

DISTRIBUSI FORAMINIFERA BENTIK SEBAGAI INDIKATOR KONDISI LINGKUNGAN DI PERAIRAN SEKITAR PULAU BATAM – RIAU KEPULAUAN

Oleh :

Luli Gustiantini dan Ediar Usman

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjuran No. 236 Bandung-40174

SARI

Hasil analisis foraminifera benthik dari 42 percontoh sedimen dasar laut yang diambil dari Perairan Batam menunjukkan kelimpahan yang sangat tinggi, terdiri dari 123 spesies, yang terbagi menjadi 72 spesies dari Grup Rotaliina, 28 spesies Miliolina, dan 23 spesies Textulariina. Berdasarkan analisis cluster, lokasi penelitian terbagi menjadi 5 cluster, yang masing-masing didominasi oleh *Asterorotalia trispinosa*, *Pseudorotalia annectens*, *Amphistegina radiata*, *Quinqueloculina* cf. *Q. philippinensis*, dan *Operculina ammonoides*. Kelima spesies tersebut merupakan penciri lingkungan laut dangkal, sedimen kasar, dan berasosiasi dengan lingkungan berenergi tinggi dan terumbu karang.

Penyebaran foraminifera benthik di lokasi penelitian dipengaruhi oleh pola arus, distribusi sedimen, dan terumbu karang. Ada perbedaan distribusi foraminifera benthik yang cukup signifikan antara wilayah sebelah barat dengan di sebelah utara dan timur penelitian. Ketiga area tersebut memiliki pola arus, tingkat energi dan distribusi sedimen yang cukup berbeda. Wilayah Perairan Batam dinilai masih memiliki kondisi lingkungan yang bagus, dilihat dari kelimpahan foraminifera benthik, serta dari nilai tingginya index diversitas yaitu >3 .

Kata kunci : foraminifera benthik; analisis cluster; indikator lingkungan; Perairan Batam - Riau

ABSTRACT

Analysis of benthic foraminifera from 42 seafloor sediment samples from Batam Waters, shows very high abundance, consists of 123 species, which are 72 species belong to Rotaliina, 28 species of Miliolina, and 23 species of Textulariina. Based on cluster analysis, the study area is divided into 5 groups, each cluster is dominated by *Asterorotalia trispinosa*, *Pseudorotalia annectens*, *Amphistegina radiata*, *Quinqueloculina* cf. *Q. philippinensis*, and *Operculina ammonoides*. These five species of benthic foraminifera are indicators for shallow marine water environment, with coarse sediment fraction and associated with high energy environment and coral reef.

The benthic foraminiferal distribution is influenced by current pattern, sediment distribution, and coral reef. There is a significant difference between benthic foraminiferal distribution in the western part with the northern and the eastern parts. These three parts of the study area have different current pattern, energy, and sediment distribution. Batam Waters is assumed still in good environment, derived from both high abundance of benthic foraminifera and the high value of diversity index (>3).

Key words : benthic foraminifera; cluster analysis; environmental indicator; Batam Waters

PENDAHULUAN

Perairan di sebelah utara P. Batam merupakan bagian dari jalur lalu lintas internasional, dan merupakan batas antara Indonesia – Malaysia, dan Indonesia – Singapura. Perairan ini mempunyai karakteristik arus yang relatif kuat, bergerak pada umumnya dari barat laut ke tenggara sejajar dengan arah perairan Selat Malaka. Kedalaman rata-rata daerah penelitian 10-20 m, sedangkan kedalaman maksimal 65m terdapat di bagian tengah penelitian (Usman, drr, 2005).

Seiring dengan perkembangan pembangunan, Perairan Batam sebagai kawasan pesisir akan menjadi tujuan pengembangan sarana teknologi pelayaran, pelabuhan, industri, pemukiman, dan perikanan. Akibatnya akan timbul permasalahan baru antara lain persoalan pencemaran lingkungan, abrasi pantai, banjir, erosi permukaan tanah, amblasan, kelangkaan air bersih, dll. (Usman, drr, 2005). Sehingga perlu adanya monitoring terhadap berbagai perubahan lingkungan yang terjadi. Oleh karena itu selain bertujuan untuk mengetahui kandungan dan penyebaran foraminifera benthik di lokasi penelitian dan faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhinya, penelitian ini juga dimaksudkan sebagai monitoring terhadap kondisi lingkungan perairan sekitar Pulau Batam.

Foraminifera merupakan salah satu partikel dalam sedimen dasar laut yang keberadaannya dapat menunjukkan lingkungan tempat dia hidup. Cara hidupnya adalah menempelkan diri pada sedimen, batuan, tumbuh-tumbuhan laut dan karang yang berada di dasar perairan. Akibatnya foraminifera benthik sangat sensitif terhadap berbagai perubahan lingkungan seperti temperatur, salinitas, cahaya, kedalaman, kandungan oksigen, dll. (Boltovskoy dan Wright, 1976), sehingga merupakan indikator lingkungan yang sangat potensial.

Daerah penelitian adalah perairan Pulau Batam dan sekitarnya, yang terletak pada koordinat 103°30' BT – 105° BT, 1°00' LU-2°00' LU (Gambar 1), termasuk ke dalam lembar peta no. 1017. Sedimen dasar laut Perairan Batam didominasi oleh pasir kuarsa dan campuran kerikil, serta cangkang dan batulempung kaolin, terutama di bagian timur daerah pemetaan. Sementara di bagian barat

lebih didominasi oleh sedimen fraksi yang lebih halus dan tebal (Usman, drr, 2005).

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan survei lapangan dilakukan oleh Tim Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) pada 1 Juni s/d 5 Juli 2005, menggunakan kapal Geomarin I. Dalam kegiatan tersebut telah dikoleksi sebanyak 80 per contoh sedimen dasar laut dengan alat *grab sampler*, lalu dipilih sebanyak 42 sampel yang dianggap mewakili daerah penelitian. Selanjutnya 300 individu diambil dari percontoh hasil cucian masing-masing dari contoh fraksi ukuran terbesar, bila masih kurang diambil dari fraksi yang lebih kecil. Cangkang foraminifera tersebut akan dideterminasi mengacu pada Barker (1960), Albani & Yassini (1993), Loeblich & Tappan (1994), dan Yassini & Jones (1995).

Tahap selanjutnya adalah analisis kuantitatif dilakukan untuk mengetahui kelimpahan dan keanekaragamannya, serta pengelompokkan berdasarkan metode cluster. Untuk pengelompokkan ini, dipilih 19 spesies yang paling melimpah di lokasi penelitian, dan kemudian diproses dalam program komputer "STATISTICA : *cluster analysis*", yang telah banyak dilakukan antara lain oleh Jorissen (1986), dan Yassini & Jones (1991). Pengelompokkan dilakukan berdasarkan kemiripan pola sebaran masing-masing spesies.

Untuk menghitung tingkat keanekaragaman, digunakan rumus Shannon-Weaver yang dikembangkan dalam program komputer oleh Bakus (1990), yaitu:

$$H' = - \sum p_i \log p_i$$

Keterangan :

p_i = n_i / N

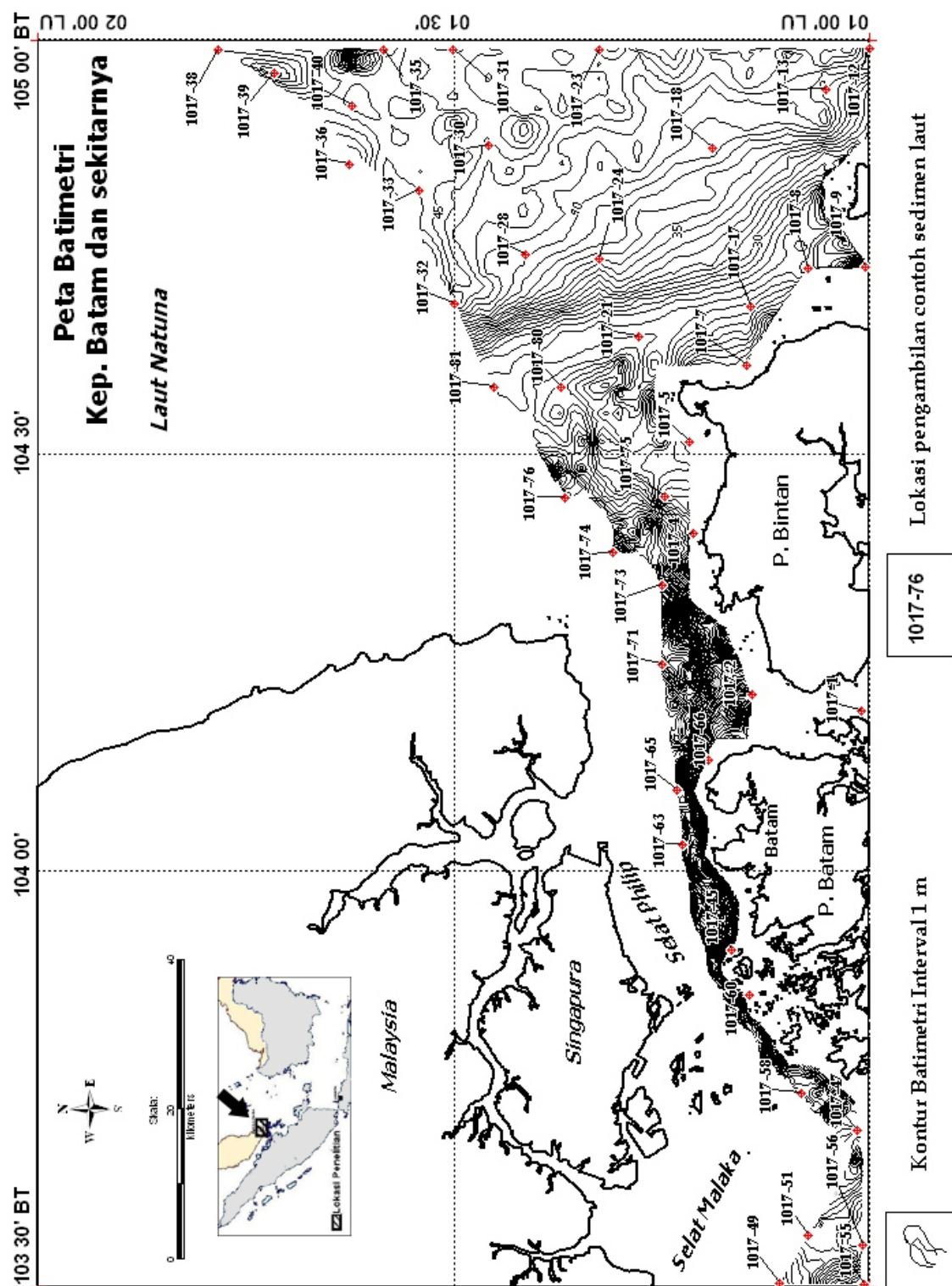
Σ = jumlah

n_i = jumlah individu dari setiap spesies pada tiap contoh (I_1, I_2, \dots, I_n)

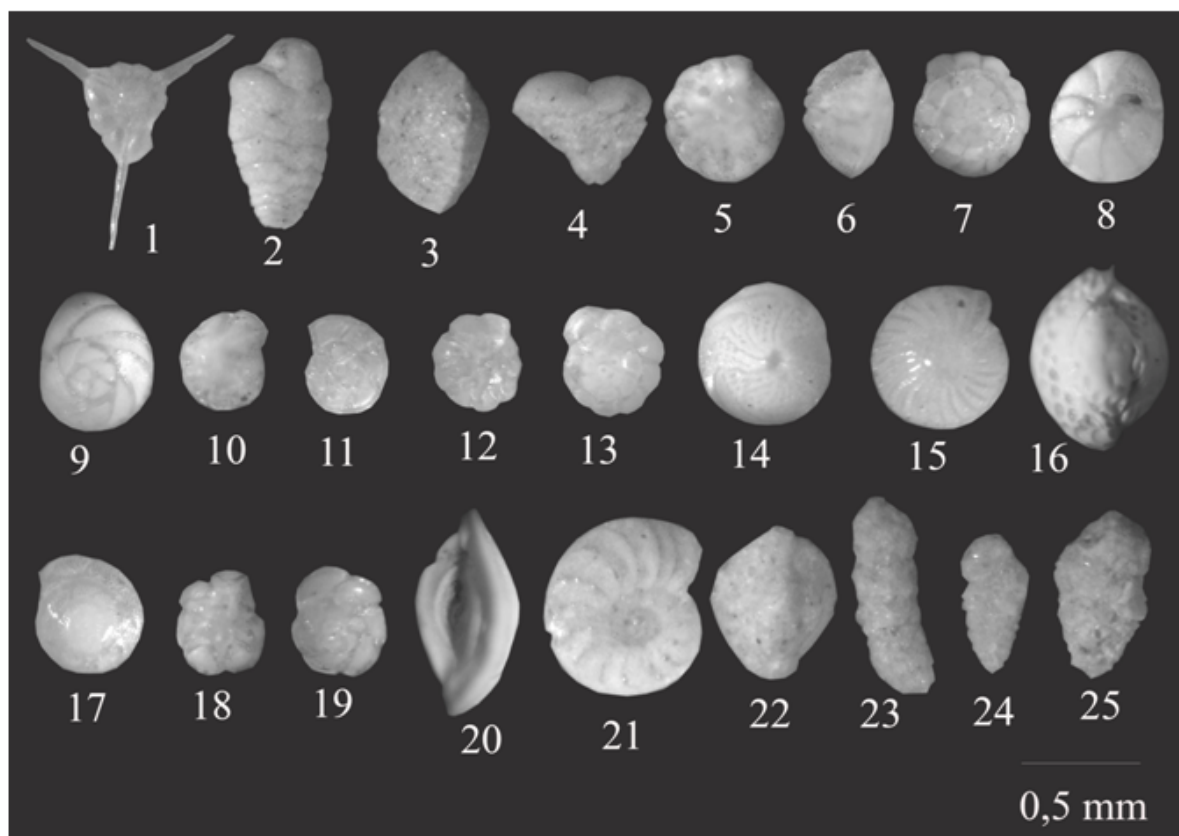
N = jumlah total individu

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Foraminifera benthik ditemukan cukup melimpah, terdiri dari 123 spesies, terbagi menjadi 72 dari grup Rotaliina, 28 spesies dari



Gambar 1. Lokasi penelitian dan batimetrimya (Modifikasi dari Usman, drr., 2005)



Gambar 2. Foraminifera bentuk yang dominan di lokasi penelitian (cluster 1: 1. *Asterorotalia trispinosa*, 2. *Textularia agglutinans*, 3. *Textularia* cf. *T. semialata*, 4. *Textularia conica*; Cluster 2 : 5 - 7. *Pseudorotalia annectens*, 8, 9. *Eponides cibrorepondus*, 10, 11. *Pseudorotalia conoides*, 12, 13. *Pseudorotalia* sp. 2; Cluster 3: 14. *Amphistegina radiata*, 15. *Elphidium* cf. *E. discoidalis multiloculum*; Cluster 4 : 16. *Quinqueloculina* cf. *Q. philippinensis*, 17. *Heterolepa subhaidingeri*; 18, 19. *Asterorotalia inflata*, 20. *Spiroloculina subimpres*a; Cluster 5 : 21. *Operculina ammonoides*, 22. *Agglutinella agglutinans*, 23. *Siphotextularia* sp.3, 24. *Siphotextularia* sp. 2, 25. *Ammobaculites agglutinans*

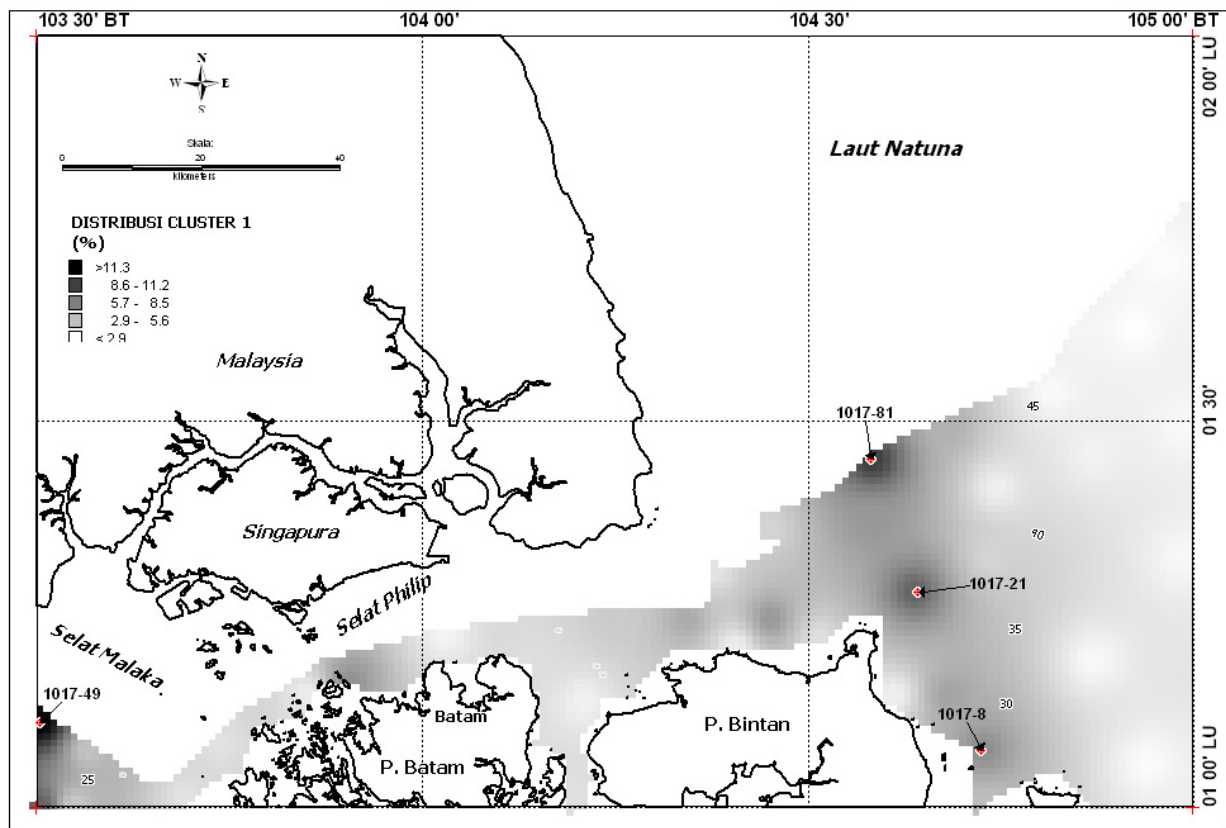
grup Miliolina, dan 23 spesies dari grup Textulariina. Komposisi ini sangat ideal bagi lingkungan laut dangkal/zona paparan (Boltovskoy & Wright, 1976), di mana jenis Rotaliina lebih dominan dibandingkan dengan jenis lainnya.

Berdasarkan analisis cluster, yang dilakukan terhadap 19 jenis foraminifera paling dominan (Gambar 2), lokasi penelitian terbagi menjadi 5 cluster, di mana tiap cluster dicirikan oleh beberapa spesies yang pola penyebarannya hampir sama.

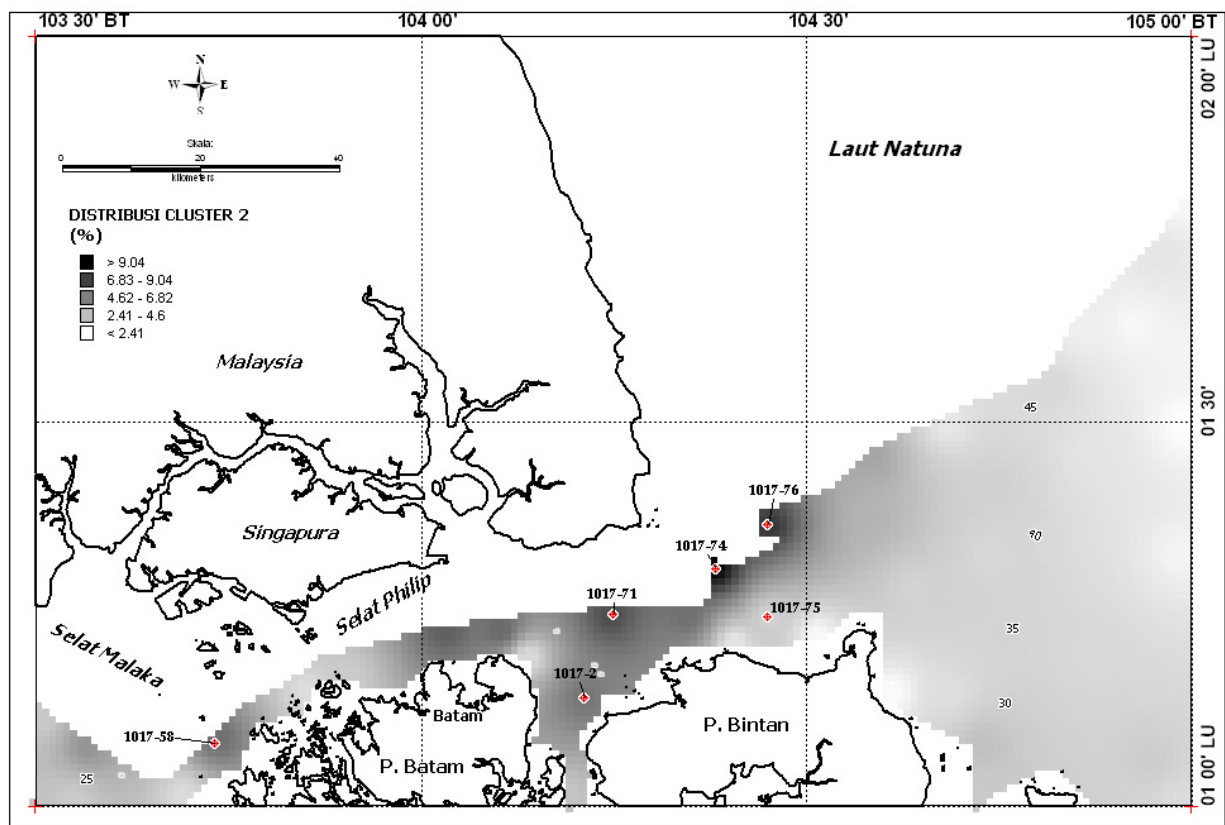
Cluster 1 dicirikan oleh spesies *Asterorotalia trispinosa* yang paling dominan, *Textularia agglutinans*, *Textularia* cf. *T. semialata*, dan *Textularia conica*, yang menunjukkan karakteristik lingkungan perairan terbuka dengan arus menengah - kuat, serta sedimen

penyusun lumpuran dan pasir (Boltovskoy & Wright, 1976; Yassini & Jones, 1995, dan Rositasari & Rahayuningsih, 2000). Sedangkan keberadaan spesies *Textularia conica* menunjukkan energi tingkat menengah (Biswas, 1976). Penyebarannya terutama pada area di sebelah barat laut (lokasi 49), serta di sebelah timurlaut penelitian sekitar lokasi 21 dan 81 (Gambar 3).

Cluster 2 dicirikan oleh *Pseudorotalia annectens*, *Eponides cibrorepondus*, *Pseudorotalia conoides*, dan *Pseudorotalia* sp.2, yang menunjukkan lingkungan perairan dangkal, terbuka, dengan tingkat energi menengah, serta sedimen pasir lebih halus (Biswas, 1976). Penyebarannya terutama di sebelah utara P. Bintan (Gambar 4).



Gambar 3. Distribusi Cluster 1



Gambar 4. Distribusi Cluster 2

Tabel 1. Nilai indeks diversitas foraminifera benthik

No contoh sedimen	Jumlah spesies	nilai indeks diversitas
1	32	3.47
2	45	3.99
4	24	3.14
5	28	3.50
7	30	3.40
8	33	3.81
9	39	3.66
12	36	3.58
13	37	3.83
17	27	3.50
18	28	3.33
21	22	3.09
23	37	3.87
24	40	3.69
28	20	3.40
30	30	3.37
31	40	4.01
32	29	3.56
33	36	3.93
35	39	3.66
36	36	3.58

No contoh sedimen	Jumlah spesies	nilai indeks diversitas
38	32	3.47
39	42	3.74
40	42	3.95
45	50	4.28
47	40	4.20
49	17	2.77
51	27	3.30
55	21	3.04
56	32	3.66
58	35	3.81
60	51	4.11
63	34	3.61
65	26	3.26
66	46	3.83
71	30	3.40
73	37	3.91
74	28	3.33
75	39	4.01
76	28	3.47
80	43	4.03
81	37	3.78

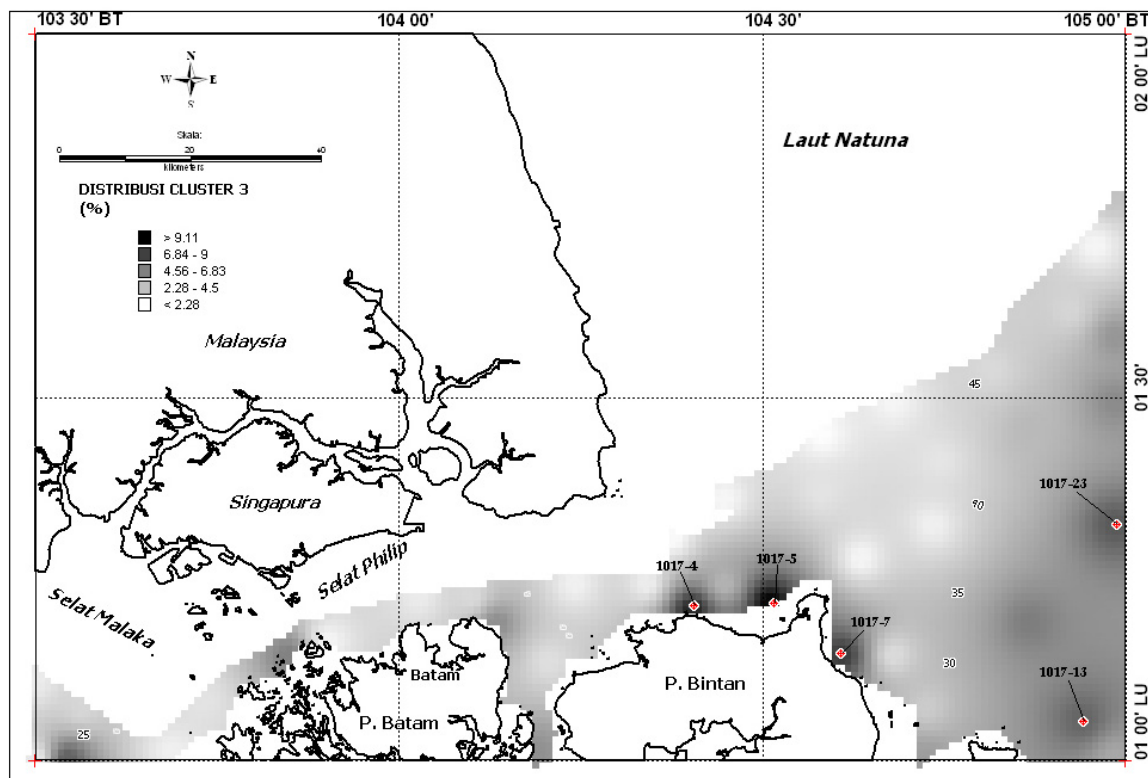
Cluster 3 dicirikan oleh *Amphistegina radiata* dan *Elphidium* cf. *E. discoidalis multiloculum*, menunjukkan kondisi lingkungan perairan dangkal dengan energi arus yang relatif tinggi. Seperti diketahui, pada Perairan Batam, terutama di sekitar Pulau Batam dan Bintan, terdapat populasi terumbu karang, yang biasanya berasosiasi dengan kondisi turbulen dan temperatur hangat (Boltovskoy & Wright, 1976). Jenis-jenis foraminifera yang biasanya berasosiasi dengan terumbu karang antara lain *Amphistegina*, *Calcarina*, serta *Elphidium*. Keterkaitan dengan terumbu karang inilah yang mempengaruhi penyebaran cluster 3, sehingga cenderung memiliki konsentrasi yang tinggi di sekitar Pulau Bintan, yaitu lokasi 4, 5, dan 7 (Gambar 5).

Cluster 4 dicirikan oleh *Quinqueloculina* cf. *Q. philippinensis*, *Heterolepa subhaidingeri*, *Asterorotalia inflata*, dan *Spiroloculina subimpresata*. Penyebarannya terutama di bagian timurlaut penelitian, yaitu di sekitar lokasi no 24, 28, 32, dan 33 (Gambar 6). Spesies *Quinqueloculina* cf. *Q. philippinensis* yang sangat dominan menunjukkan (indikator)

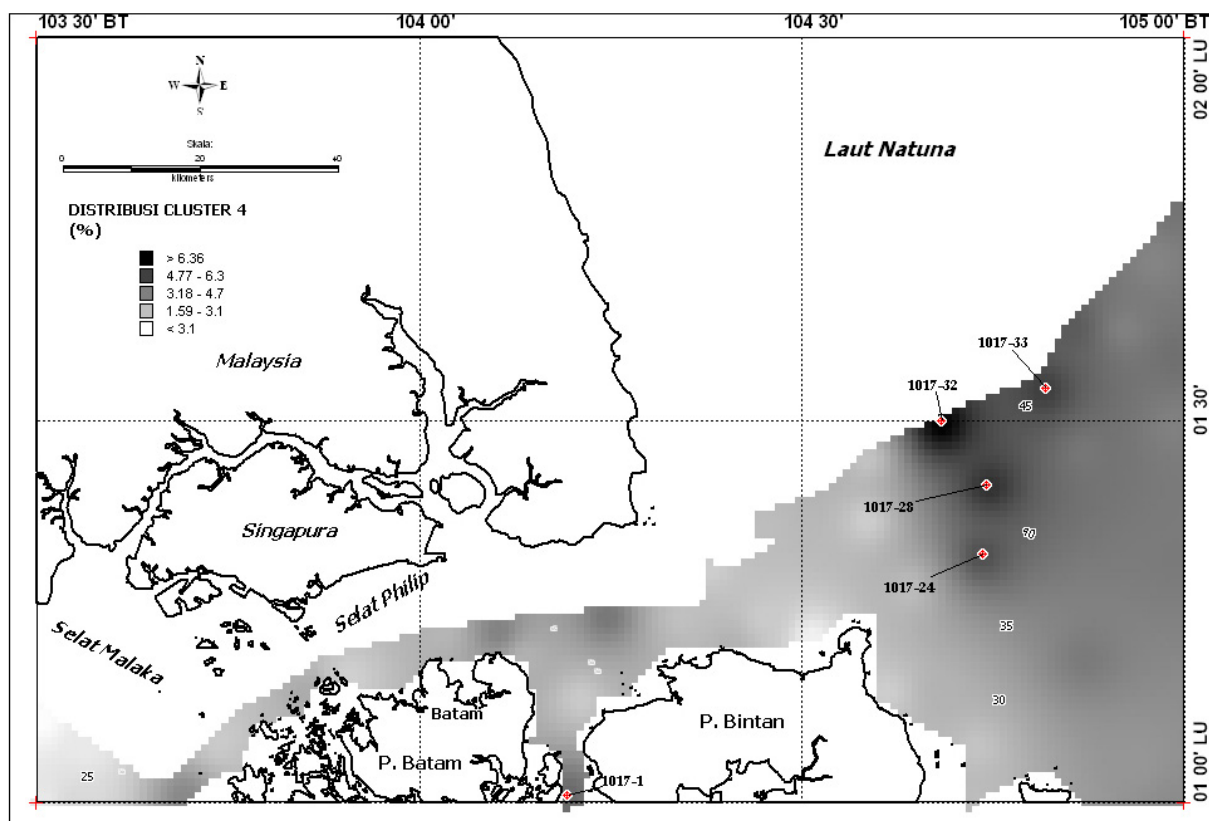
kondisi lingkungan laut terbuka, dangkal, dengan komposisi sedimen pasir halus sampai lempung, dan fragmen cangkang (Biswas, 1976).

Foraminifera yang ditemukan pada cluster 5 dicirikan oleh *Operculina ammonoides*, *Agglutinella agglutinans*, *Siphotextularia* sp. 3, *Siphotextularia* sp. 2, dan *Ammobaculites agglutinans*. Penyebarannya adalah di sebelah timur daerah penelitian, terutama di wilayah paling timurlaut, yaitu di sekitar lokasi 28, 30, 31, 38, dan 39 (Gambar 7). Dominasi dari *Operculina ammonoides* menunjukkan kondisi lingkungan laut dangkal terbuka, turbidit, terumbu karang, dan sedimen pasir yang lebih halus, sampai lumpur dengan fragmen cangkang dan kaya akan zat organik (Biswas, 1976; Murray, 1991; dan Yassini & Jones, 1991).

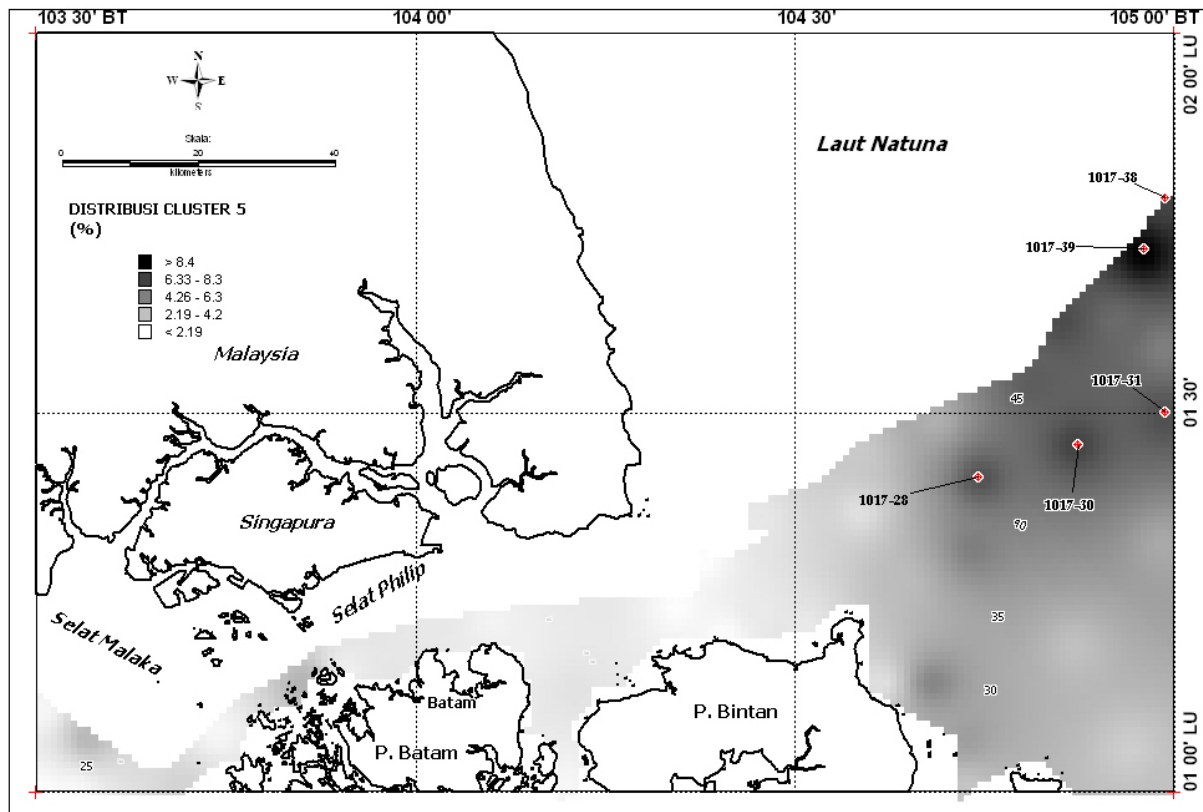
Berdasarkan distribusi kelima cluster tersebut, hanya cluster 1 yang penyebarannya mendominasi daerah bagian barat. Wilayah bagian barat ini memiliki karakteristik sedimen fraksi kasar, kecuali pada beberapa lokasi memiliki kandungan sedimen lumpur. Daerah ini didominasi oleh *Asterorotalia trispinosa*, yaitu jenis foraminifera benthik yang mampu bertahan



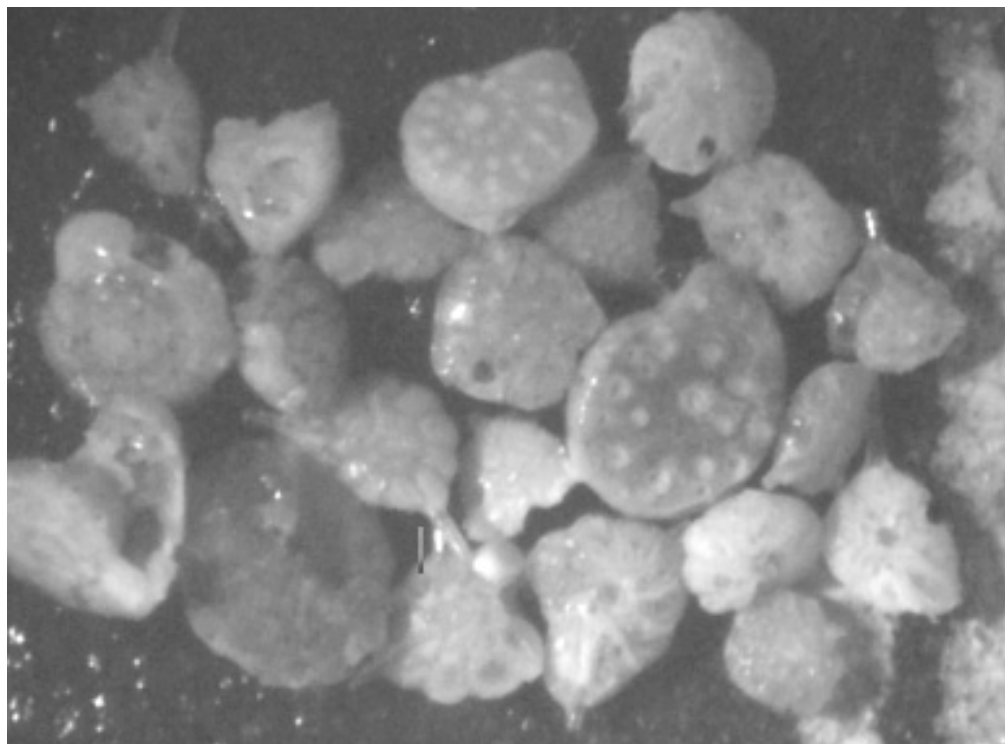
Gambar 5. Distribusi Cluster 3



Gambar 6. Distribusi Cluster 4



Gambar 7. Distribusi Cluster 5



Gambar 8. Kumpulan cangkang pecah dari lokasi 49 di sebelah barat penelitian (1. *Asterorotalia trispinosa* (lebih dominan); 2. *Operculina*; 3. *Pseudorotalia*)

pada lingkungan dengan kondisi arus relatif kuat, terutama sangat berlimpah pada lokasi 49, yang mencapai 211 individu, atau 72,01 % dari seluruh individu yang ada. Lokasi ini merupakan lokasi paling ujung barat laut, di mana seperti telah diungkapkan sebelumnya bahwa arus berarah barat laut-tenggara, sehingga diasumsikan daerah ini memiliki arus yang sangat kuat. *Asterorotalia trispinosa* yang ditemukan menunjukkan variasi dari bentuk dan jumlah duri, gejala tersebut disebut ekofenotip, yaitu variasi morfologi cangkang sebagai salah satu cara beradaptasi terhadap lingkungan. Gejala ini berasosiasi dengan lingkungan daerah pesisir, dan lingkungan dengan variabel tinggi (Walton & Sloan, dalam Rositasari, 1997).

Tingginya energi arus di bagian barat ini (lokasi 49) juga terlihat dari ditemukannya cangkang-cangkang foraminifera dalam kondisi pecah (tidak utuh), terutama jenis *Asterorotalia*, *Pseudorotalia*, dan *Operculina* (Gambar 8). Kondisi ini menunjukkan adanya transportasi cangkang akibat pergerakan arus.

Sementara 4 cluster lainnya lebih terkonsentrasi di bagian utara sampai timur laut lokasi penelitian. Daerah ini dicirikan dengan kandungan sedimen yang relatif lebih halus dengan energi arus yang relatif lebih rendah.

Pada daerah bagian utara dan sebelah timur penelitian ini, keberadaan terumbu karang juga sangat berperan terhadap distribusi foraminifera, terutama karena habitatnya selalu berasosiasi dengan kondisi yang cukup mendapat sinar matahari, yang berarti kandungan oksigen yang mencukupi, serta pasokan nutrisi yang tinggi, maka kondisi ini sangat menguntungkan bagi populasi foraminifera, sehingga daerah ini cenderung lebih berlimpah dan beraneka ragam dibanding dengan bagian barat.

Nilai indeks diversitas lokasi penelitian relatif tinggi (> 3), dengan nilai rata-rata 3,72 (Tabel 1). Hal tersebut menunjukkan bahwa wilayah Perairan Pulau Batam dan sekitarnya masih memiliki kondisi lingkungan yang masih bagus dan cocok bagi perkembangan fauna (Darsono, 1996).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa kandungan

foraminifera di dalam sedimen permukaan perairan sekitar P. Batam – Kepulauan Riau sangat berlimpah dan beraneka ragam. Kumpulan foraminifera yang ditemukan menunjukkan kondisi lingkungan laut dangkal dengan energi arus relatif tinggi, dengan material sedimen yang kasar sampai lumpuran.

Ada perbedaan nyata antara penyebaran foraminifera di sebelah barat dengan di sebelah utara dan timur penelitian, menunjukkan adanya pengaruh dari faktor arus, jenis sedimen, dan terumbu karang yang terkonsentrasi di sekitar P. Batam dan P. Bintan.

Karena memiliki kelimpahan foraminifera benthik tinggi (nilai indeks diversitas > 3), Perairan di sekitar P. Batam dan P. Bintan ini dianggap masih bagus dan cocok untuk pertumbuhan mikrofauna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada rekan-rekan PPPGL yang merupakan anggota tim penelitian di Perairan Batam – Riau Kepulauan (LP 1017), K. T. Dewi, A. Fauzi, dan Y. Permanawati atas dukungan, bantuan, dan diskusi selama proses penyusunan makalah ini.

ACUAN

- Albani, A.D., & Yassini, I. 1993. *Taxonomy and distribution of the Family Elphididae (foraminiferida) from shallow Australian Waters*, Centre for Marine Science, University of New South Wales, Australia. 51h.
- Bakus, G.J. 1990. *Quantitative ecology and marine biology*, A.A. Balkema, Rotterdam. 157h.
- Barker, W. R., 1960. *Taxonomic notes, soxy of economic paleontologists and mineralogist*, Shelf Development Company, Houston, Texas, 238h.
- Biswas, B., 1976. Bathymetry of Holocene foraminifera and Quaternary sea – level changes on the Sunda Shelf. Dalam : *Journal of Foraminiferal Research*, v. 6 (2) : 107 – 133.
- Boltovskoy, E., & Wright, R., 1976. *Recent foraminifera*, Dr. W. Junk Publishers, The Netherlands, 414h.

- Darsono, P. 1996. Analisis "Infaunal benthos" untuk pemantauan pencemaran, studi kasus di Fiji. *Oseana*. Vol. 21(2) : 45-63.
- Loeblich, JR., A.R., & Tappan, H. 1994. Foraminifera of the Sahul Shelf and Timor Sea, *Cushman Foundation Special Publication no.31*. Dalam: Stephen J. Culver (Edt). Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Cambridge, U.S.A. 661h.
- Murray, J.W. 1991. Ecology and distribution of benthic foraminifera. Dalam : *Biology of foraminifera*, J.J. Lee & O.R. Anderson (Editor), Academic Press, United Kingdom : 221 - 253.
- Rositasari, R. 1997. Variasi morfologi pada marga *Ammonia*. Dalam : *Oseana*. Majalah Ilmiah Semi Populer. Badan Penelitian dan Pengembangan Oseanografi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta, Volume XXII, no.3 : 1 - 15.
- Rositasari, R., dan Rahayuningsih, S. K., 2000. Foraminifera benthik. Dalam *Foraminifera sebagai bioindikator pencemaran, hasil studi di Perairan Estuarin Sungai Dadap, Tangerang*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia : 3 – 26.
- Usman, E., Setyanto, A., Gustiantini, L., Permanawati, Y., Aryawan, I. K. G., Laputua, G., Novi., Subarsah, Sahudin, dan Hartono, 2005. *Pemetaan geologi dan potensi energi dan sumber daya mineral bersistem (LP 1017) Batam – Riau Kepulauan*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung, Laporan Intern, Tidak diterbitkan. 120h.
- Yassini, I. dan Jones, B.G. 1995. *Foraminiferida and Ostracoda from estuarine and shelf environments on The South Eastern Coast of Australia*, University press., Wollongong, 270h.