

KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN MIKROORGANISMA PERMUKAAN DASAR LAUT PERAIRAN MADURA BAGIAN UTARA

Vijaya Isnaniawardhani

Laboratorium Mikropaleontologi, Fakultas Teknik Geologi, UNPAD

ABSTRACT

The study was conducted to investigate the characteristics of the sediment, particularly sediment texture, and the amount and spread of microorganisms (nannoplankton and foraminifera) at the seafloor surface sediments of the northern waters of Madura. Karaktersistik sediment analysis is intended to determine the sediment texture, as for the analysis of microorganisms to determine the abundance, genus and species or the dominant characteristic in this area and its relation to bathymetric position on the line pantai. Analisis dan dilakukan terhadap laboratorium 15 sampel seabed surface waters of the North Madura, with a depth range between 5-77 m. Based on sediment texture can be seen that the sediment is composed of clay, silt and clay lanauan pasir, which generally contains shell fragments microorganisms. On the seafloor surface sediments can be determined 20 species of nannoplankton and planktonic foraminifera and 30 species 16 species Benton foraminifera, with an abundance of being. Abundance and diversity increased with increasing depth nannoplankton cenderung and proximity to the shoreline. Abundance and keanekaragaman cenderung around the northern coastline of the island of Java and Madura Strait. This is probably due to the influence of antripogenik in this area. Species that were found relatively evenly and always appear in each sample was *Emiliania huxleyi* and *Gephyrocapsa oceanica*. *Gephyrocapsa* is found predominantly in samples around the shoreline. Planktonic foraminifera abundance and diversity tends to increase with increasing depth and distance to the shoreline. *Globigerinoides ruber* is very common. Benton foraminifera dominated by *Rotalina*. The common genus is *Ammonia*, *Quinqueloculina*, *Spiroloculina*, *Triloculina*, *Asterorotalia*, *Cibicides*, *Cancris*, *Elphidium*, and *Textularia Pseudorotalia*, which tend to be more abundant at sites located in the north (away from the beach). *Cibicides* showed maximum abundance in the relatively distant from the coastline. Ratio of the total abundance of foraminifera plankton foraminifera tend to increase with increasing distance to the shoreline and depth.

Keywords: northern waters of Madura, sediment texture, nannoplankton, foraminiferaplankton, Benton foraminifera

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik sedimen, khususnya tekstur sedimen, serta kandungan dan penyebaran mikroorganisme (nannoplankton dan foraminifera) pada sedimen permukaan dasar laut Perairan Madura bagian utara. Analisis karakteristik sedimen dimaksudkan untuk mengetahui tekstur sedimen, adapun analisis mikroorganisme untuk mengetahui kelimpahan, genus dan spesies dominan atau khas di daerah ini serta kaitannya dengan batimetri dan posisinya terhadap garis pantai. Analisis laboratorium dilakukan terhadap 15 sampel permukaan dasar laut Perairan Utara Madura, dengan kisaran kedalaman antara 5 – 77 m. Berdasarkan tekstur sedimen dapat diketahui bahwa sedimen tersusun oleh lempung, lempung lanauan dan lanau pasir, yang umumnya mengandung pecahan cangkang mikroorganisme. Pada sedimen permukaan dasar laut ini dapat dideterminasi 20 spesies nannoplankton serta 16 spesies foraminifera plankton dan 30 spesies foraminifera benton, dengan kelimpahan sedang. Kelimpahan dan keanekaragaman nannoplankton cenderung meningkat dengan peningkatan kedalaman dan jarak terhadap garis pantai. Kelimpahan dan keanekaragaman foraminifera plankton cenderung meningkat dengan peningkatan kedalaman dan jarak terhadap garis pantai. *Globigerinoides ruber* sangat umum dijumpai. Foraminifera benton didominasi oleh kelompok *Rotalina*. Adapun genus yang umum dijumpai adalah *Ammonia*, *Quinqueloculina*, *Spiroloculina*, *Triloculina*, *Asterorotalia*, *Cibicides*, *Cancris*, *Elphidium*, *Pseudorotalia* dan *Textularia*, yang cenderung lebih melimpah di lokasi yang berada di bagian utara (jauh dari pantai). *Cibicides* menunjukkan kelimpahan maksimum pada daerah yang relatif jauh dari garis pantai. Ratio kelimpahan foraminifera plankton terhadap total foraminifera cenderung meningkat dengan peningkatan jarak terhadap garis pantai dan kedalaman.

Kata kunci: Perairan Madura bagian utara, tekstur sedimen, nannoplankton, foraminiferaplankton, foraminifera benton.

PENDAHULUAN

Daerah penelitian meliputi bagian utara Perairan Madura, termasuk dalam Propinsi Jawa Timur, dengan posisi geografis antara $5,99^{\circ}$ sampai $6,85^{\circ}$ Lintang Utara dan $112,47^{\circ}$ s.d. $114,00$ Bujur Timur (Gambar 1). Daerah penelitian merupakan perairan laut dangkal dekat pantai dan daerah ini termasuk dalam zona batimetrik litoral sampai neritik, yaitu pada kedalaman kurang dari 100 m. Setiap zona batimetrik dihuni oleh jenis mikroorganisme tertentu yang dapat mengindikasikan lingkungan. Maksud penelitian ini adalah memberikan informasi karakteristik sedimen (khususnya tekstur) serta kandungan dan distribusi mikroorganisme (yaitu nannoplankton dan foraminifera) yang dikelompokkan dalam tingkat subordo, genus dan spesies, dikaitkan dengan batimetri dan posisinya terhadap garis pantai.

Studi geologi dan geofisika kelautan Perairan Madura telah dipublikasikan, diantaranya oleh Arifin, et al., (1992), Astjario, et al., (1998) dan Masria (1991) meneliti geologi dan geofisika Kuarter Perairan Selat Madura, Perairan Utara Pulau Madura dan Perairan Surabaya; Susilohadi (1996) meneliti stratigrafi sekuen Kuarter khususnya di Selat Madura. Penelitian-penelitian tersebut menyimpulkan bahwa sedimen permukaan dasar laut (sea bed) di Perairan Madura tersusun oleh: lempung, lanau, lanau pasiran, pasir lempungan, pasir lanauan dan pasir.

Dalam suatu lingkungan pengendapan dengan kedalaman atau batimetri tertentu akan terbentuk sedimen dan sekumpulan mikroorganisme sebagai pencirinya. Klasifikasi zonasi batimetri yang dikaitkan dengan kumpulan mikroorganisme telah dibahas antarlain oleh: Grimsdale & Markoven (1955), Tipswood (1966) dan van Gorsel (1988), dengan pembagian zona sebagai berikut:

a. Zona litoral, pada kedalaman < 20 meter

- b. Zona neritik, dibedakan menjadi: neritik dalam (inner neritik) antara 20 hingga 50 meter, neritik tengah (middle neritik) antara 50 hingga 100 meter, dan neritik luar, antara 100 hingga 200 meter
- c. Zona batial, dibedakan menjadi: batial atas antara 200 hingga 1000 meter, dan batial bawah antara 1000 hingga 4000 meter
- d. Zona abisal, pada kedalaman > 4000 meter.

Hekel (1973), Okada (1984, 1992) mengemukakan bahwa zona batimetri ditandai kehadiran dan kelimpahan spesies nannoplankton tertentu. Winter, dkk. (1979), Perch-Nielsen (1985), Crudeli dan Erba (2001), menemukan bahwa kelimpahan nannoplankton meningkat dengan peningkatan kedalaman, dan mencapai titik optimal pada neritik luar hingga batial. Okada (1992) menggambarkan diagram segitiga hubungan kelimpahan kumpulan nannoplankton tertentu terhadap kedalaman. Lebih lanjut Perch-Nielsen (1985) meneliti penyebaran beberapa spesies dikaitkan garis pantai.

Grimsdale dan Markoven (1955) dan Tipswood (1966) mengemukakan bahwa prosentase kelimpahan foraminifera plankton (dinyatakan sebagai rasio P/B) meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman, yaitu <20% pada neritik dangkal, 20-50% pada neritik tengah, 40-80% pada neritik luar, sampai >50% pada batial. Grimsdale dan Markoven (1955), Tipswood (1966), van Gorsel (1988), van Marle (1991), dan Murray (2006) telah menemukan kehadiran spesies foraminifera sebagai penciri suatu zona batimetri.

Melihat hal tersebut, maka penelitian di daerah Perairan Madura bagian utara ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik sedimen (khususnya tekstur) serta kandungan dan distribusi mikroorganisme (yaitu nannoplankton dan foraminifera) yang dikelompokkan dalam tingkat subordo, genus dan

spesies, dikaitkan dengan batimetri dan posisinya terhadap garis pantai.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan telaah pustaka, dilanjutkan dengan pengumpulan sampel, pekerjaan laboratorium dan analisis. Sampel-sampel yang berasal dari Perairan Madura bagian utara ini merupakan koleksi sampel milik Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan yang tersimpan di Cirebon. Sampel-sampel dasar laut ini telah diambil dengan menggunakan metoda diderek (*dredging*) untuk mendapatkan *box corer samples* dan dengan penginti jatuh bebas (*gravity core*) untuk mendapatkan *gravity corer samples*. Sampel yang dianalisis adalah sampel permukaan dasar laut yang diambil dari bagian paling atas *box core* dan *gravity core*.

Deskripsi megaskopis dilakukan terhadap sampel sedimen, dan dalam pengerjaannya sekaligus dilakukan pengambilan sampel sedimen yang akan digunakan untuk analisis laboratorium (Tabel 1). Untuk menentukan tekstur sedimen secara mikroskopis dilakukan pengamatan sedimen menggunakan mikroskop binokuler dengan pembesaran 20 x. Batuan diklasifikasikan menurut diagram segitiga Folk (1980) yang didasarkan pada perbandingan persentase pasir : lanau : lempung. Analisis mikropaleontologi dilakukan untuk mengetahui kandungan mikroorganisma, dalam hal ini nannoplankton dan foraminifera baik plankton maupun benton. Sampel sedimen dipreparasi dengan metoda *smear slide* dilanjutkan dengan pengamatan menggunakan mikroskop polarisasi dengan pembesaran 400x untuk mendeterminasi dan menghitung kuantitatif kandungan nannoplankton. Terhadap sampel yang sama, dilakukan preparasi dengan metoda residu, dilanjutkan dengan pengamatan menggunakan mikroskop binokuler untuk mendeterminasi dan menghitung kandung-

an fosil foraminifera. Determinasi mikroorganisma mengacu pada Perch-Nielsen (1985) untuk nannoplankton, Bolli & Saunders (1985) untuk foraminifera plankton dan van Marle (1991) untuk foraminifera benton.

Terhadap hasil determinasi nannoplankton dan foraminifera selanjutnya dilakukan analisis terhadap data kandungan dan penyebaran mikroorganisma tersebut, untuk mengetahui distribusinya terhadap batimetri dan posisinya terhadap garis pantai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari lokasi penelitian, telah dipilih sebanyak 15 buah sampel sedimen untuk dianalisis. Secara megaskopis, sedimen penyusun permukaan dasar laut Perairan Madura tersusun oleh lempung (11 sampel) dan lanau berwarna abu-abu kehijauan (4 sampel). Pecahan cangkang mikroorganisma terdapat dalam jumlah yang cukup banyak pada sedimen ini (Tabel 1).

Dari pengamatan mikroskopis, tekstur sedimen-sedimen tersebut dapat diklasifikasikan menjadi lempung, lempung lanau and lanau pasir (Tabel 2). Dari pengamatan laboratorium terhadap kandungan mikroorganisma, dapat dideterminasi 20 spesies nannoplankton serta 16 spesies foraminifera plankton dan 30 spesies foraminifera benton (Tabel 3).

Sampel permukaan dasar laut Perairan Madura bagian utara sebagian besar mengandung nannoplankton dengan jumlah yang bervariasi (sangat jarang sampai melimpah), dengan keanekaragaman bervariasi (rendah sampai tinggi). Terdapat 2 (dua) sampel yang tidak mengandung nannoplankton yang berada bagian barat daya, dekat garis pantai utara Pulau Jawa, yaitu sampel GB-38 dan GB-43 dengan kedalaman 25 dan 23 meter. Kelimpahan sangat jarang dan keanekaragaman minimum dijumpai pada sampel GB-24 (9 taksa, 5 spesies yang teridentifikasi) yang berada di sekitar Selat Madura. Kehadiran nannoplankton sangat

melimpah dan keanekaragaman tinggi dijumpai pada sampel di bagian tengah daerah penelitian, berturut-turut sampel GM-15 dengan kedalaman 73 meter (438 taksa, 18 spesies yang teridentifikasi), GB-31 dengan kedalaman 61 meter (323 taksa, 17 spesies) dan GM-32 dengan kedalaman 57 meter (305 taksa, 16 spesies). Kelimpahan dan keanekaragaman tertinggi dijumpai pada sampel-sampel yang berada relatif jauh dengan garis pantai dan memiliki kedalaman besar.

Hasil determinasi terhadap 20 (duapuluh) spesies nannoplankton menunjukkan ada 5 spesies yang termasuk ke dalam genus *Helicosphaera*, 2 spesies yang termasuk dalam genus *Gephyrocapsa*, 2 spesies termasuk dalam genus *Pontosphaera*, serta masing-masing satu spesies untuk genus *Braarudosphaera*, *Calcidiscus*, *Ceratolithus*, *Coccolithus*, *Emiliana*, *Rabdosphaera*, *Scapolithus*, *Syracosphaera*, *Thoracosphaera*, *Umbelosphaera* dan *Umbilicosphaera*. Spesies yang dijumpai relatif merata dan selalu muncul pada setiap sampel adalah *Emiliana huxleyi* dan *Gephyrocapsa oceanica*; selain itu, *Helicosphaera carteri*, *H. wallichii*, *Pontosphaera discopora* dan *P. japonica* juga umum dijumpai pada sampel. *Emiliana huxleyi* dijumpai dominan pada sampel GM-21 (48,2%), GM-04 (25,9%) dan GM-10 (25,2%). *Gephyrocapsa* dijumpai dominan pada sampel-sampel di sekitar garis pantai, yaitu berturut-turut: GB-24 (66,7%), GM-16 (60,9%), dan GM-10 (42,3%).

Hasil pengamatan terhadap foraminifera menunjukkan bahwa 13 sampel mengandung foraminifera plankton dan 14 sampel mengandung foraminifera benton. Pada sampel GB-38 dan GB-43 tidak dijumpai cangkang foraminifera plankton. Kelimpahan sangat jarang dan keanekaragaman minimum dijumpai pada sampel GM-21 dengan kedalaman 5 meter (2 taksa, 2 spesies) dan GM-16 (2 taksa, 2 spesies) dengan kedalaman 11 yang berada tidak jauh dari

garis pantai dengan kedalaman rendah. Sebaliknya, kelimpahan dan keanekaragaman tertinggi foraminifera plankton dijumpai pada sampel-sampel yang berada relatif jauh terhadap garis pantai dengan kedalaman besar, yaitu: GM-15 dengan kedalaman 73 meter (64 taksa, 14 spesies), GM-18 dengan kedalaman 69 meter (61 taksa, 9 spesies), GM-13 dengan kedalaman 77 meter (48 taksa, 12 spesies) dan GM-01 dengan kedalaman 69 meter, (41 taksa, 12 spesies).

Hasil determinasi terhadap 16 spesies foraminifera plankton termasuk dalam genus *Globigerinoides* dan *Globorotalia*, masing-masing dua spesies yang termasuk dalam genus *Globigerina* dan *Hastigerina* serta masing-masing satu spesies dalam genus *Orbulina* dan *Pulleniatina*. Spesies yang dijumpai hampir merata dan muncul di setiap sampel adalah *Globigerinoides ruber*, dengan kelimpahan bervariasi hingga mencapai 17 taksa pada sampel GM-18 di bagian utara daerah penelitian. Adapun *Hastigerina siphonifera* dan *Globigerinoides trilobus trilobus* umum dijumpai, dengan kelimpahan masing-masing mencapai 4 (sampel GM-15) dan 8 taksa (sampel GM-01).

Kecuali pada sampel GB-38 yang tidak mengandung cangkang foraminifera, kelompok benton dijumpai dengan jumlah dan keanekaragaman yang bervariasi. Kelimpahan jarang dan keanekaragaman rendah ditunjukkan oleh sampel-sampel GB-43 (14 taksa, 7 spesies), GM-16 (32 taksa, 14 spesies), GM-29 (33 taksa, 11 spesies) dan GM-10 (37 taksa, 9 spesies) yang berada tidak jauh dari garis pantai. Sebaliknya foraminifera benton dijumpai melimpah dengan keanekaragaman tinggi dijumpai pada sampel-sampel GM-13 (211 taksa, 25 spesies), GM-01 (197 taksa, 24 spesies), GM-15 (187 taksa, 23 spesies) dan GM-11 (186 taksa, 23 spesies).

Berdasarkan hasil determinasi tingkat sub-ordo terhadap spesies-spesies yang dapat diidentifikasi, me-

nunjukkan dominansi berturut-turut sebagai berikut :

- a) Sub-ordo *Rotalina* merupakan sub-ordo yang paling dominan dengan kehadiran bervariasi 3 (pada sampel GB-43) sampai 156 taksa per sampel (pada sampel GM-01) atau sekitar 21,4 % sampai 80,6%. Kelompok ini didominasi oleh genus *Elphidium* (mencapai 21,2% pada GM-29), *Ammonia* (mencapai 15,5% pada sampel GB-31), *Eponides* (mencapai 12,9% pada sampel GM-11), *Anomalina* (mencapai 11,7% pada sampel GM-01), *Pseudorotalia* (mencapai 16,2% pada sampel GM-10). Genus lain yang dijumpai adalah *Asterorotalia*, *Bolivina*, *Cassidulina*, *Cibicides*, *Cancris*, *Reusella*, *Uvigerina*, dan *Sphaeroidina*.
- b) Sub-ordo Miliolina, diwakili oleh genus *Flintina*, *Pyrgo*, *Quinqueloculina*, *Spiroloculina* dan *Triloculina*, dengan kelimpahan total per sampel kurang dari 42 taksa atau kurang dari 22,7%.
- c) Sub-ordo Lagenina, terdiri atas genus *Dentalina*, *Fissurina*, *Lagena*, *Lenticulina* dan *Nodosaria*, dengan kelimpahan total per sampel kurang dari 16 taksa per sampel, atau kurang dari 8,6%.
- d) Sub-ordo Textulariina, merupakan kelompok subordo yang secara umum menunjukkan kelimpahan terendah, yaitu kurang dari 8,1%; kecuali pada sampel GB-43 yang mencapai 35,7%.

Dari pengamatan yang dilakukan terhadap sampel yang mengandung foraminifera benton, genus yang dijumpai merata dan hampir selalu muncul pada setiap sampel adalah *Ammonia*, dengan kehadiran bervariasi 1 taksa (sampel GM-16 dan GM-29) hingga 23 taksa (sampel GB-31), atau mencapai kelimpahan maksimum 15,5% pada sampel GB-31. Selain itu, genus yang umum hadir pada sampel adalah: *Quinqueloculina* (mencapai kelimpahan maksimum 10 taksa pada GM-01; mencapai dominansi optimum

5,9% pada sampel GM-4), *Spiroloculina* (10 taksa pada GM-18; 9,4% pada sampel GM-16), *Triloculina* (10 taksa pada GM-13; atau 6,1% pada sampel GM-29), *Asterorotalia* (mencapai 14 taksa pada GM-13; atau 8,1% pada sampel GM-18), *Cibicides* (mencapai 19 taksa pada GM-01; atau 9,6% pada GM-01), *Cancris* (mencapai 7 taksa pada GM-11; 9,4% pada GM-16), *Elphidium* (mencapai 29 taksa pada GM-32; 21,2% pada GM-29), *Pseudorotalia* (mencapai 29 taksa pada sampel GM-13; 16,2% pada GM-10) dan *Textularia* (mencapai 4 taksa pada sampel GM-13 dan GM-29; 12,1 pada sampel GM-29). Beberapa spesies, seperti *Cibicides* dan *Ammonia* menunjukkan kelimpahan maksimum pada daerah relatif jauh dari garis pantai.

Perbandingan kelimpahan foraminifera plankton terhadap total foraminifera, atau P/B ratio berkisar antara 0 hingga 21,6%. Nilai terendah ditunjukkan oleh sampel GB-43 dengan kedalaman 23 meter di dekat garis pantai utara Pulau Jawa, dan nilai tertinggi ditunjukkan oleh sampel GM-18 dengan kedalaman 69 meter di bagian paling utara daerah penelitian, jauh dari garis pantai.

KESIMPULAN

Kelimpahan dan keanekaragaman nannoplankton cenderung meningkat dengan peningkatan kedalaman dan jarak terhadap garis pantai, hingga mencapai nilai optimum yang ditunjukkan oleh sampel-sampel GM-15, GB-31 dan GM-32 dengan jumlah total 438 taksa dan 18 spesies yang teridentifikasi. Kelimpahan dan keanekaragaman terendah dijumpai pada sampel-sampel GB-38, GB-34 dan GB-24 di sekitar garis pantai utara Pulau Jawa dan Selat Madura. Hal ini kemungkinan disebabkan pengaruh antropogenik di daerah ini. Spesies yang dijumpai relatif merata dan selalu muncul pada setiap sampel adalah *Emiliania huxleyi* dan

Gephyrocapsa oceanica. *Gephyrocapsa* dijumpai dominan pada sampel-sampel di sekitar garis pantai.

Kelimpahan dan keanekaragaman foraminifera plankton cenderung meningkat dengan peningkatan kedalaman dan jarak terhadap garis pantai, hingga mencapai nilai optimum yang ditunjukkan oleh sampel-sampel GM-15, GM-18, GM-13 dan GM-01. Kelimpahan dan keanekaragaman terendah dijumpai pada sampel-sampel GB-38, GB-43, GB-21 dan GB-16 yang memiliki kedalaman rendah (kurang dari 25 meter) dan berada tidak jauh dari garis pantai. *Globigerinoides ruber* sangat umum dijumpai.

Foraminifera benton didominasi oleh kelompok Rotalina (21,4% s.d. 80,6%), disamping Miliolina, Lagenina dan Textularina. Adapun genus yang umum dijumpai adalah *Ammonia*, *Quinqueloculina*, *Spiroloculina*, *Triloculina*, *Asterorotalia*, *Cibicides*, *Cancris*, *Elphidium*, *Pseudo-rotalia* dan *Textularia*, yang cenderung lebih melimpah di lokasi yang berada di bagian utara (jauh dari pantai). *Cibicides* & *Ammonia* menunjukkan kelimpahan maksimum pada daerah yang relatif jauh dari garis pantai.

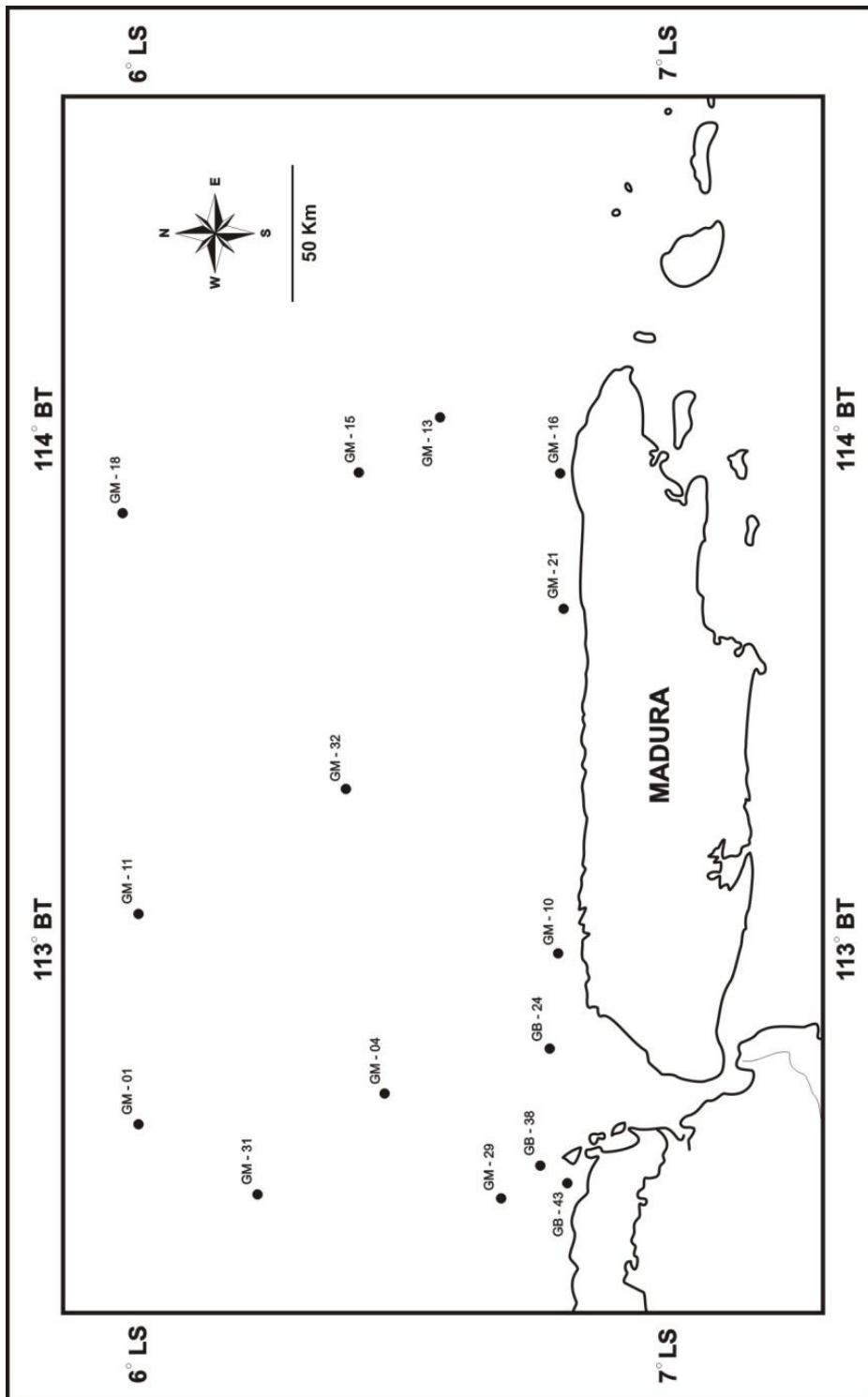
Ratio kelimpahan foraminifera plank-ton terhadap total foraminifera cenderung meningkat dengan peningkatan jarak terhadap garis pantai dan kedalaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih yang setinggi-tingginya disampaikan kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan atas ijinnya dalam menggunakan sampel-sampel sedimen Perairan Madura, serta Redaksi *Bulletin of Scientific Contribution* atas saran dan masukannya dalam perbaikan dan penerbitan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, L., Darlan, Y., Kusnida, D., Kamiludin, U., dan Silitonga, F., 1992, *Laporan Penyelidikan Geologi dan Geofisika Kelautan di Perairan Utara Pulau Madura, Lembar Peta 1609 Jawa Timur*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, hlm. 10 -12
- Astjario, P., Budiono, K., Masduki, A dan Hermansyah, GM., 1998, *Peta Sebaran Sedimen Laut Perairan Lembar 1608 (Surabaya), skala 1:250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan
- Bolli, H.M., Saunders, J.B., *Oligocene to Holocene Low Latitude Planktic Foraminifera*, dalam Plankton Stratigraphy, Bolli, H.M., Saunders, J.B., and Perch Nielsen, K., Editor, Cambridge University Press, hlm. 155 - 262
- Boltovskoy, E., Wright, R., 1976, *Recent Foraminifera*, Dr., W. Junk b.v Publisher - the Hague, Buenos Aires, 515 p.
- Crudeli, D., Erba, E., 2001, *High-resolution Quantitative Study of Calcareous Nannofossils of the Holocene Eastern Mediterranean Sedimentary Record: Response to Paleoceanographic Changes Leading to Sapropel S1 Deposition*, dalam <http://www-user.unibremen.de/~micropal>, diunduh tanggal 18 Agustus 2005
- Hekel, I.D., 1973, Late Oligocene to Recent Nannoplankton from Capricorn Basin (Great Barrier Reef Area), *Publication Queensland Geology Survey 356, Paleontology Papers 33*, hlm. 1 -24
- Hottinger, L., Halicz., E., Reiss, Z., 1993, *Recent Foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea, Ljubljana*, The Slovenian Academic of Sciences & Arts and The Swiss Academy of Natural Sciences, 179 hlm.
- Loeblich, A.R. Jr & Tappan, H., 1988, *Foraminiferal Genera and Their Classification*, Jilid 1 & 2, van Nostrand Reinhold, NewYork, 970 hlm.
- Masria, M., 1991, *Peta Sedimen Permukaan Dasar Laut Wilayah Laut Indonesia, skala 1 : 5.000.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan
- Murray, 2006, *Ecology and Applications Benthic Foraminifera*, Cambridge University Press, 426 hlm.
- Okada, H., 1984, Modern Nannofossil Assemblages in Sediment of Coastal and Marginal Seas along the Western Pasific Ocean and the Red Sea, Utrecht, *Micro-paleontology Bulletin, volume 30*, hlm. 71 - 187
- Okada, H., 1992, Biogeographic Control of Modern Nannofossil Assemblages in Surface Sediments of the Ise Bay, Mikawa Bay and Kumano-Nada, Off Coast of Central Japan, *Memorie Di Scienze Geologiche, Allegato Al, Volume XLIII*, hlm. 431-449
- Perch-Nielsen, 1985, Cenozoic Calcareous Nannofossils, dalam Plankton Stratigraphy, Bolli, H.M., Saunders, J.B., and Perch Nielsen, K., Editor, Cambridge University Press, hlm. 427-544
- van Gorsel, 1988, Biostratigraphy in Indonesia: Methods, Pitfalls and New Directions, *Procc. IPA, 17 annual Conv, Jakarta, volume 1*, hlm, 275 - 285
- van Marle, L.J., 1991, *Eastern Indonesia, Late Cenozoic Smaller Benthic Foraminifera*, North Holland, Amsterdam/Oxford/New York/Tokyo
- Winter, A., Reiss, Z., Luz, B., 1979, Distribution of Living Cocco-lithosphere Assemblages in Gulf of Elat (Aqaba), *Marine Micro-paleontology, Volume 4*, Amsterdam, hlm. 197-223



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen Permukaan Dasar Laut
Perairan Madura Bagian Utara

Tabel 1.
Lokasi Sampel dan Deskripsi Megaskopis Sedimen Permukaan Dasar Laut

Kode sampel /inti bor	Koordinat		Kedalaman (m)	Deskripsi Megaskopis
	Utara /Lintang	Timur /Bujur		
GM-18	-5.998	113.805	69	lempung, abu-abu kehijauan, mengandung cangkang
GM-01	-6.000	112.612	69	lempung, abu-abu kehijauan, mengandung cangkang
GM-11	-6.000	113.016	63	lempung, abu-abu kehijauan
GM-31	-6.248	112.476	61	lempung, abu-abu kehijauan, mengandung cangkang
GM-32	-6.405	113.264	57	lempung, abu-abu kehijauan, mengandung cangkang
GM-15	-6.418	113.894	73	lempung, abu-abu kehijauan, mengandung cangkang
GM-04	-6.499	112.676	55	lempung, abu-abu kehijauan, mengandung cangkang
GM-13	-6.582	114.000	77	lempung, abu-abu kehijauan, mengandung cangkang
GM-10	-6.738	112.478	42	lanau, abu-abu kehijauan, mengandung cangkang
GM-21	-6.817	112.547	5	lanau, abu-abu kehijauan, mengandung cangkang
GM-16	-6.827	112.507	11	lanau, abu-abu kehijauan, mengandung cangkang
GM-29	-6.833	112.950	27	lempung, abu-abu kehijauan, mengandung cangkang
GB-38	-6.834	113.624	25	lempung, abu-abu kehijauan
GB-43	-6.834	113.891	23	lempung, abu-abu kehijauan
GB-24	-6.845	112.764	29	lanau, abu-abu kehijauan

Tabel 2.

Hasil Analisis Mikroskopis Tekstur Sedimen Dasar Laut Perairan Madura Bagian Utara

Sampel	Tipe Sedimen (deskripsi megaskopis)	Hasil Analisis Mikroskopis			
		% Fraksi			Tipe Sedimen (Folk, 1980)
		Pasir	Lanau	Lempung	
GM-18	Lempung	-	15	85	Lempung
GM-01	Lempung	-	33	67	Lempung Lanauan
GM-11	Lempung	-	18	82	Lempung
GM-31	Lempung	-	20	80	Lempung
GM-32	Lempung	-	22	78	Lempung
GM-15	Lempung	-	20	80	Lempung
GM-04	Lempung	-	26	74	Lempung Lanauan
GM-13	Lempung	-	22	78	Lempung
GM-10	Lanau	-	46	54	Lempung Lanauan
GM-21	Lanau	-	55	45	Lempung Lanauan
GM-16	Lanau	-	52	48	Lempung Lanauan
GM-29	Lempung	-	22	78	Lempung
GB-38	Lempung	4	18	78	Lempung
GB-43	Lempung	8	17	75	Lempung
GB-24	Lanau	33	59	8	Lanau Pasiran

Tabel 3.
Distribusi Mikroorganisme pada Sampel Permukaan Dasar Laut Perairan Madura Bagian Utara

No	SPECIES	KODE SAMPEL															
		GM-18	GM-01	GM-11	GB-31	GM-32	GM-15	GM-04	GM-13	GM-10	GM-21	GM-16	GM-29	GB-38	GB-43	GB-24	
NANNOPLANKTON																	
1.	<i>Braarudosphaera bigelowii</i>	1		1	1	1	2					1	1				
2.	<i>Calcidiscus leptoporus</i>		9	3	7	2	4	5	3			1	2				
3.	<i>Ceratolithus cristatus</i>				1				2								
4.	<i>Coccolithus pelagicus</i>		3		2		4	5	4	3			2				
5.	<i>Emiliania huxleyi</i>	34	39	64	26	51	73	53	46	28	53	16	24				
6.	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	48	55	54	54	52	57	54	63	47	28	53	62			4	
7.	<i>Gephyrocapsa spp.</i>		4	1	1	2	3		4							2	
8.	<i>Helicosphaera carteri</i>	3	18	10	25	8	27	2	21	2	1						
9.	<i>Helicosphaera hyalina</i>		9	2		1			4			1				1	
10.	<i>Helicosphaera pavimentum</i>	3	29	28	26	25	17	2	3	2	3		2				
11.	<i>Helicosphaera wallichii</i>	4	18	8	28	26	34	1		3	2	2	2				
12.	<i>Helicosphaera spp.</i>		16	3	3	2	3	1	22	2		1	3				
13.	<i>Pontosphaera discopora</i>	4	15	29	27	26	39	26	21	2	2	2	8			1	
14.	<i>Pontosphaera japonica</i>	2	2	11	39	28	47	1	4	2	2	1					
15.	<i>Rabdosphaera</i>						1		2		1		2				
16.	<i>Scapolithus</i>	2	9	7	31	26	37		6	3	3	1	4				
17.	<i>Syracosphaera</i>	2	24	31	16	26	44	1		2	2		4				
18.	<i>Thoracosphaera</i>		2	1			4		3								
19.	<i>Umbellosphaera</i>		3	3	3	2	3	1	4		2	1	2				
20.	<i>Umbellosphaera irregularis</i>			1	2	1	1	1								1	
21.	Others	46	42	37	31	26	38	52	18	15	11	7	20				

Tabel 3 (lanjutan).
Distribusi Mikroorganisme pada Sampel Permukaan Dasar Laut Perairan Madura Bagian Utara

No	SPECIES	KODE SAMPEL														
		GM-18	GM-01	GM-11	GB-31	GM-32	GM-15	GM-04	GM-13	GM-10	GM-21	GM-16	GM-29	GB-38	GB-43	GB-24
FORAMINIFERA PLANKTON																
1.	<i>Globigerina bermudezi</i>	5	4	3	2			2	3							
2.	<i>Globigerina spp.</i>					2			6							
3.	<i>Globigerinoides ruber</i>	17	5	7	6		14	5	8	2	1	1	3			
4.	<i>Globigerinoides trilobus immaturus</i>	13	7		2		9	1					1			
5.	<i>Globigerinoides trilobus sacculiferus</i>		1				1									1
6.	<i>Globigerinoides trilobus trilobus</i>		8	6			4	1	4	1			2			
7.	<i>Globigerinoides spp.</i>	6	3	3		2	4									
8.	<i>Globorotalia humerosa humerosa</i>	9	1				4		4							2
9.	<i>Globorotalia menardii</i>	4	7	6	2	2	7									
10.	<i>Globorotalia tumida tumida</i>					2	3		2							
11.	<i>Globorotalia unguolata</i>	2	1				2		5							
12.	<i>Globorotalia spp.</i>	3		1		1	4		2							
13.	<i>Hastigerina aequilateralis</i>						1		2							
14.	<i>Hastigerina siphonifera</i>		1	1	1		4	1	3		1	1	3			
15.	<i>Orbulina universa</i>	2	2			1	3		6							1
16.	<i>Pulleniatina spp.</i>		1	1			4	2	3							

Tabel 3 (lanjutan).
Distribusi Mikroorganisme pada Sampel Permukaan Dasar Laut Perairan Madura Bagian Utara

No	SPECIES	KODE SAMPEL															
		GM-18	GM-01	GM-11	GB-31	GM-32	GM-15	GM-04	GM-13	GM-10	GM-21	GM-16	GM-29	GB-38	GB-43	GB-24	
FORAMINIFERA BENTON																	
1.	<i>Dentalina</i> spp.	2			2		1		4								
2.	<i>Fissurina</i> spp.	2									3					1	
3.	<i>Logena</i> spp.	9	4	6	3		9					1					
4.	<i>Lenticulina</i> spp.	5	2	3	2		2		4								
5.	<i>Nodosaria</i> spp.	3	3	7	1	6	1	2	2								
6.	<i>Flintina</i> spp.	8	2	1	6	11		6	17								
7.	<i>Pyrgo</i> spp.	3	2	1	2		3		1							1	
8.	<i>Quinqueloculina seminulum</i>	3	4	1	3	2	1	4	5		2	4			1		
9.	<i>Quinqueloculina</i> spp.	3	6	1	5	4	1	3	2		2		1			1	
10.	<i>Spiroloculina communis</i>	7							1							1	
11.	<i>Spiroloculina</i> spp.	3	1	3	4	4	3	6	6		2	3			2	1	
12.	<i>Triloculina</i> spp.	3	7	4	7	6	9	8	10		1	1	2			1	
13.	<i>Ammonia beccarii</i>	3	7	8	2	4	11	4	3	4	1	1	2		2	6	
14.	<i>Ammonia</i> spp.	6	13	14	21	10	10		14	1						1	
15.	<i>Anomalinaella</i> spp.	9	23	21	7	4	18	4	6							2	
16.	<i>Asterorotalia</i> spp.	8	6	7	5	1	12	3	14	3	5	4	1			7	
17.	<i>Bolivina</i> spp.	11	9	5	3	2	9	2	13								
18.	<i>Cassidulina</i> spp.	4	3				3										
19.	<i>Cibicides</i> spp.	16	19	15	10	7	14	6	17		2	2	2			3	
20.	<i>Cancris</i> spp.	5	6	7	3	2	3	2	4		2	3	2			1	
21.	<i>Elphidium crispum</i>			6		17		5	5	8	3	3	3			5	
22.	<i>Elphidium</i> spp.	4	8	14	2	12	3	3	6	3	2	2	4			5	
23.	<i>Eponides</i> spp.	16	21	24	18	10	15	14	23		1		2				
24.	<i>Pseudorotalia</i> spp.	13	27	25	21	19	23	16	29	6	5	3	5			9	
25.	<i>Reusella</i> spp.	3	3	2	2	3		4	3								
26.	<i>Sphaeroidina bulloides</i>	5	9		3	3	2	7	4	1	1	1				1	
27.	<i>Uvigerina</i> spp.	3	2	2	1	1	3	1	4						1		
28.	<i>Ammobaculites</i> spp.					2				1	2				2	2	
29.	<i>Haplophragmoides</i> spp.											1					
30.	<i>Textularia agglutinans</i>	1	2	2	3	3	2	2	4	2	1	1	4		1	1	
31.	Others	15	8	7	12	16	29	17	10	8	3	2	5		3	2	

*Karakteristik sedimen dan mikroorganisma permukaan dasar laut perairan Madura bagian utara
(Vijaya Isnaniawardhani)*