

Benthic Foraminifera Composition in Coral Reef Areas at Malalayang Beach Waters

(Komposisi Foraminifera Benthik Pada Area Terumbu Karang di Perairan Pantai Malalayang)

Muhammad Reza S. Alam¹, Jane M. Mamuaja^{2*}, Agung B. Windarto², Rose O.S.E. Mantiri², Joshian N. W. Schadu²

¹Marine Science Study Program, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University, Manado 95115 North Sulawesi, Indonesia

²Teaching Staff of the Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University Jl. Unsrat Bahu Campus, Manado 95115 North Sulawesi, Indonesia

*Corresponding author: janemamuaja@unsrat.ac.id

Manuscript received: 20 Sept 2023. Revision accepted: 30 July 2024

Abstract

Malalayang Beach is part of the coastal area of Manado Bay and is situated in the North Sulawesi Province of Indonesia. The coral reef ecosystem is one of the coastal ecosystems with high biodiversity. The uniqueness of the ecosystem and the diversity of its organisms make coral reef ecosystems have high social, ecological, and economic values. In 1998, the Environmental Protection Agency (EPA) of the United States recommended the use of foraminifera as indicators for aquatic assessments. Foraminifera is a meiobenthic components at the bottom of the sea that act as producer of calcium carbonate (CaCO₃) in sediments in the benthic and pelagic zones of the sea. The purpose of this study was to study at the composition of benthic foraminifera based on their genus in the waters of Malalayang Beach and also assess the condition of coral reef waters on Malalayang Beach using the FoRAM Index. This research was carried out by taking sediment samples in Malalayang Beach in nine sampling points at a depth of 5–8.5 m. The samples were then washed and sorted to obtain foraminifera tests. From 2,830 successfully identified specimens, 17 genera were obtained with FoRAM index values ranging from 5.46 to 9.53. The average value of the FoRAM Index at Malalayang Beach is 7.32, indicating that the waters of Malalayang Beach are still suitable for coral growth.

Keywords: Malalayang Beach, Foraminifera, Coral Reef, FoRAM Index

Abstrak

Pantai Malalayang adalah bagian dari Teluk Manado yang terletak di Sulawesi Utara, Indonesia. Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem pesisir dengan biodiversitas yang tinggi. Keunikan ekosistem serta keragaman organismenya menjadikan ekosistem terumbu karang memiliki nilai sosial, ekologi dan ekonomi yang tinggi. *Environmental Protection Agency* (EPA) dari Amerika Serikat menyarankan penggunaan foraminifera sebagai indikator penilaian perairan pada tahun 1998. Foraminifera merupakan komponen meiobentik di dasar perairan yang berperan sebagai penghasil kalsium karbonat (CaCO₃) pada sedimen yang ada di zona benthik dan pelagis laut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari komposisi foraminifera benthik berdasarkan genusnya pada perairan Pantai Malalayang dan juga menilai kondisi perairan terumbu karang di Pantai Malalayang menggunakan Indeks FoRAM. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil sampel sedimen di perairan Pantai Malalayang pada sembilan titik pengambilan sampel dengan kedalaman 5 - 8,5 m. Selanjutnya sampel dicuci dan disortir untuk mendapatkan cangkang foraminifera. Dari sejumlah 2830 spesimen yang berhasil diidentifikasi, diperoleh sebanyak 17 genus dengan nilai indeks FoRAM berkisar dari 5,46 - 9,53. Nilai rata-rata indeks FoRAM pada Pantai Malalayang adalah 7,32 dan ini mengindikasikan bahwa perairan Pantai Malalayang masih baik dan layak untuk pertumbuhan karang.

Kata Kunci : Pantai Malalayang, Foraminifera, Terumbu Karang, Indeks FoRAM

PENDAHULUAN

Foraminifera bentik merupakan foraminifera yang hidup pada permukaan dasar perairan serta banyak ditemukan di perairan laut dangkal. Aktivitas kehidupan dan sebaran foraminifera bentik dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik dari lingkungan tempat hidupnya (Dewi dan Darlan, 2008). Foraminifera adalah eukariota bersel tunggal yang hidup di zona bentik dan pelagis laut. Sel-sel mereka umumnya menghasilkan cangkang organik/mineral yang akan menjadi fosil (Kazir'od, et al. 2015). Foraminifera telah dipelajari secara luas oleh ahli geologi, terutama pada bidang industri minyak bumi, untuk menemukan potensi deposit minyak (Debenay, 2012). Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem pesisir dengan biodiversitas yang tinggi. Keunikan ekosistem serta keragaman organismenya menjadikan ekosistem terumbu karang memiliki nilai ekonomi, ekologi, bahkan sosial yang tinggi (Toruan, 2011). Beberapa organisme di perairan dapat dijadikan indikator penilaian ekosistem terumbu karang. *Environmental Protection Agency* (EPA) dari Amerika Serikat menyarankan penggunaan foraminifera sebagai indikator penilaian perairan pada tahun 1998. Kumpulan foraminifera dalam sedimen terumbu karang telah dipelajari secara luas sejak tahun 1922, terutama untuk tujuan menggunakan analogi dengan biota modern untuk menafsirkan kumpulan fosil dan lingkungan paleo untuk eksplorasi minyak bumi (Jameson et al., 1998). Pantai Malalayang merupakan bagian dari Teluk Manado yang berada di Sulawesi Utara. Secara aktual ekosistem terumbu karang dan masyarakat pesisir sama-sama diuntungkan dari kawasan perairan Pantai Malalayang (Billy et al., 2018). Foraminifera bentik besar umumnya hidup berasosiasi dengan ekosistem terumbu karang dan mempunyai struktur cangkang yang lebih kompleks dibandingkan dengan foraminifera bentik kecil. Foraminifera bentik telah terbukti sebagai indikator lingkungan perairan sekitar terumbu karang semenjak dikemukakannya formula yang

dikenal dengan Indeks FoRAM (Hallock et al. 2003). Indeks FoRAM (FI) dapat memberikan suatu ukuran untuk menilai apakah perairan itu cocok atau tidak bagi pertumbuhan karang tersebut. Penggunaan foraminifera sebagai indikator penilaian ekosistem terumbu karang di Indonesia telah diterapkan dalam beberapa penelitian sebelumnya antara lain oleh Natsir (2010), Dewi et al. (2010), Toruan (2011), Dewi et al. (2012), Aulia et al. (2012), Gustiani dan Ilahude (2012), Paringgi et al. (2018), Kalalo et al. (2020), Sumale et al. (2022).

METODE PENELITIAN

Lokasi pengambilan sampel foraminifera ini berada di perairan Pantai Malalayang dengan sembilan titik pengambilan sampel. Pengambilan sampel ini dilakukan oleh penyelam dengan cara mengeruk sedimen pada permukaan dasar perairan setebal 1 – 1,5 cm. Kedalaman dari sembilan titik tersebut berkisar antara 5 – 8,5 m. Selanjutnya sampel dicuci dengan air mengalir menggunakan saringan 63 µm dan dikeringkan di bawah panas matahari. Kemudian cangkang dipisahkan dari sedimen dengan cara melakukan penjentikan, sampel disebar di atas *picking tray* dan diamati menggunakan mikroskop, lalu sampel foraminifera dimasukkan ke dalam *micropaleontology slide* untuk diidentifikasi dan didokumentasikan. Identifikasi dilakukan sampai ke tahap genus menggunakan panduan dari Nobes dan Uthicke (2008), Toruan (2011), Debenay (2012), lalu dipastikan lagi melalui WORMS (*World Register of Marine Species*) di website www.marinespecies.org. Dokumentasi menggunakan kamera dan komputer yang disambungkan ke mikroskop dan perangkat lunak dari Mikrokular Full HD-BRESSER.

Analisis Data

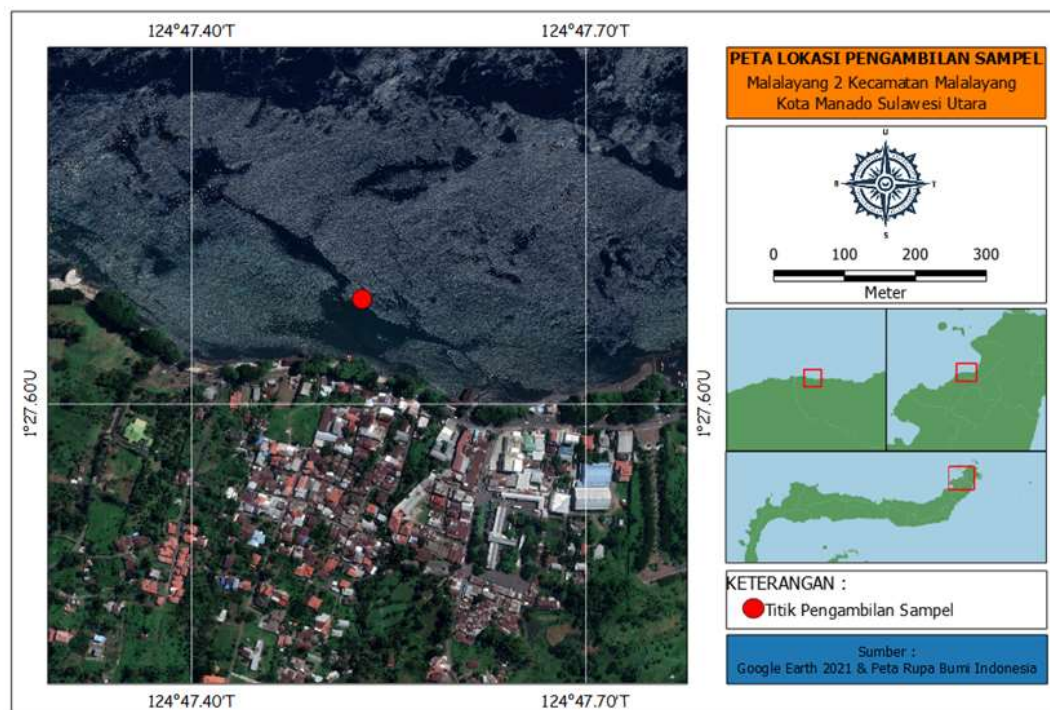
Menurut Hallock et al. (2003), kualitas suatu perairan yang mempunyai terumbu karang dapat dinilai dengan menghitung komposisi foraminifera bentik dengan menggunakan Indeks FoRAM (*Foraminifera in Reef Assessment and*

Monitoring) Tabel 1. Adapun formula untuk menghitung nilai indeks FoRAM yakni:

$$FI = (10 \times P_s) + (P_o) + (2 \times P_h)$$

dimana *FI* adalah Indeks FoRAM, *P_s* adalah Foraminifera yang memiliki simbion, *P_o* adalah foraminifera oportunistik, *P_h*

adalah Foraminifera taksa kecil heterotrofik. Nilai *P_s*, *P_o* dan *P_h* adalah jumlah spesimen masing-masing kelompok fungsional yang dibagi dengan *T* jumlah seluruh individu foraminifera yang didapatkan dari sampel yang akan diuji.



Tabel 1. Matriks IFAS dan EFAS

Tabel 1. Interpretasi Nilai Indeks FoRAM (Hallock, et al. 2003)

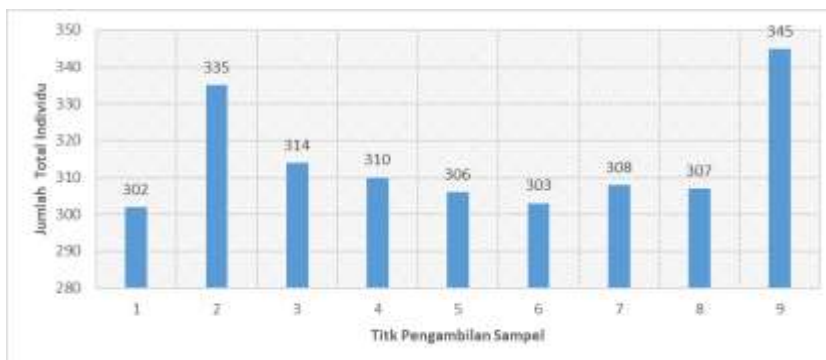
Nilai	Penjelasan
FI > 4	Lingkungan sangat baik untuk mendukung pertumbuhan terumbu karang
FI antara 3 – 5	Menandakan adanya perubahan lingkungan
2 < FI < 4	Lingkungan tidak menguntungkan untuk pertumbuhan terumbu karang, dan tidak cocok untuk pemulihan
FI < 2	Lingkungan tidak layak untuk pertumbuhan terumbu karang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Foraminifera Benthik

Sebanyak 2830 individu foraminifera berhasil diidentifikasi pada sembilan titik sampel sedimen yang dicuplik (Tabel 2). Jumlah total individu foraminifera untuk masing-masing titik pengambilan sampel secara keseluruhan ditemukan dalam kisaran terendah sebanyak 302 individu pada T1 hingga terbanyak 345 individu pada T9 dengan nilai rata-rata 314

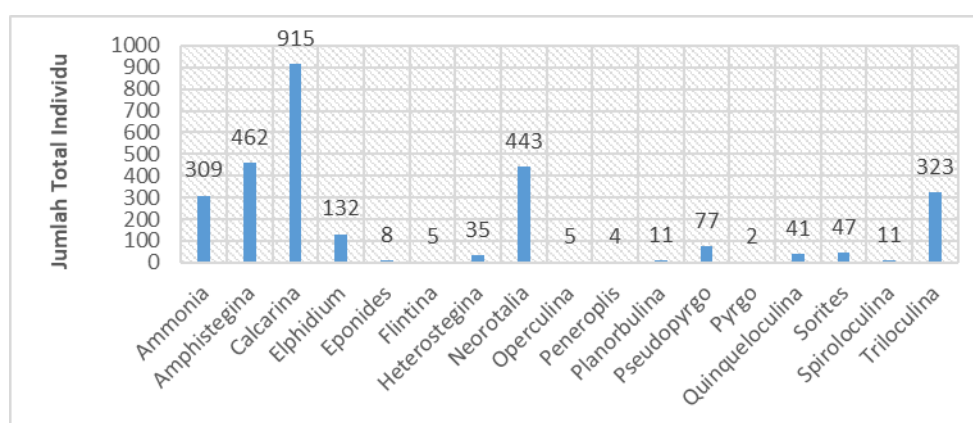
individu/sampel sedimen. Pada titik T2 jumlah individu teridentifikasi sebanyak 335 individu, jumlah yang relatif banyak tetapi lebih sedikit dibandingkan pada T9. Enam titik lainnya (T3-T8) memiliki jumlah individu yang relatif rendah dalam kisaran 303–314 individu. Sebaran jumlah individu foraminifera pada keseluruhan titik pengambilan sampel ditampilkan seperti pada Gambar 2. Hasil perhitungan jumlah individu di setiap titik ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Perbandingan jumlah total individu di sembilan titik pengambilan Sampel.

Tabel 2. Jumlah individu genus-genus foraminifera bentik.

No	Genus	Malalayang									Jumlah Total
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
1	<i>Ammonia</i>	50	3	2	22	21	30	62	60	59	309
2	<i>Amphistegina</i>	6	115	203	20	34	43	6	12	23	462
3	<i>Calcarina</i>	69	150	52	103	139	116	80	102	104	915
4	<i>Elphidium</i>	14	12	15	20	7	18	10	19	17	132
5	<i>Eponides</i>	0	0	1	3	1	1	0	2	0	8
6	<i>Flintina</i>	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
7	<i>Heterostegina</i>	2	4	7	2	2	8	2	3	5	35
8	<i>Neorotalia</i>	57	34	16	54	80	59	32	51	60	443
9	<i>Operculina</i>	0	2	3	0	0	0	0	0	0	5
10	<i>Peneroplis</i>	1	1	0	0	0	0	2	0	0	4
11	<i>Planorbulina</i>	0	3	4	1	0	0	1	0	2	11
12	<i>Pseudopyrgo</i>	16	0	0	22	4	3	10	7	15	77
13	<i>Pyrgo</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
14	<i>Quinqueloculina</i>	6	0	4	9	6	1	7	4	4	41
15	<i>Sorites</i>	5	11	7	4	3	3	3	8	3	47
16	<i>Spiroloculina</i>	4	0	0	1	1	2	1	2	0	11
17	<i>Triloculina</i>	72	0	0	48	8	18	87	37	53	323
-	Jumlah Total	302	335	314	310	306	303	308	307	345	2830



Gambar 3. Perbandingan jumlah total individu antar genus.

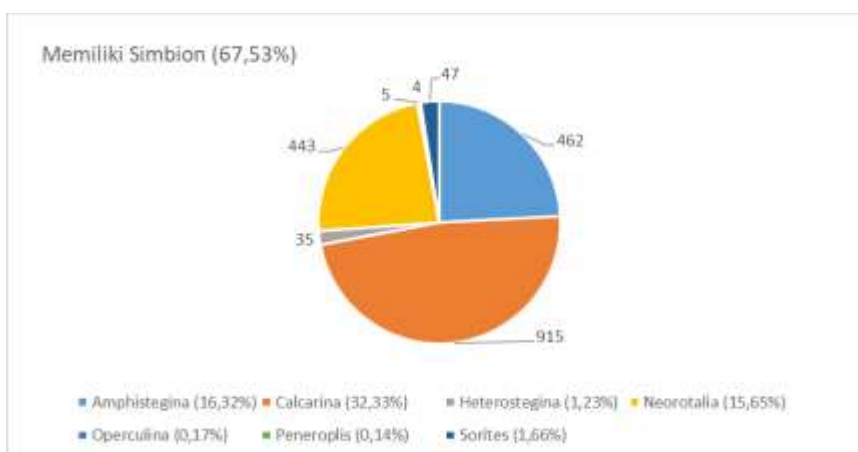
Berdasarkan data yang ditampilkan pada Gambar 3, genus *Calcarina* memiliki jumlah individu terbanyak (915 individu atau setara dengan 32,33 %). Persentase

tersebut merupakan hasil pembagian antara jumlah individu suatu genus dibagi dengan total keseluruhan individu, kemudian dikali 100. Dua genus lainnya,

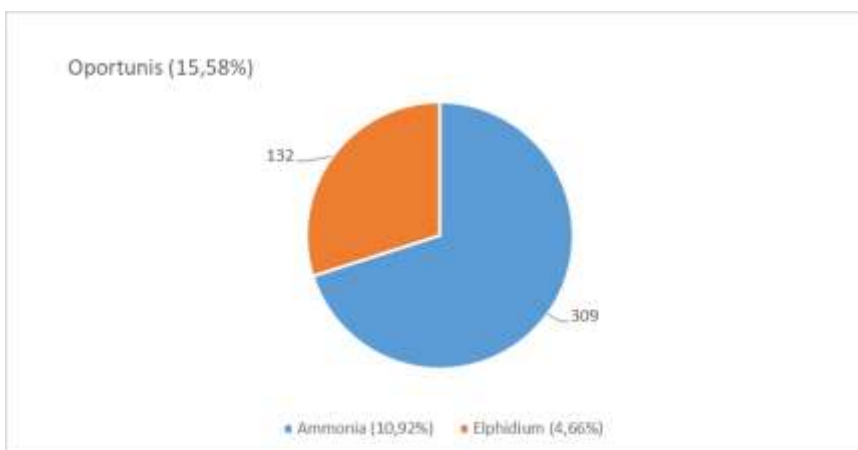
Amphistegina dan *Neorotalia*, masing-masing memiliki jumlah individu yang relatif hampir sama yaitu 462 individu (16,32 %) untuk *Amphistegina* dan 443 individu (15,65 %) untuk *Neorotalia*. Genus *Triloculina* dan *Ammonia*, memiliki perbandingan jumlah individu yang relatif hampir sama yakni 323 individu (11,41 %) untuk *Triloculina* dan 309 individu (10,91 %) untuk *Ammonia*. Genus *Elphidium* sebanyak 132 individu (4,66 %) dan genus lainnya (*Eponides*, *Flintina*, *Heterostegina*, *Operculina*, *Peneroplis*, *Planorbulina*, *Pseudopyrgo*, *Pyrgo*, *Quinqueloculina*, *Sorites*, dan *Spiroloculina*) memiliki persentase jumlah individu kurang dari 4,66 %. Berdasarkan kelompok fungsional, foraminifera benthik yang memiliki simbiosis teridentifikasi sebanyak 7 genus (*Amphistegina*, *Calcarina*, *Heterostegina*, *Neorotalia*, *Operculina*, *Peneroplis*, dan *Sorites*), 2 genus untuk oportunistik

(*Ammonia*, dan *Elphidium*), dan 8 genus untuk heterotrofik (*Eponides*, *Flintina*, *Planorbulina*, *Pseudopyrgo*, *Pyrgo*, *Quinqueloculina*, *Spiroloculina*, dan *Triloculina*).

Pada Gambar 4 ditampilkan komposisi jumlah total individu foraminifera benthik yang memiliki simbiosis. Dapat dilihat pada gambar tersebut bahwa untuk kelompok ini didominasi oleh 3 genus yakni *Calcarina*, *Amphistegina*, dan *Neorotalia* dengan jumlah individu masing-masing sebanyak 915, 462, dan 443 individu. Pada Gambar 5 ditampilkan komposisi jumlah total individu foraminifera benthik yang kelompoknya oportunistik. Dapat dilihat pada gambar tersebut bahwa untuk kelompok ini hanya terdapat dua genus yakni *Ammonia* dan *Elphidium* dengan jumlah masing-masing individu yaitu 309 dan 132 individu.



Gambar 4. Komposisi jumlah individu foraminifera benthik yang memiliki simbiosis

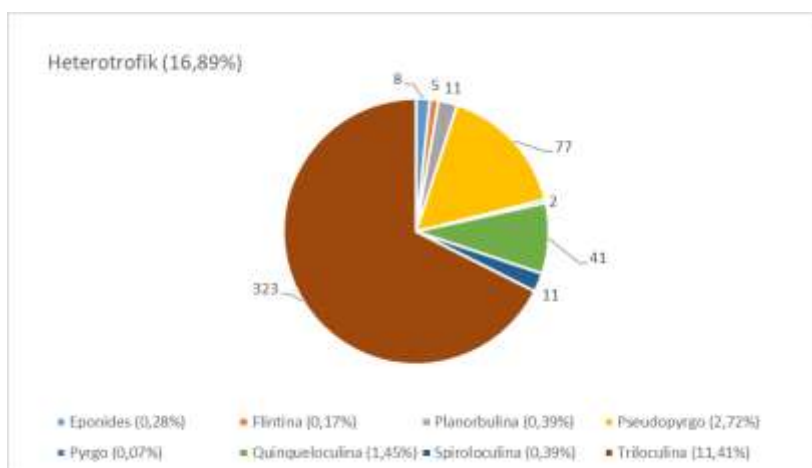


Gambar 5. Komposisi jumlah individu foraminifera benthik oportunistik

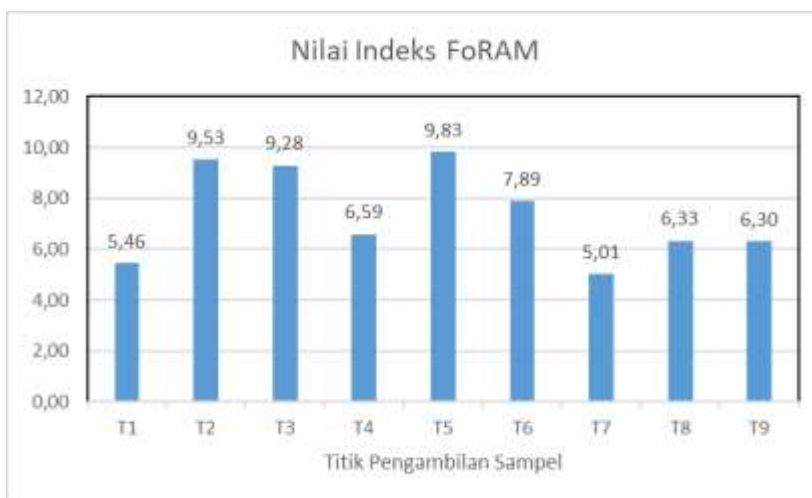
Pada Gambar 6 ditampilkan komposisi jumlah total individu foraminifera bentuk heterotrofik. Dapat dilihat pada gambar tersebut bahwa untuk kelompok ini ada satu genus yang mendominasi yaitu *Triloculina* dengan jumlah individu 323 individu.

Indeks FoRAM

Nilai indeks FoRAM bervariasi antara 5,01 hingga 9,83 dengan nilai rata-rata 7,36 untuk keseluruhan sembilan titik pengambilan sampel (Gambar 7). Hasil perhitungan indeks FoRAM untuk masing-masing titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 6. Komposisi jumlah individu foraminifera bentuk heterotrofik.



Gambar 4. Tingkat kematangan gonad

Tabel 3. Kelompok fungsional foraminifera bentuk dan nilai indeks FoRAM (FI) pada sembilan titik penelitian

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Bersimbion	140	317	288	183	258	229	125	176	195
Oportunistik	64	15	17	42	28	48	72	79	76
Heterotrofik	92	3	9	85	200	26	111	52	74
Jumlah Total Individu	302	335	314	310	306	303	308	307	345
Nilai Ps(Ns/T)	0,46	0,95	0,92	0,59	0,84	0,76	0,41	0,57	0,57
Nilai Po(No/T)	0,21	0,04	0,05	0,14	0,09	0,16	0,23	0,26	0,22
Nilai Ph(Nh/T)	0,30	0,01	0,03	0,27	0,65	0,09	0,36	0,17	0,21
Nilai Fi	5,46	9,53	9,28	6,59	9,83	7,89	5,01	6,33	6,30

Gambar 7 di atas terlihat bahwa nilai indeks FoRAM sangat bervariasi untuk kesembilan titik pengambilan sampel. Tiga nilai indeks tertinggi ditemukan pada titik pengambilan sampel T2, T3, dan T5 dengan nilai 9,53; 9,28; dan 9,83 berturut-turut. Pada T6 nilai indeks terhitung sebesar 7,89. Sementara itu, titik pengamatan yang lain nilai indeks terhitung kurang dari 7.

KESIMPULAN

Sebanyak 2.830 individu foraminifera bentik ditemukan pada sembilan titik pengambilan sampel di perairan terumbu karang Pantai Malalayang. Total 17 genus teridentifikasi Perbandingan komposisi foraminifera bentik menurut kelompok fungsional yakni: 67,53 % (symbion), 15,58 % (oportunistik), dan 16,89 % (heterotrofik). Nilai rata-rata indeks FoRAM untuk perairan terumbu karang Pantai Malalayang adalah 7,32, mengindikasikan bahwa perairan ini masih dalam keadaan baik dan layak untuk pertumbuhan karang.

DAFTAR PUSTAKA

- Billy, P., Mamuja, J. M., Rampengan, R.M., Ompi, M., Opa, E. T. dan Mudeng, J. 2018. Foraminifera Pada Lahan Gisik di Pantai Malalayang Dua. *Jurnal Ilmiah Platax*. 6(2): hal. 114-115.
- Debenay, P.J. 2012. A Guide To 1,000 Foraminifera From Soutwestern Pacific: New Galedonia. *Scientifiques Du Museum*. hal. 19-326.
- Dewi, K.T., dan Darlan, Y. 2008. Partikel Mikroskopis Dasar Laut Nusantara. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. hal. 1-99.
- Dewi, K.T., Natsir, S.M., dan Siswanto, Y. 2010. Mikrofauna (Foraminifera) Terumbu Karang Sebagai Indikator Perairan Sekitar Pulau-Pulau Kecil. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 1. Edisi khusus: hal. 162-170.
- Dewi, K.T., Arifin, L., Yuningsih, A., dan Permanawati, Y. 2012. Meiofauna (Foraminifera) dalam Sedimen dan Keterkaitannya dengan Pantai Pasir Putih Senggigi serta Kondisi Perairan Lombok Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 4(1): hal. 47-54.
- Gustiani, L., dan Ilahude, D. 2012. Foraminifera Bentik Dalam Sedimen Sebagai Indikator Kondisi Lingkungan Terumbu Karang Di Perairan Pulau Cemara Besar dan Kecil Kepulauan Karimunjawa Jawa Tengah. *Jurnal Geologi Kelautan* 10(1): hal. 23-36.
- Hallock, P. 1974. Sediment Production and Population Biology of the Benthic Foraminifer *Amphistegina Madagascariensis*. *Limnology and Oceanography*. 19(5): hal. 802-209.
- Hallock, P., Lidz, B.H., Burkhhard, E.M.C., and Donnelly, K.B. 2003. Foraminifera as Bioindicators in Coral Reef Assessment and Monitoring: The FoRAM Index. *Environmental Monitoring and Assessment*. 81: hal. 221-238.
- Kalalo, R., Mamuja, J. M., Manengkey, H., Kusen, J. D., Djamaluddin, R., dan Mantiri, R. 2020. Foraminifera Bentik Pada Terumbu Karang Pulau Bunaken. Skripsi FPIK UNSRAT. Manado. 51 hal.
- Kazir'od, M., Korczyński, W., Fern´andez, E. Byrski, A., Kisiel-Dorohinicki, M., Topa, P., Tyszka, J. and Komosinski, M. 2015. Agent-Oriented Foraminifera Habitat Simulation. *AGH University of Science and Technology*. 51: hal. 1062-1071.
- Natsir, S.M. 2010. Foraminifera Bentik sebagai Indikator Kondisi Lingkungan Terumbu Karang Perairan Pulau Katok Besar dan Pulau Nirwana, Kepulauan Seribu. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 36(2): hal. 181-192.
- Nobes, K., dan S. Uthicke. 2008. Benthic Foraminifera of The Great Barrier Reef. A Guide To Species Potentially Useful As Water Quality Indicators. Marine and Tropical Sciences Research Facility, Australian Institute of Marine Science, Townsville. 48 hal.
- Paringgi, E.P., Mamuja, J.M.,

- Rampengan, R.M., Ompi, M., Roeroe, K.A.R., dan Rembet, U. 2018. Sebaran Spasial Foraminifera Bentik Pada Terumbu Karang Pulau Bunaken Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 1(1): hal. 33-41
- Toruan, L.N.L. 2011. Pendugaan Kualitas Ekosistem Terumbu Karang Di Kepulauan Seribu Dengan Menggunakan Proporsi Foraminifera Bentik Sebagai Bioindikator. Tesis Magister Sains Program Studi Ilmu Kelautan IPB Bogor. 134 hal.
- Sumale, E.V., Mamuja, J.M., Lasut, M.T., Manengkey, H.W.K., Rampengan, R.M., and Lalita, J.D. 2022. FoRAM Index in Manado Bay Coraf Reef Areas, Northern Sulawesi Indonesia. *Aquatic Science and Management*. 10(1): hal. 3.