

Sebaran ostracoda sebagai bioindikator kondisi perairan lepas pantai Balikpapan, Kalimantan Timur

Ponco Agung Wibowo¹, Anis Kurniasih^{1*}, Tjoek Aziz Suprpto¹, Kresna Tri Dewi²

¹Departemen Teknik Geologi, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. H. Soedharto SH Tembalang, Semarang, Indonesia

²Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Djujungan No. 236, Husen Sastranegara, Kec. Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia

Email koresponden: anis.kurniasih@live.undip.ac.id

Submit: 2023-10-05 Direvisi: 2024-01-04 Accepted: 2024-03-30

©2024 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI)

©2024 by the authors. Majalah Geografi Indonesia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons

Attribution (CC BY SA) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Abstrak Perairan lepas pantai Balikpapan memiliki kerentanan tinggi terhadap perubahan kualitas air yang diakibatkan sedimentasi di sekitar kawasan tersebut. Oleh sebab itu, penelitian mengenai kondisi lingkungan perairan di daerah ini penting dilakukan. Salah satu bioindikator yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas perairan adalah ostracoda, yang merupakan mikroorganisme dari jenis Crustacea. Penelitian ini dilakukan di selatan Teluk Balikpapan menggunakan data kemelimpahan ostracoda dalam sedimen Resen pada 25 sampel permukaan dasar laut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi lingkungan perairan di area penelitian berdasarkan distribusi ostracoda. Hasil penelitian menunjukkan kemelimpahan ostracoda semakin rendah ke arah perairan laut terbuka, dan dari tingkat keanekaragamannya diketahui kondisi perairan tergolong stabil. Hasil analisis cluster membagi area penelitian menjadi dua biotop yakni Biotop1, merupakan lingkungan laut dangkal dengan spesies penciri *Cytherella semitalis*, *Cytherelloidea* sp., *Phlyctenophora orientalis* dan *Neomonoceratina indonesiana*; Biotop2, berasosiasi dengan lingkungan terumbu karang ditandai dari kehadiran spesies *Bairdopillata paraalcyonicola*, *Paranesidea* sp., dan *Loxoconcha* sp.

Kata kunci: ostracoda, sedimen, bioindikator, Balikpapan

Abstract The offshore waters of Balikpapan considered as vulnerable in term of changes in water quality due to high sedimentation. Therefore, research on the condition of the aquatic environment in this area is necessary. One bioindicator that can be used to determine water quality is ostracods, the Crustacean microorganisms that commonly found in the seabed sediments. This research was conducted in southern Balikpapan Bay using ostracod abundance in Recent sediments on 25 seabed surface samples. The aim of this research is to determine the condition of the aquatic environment based on the distribution of ostracods. The results show that the abundance of ostracods is lower towards open sea waters, and from the level of diversity it is known that water conditions are relatively stable. The results of the cluster analysis divided the research area into two biotopes, Biotope1, a shallow marine environment with the diagnostic species *Cytherella semitalis*, *Cytherelloidea* sp., *Phlyctenophora orientalis* and *Neomonoceratina indonesiana*; Biotope2, associated with coral reef environments, is characterized by the presence of *Bairdopillata paraalcyonicola*, *Paranesidea* sp., and *Loxoconcha* sp.

Keywords: ostracods, sediment, bioindicator, Balikpapan

PENDAHULUAN

Ostracoda adalah mikroorganisme yang merupakan salah satu kelas penting dari Filum Crustacea yang berukuran sekitar 1 mm dan memiliki kelimpahan cukup tinggi pada perairan laut dangkal. Morfologi Ostracoda tersusun oleh cangkang yang terdiri dari setangkup cangkang khitinan atau karbonatan yang disebut karapas. Ostracoda dapat hidup secara planktonik dan bentonik di perairan air laut dan air tawar (Armstrong & Brasier, 2005; Dewi & Kapid, 2004). Ostracoda memiliki keunggulan dalam kajian mikrofossil karena memiliki karakteristik morfologi karapas yang unik dan mudah dikenali. Kemelimpahan ostracoda dapat digunakan sebagai bioindikator ekologi baik kondisi di masa kini maupun di masa lampau. Perkembangan ostracoda dipengaruhi oleh kondisi fisik dan kimia lingkungan perairan (salinitas, suhu, pH, oksigen terlarut, dan tingkat sedimentasi), sehingga

cangkang atau karapas ostracoda juga dapat berfungsi sebagai pelacak kondisi perairan (Parameswari *et al.*, 2020). Aplikasi ostracoda yang banyak dilakukan oleh peneliti di antaranya adalah untuk mengetahui adanya kandungan kimia pencemar dalam air seperti yang dilakukan oleh El-Kahawy *et al.* (2020). Selain itu, ostracoda yang terkandung dalam sedimen Resen juga dapat digunakan sebagai bioindikator perubahan lingkungan yang terjadi sepanjang Kuartar dengan mengamati kehadiran spesies-spesies penciri (Frenzel & Boomer, 2005). Keanekaragaman dan kemelimpahan spesies ostracoda pada sedimen dapat pula menggambarkan pola sebaran jenis sedimen dan proses sedimentasi yang berpengaruh, hal ini menjadi salah satu kelebihan bioindikator ostracoda dibandingkan jenis bioindikator lain yang berasal dari status trofik yang lebih tinggi seperti koral (Hong *et al.*, 2022).

Daerah perairan lepas pantai Balikpapan memiliki karakteristik perairan yang unik karena memiliki banyak daerah aliran sungai. Aliran sungai tersebut berpotensi membawa material padatan tersuspensi dari darat menuju lautan sehingga dapat berpengaruh terhadap kualitas perairan. Kandungan sedimen tersuspensi dalam air laut juga berpengaruh terhadap ketembusan cahaya sehingga dapat berpotensi mengganggu fotosintesis. Penelitian mengenai sebaran konsentrasi material sedimen tersuspensi di daerah perairan Teluk Balikpapan menunjukkan pola sebaran yang tinggi pada daerah muara sungai serta daerah sekitar pantai (Ratnasari *et al.*, 2015). Selain itu, menurut Hidayat *et al.* (2016), material sedimen yang mendominasi di daerah lepas pantai Teluk Balikpapan berjenis lanau dan pasir lanauan yang persebarannya dipengaruhi oleh aliran sungai yang masuk ke perairan laut. Kota Balikpapan sendiri saat ini sedang dalam tahap pembangunan infrastruktur yang tinggi sehingga dimungkinkan kegiatan di sekitar perairan Balikpapan akan meningkat pula. Seiring dengan peningkatan aktivitas tersebut, maka kerentanan lingkungan perairan terhadap pencemaran juga akan semakin tinggi.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka sangat penting untuk dilakukan penelitian terkait kondisi lingkungan perairan di sekitar Teluk Balikpapan. Salah satu bioindikator yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kualitas perairan adalah ostracoda. Penelitian ini dilakukan di bagian selatan Teluk Balikpapan, yakni di perairan lepas pantai Teluk Adang hingga Teluk Klumpeng yang masuk dalam wilayah Kabupaten Paser, Kalimantan Timur dan Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan (Gambar 1). Data yang digunakan adalah data kelimpahan ostracoda yang terkandung dalam sedimen Resen yang diambil pada 25 sampel sedimen permukaan dasar laut. Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) mengetahui distribusi dan kelimpahan ostracoda di area penelitian, (2) mengetahui tingkat stabilitas kondisi lingkungan perairan di daerah penelitian berdasarkan keanekaragaman ostracoda dan (3) menentukan zona komunitas ostracoda dan kondisi lingkungan hidupnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada sampel sedimen permukaan dasar laut berjumlah 25 sampel yang tersebar di lokasi penelitian (Gambar 1). Sampel diperoleh dari hasil penyelidikan lapangan dari program penyelidikan pemetaan geologi dan geofisika di daerah lepas Pantai Balikpapan, Kalimantan Timur oleh Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan. Dari seluruh sampel yang diperoleh dari penyelidikan lapangan tersebut, dipilih 25 sampel yang di dalamnya ditemukan individu ostracoda

Sampel sedimen dianalisis di laboratorium untuk dipreparasi guna mendapatkan spesimen cangkang ostracoda yang terkandung dalam sedimen tersebut. Teknik preparasi untuk mendapatkan spesimen ostracoda pada sampel sedimen Resen mengikuti prosedur oleh Dewi & Kapid (2004). Untuk memperoleh spesimen cangkang ostracoda, sampel sedimen terlebih dahulu diayak menggunakan ayakan dengan ukuran aperture 0,25 mm, 0,125 mm, dan 0,062 mm. Sampel sedimen yang tertinggal pada ayakan dengan ukuran aperture 0,25 mm kemudian diproses lebih lanjut untuk mendapatkan spesimen ostracoda dengan melalui tahapan pencucian. Pencucian sampel sedimen untuk mendapatkan spesimen ostracoda dilakukan dengan menempatkan sampel pada ayakan dengan ukuran aperture 0,062 mm dan dicuci di bawah air mengalir

atau disemprot. Residu yang tertinggal dalam ayakan tersebut kemudian ditampung dan dikeringkan dalam oven. Setelah itu sampel siap untuk dilakukan penjentikan. Tahap penjentikan adalah tahapan pengambilan (*picking*) spesimen ostracoda dan memisahkannya dari butir sedimen lainnya kemudian ditempatkan dalam wadah khusus untuk menampung spesimen ostracoda. Jumlah maksimum spesimen ostracoda yang diambil dalam tiap sampel sedimen adalah 300 spesimen. Selanjutnya, tiap spesimen diidentifikasi sehingga dihasilkan data jumlah spesies dan spesimen dari tiap sampel. Identifikasi dan penamaan spesies ostracoda mengikuti Athersuch *et al.* (1989).

Data spesies dan spesimen ostracoda dalam tiap sampel kemudian dianalisis secara statistik menggunakan program *Paleontological Statistic* (PAST) untuk mengetahui pola sebaran dan struktur komunitas ostracoda di daerah penelitian. Struktur komunitas ostracoda diperoleh dengan menghitung indeks keanekaragaman, indeks dominansi, dan indeks keseragaman menggunakan PAST sesuai dengan formula sebagai berikut:

Indeks keanekaragaman

Indeks keanekaragaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah indeks keanekaragaman Shanon-Wiener (Odum, 1971), dihitung menggunakan Pers. 1.

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- H' = Indeks Keanekaragaman
- n_i = Jumlah individu spesies ke-i
- N = Jumlah individu semua spesies

Kriteria hasil keanekaragaman (H') berdasarkan Shanon-Wiener adalah sebagai berikut (Odum, 1971):

- H' < 1 = Keanekaragaman rendah
- 1 < H' < 3 = Keanekaragaman sedang
- H' > 3 = Keanekaragaman tinggi

Indeks dominansi

Untuk melihat adanya dominasi oleh jenis tertentu pada populasi ostracoda digunakan indeks dominansi Simpson (Odum, 1971) yang dihitung dengan menggunakan rumus (Pers. 2):

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- C = indeks dominansi
- n_i = jumlah individu
- N = jumlah total individu

Nilai C berkisar antara 0 sampai 1, jika nilai C mendekati 0 sampai 0,5 berarti hampir tidak ada individu yang mendominasi dan apabila nilai C 0,5 sampai mendekati 1 berarti ada salah satu genera yang mendominasi (Odum, 1971).

Indeks keseragaman

Rumus indeks keseragaman atau Evennes (E) yaitu (Pers. 3):

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- E = Indeks keseragaman
- H' = Indeks keanekaragaman
- H'maks = Keanekaragaman maksimum
- S = Jumlah total spesies

Kriteria hasil keseragaman (E) adalah sebagai berikut (Odum, 1971):

- E < 0,4 = Keseragaman rendah, komunitas tertekan
- 0,4 < E < 0,6 = Keseragaman sedang, komunitas stabil
- 0,6 < E < 1,0 = Keseragaman tinggi, komunitas stabil

Selain analisis keanekaragaman spesies, dalam penelitian ini juga dilakukan pembuatan cluster atau kelompok menggunakan metode cluster mode Q pada software PAST. Analisis cluster mode Q digunakan untuk mengetahui komposisi dan distribusi ostracoda pada daerah penelitian berdasarkan kedekatan antar spesies/genus dan titik lokasi sampel. Analisis cluster mode Q menggunakan data matriks dari nomor sampel dan jumlah spesimen yang didapat untuk mengetahui hubungan antar sampel berdasarkan kehadiran spesimen ostracoda atau disebut biotop.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak kurang lebih 5110 spesimen ostracoda telah dihasilkan dari 25 sampel sedimen permukaan dasar laut dengan jumlah kelimpahan ostracoda yang bervariasi di tiap stasiun pengambilan sampel. Sampel diperoleh dari hasil penyelidikan lapangan dari program penyelidikan pemetaan geologi dan geofisika oleh Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan. Dari seluruh sampel yang diperoleh dari penyelidikan lapangan tersebut, dipilih 25 sampel yang di

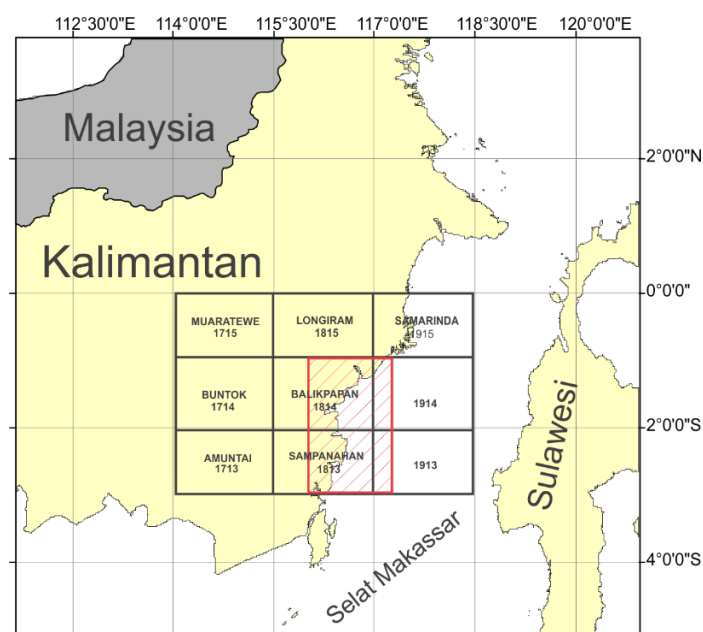
dalamnya ditemukan individu ostracoda. Penomoran sampel mengikuti titik pengambilan sampel sehingga kodenya tidak berurutan (Tabel 1). Jumlah maksimum pada satu stasiun berjumlah 300 spesimen. Keterdapatan spesimen ostracoda dari seluruh sampel terhitung sebanyak 31 genera dan 41 spesies. Jumlah total spesimen dan total spesies ostracoda yang ditemukan di masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari 25 sampel yang diteliti, secara umum distribusi ostracoda memperlihatkan kelimpahan yang semakin rendah semakin menuju ke arah perairan laut terbuka, dan sebaliknya, kelimpahan ostracoda cenderung mengalami peningkatan semakin mendekati ke area pantai (Gambar 2).

Hasil analisis struktur komunitas pada spesimen ostracoda di daerah penelitian, menunjukkan nilai indeks keanekaragaman terendah terdapat pada sampel nomor 68 yaitu sebesar 1,852 dan tertinggi pada sampel nomor 66 senilai 3,073. Secara umum, nilai indeks keanekaragaman ostracoda pada daerah penelitian masuk dalam kategori keanekaragaman sedang karena memiliki kisaran nilai antara 1 dan 3. Akan tetapi terdapat tiga sampel yang masuk dalam kategori keanekaragaman tinggi yakni sampel nomor 7, 48, dan 66 (Gambar 3).

Nilai indeks dominansi ostracoda di daerah penelitian seluruhnya menunjukkan kisaran nilai di bawah 0,5 (Gambar 4) yang berarti tidak ada spesies ostracoda yang mendominasi komunitas. Hal ini selaras dengan nilai indeks keseragaman yang cenderung sedang hingga tinggi (Gambar 5).

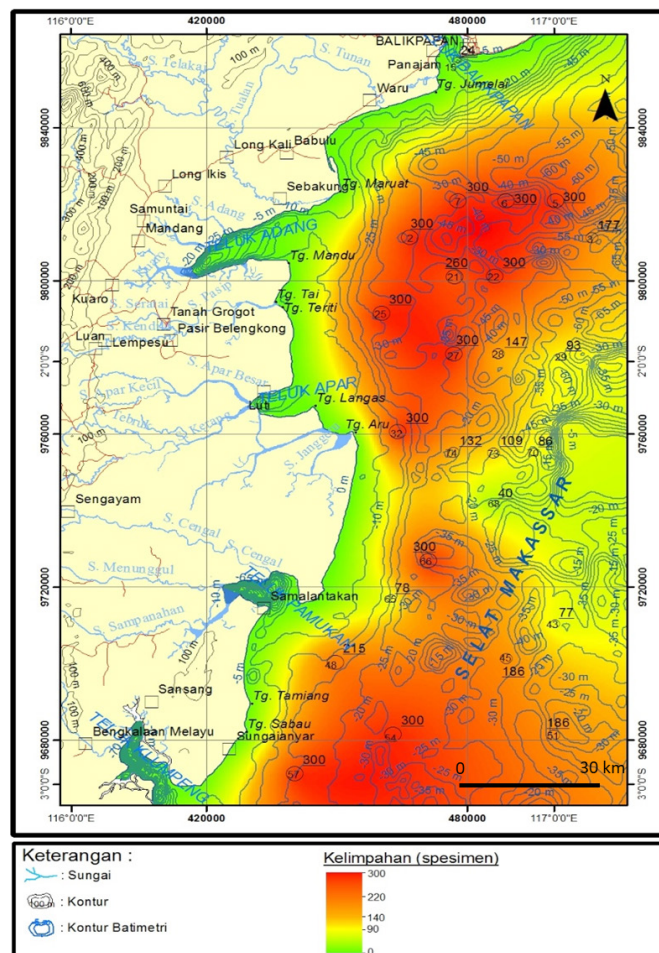
Nilai indeks keanekaragaman dan keseragaman yang hampir seluruhnya masuk dalam kategori sedang dapat diartikan bahwa rata-rata tingkat persebaran atau distribusi spesies ostracoda di daerah penelitian cenderung sama. Nilai indeks keanekaragaman yang sedang juga menunjukkan tingkat kompleksitas dan stabilitas lingkungan perairan di daerah penelitian cenderung sedang. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Natsir *et al.* (2015) terhadap komunitas foraminifera bentik di perairan lepas Pantai Balikpapan yang juga menunjukkan nilai indeks keanekaragaman yang sedang hingga tinggi dan berarti bahwa kondisi perairan cenderung stabil.



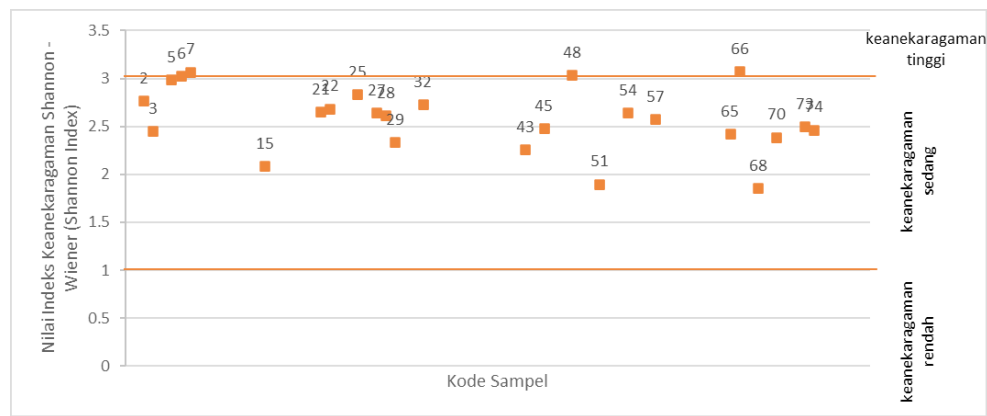
Gambar 1. Gambaran lokasi penelitian yang berada di perairan lepas Pantai Balikpapan, Kalimantan Timur (kotak merah).

Tabel 1. Jumlah total spesimen dan ostracoda pada masing-masing sampel sedimen

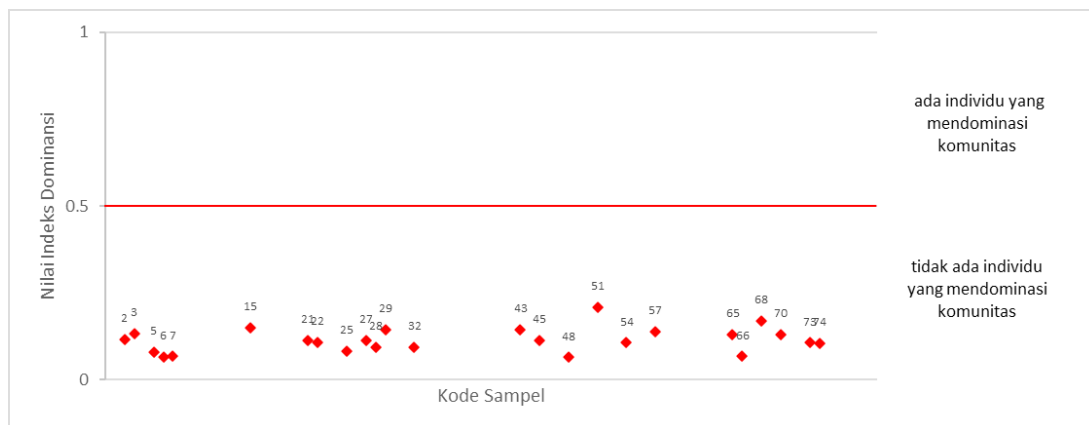
Kedalaman (m)	Kode Sampel	Total Spesimen	Total Spesies
25	Sampel 2	300	32
50	Sampel 3	177	24
45	Sampel 5	300	35
30	Sampel 6	300	32
30	Sampel 7	300	32
15	Sampel 15	24	9
30	Sampel 21	260	29
35	Sampel 22	300	30
20	Sampel 25	300	29
25	Sampel 27	300	28
35	Sampel 28	147	22
50	Sampel 29	93	19
10	Sampel 32	300	30
30	Sampel 43	77	14
30	Sampel 45	186	23
10	Sampel 48	215	29
25	Sampel 51	186	15
20	Sampel 54	300	26
15	Sampel 57	300	26
20	Sampel 65	78	18
30	Sampel 66	300	37
25	Sampel 68	40	7
35	Sampel 70	86	18
30	Sampel 73	109	19
20	Sampel 74	132	17



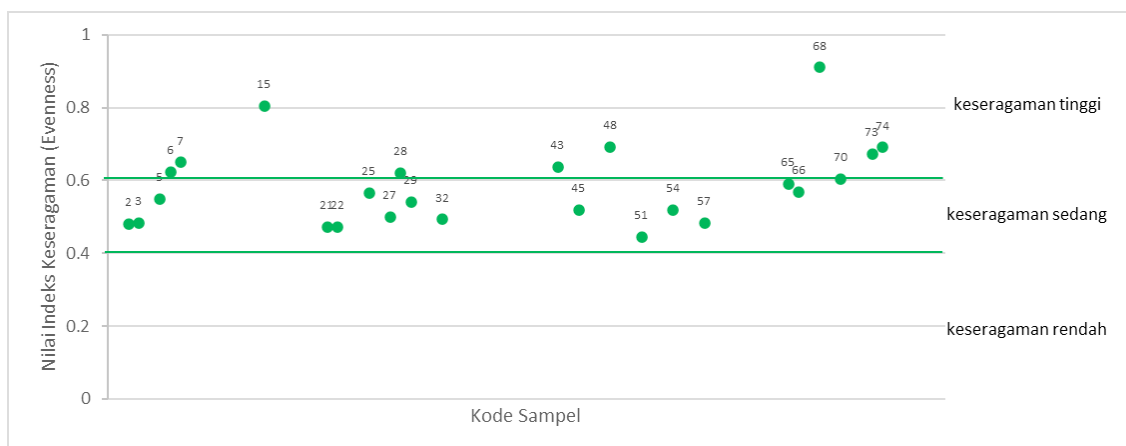
Gambar 2. Peta kemelimpahan ostracoda pada tiap titik sampel di daerah penelitian



Gambar 3. Nilai indeks keanekaragaman Shannon – Wiener ostracoda di daerah penelitian yang hampir seluruhnya masuk dalam kategori keanekaragam sedang, kecuali tiga sampel yang memiliki nilai keanekaragaman tinggi, yakni sampel nomor 7, 48, dan 66.



Gambar 4. Nilai indeks dominansi ostracoda di daerah penelitian yang seluruhnya memiliki nilai di bawah 0,5 dan berarti tidak ada spesies ostracoda tertentu yang mendominasi kumpulan ostracoda di daerah penelitian.



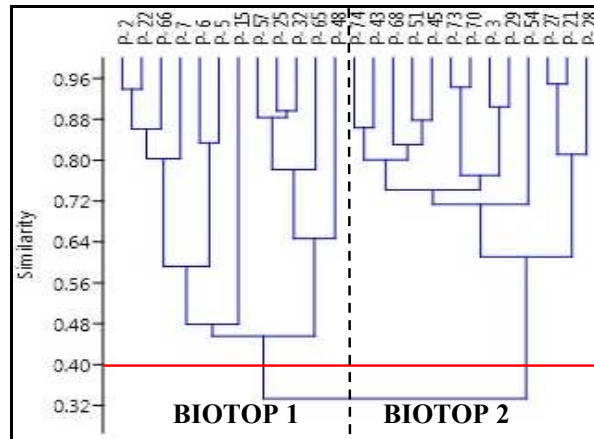
Gambar 5. Nilai indeks keseragaman (Evenness) ostracoda di daerah penelitian yang termasuk dalam kategori keseragaman sedang hingga tinggi dan berarti komunitas ostracoda cenderung stabil.

Hasil pembuatan cluster kemelimpahan ostracoda di daerah penelitian diperoleh dengan cluster mode Q. Analisis cluster mode Q menggunakan data matriks dari nomor sampel dan banyak spesimen yang didapat dalam tiap sampel untuk mengetahui hubungan antar sampel sehingga diperoleh biotop. Dari hasil pembuatan dendrogram cluster mode Q, didapatkan dua biotop (Biotop 1 dan 2) yang memiliki karakteristik hubungan spesies dari setiap sampel di wilayah daerah penelitian dengan nilai kesamaan diambil yang paling rendah sekitar 0,4 (Gambar 6).

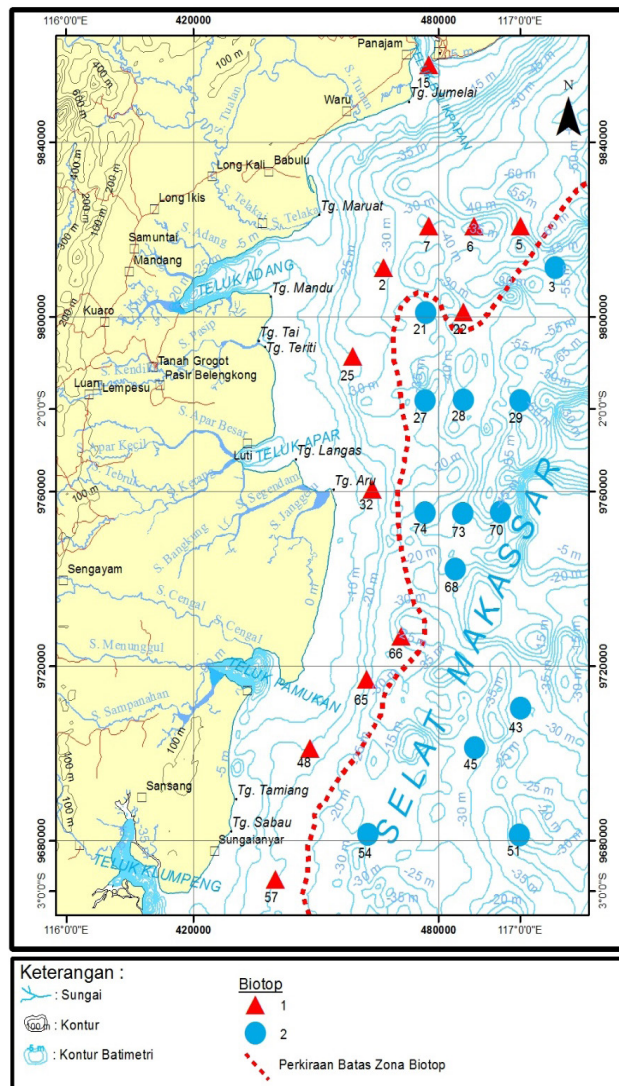
Biotop 1 terdiri dari sampel nomor 2, 22, 66, 7, 6, 5, 15, 57, 25, 32, 65, dan 48, sedangkan biotop 2 terdiri dari sampel nomor 74, 43, 68, 51, 45, 73, 70, 3, 29, 54, 27, 21, dan 28. Dari persebaran titik sampel-sampel tersebut (Gambar 7), diketahui bahwa kelompok sampel yang masuk dalam biotop 1 terletak di daerah yang mendekati garis pantai (*shoreline*) dengan kedalaman 0-30 m dan terdapat sedikit penurunan lereng. Sebanyak 12 sampel yang termasuk dalam biotop 1 ini teridentifikasi beberapa spesies yang menjadi penciri lingkungan perairan laut dangkal yakni *Actinocythereis*

scutigera, *Phylectonophora orientalis*, *Cytherella semitalis*, *Cytherella* sp., *Keijella multislucus*, dan *Pistochyterieis euplectella*. Sementara itu, kelompok sampel yang masuk dalam biotop 2 terletak di daerah Tengah hingga laut terbuka pada daerah penelitian. Dari 13 sampel yang termasuk dalam biotop 2 teridentifikasi beberapa spesies penciri laut

terbuka dan perairan terumbu karang antara lain *Paranesidea*, *Loxoconcha*, dan *Mutilus*. Pembagian zona biotop dari hasil analisis cluster mode Q ini kemudian digambarkan dalam bentuk peta persebaran biotop (Gambar 7) yang menunjukkan biotop 1 terletak di sekitar atau dekat dengan garis pantai dan biotop 2 tersebar ke arah lautan terbuka.



Gambar 6. Dendrogram cluster mode Q, menghasilkan dua biotop yang dibagi berdasarkan nilai kesamaan di kisaran 0,4 (garis merah). Biotop 1 terdiri dari sampel nomor 2, 22, 66, 7, 6, 5, 15, 57, 25, 32, 65, dan 48. Biotop 2 terdiri dari sampel nomor 74, 43, 68, 51, 45, 73, 70, 3, 29, 54, 27, 21, dan 28.



Gambar 7. Penggambaran distribusi sampel-sampel yang dikelompokkan dalam biotop 1 dan 2 berdasarkan hasil analisis cluster mode Q.

Ostracoda Sebagai Bioindikator Lingkungan Perairan

Penelitian ini mengidentifikasi sebanyak 5110 spesimen ostracoda yang berasal 41 spesies dan 31 genus (Lampiran 1). Beberapa spesies atau genus yang memiliki kelimpahan melimpah antara lain adalah genus *Cytherella*, hal ini sejalan dengan penelitian Sihombing (2003) yang meneliti kelimpahan ostracoda di bagian selatan daerah penelitian. Sihombing (2003) mengungkapkan distribusi spesies ostracoda yang tersebar luas dalam wilayah perairan Indo-Pasifik di antaranya adalah spesies *Actinocythereis scutigera* dan *Cytherella semitalis*. Kedua spesies tersebut diketahui merupakan spesies penciri kondisi perairan laut dangkal dan hangat (Dewi, 1993). Selain kedua spesies tersebut, beberapa genus yang hadir cukup melimpah di sebagian besar sampel adalah genus *Foveoleberis*, *Pistocythereis*, *Pylectonophora*, *Cytherella*, *Loxoconcha* dan *Cytherelloidea*. Penelitian Dewi (1993 & 2000) di perairan utara Laut Jawa dan perairan selatan Kalimantan Selatan mengungkapkan bahwa kehadiran genus-genus tersebut mengindikasikan distribusi ostracoda masih berada dalam satu wilayah persebaran yang sama. Kehadiran genus-genus tersebut cukup umum di perairan Laut Jawa hingga bagian selatan Pulau Kalimantan. Beberapa spesies dari genus tersebut, di antaranya spesies *Foveoleberis cypraeoides*, bahkan menjadi spesies endemik perairan wilayah Indo-Malaysia yang juga ditemukan melimpah di sekitar perairan Selat Malaka dan Singapura (Dewi, 2000).

Genus lain yang kehadirannya cukup penting antara lain *Bairdopillata* dan *Paranesidea*. Keduanya merupakan anggota sub-famili *Bairdiinae* yang merupakan penciri lingkungan terumbu karang (Sihombing, 2003; Dewi, 1993). Di daerah penelitian, kelimpahan kedua genus tersebut paling banyak ditemukan di bagian selatan daerah penelitian yakni pada sampel nomor 45, 51, dan 54. Sementara di sampel lainnya, kelimpahannya sedikit atau bahkan tidak ditemukan spesimen dari kedua genus tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa lingkungan perairan terumbu karang di bagian selatan daerah penelitian lebih berkembang dari pada di bagian utara. Berdasarkan data monitoring kondisi ekosistem terumbu karang tahun 2019 (Hadi *et al.*, 2020), diketahui kondisi terumbu karang di bagian utara daerah penelitian yang termasuk dalam wilayah Kabupaten Penajam Paser Utara berada dalam kondisi buruk. Beberapa faktor yang diduga menjadi penyebab buruknya kondisi terumbu karang di daerah ini antara lain kondisi sedimentasi dan pengaruh kegiatan pembangunan serta kegiatan pariwisata. Akibat buruknya kondisi terumbu karang tersebut, salah satunya memberi pengaruh terhadap sedikitnya kelimpahan ostracoda penciri lingkungan terumbu karang di bagian utara daerah penelitian ini.

Dari data sebaran spesies ostracoda, dijumpai genus penciri lingkungan air payau yakni *Miocyprideis* pada sampel nomor 32. Selain pada sampel tersebut, kelimpahan genus ini sangat sedikit atau bahkan tidak ditemukan sama sekali. Menurut Dewi *et al.* (2017), genus *Miocyprideis* merupakan penciri lingkungan air payau dan dapat memberi informasi adanya aliran air tawar menuju perairan laut. Pada peta kelimpahan ostracoda di daerah penelitian (Gambar 2), terlihat bahwa sampel ini terletak dekat dengan aliran sungai dari darat menuju ke laut pada daerah sekitar Teluk Apar. Dengan demikian maka kehadiran *Miocyprideis* pada sampel nomor 32 cocok dengan kondisi aktual, dimana ada aliran air tawar masuk ke laut.

Meskipun demikian, kondisi perairan di daerah penelitian secara umum masih tergolong sebagai lingkungan perairan yang stabil berdasarkan analisis struktur komunitas ostracoda. Hal ini diketahui dari nilai indeks keanekaragaman dan keseragaman yang rata-rata masuk dalam kategori sedang sehingga memberikan informasi bahwa tingkat persebaran spesies ostracoda di lokasi penelitian cenderung merata atau tidak ada spesies tertentu yang mendominasi komunitas. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat kompleksitas lingkungan terhadap komunitas ostracoda di daerah penelitian tidak terlalu tinggi.

Berdasarkan hasil analisis cluster mode Q pada data sebaran ostracoda, daerah penelitian dapat dibagi menjadi dua biotop yakni Biotop 1 yang berada dekat dengan garis pantai dan Biotop 2 yang terletak lebih jauh dari garis pantai menuju laut terbuka. Dari penggambaran kedua biotop tersebut pada peta (Gambar 7), terdapat 12 sampel yang termasuk dalam Biotop 1 yakni sampel nomor 2, 22, 66, 7, 6, 5, 15, 57, 25, 32, 65, dan 48. Pada sampel-sampel tersebut, spesies ostracoda yang terdapat paling melimpah di antaranya adalah *Cytherella semitalis*, *Cytherelloidea* sp., *Phlyctenophora orientalis*, *Neomonoceratina indonesiana*, *Keijella multsulcus*, dan *Neocytheretta novella*. Di antara spesies tersebut terdapat beberapa spesies penciri perairan laut dangkal yang hangat yakni *Cytherella semitalis*, *Cytherelloidea* sp., *Phlyctenophora orientalis* dan *Neomonoceratina indonesiana* (Dewi, 1993). Oleh sebab itu, dapat diinterpretasikan kondisi lingkungan perairan di Biotop 1 merupakan lingkungan perairan dangkal dimana pengaruh gelombang masih cukup tinggi (*near-shore zone*).

Sementara itu, pada sampel-sampel yang masuk dalam Biotop 2 (sampel nomor 74, 43, 68, 51, 45, 73, 70, 3, 29, 54, 27, 21, dan 28), spesies ostracoda yang paling melimpah antara lain adalah *Bairdopillata paraalcyonicola*, *Paranesidea* sp., dan *Loxoconcha* sp. Kelimpahan tinggi dari ketiga spesies tersebut menandakan bahwa Biotop 2 merupakan lingkungan perairan yang berasosiasi dengan ekosistem terumbu karang (Dewi *et al.*, 2017).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut: (1) distribusi ostracoda memperlihatkan kelimpahan yang semakin rendah semakin menuju ke arah perairan laut terbuka, genus ostracoda yang hadir melimpah di sebagian besar sampel adalah *Foveoleberis*, *Pistocythereis*, *Pylectonophora*, *Cytherella*, *Loxoconcha* dan *Cytherelloidea*; (2) kondisi perairan di daerah penelitian tergolong sebagai lingkungan perairan yang stabil berdasarkan nilai indeks keanekaragaman ostracoda; (3) daerah penelitian dibagi menjadi dua biotop yakni: (a) Biotop 1 yang merupakan lingkungan perairan laut dangkal yang masih terpengaruh gelombang dengan spesies pencirinya adalah *Cytherella semitalis*, *Cytherelloidea* sp., *Phlyctenophora orientalis* dan *Neomonoceratina indonesiana*; dan (b) Biotop 2 yang berasosiasi dengan lingkungan terumbu karang ditandai dari kehadiran spesies penciri *Bairdopillata paraalcyonicola*, *Paranesidea* sp., dan *Loxoconcha* sp.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan yang telah memberi dukungan berupa sampel sedimen dan fasilitas dalam tahapan analisis laboratorium saat preparasi dan identifikasi ostracoda.

KONTRIBUSI PENULIS

Penelitian ini adalah hasil kolaborasi para penulis dimana penulis pertama berkontribusi dalam tahap pengambilan data ostracoda termasuk saat tahapan preparasi dan analisis. Adapun penulis kedua berperan merumuskan metode penelitian dan interpretasi data dengan bantuan penulis keempat, sedangkan penulis ketiga membantu dalam tahap penggambaran spasial hasil analisis ostracoda sehingga diperoleh gambaran yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Armstrong, H. & Brasier, M. (2005). *Microfossils* (2nd Ed.). United Kingdom: Blackwell Publishing, 221-225.
- Athersuch, J., Horne, D.J., & Whittaker, J.E. (1989). *Marine and brackish water ostracods (Superfamilies Cypridacea and Cytheracea)*. Great Britain: The Linnean Society of London and The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association, 28-32.
- Dewi, K.T. (1993). *Ostracoda from the Java Sea, west of Bawean Island, Indonesia*. Australia: Master Thesis, The University of Wologong, 63-77.
- Dewi, K.T. (2000). Distribution of ostracoda from South of Tanjung Selatan, South Kalimantan. *Marine Geological Institute Bulletin*, 15(1), 1-14.
- Dewi, K.T. & Kapid, R. (2004). *Ostracoda: Objek alternatif untuk studi mikropaleontologi*. Bandung: Penerbit ITB, 1-16.
- Dewi, K.T., Latuputty, G., Priohandono, Y.A. & Purwanto, C. (2017). Respon mikrofauna (ostracoda) terhadap kondisi lingkungan sekitar Pulau Bangka, Sulawesi Utara. *Jurnal Geologi Kelautan*, 15, 1-10, <https://doi.org/10.32693/jgk.15.1.2017.375>.
- El-Kahawy, R., El-Shafeiy, M., Helal, S.A., & Aboul-Ela, N. (2020). Taxonomy, distribution, and environmental implications of benthic marine ostracods, along the Red Sea Coast of Egypt. *Egyptian Journal of Geology*, 64, 433-454, <https://doi.org/10.21608/egjg.2020.216324>.
- Frenzel, P. & Boomer, I. (2005). The use of ostracods from marginal marine, brackish waters as bioindicators of modern and Quaternary environmental change. *Journal Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 225, 68-92, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.02.051>.
- Hadi, T.A., Abrar, M., Giyanto, Prayudha, B., Johan, O., Budiyo, A., Dzumalek, A.R., ... Suharsono (2020). *The status of Indonesian coral reefs 2019*. Jakarta: Research Center for Oceanography-Indonesian Institute of Sciences, 9-25.
- Hidayat, A., Dwi, A.A., & Ismunarti, D.H. (2016). Pemetaan batimetri dan sedimen dasar di perairan Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur. *Jurnal Oseanografi*, 5(2), 191-201. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose>.
- Hong, Y., Yasuhara, M., Iwatani, H., Harnik, P.G., Chao, A., Cybulski, J.D., Liu, Y., ... Wei, C. (2022). Benthic ostracod diversity and biogeography in an urbanized seascape. *Marine Micropaleontology*, 174 (102067), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2021.102067>
- Natsir, S.M., Firman, A., Riyantini, I., & Nurruhwati, I. (2015). Struktur komunitas foraminifera pada sedimen permukaan dan korelasinya terhadap kondisi lingkungan perairan lepas Pantai Balikpapan, Selat Makassar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(2), 671-680.
- Odum, E.P. (1971). *Fundamentals of Ecology* (3rd Ed.), Philadelphia, USA: W.B. Sounder Co.
- Parameswari, E., Davamani, V., Kalaiarasi, R., Ilakiya, T., & Arulmani, S. (2020). Utilization of ostracods (crustacea) as bioindicator for environmental pollutants. *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry*, 21 (7), 73-93. <https://doi.org/10.9734/IRJPAC/2020/v21i730182>
- Ratnasari, R.N., Helmi, M., dan Rochaddi, B. (2015). Studi sebaran konsentrasi material padatan tersuspensi menggunakan citra satelit Landsat-8 di Perairan Teluk Balikpapan Kalimantan Timur. *Jurnal Oseanografi*, 4 (4), 741-749, <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose>.
- Sihombing, D.F.F. (2003). *Geologi dan studi ostracoda daerah Petangis, Kecamatan Tanjung Aru, Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur*. Bandung: Skripsi Departemen Teknik Geologi, Fakultas Kebumihan dan Teknologi Mineral ITB.