

Species and Density of Limpets (Patellogastropoda) in The Intertidal Rocky Shore Akaiwa

(Jenis dan Kepadatan Limpet (Patellogastropoda) di Pantai Rocky Intertidal Akaiwa)

Irene S. Poluan, Inneke F.M. Rumengan, Carolus P. Paruntu*, Robert A. Bara, Deiske A. Sumilat, Farnis B. Boneka

Marine Science Study Program, Faculty of Fisheries & Marine Science, Sam Ratulangi University

(Received 27 Jan. 2026; Revised 16 Feb 2026 ; Accepted 25 Feb. 2026)

ABSTRACT. Rocky intertidal shores are dynamic coastal ecosystems characterized by strong environmental gradients that generate distinct patterns of organism zonation. Limpets (Patellogastropoda) play a crucial role as primary herbivores and ecological indicators in these habitats. This study aimed to examine species composition and density of limpets in the upper and lower intertidal zones of the rocky intertidal shore of Akaiwa, Tomioka, Amakusa, Japan. The research was conducted from February to March 2025. Sampling was conducted using a quadrat sampling method with quadrats measuring 25 cm × 25 cm, randomly placed within a 10 m × 15 m study area across the upper and lower intertidal zones. Limpet specimens were identified based on shell morphological characteristics, and species density was calculated and statistically compared between zones using a t-student test. The results recorded eight limpet species belonging to the families Lottidae and Nacellidae, with seven species occurring in the upper zone and six species in the lower zone. Limpet density in the upper intertidal zone ranged from 1.60 to 20.80 ind/m² and was dominated by *Lottia tenuisculpta*, whereas the lower zone exhibited higher densities ranging from 1.60 to 28.80 ind/m², with a significant dominance of *Cellana toreuma*. The study concludes that limpet community structure is strongly influenced by vertical intertidal zonation. Further long-term studies are recommended to elucidate temporal dynamics of limpet communities in relation to seasonal variation and environmental change.

Keywords: Amakusa, density, limpet, Akaiwa rocky shore, intertidal zonation

ABSTRAK. Pantai intertidal berbatu merupakan ekosistem pesisir yang dinamis dengan gradien lingkungan yang kuat, sehingga membentuk pola zonasi organisme yang khas. Limpet (Patellogastropoda) berperan penting sebagai herbivora utama dan indikator ekologis pada ekosistem ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji komposisi jenis dan kepadatan limpet pada zona atas dan zona bawah pantai rocky intertidal Akaiwa, Tomioka, Amakusa, Jepang. Penelitian ini dilaksanakan pada Februari-Maret 2025. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *quadrat sampling* menggunakan kuadrat berukuran 25 cm × 25 cm yang ditempatkan secara acak di area 10 m × 15 m pada zonasi intertidal bagian atas dan bawah. Spesimen limpet diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi cangkang, kemudian dianalisis kepadatan jenis dan diuji perbedaannya antar zona menggunakan uji t-student. Hasil penelitian menunjukkan bahwa delapan spesies limpet dari famili Lottidae dan Nacellidae teridentifikasi, dengan tujuh spesies pada zona atas dan enam spesies pada zona bawah. Kepadatan limpet di zona atas berkisar antara 1,60-20,80 ind/m² dan didominasi oleh *Lottia tenuisculpta*, sedangkan zona bawah memiliki kepadatan lebih tinggi, yaitu 1,60-28,80 ind/m², dengan dominasi *Cellana toreuma* yang berbeda nyata secara statistik. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa struktur komunitas limpet dipengaruhi kuat oleh zonasi vertikal intertidal. Disarankan penelitian lanjutan dilakukan secara temporal untuk memahami dinamika komunitas limpet terhadap variasi musim dan perubahan lingkungan.

Kata kunci: Amakusa, kepadatan, limpet, pantai berbatu Akaiwa, zonasi intertidal

PENDAHULUAN

Zona intertidal merupakan salah satu ekosistem pesisir yang paling dinamis dan kompleks, terletak di antara batas pasang tertinggi dan surut terendah (Anggara *et al.*, 2021). Wilayah ini senantiasa menghadapi fluktuasi ekstrem kondisi fisik, seperti paparan udara, perubahan suhu yang drastis, intensitas gelombang, serta variasi salinitas. Meski penuh tantangan, zona intertidal mendukung tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi dan memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem laut. Di antara berbagai organisme yang mendiami zona intertidal, filum Mollusca menempati posisi penting karena mencakup lebih dari 85.000 spesies yang telah dideskripsikan oleh MolluscaBase (2024). Dua kelas terbesar dalam filum ini adalah Gastropoda dan Bivalvia (Ommamoke, 2013). Dari keduanya, Gastropoda menempati posisi dominan, dengan lebih dari 22.000 spesies yang diketahui hidup di habitat laut. Kelas ini dibagi ke dalam 6 subkelas yaitu Patellogastropoda, Vetigastropoda, Neomphaliones, Neritimorpha, Caenogastropoda dan Heterobranchia (Bouchet *et al.*, 2017). Dari 6 subkelas tersebut, 3 di antaranya yaitu Patellogastropoda, Vetigastropoda, dan Neomphaliones merupakan subkelas khusus organisme laut (Rosenberg *et al.*, 2022). Sub kelas ini berperan penting dalam rantai makanan perairan sebagai herbivor, detritivor, maupun predator.

Salah satu anggota sub kelas patellogastropoda yang berperan penting di zona intertidal adalah limpet. Limpet diketahui sebagai spesies kunci di habitat

pantai berbatu karena distribusi dan kelimpahannya sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti suhu, kelembaban, serta jenis substrat. Spesies ini dicirikan oleh adanya cangkang pelindung serta operkulum, yakni struktur seperti penutup yang berfungsi menutup bukaan cangkang sebagai perlindungan dari predator maupun desikasi (Hughes, 1986). Limpet tersebar luas di wilayah tropis hingga non-tropis dan memiliki fungsi ekologis yang signifikan dalam ekosistem intertidal (Mau *et al.*, 2021). Bentuk tubuhnya yang khas, cangkang berbentuk kerucut pipih yang kuat memungkinkannya menempel erat pada permukaan batu. Dengan mulut yang terletak di bagian bawah, limpet menggunakan radula untuk mengikis alga dari permukaan bebatuan sebagai sumber makanan (Castejón *et al.*, 2024). Adaptasi morfologi dan perilaku tersebut menjadikan limpet herbivora utama yang berperan besar dalam mengendalikan pertumbuhan alga serta membentuk struktur komunitas di habitatnya.

Penelitian ini difokuskan pada pantai *rocky* intertidal Akaiwa, Tomioka, Amakusa, Jepang. Pantai Akaiwa terletak di kawasan Semenanjung Tomioka, Reihoku, Kota Tomioka, bagian dari Kepulauan Amakusa, Prefektur Kumamoto, Jepang. Kawasan ini termasuk dalam wilayah biogeografis pantai berbatu (*rocky shore*) Jepang yang dipengaruhi oleh perairan Laut Yatsushiro dan arus hangat Kuroshio (Asakura & Suzuki, 1987). Secara geomorfologi, pantai Akaiwa merupakan ekosistem *rocky shore* dengan platform intertidal yang relatif stabil, substrat keras, lereng curam, serta paparan gelombang kuat (Paruntu, 2012). Kondisi fisik tersebut berperan penting dalam

membentuk zonasi organisme intertidal, khususnya gastropoda, yang menunjukkan distribusi spasial dan kepadatan berbeda sepanjang gradien *upper* hingga *lower* intertidal (Paruntu, 2005; Paruntu, 2011). Pola zonasi yang jelas di pantai ini ditunjukkan oleh dominansi limpet (*Cellana* spp.), teritip (*Balanus* spp.), dan alga koralin (*Corallina* spp.) (Miyamoto *et al.*, 1999). Variasi karakter biologis gastropoda intertidal, termasuk aspek reproduksi dan morfometri, sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan lokal. Paruntu dan Tokeshi (2003) menunjukkan adanya variabilitas karakter reproduksi gastropoda intertidal antar populasi, sementara perbedaan morfometri limpet *Patelloida heroldi* antara pantai terbuka dan terlindung di Amakusa mencerminkan respons adaptif terhadap paparan gelombang (Roring *et al.*, 2024). Temuan serupa juga dilaporkan pada pantai tropis, di mana komposisi dan kepadatan gastropoda intertidal dipengaruhi oleh tipe substrat dan tingkat eksposur pantai (Juliantoro *et al.*, 2025). Pantai Akaiwa berfungsi sebagai lokasi penelitian jangka panjang untuk mempelajari dinamika ekosistem *rocky shore* terhadap perubahan iklim dan tekanan antropogenik (Okuda *et al.*, 2010). Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan distribusi jenis-jenis limpet dan kepadatan spesies yang diperoleh di lokasi penelitian, yaitu pantai *rocky* intertidal Akaiwa pada zona bagian atas (*upper zone*) dan bagian bawah (*lower zone*). Data yang dihasilkan diharapkan dapat berkontribusi pada pengelolaan pesisir berbasis ekologi, serta mendukung kebijakan lingkungan di wilayah Amakusa dalam menjaga keberlanjutan ekosistem intertidal.

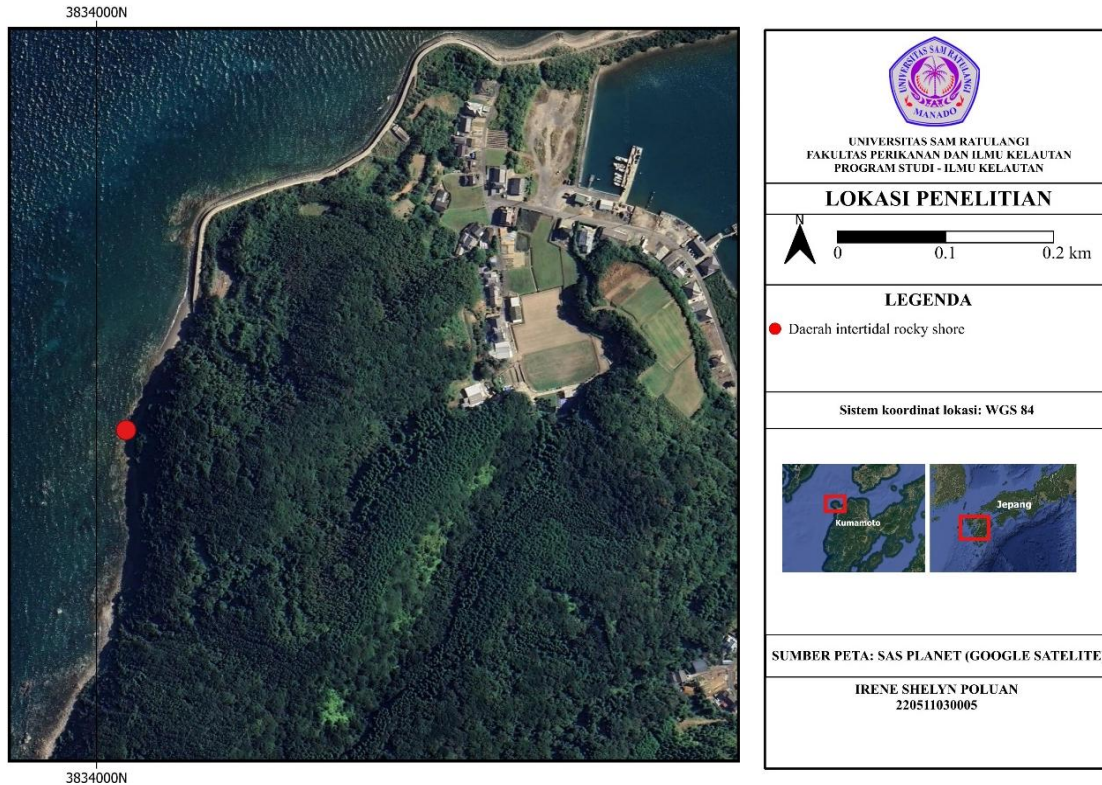
METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di pantai *rocky* intertidal Akaiwa Tomioka, Amakusa, Jepang, pada koordinat 32° 32' 12.33" N 130° 02' 07.32" E (titik merah) (Gambar 1). Lokasi ini memiliki karakteristik substrat berbatu (*rocky shore*) dengan formasi batuan besar, stabil, dan berlereng curam (Paruntu, 2012).

Metode Penelitian

Pengambilan sampel dilaksanakan dengan metode *quadrat sampling* mengacu pada Murray *et al.* (2006). Pengamatan dilakukan menggunakan kuadrat berukuran 25 cm × 25 cm, yang ditempatkan secara acak pada area penelitian seluas 10 m × 15 m. Titik pengamatan dibedakan ke dalam dua zona ekologis, yaitu zona atas (*upper zone*) dan zona bawah (*lower zone*), berdasarkan karakteristik stratifikasi vertikal ekosistem intertidal. Pembagian zona tersebut merujuk pada konsep zonasi intertidal yang dikemukakan oleh Stephenson & Stephenson (1949), yang menyatakan bahwa variasi kondisi lingkungan akibat fluktuasi pasang surut membentuk gradien habitat khas serta memengaruhi pola distribusi organisme. Penetapan zonasi ini dimaksudkan untuk memperoleh representasi yang komprehensif mengenai variasi struktur komunitas pada ekosistem intertidal berbatu di lokasi penelitian. Limpet yang ditemukan dimasukkan ke dalam plastik sampel yang telah diberi label. Sampel yang diperoleh, dibawa ke Amakusa Marine Biological Laboratory (AMBL) untuk identifikasi jenis. Sampel limpet kemudian disortir dan



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di pantai *rocky* intertidal Akaiwa, Amakusa Jepang.

dimasukkan ke dalam cawan petri, difoto, dan diidentifikasi.

Analisis Data

1. Jenis-jenis Limpet

Identifikasi jenis-jenis limpet dilakukan berdasarkan karakter morfologi cangkang, meliputi bentuk, ukuran, warna, ornamentasi. Pengamatan dilakukan di AMBL dengan menggunakan mikroskop stereo. Acuan identifikasi mengacu pada kunci determinasi dan literatur menggunakan buku identifikasi oleh Okutani (2017), selanjutnya konfirmasi penamaan dengan menggunakan WorMS (2025).

2. Kepadatan Jenis

Perhitungan kepadatan jenis dilakukan berdasarkan rumus Krebs (1989), yaitu:

$$K = ni / A$$

Keterangan:

K = kepadatan jenis (ind/m²)

ni = jumlah individu spesies (ind)

A = luas daerah sampling (m²)

3. Kepadatan Relatif Spesies

Perhitungan kepadatan relatif dilakukan berdasarkan rumus Krebs (1989), yaitu:

$$Kr (\%) = ni / N \times 100$$

Keterangan:

Kr = Kepadatan relatif (%)

ni = Jumlah individu spesies ke-i (ind)

N = Jumlah total individu semua spesies (ind)

4. Uji t-student

Analisis statistik dilakukan dengan uji t-student untuk menguji perbedaan signifikansi kepadatan individu (ind/m²) setiap spesies limpet antara zona atas dan

zona bawah. Tingkat signifikansi ditetapkan pada $\alpha = 0,05$. Nilai $p < 0,05$ diinterpretasikan sebagai adanya perbedaan yang signifikan antar spesies pada zona atas dan zona bawah. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis-jenis Limpet

Distribusi limpet di pantai intertidal *rocky* Akaiwa memperlihatkan zonasi vertikal yang jelas antara zona atas dan zona bawah. Zona atas dihuni oleh tujuh jenis (*Lottia tenuisculpta*, *Lottia lindbergi*, *Patelloida pygmaea*, *Patelloida heroldi*, *Patelloida saccharina*, *Cellana nigrolineata*, *Cellana toreuma*) dan zona bawah oleh enam jenis (*Lottia tenuisculpta*, *Lottia lindbergi*, *Patelloida pygmaea*, *Patelloida heroldi*, *Cellana toreuma*), yang mencakup dua famili (Lottidae dan Nacellidae) serta empat genus (*Lottia*, *Patelloida*, *Nipponacmea*, dan *Cellana*) (Tabel 1). Beberapa spesies, khususnya *Patelloida pygmaea* dan *Cellana toreuma*, ditemukan pada kedua zona. Pola ini sejalan dengan temuan Takada (1993) di Teluk Tomioka, yang melaporkan perbedaan komposisi

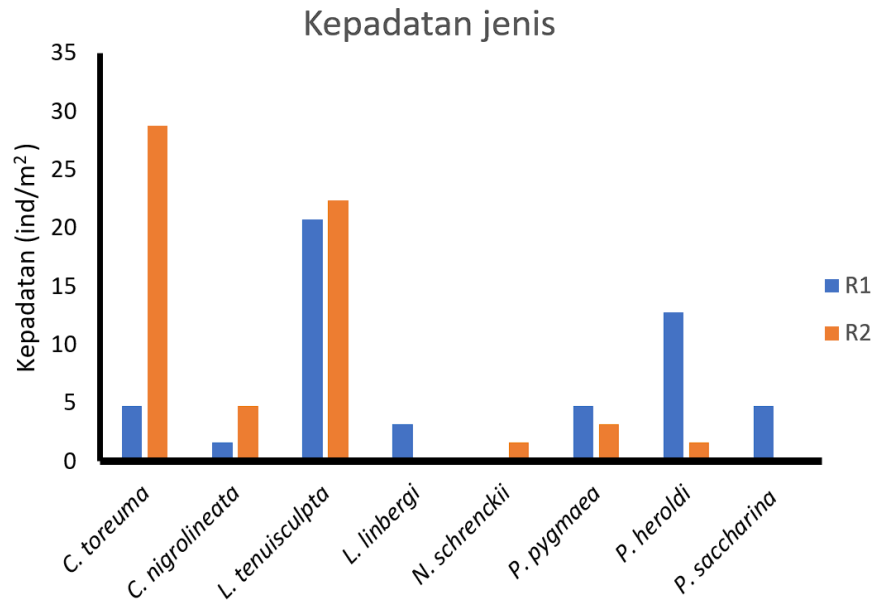
spesies limpet antara zona intertidal atas dan bawah. Kesesuaian pola zonasi dengan Takada (1993) menunjukkan bahwa gradien stres lingkungan terutama durasi paparan udara, fluktuasi suhu, dan tingkat perendaman berperan penting dalam mengatur distribusi vertikal limpet. Namun, ditemukannya *Patelloida pygmaea* dan *Cellana toreuma* pada kedua zona mengindikasikan toleransi fisiologis yang lebih luas serta fleksibilitas distribusi vertikal. Selain itu, keberadaan genus *Lottia* dan *Nipponacmea* menggarisbawahi pengaruh heterogenitas mikrohabitat dan kompleksitas substrat dalam membentuk komposisi komunitas limpet. Temuan ini mendukung konsep Nakano (2010) bahwa variasi struktur substrat dan kondisi lokal pantai dapat memperluas batas zonasi vertikal limpet di pantai berbatu.

Kepadatan Jenis Limpet

Nilai kepadatan jenis limpet yang terdapat di pantai *rocky* intertidal Akaiwa pada zona atas berkisar 1,60 - 20,80 ind/m². Kepadatan jenis limpet tertinggi dimiliki oleh *L. tenuisculpta* sebesar 20,80 ind/m² dan kepadatan relatifnya 39,39 %, sedangkan kepadatan jenis terendah dimiliki oleh

Tabel 1. Jenis limpet yang teridentifikasi di pantai *rocky* intertidal Akaiwa pada zona bagian atas dan bawah

Pantai <i>rocky</i> intertidal Akaiwa						
No	Famili	Zona atas		Zona bawah		
		Genus	Jenis	Famili	Genus	Jenis
1	Lottidae	<i>Lottia</i>	<i>L. tenuisculpta</i>	Lottidae	<i>Lottia</i>	<i>L. tenuisculpta</i>
2	Lottidae	<i>Lottia</i>	<i>L. lindbergi</i>	Lottidae	<i>Patelloida</i>	<i>P. pygmaea</i>
3	Lottidae	<i>Patelloida</i>	<i>P. pygmaea</i>	Lottidae	<i>Patelloida</i>	<i>P. heroldi</i>
4	Lottidae	<i>Patelloida</i>	<i>P. heroldi</i>	Nacellidae	<i>Nipponacmea</i>	<i>N. screnchkii</i>
5	Lottidae	<i>Patelloida</i>	<i>P. saccharina</i>	Lottidae	<i>Cellana</i>	<i>C. nigrolineata</i>
6	Lottidae	<i>Cellana</i>	<i>C. nigrolineata</i>	Lottidae	<i>Cellana</i>	<i>C. toreuma</i>
7	Lottidae	<i>Cellana</i>	<i>C. toreuma</i>	-	-	-



Gambar 2. Kepadatan jenis limpet di zona atas (R1) dan zona bawah (R2) pantai *rocky* intertidal Akaiwa

C. nigrolineata sebesar 1,60 ind/m² dan kepadatan relatifnya 3,03 % (Gambar 2; Tabel 2). Selanjutnya, nilai kepadatan jenis limpet di pantai *rocky* intertidal Akaiwa zona bagian bawah berkisar antara 1,60 ind/m² - 28,80 ind/m². Kepadatan jenis limpet tertinggi dimiliki oleh *C. toreuma* sebesar 28,80 ind/m² dan kepadatan relatifnya 22,50%, sedangkan kepadatan jenis terendah dimiliki oleh *P. heroldi* dan *N. schrenckii* sebesar 1,60 ind/m² dan kepadatan relatifnya 0,48 % (Gambar 2; Tabel 2).

Dominasi *L. tenuisculpta* pada zona atas mengindikasikan kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap tekanan abiotik ekstrem seperti fluktuasi suhu, paparan udara yang lama, dan risiko desikasi. Zona atas intertidal dikenal memiliki amplitudo suhu yang tinggi serta periode emersi lebih panjang dibanding zona bawah (Tomanek & Helmuth, 2002).

Penelitian oleh Denny *et al.* (2006) menunjukkan bahwa limpet yang menghuni zona atas umumnya memiliki batas toleransi termal lebih tinggi dan mekanisme fisiologis yang lebih efisien dalam mempertahankan keseimbangan air tubuh. Di wilayah Jepang, pola serupa juga dilaporkan di Teluk Tomioka, Amakusa, di mana spesies genus *Lottia* cenderung mendominasi zona intertidal atas yang lebih terekspos (Takada, 1993). Studi zoogeografi oleh Asakura & Suzuki (1987) juga menegaskan bahwa distribusi vertikal moluska intertidal di pesisir Pasifik Jepang sangat dipengaruhi oleh kombinasi stres fisik dan kemampuan adaptasi fisiologis spesies. Dengan demikian, tingginya kepadatan *L. tenuisculpta* di Akaiwa memperkuat konsep *environmental filtering*, dimana hanya spesies dengan toleransi fisiologis tinggi yang mampu mempertahankan populasi

Tabel 2. Kepadatan (K) dan Kepadatan Relatif (KR) Spesies Limpet di pantai rocky intertidal Akaiwa

Spesies	Pantai rocky intertidal Akaiwa				Uji t-t student
	Zona atas (R1)		Zona bawah (R2)		
	K (ind/m ²) ± SD	KR (%)	K (ind/m ²) ± SD	KR (%)	
<i>Cellana nigrolineata</i>	1,60 ± 0,48	3,03	4,8 ± 0,73	3,75	P > 0.05
<i>Cellana toreuma</i>	4,8 ± 0,69	9,09	28,80 ± 2,65	22,50	P < 0.05*
<i>Lottia tenuisculpta</i>	20,80 ± 2,25	39,39	22,40 ± 2,59	17,50	P > 0.05
<i>Lottia lindbergi</i>	3,2 ± 0,69	6,06	-	-	-
<i>Nipponacmea schrenckii</i>	-	-	1,6 ± 0,48	1,25	-
<i>Patelloida pygmaea</i>	4,8 ± 0,52	9,09	3,20 ± 0,96	2,50	P > 0.05
<i>Patelloida heroldi</i>	12,8 ± 2,26	24,24	1,60 ± 0,48	1,25	P > 0.05
<i>Patelloida saccharina</i>	4,8 ± 1,11	9,09	-	-	-

Keterangan: - menunjukkan tidak terdapat spesies pada tiap zona. Uji t-student, * menunjukkan nilai yang signifikan

stabil pada zona atas. Sebaliknya, rendahnya kepadatan *C. nigrolineata* di zona atas menunjukkan preferensi habitat yang lebih condong ke area dengan tekanan fisik lebih rendah. Studi fisiologi limpet oleh Virgin & Schiel (2023) pada genus *Cellana* menunjukkan bahwa meskipun memiliki toleransi panas yang cukup baik, beberapa spesies tetap menunjukkan performa fisiologis optimal pada zona dengan kelembapan lebih stabil.

Zona bawah memperlihatkan kepadatan maksimum lebih tinggi (hingga 28,80 ind/m²), dengan dominasi *C. toreuma*. Kondisi lingkungan zona bawah relatif lebih moderat, dengan durasi perendaman lebih lama, suhu lebih stabil, dan ketersediaan pakan (mikroalga epilitik) yang lebih tinggi. Denny *et al.* (2006) menjelaskan bahwa penurunan stres termal secara signifikan meningkatkan peluang kelangsungan hidup dan pertumbuhan biomassa invertebrata intertidal. Penelitian metakomunitas oleh Okuda *et al.* (2010) di pesisir berbatu Jepang menunjukkan bahwa kombinasi faktor lingkungan lokal dan proses spasial

berperan dalam meningkatkan kepadatan spesies pada zona yang lebih sering terendam. Selain itu, studi eksperimental tentang paparan gelombang dan kehilangan grazer (Mrowicki *et al.*, 2014) mengindikasikan bahwa zona dengan kondisi fisik lebih stabil memungkinkan interaksi biotik seperti kompetisi ruang dan eksploitasi sumber daya menjadi faktor pengontrol utama struktur komunitas. Signifikansi statistik pada *C. toreuma* (P < 0,05) menunjukkan adanya preferensi ekologis yang kuat terhadap zona bawah. Hal ini sejalan dengan pola zonasi klasik yang dijelaskan oleh Stephenson & Stephenson (1949), bahwa sepanjang gradien intertidal terjadi pergeseran mekanisme pengontrol komunitas: zona atas lebih dikendalikan oleh stres abiotik, sedangkan zona bawah lebih dipengaruhi interaksi biotik.

Beberapa spesies seperti *L. tenuisculpta*, *P. pygmaea*, dan *P. heroldi* tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar zona (P > 0,05). Pola ini mengindikasikan toleransi ekologis yang

relatif luas. Konsep ini didukung oleh Tomanek & Helmuth (2002), yang menyatakan bahwa beberapa gastropoda intertidal memiliki fleksibilitas fisiologis sehingga mampu bertahan di sepanjang gradien vertikal. Di Amakusa, variasi mikrohabitat akibat kompleksitas substrat vulkanik dan heterogenitas permukaan batu telah dilaporkan memengaruhi distribusi limpet. Celah batu dan permukaan tidak rata dapat menciptakan refugia mikroklimatik yang mengurangi stres panas, sehingga memungkinkan beberapa spesies menempati lebih dari satu zona.

Secara keseluruhan, pola kepadatan limpet di pantai *rocky* intertidal Akaiwa menunjukkan zona atas didominasi spesies dengan toleransi stres tinggi (*L. tenuisculpta*), mencerminkan dominasi penyaringan lingkungan (*environmental filtering*); zona bawah memiliki kepadatan maksimum lebih tinggi dan didominasi *C. toreuma*, menunjukkan kondisi fisik lebih stabil yang mendukung peningkatan biomassa dan kepadatan populasi; terjadi transisi mekanisme pengontrol komunitas dari dominasi stres abiotik di zona atas menuju dominasi interaksi biotik di zona bawah; dan pola ini konsisten dengan penelitian di Amakusa dan pesisir Jepang (Takada, 1993; Okuda *et al.*, 2010) serta teori zonasi klasik intertidal (Stephenson & Stephenson, 1949). Dengan demikian, struktur kepadatan limpet di pantai *rocky* intertidal Akaiwa tidak hanya merefleksikan adaptasi fisiologis spesies terhadap gradien stres lingkungan, tetapi juga memperlihatkan dinamika komunitas yang dipengaruhi kombinasi faktor fisik dan biotik khas ekosistem *rocky shore* Jepang bagian barat

yang dipengaruhi arus Kuroshio.

KESIMPULAN

Penelitian di pantai *rocky* intertidal Akaiwa, Tomioka, Amakusa, mengidentifikasi delapan jenis limpet dari famili Lottidae dan Nacellidae dengan pola distribusi berbeda antara zona atas dan zona bawah. Zona atas dihuni tujuh jenis dan didominasi *L. tenuisculpta* (20,80 ind/m²), menunjukkan adaptasi tinggi terhadap stres abiotik. Zona bawah memiliki enam jenis dengan kepadatan lebih tinggi, didominasi *C. toreuma* (28,80 ind/m²), yang berbeda nyata secara statistik. Hasil ini menegaskan bahwa struktur komunitas limpet dikendalikan oleh gradien lingkungan intertidal, dengan zonasi vertikal sebagai faktor utama pembentuk distribusi dan kepadatan pada ekosistem pantai berbatu Amakusa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada yang terhormat pimpinan, staff dan mahasiswa AMBL Kyushu University, terlebih khusus kepada Assoc. Prof. Seiji Arakaki dan Dr. NiNi Win yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti program "AMBL Spring Field Course 2025" dan penelitian Skripsi mahasiswa FPIK UNSRAT di Jepang melalui program kerjasama antara *Faculty of Science, Graduate School of Systems Life Sciences and School of Science, Kyushu University, Japan* dan *Faculty of Fisheries and Marine Science, Sam Ratulangi University, Indonesia*. Di samping itu, ucapan terimakasih juga disampaikan kepada pimpinan UNSRAT dan pemerintah Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, B., Tanjung, A., Nasution, S. 2021. Macrozoobenthos Community Structure in Intertidal Zone of Sambungo Village Pesisir Selatan Regency of West Sumatera Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(2), 106-111.
- Asakura, A., Suzuki, H. 1987. Zoogeographical Aspects of Rocky-Intertidal Molluscan Fauna of The Pacific Coasts of Japan. *Marine Biology*, 95(1), 75-81. <https://doi.org/10.1007/BF00447487>
- Bouchet, P., Rocroi, J. P., Hausdorf, B., Kaim, A., Kano, Y., Nützel, A., Parkhaev, P., Schrödl, M., Strong, E. E. 2017. Revised Classification, Nomenclator and Typification of Gastropod and Monoplacophoran Families. *Malacologia*, 61(1-2), 1-526. <https://doi.org/https://doi.org/10.4002/040.061.0201>
- Castejón, D., Hodgson, A., Nakano, T., Hawkins, S. J., Andrade, C. A. P. 2024. True Limpets as Living Resources-Biology, Ecology, Exploitation and Sustainability. *Marine Fisheries, Aquaculture and Living Resources*, 11, 1364518.
- Denny, M. W., Miller, L. P., Harley, C. D. G. 2006. Thermal Stress on Intertidal Limpets: Long-Term Hindcasts and Lethal Limits. *Journal of Experimental Biology*, 209(13), 2420-2431. <https://doi.org/10.1242/JEB.02258>
- Hughes, R. N. 1986. A Functional Biology of Marine Gastropods. *Johns Hopkins University Press*, p 245.
- Krebs, J. R., Sherry, D. F., Healy, S. D., Perry, V. H., Vaccarino, A. L. 1989. Hippocampal Specialization of Food-Storing Birds. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 86(4), 1388-1392.
- Mau, A., Franklin, E. C., Nagashima, K., Huss, G. R., Valdez, A. R., Nicodemus, P. N., Bingham, J. P. 2021. Near-daily Reconstruction of Tropical Intertidal Limpet Life-History Using Secondary-Ion Mass Spectrometry. *Communications Earth and Environment*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/S43247-021-00251-2>.
- Miyamoto, Y., Noda, T., Nakao, S. 1999. Zonation of Two Barnacle Species Not Determined by Competition. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 79(4), 621-628. <https://doi.org/10.1017/S002531549800782>
- Mrowicki, R. J., Maggs, C. A., O'Connor, N. E. 2014. Does Wave Exposure Determine The Interactive Effects of Losing Key Grazers and Ecosystem Engineers? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 461, 416-424. <https://doi.org/10.1016/J.JEMBE.2014.09.007>
- Okuda, T., Noda, T., Yamamoto, T., Hori, M., & Nakaoka, M. 2010. Contribution of Environmental and Spatial Processes to Rocky Intertidal Metacommunity Structure. *Acta Oecologica*, 36(4), 413-422. <https://doi.org/10.1016/J.ACTAO.2010.04.002>
- Okutani, T. 2017. Marine Mollusks in Japan. Tokai University Press. p 1375 <https://www.pemberleybooks.com/product/marine-mollusks-in-japan/32804/>
- Paruntu, C. P. 2005. Intra And Inter-Specific Variations In The Morphometry of Four Intertidal Gastropod Species. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*, 1(1), 44-45.
- Paruntu, C. P. 2011. Intraspecific Variation in Growth Rate among Three Populations of The Intertidal Gastropod, *Nerita japonica* (Dunker). *Biota*, 16(2), 316-324.
- Paruntu, C. P. 2012. Intraspecific Variation in The Reproductive Effort Among Three Populations of an Intertidal Gastropod, *Nerita japonica* (Dunker). *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*. 8(1), 1-5. https://www.academia.edu/download/33723605/Nerita_reproduction.pdf

- Paruntu, C. P., Tokeshi, M. 2003. Variability in The Reproductive Characteristics of Local Populations of An Intertidal Gastropod, *Nerita japonica* (Dunker). *Benthos Research*, 58(1), 7-14.
- Roring, J. I., Paruntu, C. P., Rumengan, I. F. 2024. Morphometry of Limpet, *Patelloida heroldi* (Dunker, 1861) on Exposed and Sheltered Intertidal Stony Shores at Magarizaki Beach, Amakusa, Japan. *Jurnal Ilmiah Platax*, 12(2), 320-327.
- Rosenberg, G., Auffenberg, K., Bank, R., Bieler, R., Bouchet, P., Herbert, D., Schneider, S. 2022. Adapting Mark-Recapture Methods to Estimating Accepted Species-Level Diversity: A Case Study with Terrestrial Gastropoda. *Peer J*, 10, e13139.
- Santini, G., Thompson, R. C., Jenkins, S. R., Chelazzi, G., Hartnoll, R. G., Kay, S. M., Hawkins, S. J. 2019. Barnacle Cover Modifies Foraging Behaviour of The Intertidal Limpet *Patella vulgata*. *Journal of The Marine Biological Association of The United Kingdom*, 99(8), 1779–1786. <https://doi.org/10.1017/S0025315419000778>
- Stephenson, T. A., Stephenson, A. 1949. The Universal Features of Zonation Between Tide-Marks on Rocky Coasts. *Journal of Ecology*, 37(2), 289. <https://doi.org/10.2307/2256610>
- Takada Y. 1993. Vertical and Horizontal Distributions and Size Structures of Four Species of Limpets (*Notoacmea*) in Amakusa. *Venus. Japanese Journal of Malacolog*, 52(1), 77-85.
- Tomanek, L., Helmuth, B. 2002. Physiological Ecology of Rocky Intertidal Organisms: A synergy of concepts. *Integrative and Comparative Biology*, 42(4), 771–775. <https://doi.org/10.1093/ICB/42.4.771>
- Virgin, S. D. S., Schiel, D. R. 2023. Physiological Responses of Cooccurring Intertidal Limpets (*Cellana* spp.) to Acute and Repeated Heat Stress. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 565, 151912. <https://doi.org/10.1016/J.JEMBE.2023.151912>
- Yulianda, F., Yusuf, M.S., Prayogo, W. 2013. Zonation and Density of Intertidal Communities at Coastal Area of Batu Hijau, Sumbawa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(2), 409–416. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v5i2.7569>