (2), 14 – 23.
- Montes, A., Vázquez, E., Peteiro, L.G., & Olabarria, C. (2021). Dynamics and processes influencing recruitment of the invasive mussel *Xenostrobus securis* and the coexisting indigenous *Mytilus galloprovincialis* in north-western Spain. *Aquatic Invasions*, 16.
- Nono, D.R., Boneka, B.B., & Gerung, G.S. (2014). Siput gastropoda pada alga makro di Tanjung Arakan dan Pantai Pulau Nain Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*, 24, 1-8.
- Nauta, J., Christianen, M.J.A., Temmink, R.J.M., Fivash, G.S., Diaz, B.M., Reijers, V.C., Dideren, K., Penning, E., Borst, A.C.W., Heusinkvel, J.H.T., Zwarts, M., Cruijssen, P.M.J.M., Hijner, N., Lengkeek, W., Lamers, L.P.M., Heide, Bouma, T.J., Wal, D.Van der., Olf, H., & Govers, L.L. (2022). Biodegradable artificial reefs enhance food web complexity and biodiversity in an intertidal soft-sediment ecosystem. *Journal Applied of Ecology*, 00, 1-12.
- Ompi, M. (2016). *Larva avertebrata dasar laut : ekologi dan tingkah laku larva*. Deepublish.
- Ompi, M., Lumoindong, F., Undap, N., Papu, A., & Wägele, H. (2018). Monitoring marine Heterobranchia in Lembeh Strait, North Sulawesi (Indonesia), in a changing environment. *AACL Bioflux*, 12 (2), 664-677
- Ompi, M. (2019). Recruitment of the box mussel, *Septifer bilocularis* L.: effects of substratum and adult density. *Phuket Marine Biological Center Special Publication*, 18(1), 41-46.
- Ompi, M. (2019). *Nudibranchia (Gastropoda) di perairan tropis Selat Lembeh, Sulawesi Utara: Ketahui Sebelum Katastrofe*. P.T. Percikan Hati.
- Opa, S.L., Deiske A. Sumilat, D.A., Pratasik, S.B., Wagey, B.Th., Gustaff, Mamangkey, G.F., Ginting, E.L., & Ompi, M. (2020). Struktur Komunitas Ascidian Di Perairan Mike's Point Bunaken Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax* 8(1), 61-70.
- Pelealu, G.V.E., Koneri, R., & Butarbutar, R.R. (2018). Kelimpahan dan keragaman makrozoobenthos di sungai air terjun Tunan, Talawaan, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*, 18 (2).
- Palit, D.A., Boneka, F.B., Kaligis, E.Y., Rimper, J.R.T.S.L., Lumenta, C., & Ompi, M. (2021). Rekrutment Tropical Box Mussels, *Septifer bilocularis* in Tiwoho Coastal Area. *Jurnal Ilmiah Platax* 9(2), 321-327.
- Papu, A., Undap, N., Martinez, N. A., Segre, M. R., Datang, I. G., Kuada, R. R., Perin, M., Yonow, N., & Wägele, H. (2020). First study on marine heterobranchia (Gastropoda, Mollusca) in Bangka Archipelago, North Sulawesi, Indonesia. *Diversity*, 12 (2).
- Paat, K.Y.R., Lumuindong, F., Kaligis, E.Y., Boneka, F.B., Losung, F., Kambey, A.D. 2022. Kajian struktur komunitas moluska di pantai reklamasi, Teluk Manado. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 10 (3), 213-222
- Eleftheriou, A. (2013). *Methods for the Study of Marine Benthos*. This edition first published, John Wiley & Sons, Ltd.
- Svane, I., & Petersen, J.K. (2001). On the problems of epibiopses, fouling, and artificial reefs, a Review. *Marine Ecology*, 22 (3), 169-188.
- Svane, I., & Ompi, M. (2012). *Patch dynamics in beds of the blue mussel Mytilus edulis L.: effects of site, patch size, and position within a patch*. Taylor & Francis online. Doi.org/10.1080/00785326.1993.10429917.
- Sabine, K. J., Cochrane, J., Andersen, J.H., Berg, T., Blanchet, H., Borja, A., Carstensen, J., Elliott, M., Hummel, H., Niquil, N., & Renaud, P. (2016). What Is Marine Biodiversity? Towards Common Concepts and Their Implications for Assessing Biodiversity Status. *Frontier in Marine Sciences*, Vol 3, 248.
- Sahidin, A., Herawati, H., Wardiatno, Y., Setyobudiandy, I., & Partasasmita, R. (2019). Macrozoobenthos as bioindicator of ecological status in Tanjung Pasir Coastal, Tangerang District, Banten Province, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19 (3), 62-84.
- Sea, M.A., Hilman, J.R., & Thrush, S.F. (2022). Enhancing multiple scale of seafloor biodiversity with mussel restoration. *Scientific Report* 12: 5027.
- Sumilat, D.A., Palit, Ch., Opa, S.L., & Ompi, M. (2022). *Ascidia dari Sulawesi Utara*. CV Patra Media Gravindo.
- Tsuchiya, M. (2002). Faunal structures associated with patches of mussels on East Asian coasts. *Helgolander Marine Research*, 56, 31–36.
- Undap, N., Papu, A., Schillo, D., Ijong, F. G., Kaligis, F., Lepar, M., Hertzner, C., Böhringer, N., König, G. M., Schäberle, T. F., & Wägele, H. (2019). First survey of heterobranch sea slugs (Mollusca, gastropoda) from the island sangihe, north sulawesi, indonesia. *Diversity*, 11 (9), 1–32.