

Population Structure and Growth Pattern of the Clam *Gefrarium tumidum* in Mangrove Ecosystems

(Struktur Populasi dan Pola Pertumbuhan Kerang *Gefrarium tumidum* di Ekosistem Mangrove)

Frits Aripatra Maitindom^{*1}, Winster Larwuy²

¹ Aquatic Resources Management Study Program, Satya Wiyata Mandala University, Nabire, Indonesia

² Aquatic Resources Management Study Program, Nusa Cendana University, Kupang, Indonesia

*Corresponding author: miobokaipuri89@gmail.com

Manuscript received: 19 April. 2026. Revision accepted: 24 June 2026

Abstract. This study aimed to analyze the population structure and growth pattern of *G. tumidum* through morphometric cluster analysis, size frequency distribution, and length–weight relationship approaches as a basis for aquatic resource management. Sampling was conducted in the mangrove ecosystem using purposive sampling methods. The measured parameters included shell length, width, height, and total weight of individuals. Cluster analysis was performed using Ward’s method with Euclidean distance on standardized morphometric data, while the length–weight relationship was analyzed using a regression model. The results showed that the size of *G. tumidum* ranged from 18.7–38.3 mm with an average shell length of 29.6 mm and an average weight of 8.7 g. The size frequency distribution was dominated by medium-sized individuals. Cluster analysis revealed size groupings indicating a heterogeneous population structure. The length–weight relationship showed a strong correlation with a negative allometric growth pattern, where shell length increased faster than body weight. The observed size variation and growth patterns suggest differences in population structure influenced by mangrove habitat conditions. These findings provide baseline information on the population characteristics of *G. tumidum* that can support sustainable management of clam resources.

Keywords: *Gefrarium tumidum*, cluster analysis, length–weight relationship, population structure, mangrove, aquatic resource management.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur populasi dan pola pertumbuhan *G. tumidum* melalui pendekatan analisis kluster morfometrik, distribusi frekuensi ukuran, dan hubungan panjang–berat sebagai dasar pengelolaan sumberdaya perairan. Pengambilan sampel dilakukan pada ekosistem mangrove menggunakan metode purposive sampling. Parameter yang diukur meliputi panjang, lebar, tinggi cangkang, dan berat total individu. Analisis kluster dilakukan menggunakan metode Ward dengan jarak Euclidean terhadap data morfometrik yang telah distandarisasi, sedangkan hubungan panjang–berat dianalisis menggunakan model regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran *G. tumidum* berkisar antara 18,7–38,3 mm dengan rata-rata panjang 29,6 mm dan berat rata-rata 8,7 g. Distribusi frekuensi ukuran didominasi oleh individu berukuran sedang. Analisis kluster menunjukkan adanya pengelompokan ukuran yang mencerminkan struktur populasi yang heterogen. Hubungan panjang–berat menunjukkan korelasi yang kuat dengan pola pertumbuhan allometrik negatif, dimana pertambahan panjang cangkang lebih cepat dibandingkan pertambahan berat tubuh. Variasi ukuran dan pola pertumbuhan yang ditemukan menunjukkan adanya perbedaan struktur populasi yang dipengaruhi kondisi lingkungan habitat mangrove. Hasil penelitian ini memberikan informasi dasar mengenai karakteristik populasi *G. tumidum* yang dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan sumberdaya kerang secara berkelanjutan.

Kata kunci: *Gefrarium tumidum*, analisis kluster, hubungan panjang–berat, struktur populasi, mangrove, pengelolaan sumberdaya perairan.

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem pesisir yang memiliki produktivitas tinggi dan berperan penting sebagai habitat berbagai organisme benthik, termasuk bivalvia. Lingkungan mangrove menyediakan substrat berlumpur yang kaya bahan organik sehingga mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup organisme dasar perairan serta berperan dalam siklus nutrisi dan aliran energi ekosistem pesisir (Daniel M. Alongi, 2002; Gordon D. Pringle, 1995). Bivalvia memiliki fungsi ekologis sebagai filter feeder dan indikator kondisi lingkungan perairan serta memiliki nilai ekonomis bagi masyarakat pesisir.

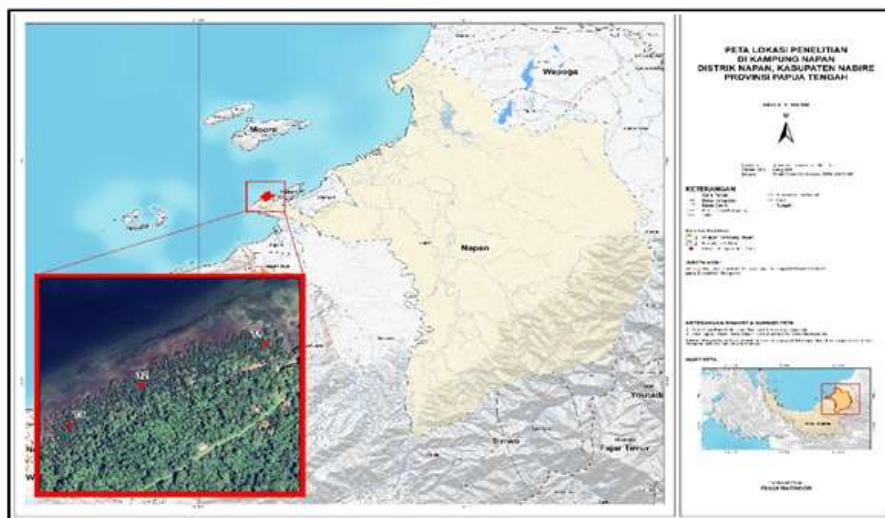
Salah satu jenis bivalvia yang umum ditemukan pada ekosistem mangrove adalah *Gefrarium tumidum*, yang hidup pada substrat lumpur hingga pasir berlumpur dan berperan dalam dinamika ekosistem pesisir. Informasi mengenai struktur populasi dan pola pertumbuhan organisme bentik sangat penting dalam pengelolaan sumberdaya perairan secara berkelanjutan. Analisis hubungan panjang–berat banyak digunakan untuk mengkaji pola pertumbuhan dan kondisi populasi organisme perairan, sedangkan analisis kluster morfometrik dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur ukuran dan pengelompokan individu dalam populasi (William E. Ricker, 1975; Krzysztof J. Gaston, 1994).

Perairan Napan di Kabupaten Nabire memiliki ekosistem mangrove yang berpotensi sebagai habitat berbagai jenis bivalvia, namun informasi mengenai struktur populasi dan pola pertumbuhan *G. tumidum* pada wilayah ini masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis struktur populasi dan pola pertumbuhan *G. tumidum* melalui pendekatan analisis kluster morfometrik dan hubungan panjang–berat sebagai dasar pengelolaan sumberdaya perairan dan konservasi ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada ekosistem mangrove di Perairan Napan, Kabupaten Nabire, Papua, Indonesia (Lihat Gambar1). Pengambilan sampel dilakukan pada tiga lokasi pengamatan yang mewakili kondisi habitat mangrove di wilayah penelitian. Penelitian meliputi kegiatan pengambilan sampel, pengukuran morfometrik, serta analisis data di laboratorium.



Gambar 1. Peta Lokasi Riset

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel kerang *Gefrarium tumidum* dilakukan menggunakan metode purposive sampling pada zona intertidal ekosistem mangrove. Sampel dikumpulkan secara manual pada substrat lumpur hingga pasir berlumpur pada saat kondisi surut. Individu yang diperoleh kemudian dibersihkan dari sedimen dan disimpan untuk pengukuran lebih lanjut. Jumlah sampel yang dianalisis terdiri dari individu yang mewakili variasi ukuran populasi dari setiap lokasi pengamatan. Setiap individu diukur parameter morfometriknya meliputi panjang cangkang, lebar cangkang, tinggi cangkang (mm), dan berat total (g).

Pengukuran Morfometrik

Pengukuran panjang, lebar, dan tinggi cangkang dilakukan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,01 mm, sedangkan berat total individu diukur menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g. Data morfometrik digunakan untuk analisis struktur ukuran populasi dan hubungan pertumbuhan.

Analisis Distribusi Frekuensi Ukuran

Distribusi frekuensi panjang dan berat dianalisis dengan mengelompokkan data ke dalam beberapa kelas ukuran menggunakan metode interval kelas. Analisis ini bertujuan untuk menggambarkan struktur ukuran populasi dan pola sebaran individu dalam populasi.

Analisis Kluster

Analisis kluster digunakan untuk mengelompokkan individu kerang berdasarkan kemiripan ukuran morfometriknya. Data ukuran kerang dikumpulkan dari tiga lokasi pengambilan sampel dengan total 108 individu. Variabel ukuran yang digunakan meliputi panjang, lebar, dan tinggi cangkang (dalam satuan milimeter), yang telah distandarisasi menggunakan transformasi Z-score untuk menghilangkan pengaruh perbedaan skala antar variabel.

Proses klusterisasi dilakukan menggunakan analisis kluster hierarkis dengan metode Ward dan ukuran jarak Euclidean. Metode Ward dipilih karena mampu meminimalkan kenaikan within-cluster variance pada setiap tahap penggabungan kluster, sehingga menghasilkan kelompok yang relatif homogen. Penghitungan jarak Euclidean dilakukan berdasarkan formula:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

dimana d_{ij} adalah jarak antara individu i dan j , dan p adalah jumlah variabel ukuran. Proses analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak **Minitab 15**. Dendrogram digunakan untuk menentukan jumlah kluster optimal dengan mempertimbangkan jarak penggabungan (*distance level*) dan kemiripan antar kelompok.

Analisis Hubungan Panjang Berat

Hubungan panjang–berat dianalisis menggunakan persamaan:

$$W=aL^b$$

dimana W adalah berat total (g), L adalah panjang cangkang (mm), a adalah intersep, dan b adalah koefisien pertumbuhan. Nilai parameter diperoleh melalui transformasi logaritmik dan analisis regresi linear. Nilai koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (r) digunakan untuk menilai kekuatan hubungan antara panjang dan berat. Pola pertumbuhan ditentukan berdasarkan nilai koefisien b , dimana $b=3$ menunjukkan pertumbuhan isometrik, $b<3$ allometrik negatif, dan $b>3$ allometrik positif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kluster Kerang

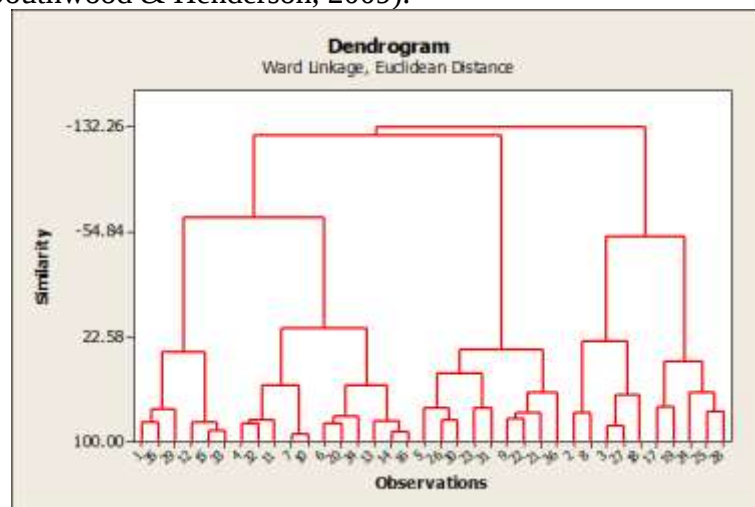
Analisis kluster hierarkis terhadap data ukuran kerang menunjukkan bahwa penggabungan kluster berlangsung secara bertahap, dimulai dari individu-individu yang memiliki jarak Euclidean terkecil. Pada langkah awal, individu dengan ukuran yang sangat mirip bergabung lebih dahulu, seperti pada penggabungan antara individu nomor 7 dan 10

dengan jarak 0,2874. Penggabungan selanjutnya terjadi pada pasangan individu dengan jarak relatif kecil, yang mencerminkan homogenitas ukuran pada tahap awal proses klasterisasi (Legendre & Legendre, 2012; Clarke & Warwick, 2001).

Dengan bertambahnya tahap penggabungan, nilai jarak antar klaster meningkat. Peningkatan yang signifikan terlihat pada langkah ke-32 hingga ke-35, dimana jarak penggabungan meningkat dari 7,1045 menjadi 10,9365. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pada tahap akhir, klaster yang digabungkan memiliki perbedaan ukuran yang cukup besar, sehingga mengurangi homogenitas kelompok. Fenomena ini umum terjadi dalam analisis klaster ketika kelompok yang berbeda secara biologis mulai bergabung pada tingkat hierarki yang lebih tinggi (Quinn & Keough, 2002; Krebs, 2014).

Metode Ward yang digunakan memastikan bahwa setiap penggabungan menghasilkan klaster dengan varians internal yang relatif rendah pada tahap awal. Namun, ketika semua individu tergabung menjadi satu klaster besar (36 subklaster awal menjadi satu klaster akhir), nilai within-cluster sum of squares mencapai 105, dengan jarak rata-rata individu dari titik pusat klaster sebesar 1,61764 dan jarak maksimum sebesar 2,68509. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa meskipun homogenitas relatif tinggi di awal, keseluruhan populasi kerang tetap memiliki variasi ukuran yang cukup besar (Ward, 1963; Legendre & Legendre, 2012).

Berdasarkan interpretasi dendrogram, terdapat beberapa titik potong yang potensial untuk menentukan jumlah klaster yang lebih representatif terhadap distribusi ukuran kerang. Pemotongan dendrogram pada jarak sekitar 3–4 diperkirakan akan menghasilkan 5–6 klaster, yang dapat merepresentasikan kategori ukuran kecil, sedang, dan besar di masing-masing lokasi penelitian. Penentuan jumlah klaster optimal ini penting untuk mengidentifikasi struktur populasi dan mendukung strategi pengelolaan sumber daya kerang secara berkelanjutan (Sokal & Rohlf, 2012; Southwood & Henderson, 2009).



Gambar 2. Analisis klaster hirarki *G. tumidum*

Dendrogram hasil analisis klaster hierarkis dengan metode Ward dan jarak Euclidean memperlihatkan pola pengelompokan ukuran kerang yang jelas. Pada bagian bawah dendrogram (nilai kemiripan mendekati 100%), individu-individu dengan ukuran yang sangat mirip bergabung membentuk klaster kecil. Penggabungan awal ini menunjukkan adanya kelompok ukuran yang homogen di dalam populasi (Clarke & Warwick, 2001; Zar, 2010). Seiring bergerak ke atas dendrogram, tingkat kemiripan menurun, yang berarti jarak antar klaster meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa klaster yang bergabung pada tahap-tahap ini mulai memiliki perbedaan ukuran yang lebih besar. Pada kisaran kemiripan sekitar 22–54%,

terlihat beberapa penggabungan besar yang mengubah struktur klaster secara signifikan. Titik ini menjadi indikasi bahwa di dalam populasi terdapat kelompok ukuran yang berbeda secara jelas (Legendre & Legendre, 2012; Magurran, 2004).

Bagian atas dendrogram (kemiripan di bawah $\pm 50\%$) menunjukkan penggabungan antar klaster besar yang secara ukuran relatif berbeda jauh. Lonjakan ini mengonfirmasi bahwa penggabungan pada tahap akhir menyatukan kelompok yang heterogen dalam ukuran, sehingga homogenitas antar anggota klaster menurun tajam (Krebs, 2014; Sokal & Rohlf, 2012).

Berdasarkan pola cabang dendrogram, pemotongan pada kisaran kemiripan 22–54% (atau setara jarak ± 3 –4 jika dilihat dari skala jarak) akan menghasilkan sekitar 5–6 klaster utama. Klaster-klaster ini dapat mewakili kategori ukuran kecil, sedang, dan besar yang masing-masing memiliki distribusi individu tersendiri. Fenomena ini penting untuk analisis biologis, karena perbedaan distribusi ukuran dapat mengindikasikan variasi umur, tingkat pertumbuhan, atau perbedaan kondisi lingkungan pada lokasi pengambilan sampel (Begon et al., 2006; Ricklefs & Relyea, 2018).

Hasil analisis klaster menunjukkan adanya pengelompokan ukuran kerang yang mencerminkan struktur populasi yang heterogen. Pengelompokan ukuran tersebut diduga berkaitan dengan perbedaan kohort umur atau fase pertumbuhan individu dalam populasi. Penggunaan metode Ward memungkinkan pengelompokan individu berdasarkan kemiripan morfometrik yang mencerminkan variasi biologis dalam populasi (Ward, 1963; Quinn & Keough, 2002).

Pola pengelompokan ukuran pada bivalvia umumnya berkaitan dengan dinamika rekrutmen, tingkat mortalitas, serta ketersediaan sumber pakan di habitatnya. Struktur klaster yang terbentuk menunjukkan bahwa populasi *G. tumidum* memiliki distribusi ukuran yang relatif beragam, yang mengindikasikan keberlangsungan proses rekrutmen pada populasi alami. Kondisi ini sering ditemukan pada populasi bivalvia yang hidup pada ekosistem mangrove dengan produktivitas bahan organik yang tinggi (Gosling, 2015; Seed & Suchanek, 1992; Newell, 2004).

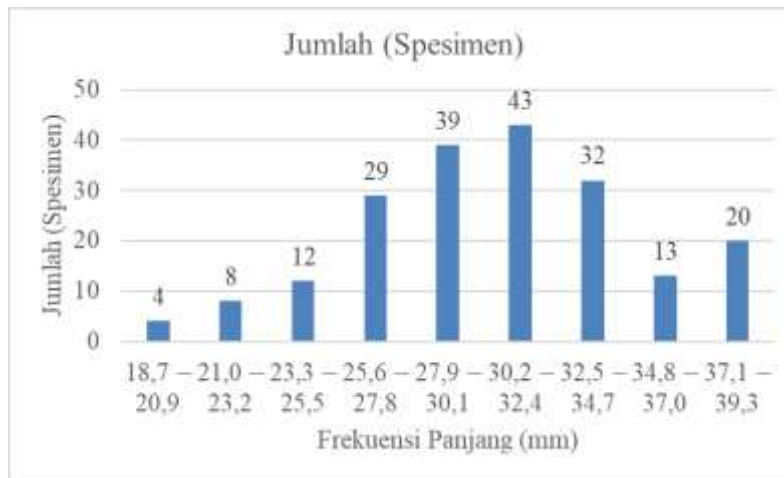
Variasi ukuran yang cukup besar dalam populasi juga dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti tipe substrat, ketersediaan nutrisi, dan kompetisi intra-spesifik. Habitat mangrove menyediakan substrat lumpur dengan kandungan bahan organik tinggi yang mendukung pertumbuhan organisme bentik, namun fluktuasi kondisi lingkungan dapat menyebabkan variasi laju pertumbuhan individu (Alongi, 2009; Hogarth, 2015; Kathiresan & Bingham, 2001; Odum & Barrett, 2005).

Distribusi Frekuensi Panjang

Kerang jenis *G. tumidum* diperoleh selama penelitian sebanyak 200 individu yang ditabulasikan ke dalam 9 kelas ukuran. Analisis distribusi frekuensi panjang merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk menggambarkan struktur ukuran populasi dan mengidentifikasi karakteristik pertumbuhan organisme perairan (Sparre & Venema, 1998; King, 2007).

G. tumidum yang tertangkap ukurannya bervariasi, yaitu ukuran terkecil 18,7 mm hingga ukuran terbesar 38,3 mm dan terlihat bahwa distribusi frekuensi panjang tersebar berada pada kelas panjang 30,2–32,4 mm sebanyak 43 spesimen dengan persentase 21,5%, sedangkan distribusi frekuensi panjang terkecil berada pada kelas 18,7–20,9 mm sebanyak 4 spesimen dengan persentase 2%. Ukuran panjang rata-rata adalah 29,6 mm. Variasi ukuran tersebut menunjukkan bahwa populasi terdiri atas beberapa kelompok ukuran yang mencerminkan

perbedaan umur, pertumbuhan, dan keberhasilan rekrutmen dalam populasi alami (Begon et al., 2006; Krebs, 2014; Gosling, 2015).



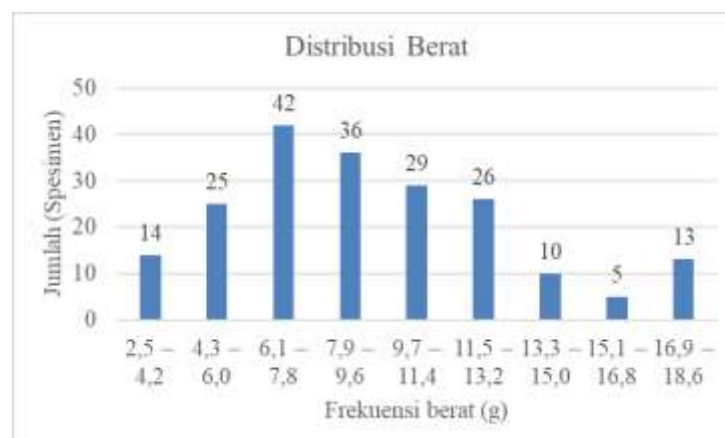
Gambar 3. Distribusi Frekuensi Panjang *G. tumidum*

Dominasi individu pada kelompok ukuran menengah mengindikasikan bahwa populasi berada pada fase pertumbuhan yang aktif dan relatif stabil. Struktur ukuran seperti ini umumnya menunjukkan adanya keseimbangan antara proses rekrutmen, pertumbuhan, dan mortalitas dalam suatu populasi bivalvia (Seed & Suchanek, 1992; Newell, 2004; Levinton, 2017).

Distribusi panjang yang tidak merata juga dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti ketersediaan makanan, kondisi substrat, salinitas, dan kualitas habitat mangrove yang mendukung pertumbuhan organisme benthik. Habitat dengan kandungan bahan organik yang tinggi cenderung menyediakan sumber nutrisi yang lebih baik sehingga mendukung keberadaan berbagai kelompok ukuran dalam populasi (Alongi, 2009; Hogarth, 2015; Kathiresan & Bingham, 2001; Odum & Barrett, 2005).

Distribusi Frekuensi Berat

Distribusi berat *G. tumidum* yang didapat selama melakukan penelitian di hutan mangrove sebanyak 200 spesimen. Analisis distribusi frekuensi berat merupakan salah satu pendekatan yang umum digunakan untuk menggambarkan struktur populasi, kondisi pertumbuhan, dan karakteristik biologis organisme perairan (King, 2007; Sparre & Venema, 1998).



Gambar 4. Distribusi Frekuensi Berat *G. tumidum*

Contamination Factor (CF)

Berdasarkan tabel dan grafik terlihat bahwa *G. tumidum* yang tertangkap ukurannya bervariasi yaitu ukuran terkecil 2,5 g hingga ukuran terbesar adalah 17,8 g. Berat rata-rata individu *G. tumidum* adalah 8,7 g. Distribusi frekuensi berada pada selang kelas 6,1–7,8 g sebanyak 42 spesimen dengan persentase 21%, sedangkan distribusi berat terkecil berada pada selang kelas 15,1–16,8 g sebanyak 5 spesimen dengan persentase 2,5%. Variasi berat individu dalam suatu populasi merupakan gambaran adanya perbedaan tingkat pertumbuhan, umur, dan kondisi fisiologis organisme yang dipengaruhi oleh faktor internal maupun eksternal (Begon et al., 2006; Krebs, 2014; Gosling, 2015).

Distribusi frekuensi panjang dan berat menunjukkan bahwa populasi didominasi oleh individu berukuran sedang. Pola distribusi ukuran tersebut mengindikasikan struktur populasi yang relatif stabil dengan tingkat rekrutmen yang masih berlangsung. Dominasi ukuran menengah sering menunjukkan populasi yang berada pada fase pertumbuhan aktif dengan tekanan eksploitasi yang belum terlalu tinggi serta memiliki peluang reproduksi yang baik untuk mempertahankan keberlanjutan populasi (Sparre & Venema, 1998; King, 2007; Levinton, 2017; Newell, 2004).

Distribusi ukuran yang tidak merata dapat mencerminkan perbedaan tingkat pertumbuhan individu akibat variasi kondisi lingkungan, ketersediaan makanan, dan faktor fisiologis. Pada ekosistem mangrove, variasi salinitas dan kondisi substrat diketahui mempengaruhi laju pertumbuhan bivalvia. Selain itu, kandungan bahan organik, dinamika pasang surut, dan kualitas habitat juga berperan penting dalam menentukan keberhasilan pertumbuhan dan kelangsungan hidup organisme bentik (Alongi, 2009; Kathiresan & Bingham, 2001; Hogarth, 2015; Odum & Barrett, 2005; Nybakken & Bertness, 2005).

Hubungan Panjang Berat

Berdasarkan hasil analisis hubungan panjang berat tubuh individu *G. tumidum* secara keseluruhan maka diperoleh persamaan regresi linear, yaitu $Y = 0,6754x + 1,756$ dan persamaan regresi eksponen yaitu $W = 0,6754L^{1,756}$, intercept (a) = 0,6754 dan slope yang dinyatakan sebagai koefisien regresi (b) = 1,7656. Hal ini menunjukkan bahwa setiap penambahan panjang tubuh individu *G. tumidum* berkaitan dengan penambahan berat tubuhnya. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa model regresi yang terbentuk dapat diterima untuk menerangkan bahwa perubahan panjang cangkang berkaitan dengan perubahan pada beratnya. Hal ini ditunjang oleh keeratan hubungan antara penambahan panjang dengan penambahan berat yang menunjukkan nilai korelasi (r) = 0,8712, sedangkan nilai R^2 yang cukup besar menunjukkan bahwa galat atau sisaan yang diperoleh melalui analisis sidik ragam relatif kecil. Kondisi ini menunjukkan tingkat kekuatan hubungan linear yang sangat kuat antara panjang cangkang dan berat tubuh (Zar, 2010; Sokal & Rohlf, 2012; King, 2007).

Pola Pertumbuhan *G. tumidum*

Nilai koefisien pertumbuhan (b) yang diperoleh menunjukkan pola pertumbuhan allometrik negatif, dimana penambahan panjang cangkang lebih cepat dibandingkan penambahan berat tubuh. Pola pertumbuhan ini umum ditemukan pada bivalvia yang hidup pada habitat intertidal dan substrat lunak, dimana energi pertumbuhan lebih banyak dialokasikan untuk penambahan ukuran cangkang dibanding biomassa tubuh (Gosling, 2015; Newell, 2004; Mann, 1982).

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai studi pada bivalvia tropis yang melaporkan pola pertumbuhan allometrik negatif sebagai respons adaptif terhadap kondisi lingkungan yang berfluktuasi. Pertumbuhan yang tidak seimbang antara panjang dan berat juga dapat dipengaruhi oleh ketersediaan makanan, kepadatan populasi, serta kondisi habitat. Faktor-faktor

lingkungan tersebut berperan penting dalam menentukan alokasi energi untuk pertumbuhan somatik maupun pembentukan cangkang (Peharda et al., 2007; Levinton, 2017; Nybakken & Bertness, 2005; Gosling, 2015).

Nilai koefisien korelasi yang tinggi menunjukkan hubungan yang kuat antara panjang dan berat, sehingga ukuran panjang cangkang dapat digunakan sebagai indikator pertumbuhan populasi. Temuan ini menunjukkan bahwa parameter morfometrik dapat digunakan sebagai dasar dalam pemantauan dinamika populasi dan pengelolaan sumber daya kerang. Hubungan panjang-berat merupakan salah satu parameter biologis yang banyak digunakan dalam studi dinamika populasi untuk mengevaluasi kondisi pertumbuhan, kesehatan populasi, dan keberlanjutan pemanfaatan sumber daya perairan (Sparre & Venema, 1998; King, 2007; Krebs, 2014; Ricklefs & Relyea, 2018).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran *G. tumidum* bervariasi dengan dominasi individu berukuran sedang, yang mencerminkan struktur populasi yang relatif heterogen. Analisis kluster menunjukkan adanya pengelompokan ukuran yang diduga berkaitan dengan perbedaan struktur populasi dan dinamika pertumbuhan. Hubungan panjang-berat menunjukkan korelasi yang kuat dengan pola pertumbuhan allometrik negatif, dimana pertambahan panjang cangkang lebih cepat dibandingkan pertambahan berat tubuh. Variasi ukuran dan pola pertumbuhan tersebut menunjukkan adanya pengaruh kondisi lingkungan habitat mangrove terhadap dinamika populasi kerang.

Saran

Pemerintah daerah disarankan menerapkan **pengelolaan adaptif berbasis ekosistem mangrove** melalui penetapan ukuran minimum tangkap, perlindungan habitat mangrove, dan monitoring populasi secara berkala guna menjamin keberlanjutan sumber daya *Gafrarium tumidum* sekaligus mempertahankan manfaat ekonomi bagi masyarakat pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Alongi, D. M. (2009). *The energetics of mangrove forests*. Springer Science & Business Media.
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems* (4th ed.). Blackwell Publishing.
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation* (2nd ed.). PRIMER-E Ltd.
- Colin R. Townsend., Michael Begon., & John L. Harper. (2008). *Essentials of Ecology* (3rd ed.). Oxford: Blackwell Publishing.
- Daniel M. Alongi. (2002). Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, 29(3), 331–349.
- Daniel M. Alongi. (2009). *The Energetics of Mangrove Forests*. Dordrecht: Springer.
- Gosling, E. (2015). *Marine bivalve molluscs* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Hogarth, P. J. (2015). *The biology of mangroves and seagrasses* (3rd ed.). Oxford University Press.
- J. H. Zar. (2010). *Biostatistical Analysis* (5th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- John D. Gage., & Paul A. Tyler. (1991). *Deep-Sea Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81–251.
- King, M. (2007). *Fisheries biology, assessment and management* (2nd ed.). Blackwell Publishing.
- Klaus Rohlf., & Robert R. Sokal. (1995). *Biometry* (3rd ed.). New York: W.H. Freeman.
- Krebs, C. J. (2014). *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance* (6th ed.). Pearson Education.
- Krzysztof J. Gaston. (1994). *Rarity*. London: Chapman & Hall.
- Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology* (3rd English ed.). Elsevier.
- Levinton, J. S. (2017). *Marine biology: Function, biodiversity, ecology* (5th ed.). Oxford University Press.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.
- Mann, R. (1982). *Ecology of marine bivalves*. CRC Press.
- Newell, R. I. E. (2004). *The biology of bivalve molluscs*. Academic Press.
- Nybakken, J. W., & Bertness, M. D. (2005). *Marine biology: An ecological approach* (6th ed.). Pearson Education.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of ecology* (5th ed.). Thomson Brooks/Cole.
- Peharda, M., Richardson, C. A., Onofri, V., Bratoš-Cetinić, A., Crnčević, M., & Ezgeta-Balić, D. (2007). Age, growth and population structure of the bivalve *Glycymeris bimaculata* (Poli, 1795) in the eastern Adriatic Sea. *Fisheries Research*, 84(3), 317–322.
- Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press.
- Ricklefs, R. E., & Relyea, R. A. (2018). *The economy of nature* (8th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Robert E. Ricklefs. (2008). *The Economy of Nature* (6th ed.). New York: W.H. Freeman.
- Seed, R., & Suchanek, T. H. (1992). Population and community ecology of *Mytilus*. In E. Gosling (Ed.), *The mussel Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture* (pp. 87–169). Elsevier.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (2012). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research* (4th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Southwood, T. R. E., & Henderson, P. A. (2009). *Ecological methods* (3rd ed.). Wiley-Blackwell.
- Sparre, P., & Venema, S. C. (1998). *Introduction to tropical fish stock assessment* (FAO Fisheries Technical Paper No. 306/1 Rev. 2). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Stephen P. Hubbell. (2001). *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton: Princeton University Press.
- Tomlinson, P. B. (2016). *The botany of mangroves* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Ward, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58(301), 236–244.
- William E. Ricker. (1975). *Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations*. Ottawa: Department of the Environment, Fisheries and Marine Service.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical analysis* (5th ed.). Pearson Prentice Hall.