

Foraminifera Sedimen Dasar Laut Delta Mahakam, Kalimantan Timur

Mimin K. Adisaputra ¹⁾ dan D. Rostyati ²⁾

¹⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan

²⁾ Sekolah Tinggi Teknologi Mineral Indonesia

Abstract

Within the framework of marine geological and geophysical surveys carried out by the Marine Geological Institute, 44 samples had been analysed, especially for foraminifera.

In general, planktonic foraminifera in the study area such as *Globigerinoides* spp, *Neogloboquadrina dutertrei*, and *Pulleniatina* spp are commonly found. *Neogloboquadrina dutertrei* is known as an indicator species for low salinity. They are found commonly at depths of more than 40 m, the most abundant of it is found at the depth around 1400 m (site 11, offshore of Bayur Peninsula). The maximum total number of individuals and the diversity of planktonic foraminifera occur at this site as well as at the upper continental, whereas the minimum one is at site 7 (near the mouth of Muara Bayur River), at 11,3 m depth.

The common benthonic foraminifera are *Amphistegina lessonii*, *Heterolepa* spp., *Operculina* spp., and *Pseudorotalia schroeteriana*. *Amphistegina lessonii* is a species, which is, dependent on light and clear water, and is usually associated with reef. The high number of individuals of this species suggests that the turbulent factor is considered to be relatively low.

The maximum total number of individuals of benthonic foraminifera occurs at site 35 (Lerong River Mouth), at 45 m depth, whereas the minimum at site 6 (close to the mouth of Muara Bayur River), at 17,3 m depth. The maximum diversity occurs at site 8, at the depth of 63,5 m, whereas the minimum one is at site 6.

The fluctuation of the total number of individuals of planktonic and benthonic foraminifera in the northern and southern parts is probably due to the morphology of the sea floor and the sediment influenced by bottom current. In the southern part the number of individuals of foraminifera tends to increase with the increasing of the distance from the shore.

Sari

Dalam kerangka penelitian dan penyelidikan geologi dan geofisika kelautan yang dilaksanakan oleh tim Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, sebanyak 44 percontoh sedimen telah dianalisis foraminiferanya.

Pada umumnya, foraminifera plangton yang lebih banyak dijumpai adalah *Globigerinoides* spp., *Neogloboquadrina dutertrei*, dan *Pulleniatina* spp. *Neogloboquadrina dutertrei* yang dikenal sebagai spesies penciri untuk kondisi salinitas rendah. Spesies-spesies tersebut banyak dijumpai pada kedalaman lebih dari 40 m, dan mencapai maksimum pada kedalaman 1400 m (lokasi 11, lepas pantai Tanjung Bayur). Di tempat seperti ini jumlah individu dan keanekaragaman foraminifera plangton paling tinggi dan termasuk ke dalam zona lereng sesar atas, sedangkan yang terendah ada di lokasi 7 (dekat pantai muara S.Muara Bayur), pada kedalaman 11,3 m.

Foraminifera bentosnya yang banyak dijumpai adalah *Amphistegina lessonii*, *Heterolepa* spp., *Operculina* spp., dan *Pseudorotalia schroeteriana*. Keberadaan *Amphistegina lessonii* sangat tergantung terhadap intensitas cahaya, air yang jernih, dan biasanya berasosiasi dengan terumbu. Turbulensi di daerah telitian diperkirakan relatif rendah karena banyak dijumpainya spesies tersebut.

Jumlah individu tertinggi foraminifera bentos terdapat pada lokasi 35 (Muara Lerong), pada kedalaman 45 m, sedangkan yang terendah ada di lokasi 6 (dekat pantai, muara S.Muara Bayur), pada kedalaman 17,3 m. Keanekaragaman tertinggi dijumpai di lokasi 8, pada kedalaman 63,5 m, sedangkan yang terendah di lokasi 6.

Fluktuasi jumlah individu foraminifera plangton dan bentos di bagian utara dan tengah tidak terlepas dari kemungkinan adanya arus bawah laut yang bisa mempengaruhi sedimen dan morfologi dasar lautnya. Di bagian selatan jumlah ini cenderung meningkat pada tempat yang menjauh dari pantai.

PENDAHULUAN

Penyelidikan geologi dan geofisika kelautan di Delta Mahakam, Kalimantan Timur (Lembar 1915) telah dilaksanakan oleh Pusat Pengembangan Geologi Kelautan pada bulan September 1999.

Pada penelitian terdahulu, Le Roy (1941), meneliti foraminifera bentos kecil di Teluk Sangkoelirang, dia meneliti kurang lebih 150 spesies yang termasuk ke dalam 78 genera. Kemudian Coutillas (1983, dalam Van Marle, 1991) telah pula melakukan penelitian jenis-jenis foraminifera bentos dari berbagai kedalaman di Delta Mahakam.

Adisaputra (2000, dalam Ranawijaya drr., 2000), menjumpai banyaknya spesies *Amphistegina lessonii* di Delta Mahakam, yang keberadaannya sangat tergantung terhadap intensitas cahaya, yang antara lain berasosiasi dengan *Operculina*, dan *Pseudorotalia schroeteriana*. Ketiganya memerlukan kondisi air yang jernih (turbulensi rendah).

Berdasarkan hal tersebut, di dalam tulisan ini, penulis bermaksud akan membahas mengenai sebaran lateral dari foraminifera, Adapun tujuan penelitian ini untuk memperlihatkan fluktuasi spesies dominan dari setiap lokasi dan hubungannya dengan kedalaman dan kemungkinan-kemungkinan kondisi lainnya, seperti arus, dan faktor-faktor lainnya yang mendukung kelangsungan keberadaannya.

Lokasi penelitian terletak antara koordinat 0° 00' - 1°00' S dan 117°00' - 118°30' T. Sebanyak 45 percontoh sedimen telah diambil dan 44 percontoh di antaranya telah dianalisis mikrofaunanya. Percontoh sedimen permukaan diambil pada kedalaman antara 13 m - 2300 m di bawah permukaan laut (Gb.1) dan peta batimetrimya terlihat dalam Gb. 2.

Berdasarkan pengamatan megaskopis, sedimen permukaan daerah telitian terdiri atas lempung, lempung pasiran, pasir lempungan, lumpur pasiran, pasir, lumpur dan kerikil (Gb.3).

METODE

Pengambilan percontoh sedimen dilakukan dengan menggunakan alat pemercontoh comot (*grab sampler*).

Percontoh sedimen ditimbang dan kemudian dicuci dengan menggunakan ayakan dengan bukaan 100 mesh (150 μ). Percontoh sedimen dianalisis terutama foraminiferanya dari 1 g berat sedimen sisa (*washed residue*). Sebaran foraminifera dihitung secara kuantitatif dan bervariasi, tergantung kelimpahannya. Maksimum penghitungan sampai 220 spesimen per contoh.

Taksonomi foraminifera plangton didasarkan atas Blow (1969), Postuma (1971), Saito drr (1981), Bolli & Saunders (1985). Untuk foraminifera bentos didasarkan atas Le Roy (1941 dan 1944), Boltovskoy (1978), Loeblich & Tappan (1988), Van Marle (1991), Yassini and Jones (1995) dan untuk foraminifera besar didasarkan atas Cole (1969).

HASIL PENELITIAN

Mikrofauna

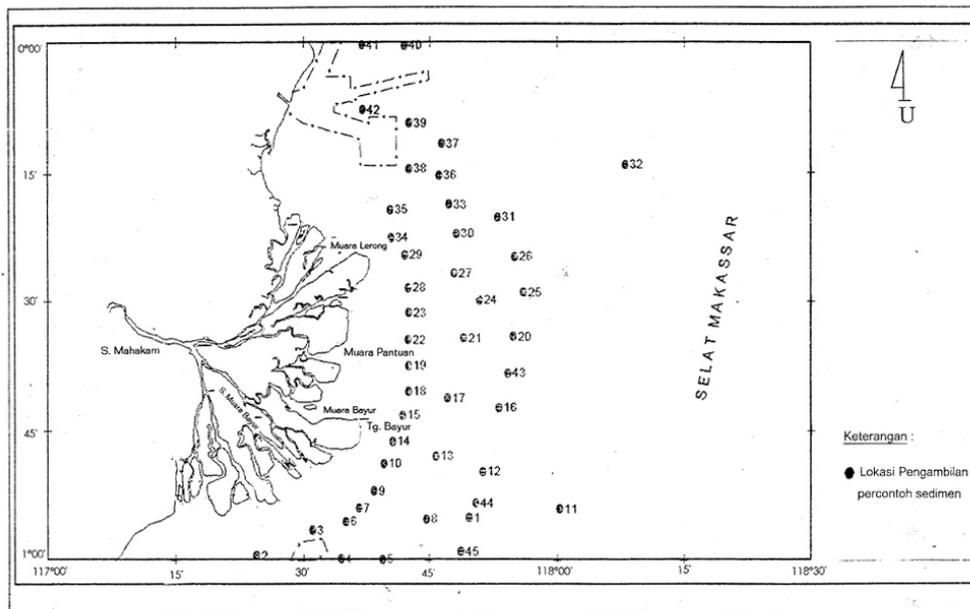
Pada umumnya foraminifera plangton dan bentos banyak dijumpai di daerah telitian, sedangkan jumlah individu mikrofauna lainnya hanya sedikit. Kedalaman tempat pengambilan percontoh sedimen berkisar antara 11 m - 2300 m. Di samping itu dijumpai pula mikrofauna lainnya seperti ostrakoda dan moluska yang terdiri atas pelesipoda dan gastropoda.

Untuk memudahkan penafsiran, maka daerah pembahasan dibagi ke dalam tiga bagian, yakni bagian utara (Muara Lerong), tengah (Muara Pantuan) dan bagian selatan (Tanjung Bayur).

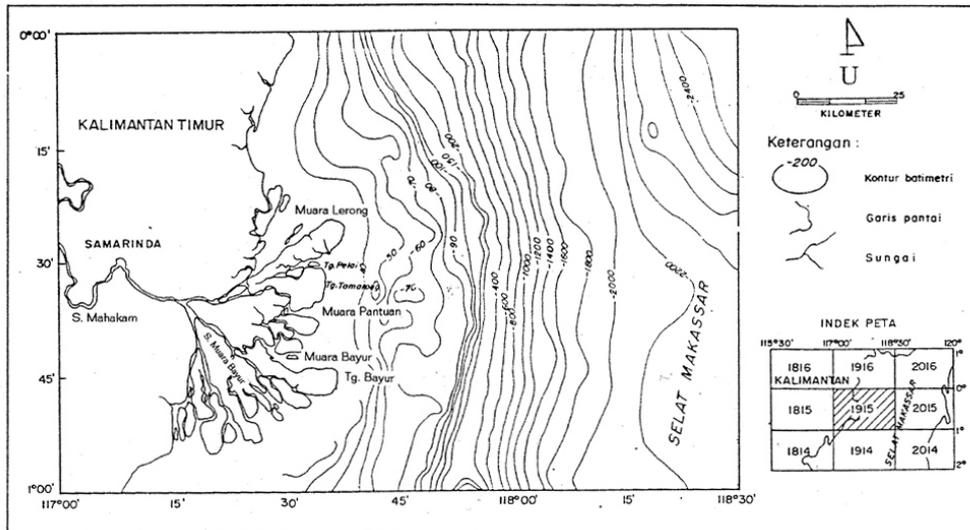
Bagian Utara (Muara Lerong)

Dari bagian ini, 16 percontoh yang telah dianalisis, yaitu nomor-nomor 1915- 26, -27, -28, -29, -30, -31, -32, -34, -35, -36, -37, -38, -39, -40, -41 dan 1915-42. Lokasi-lokasi tersebut mempunyai kedalaman yang berkisar antara 40 m - 2300 m.

Spesies foraminifera plangton yang dominan di Muara Lerong ini adalah *Globigerinoides spp.* yang terdiri atas *Gs conglobatus*, *Gs cyclostomus*, *Gs elongatus*, *Gs immaturus*, *Gs obliquus*, *Gs pyramidalis*, *Gs ruber*, *Gs sacculiferus*, dan *Gs trilobus* (Gb. 4). Mereka berasosiasi dengan *Neogloboquadrina dutertrai* dan *Pulleniatina spp.*, yang terdiri atas *Pu. finalis*, *Pu. obliquiloculata*, *Pu. praecursor* dan *Pu. primalis* dan jumlahnya berkisar dari jarang



Gb. 1. Peta lokasi pengambilan percontoh sedimen Delta Mahakam (Ranawijaya, drr., 2000)

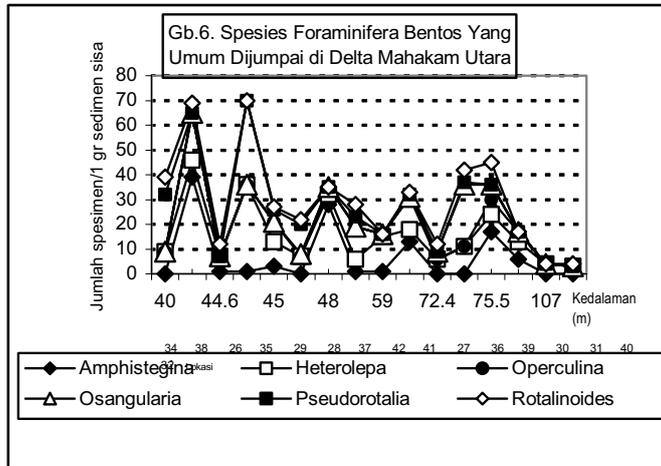


Gb. 2. Peta Batimetri Delta Mahakam (Ranawijaya, drr., 2000)

sampai cukup banyak. Pada kedalaman lebih dari 75 m, jumlah *Neogloboquadrina dutertrei* lebih banyak dibandingkan pada kedalaman yang lebih dangkal. Spesies lainnya, seperti *Globorotalia tumida*, *Gr ungulata*, *Gr viola*, *Sphaeroidinellopsis spp* dan lain-lainnya dengan jumlah yang tidak begitu banyak. Dijumpai pula spesies runtungan (*reworked species*) seperti

Catapsydrax dissimilis, *Pu. primalis*, *Ss. seminulina*, *Hastigerina praesiphonifera*, *Gr. merotumida* dan *Gr. plesirotumida* tetapi jumlahnya tidak begitu banyak.

Dalam Gb. 5, terlihat bahwa jumlah maksimum individu foraminifera plankton di bagian utara ini terdapat pada kedalaman 45,6 m (lokasi 28), sedangkan jumlah minimum pada kedalaman 49 m (lokasi 42).



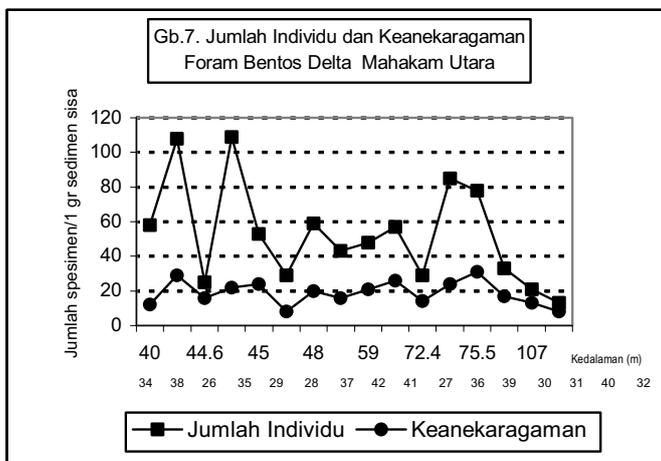
Spesies yang sedikit atau jarang adalah *Bathysiphon* sp, *Spiroloculina* sp dan *Triloculina* sp, dengan sebaran yang tidak merata.

Jumlah maksimum individu foraminifera bentos di bagian utara terdapat pada kedalaman 45 m (lokasi 35), sedangkan yang terendah pada kedalaman 2300 m (lokasi 32).

Keanekaragaman maksimum di bagian utara terdapat pada kedalaman 75,5 m (lokasi 30), sedangkan keanekaragaman minimum pada kedalaman 45,6 m (lokasi 28).

Jumlah individu dan keanekaragaman foraminifera bentos di bagian ini dapat dilihat dalam Gb. 7.

Moluska tidak banyak dijumpai jumlahnya, terdiri dari pelesipoda dan gastropoda. Selain itu dijumpai juga ostrakoda.



Bagian Tengah (Muara Pantuan)

Di bagian ini, contoh yang telah dianalisis ada 12 buah yaitu nomor-nomor 1915-15 sampai dengan 1915-25 dan 1915-43.

Spesies foraminifera plankton yang banyak dijumpai di Muara Pantuan ini antara lain adalah *Globigerinoides* spp. yang terdiri atas *Gs conglobatus*, *Gs cyclostomus*, *Gs elongatus*, *Gs immaturus*, *Gs obliquus*, *Gs pyramidalis*, *Gs ruber*, *Gs sacculiferus*, *Gs tenmelus* dan *Gs trilobus* (Gb. 8). Mereka berasosiasi dengan *Neogloboquadrina dutertrei*

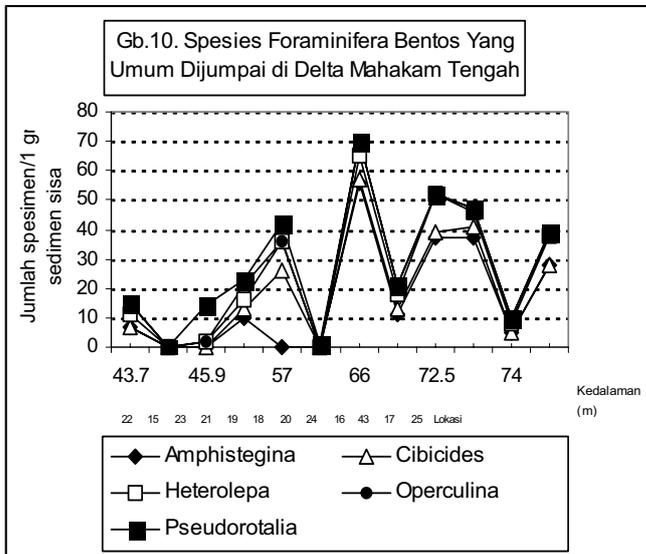
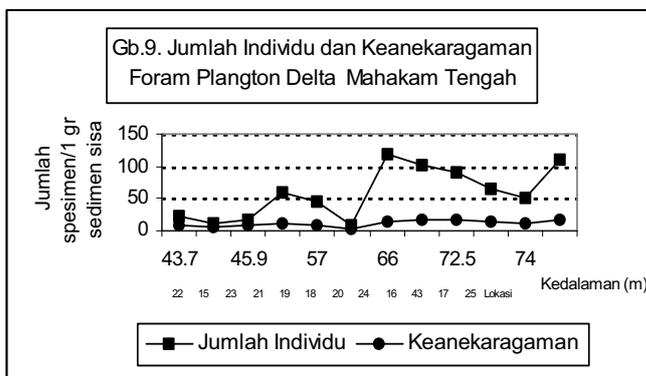
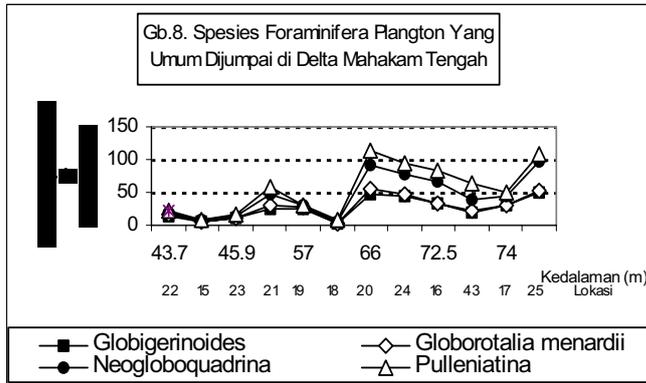
dan *Pulleniatina* spp., (*Pu. finalis*, *Pu. obliquiloculata*, *Pu. praecursor* dan *Pu. Primalis*) dengan jumlah yang berkisar dari jarang sampai cukup banyak.

Jumlah maksimum individu foraminifera plankton di bagian tengah ini adalah pada kedalaman 66 m (lokasi 20), sedangkan jumlah maksimum terendah dijumpai pada kedalaman 59 m (lokasi 18). Keanekaragaman tinggi dijumpai pada beberapa lokasi seperti 24, 16 dan 25 pada kedalaman lebih dari 70 m, sedangkan yang terendah dijumpai pada kedalaman 59 m.

Jumlah individu dan keanekaragaman foraminifera plankton di bagian ini dapat dilihat dalam Gb. 9.

Foraminifera bentos yang umum dijumpai di bagian tengah ini antara lain terdiri atas *Amphistegina lessonii*, dan *Heterolepa* spp., yang banyak terdapat pada kedalaman antara 66 dan 77 m. Spesies *Cibicides damoeliensis* hanya dijumpai pada lokasi 19 pada kedalaman 57 m. *Pseudorotalia schroeteriana* dijumpai hanya pada kedalaman antara 40-60 m (Gb. 10). Spesies lain yang jumlahnya sedikit atau jarang seperti *Ammonia beccarii*, *Elphidium* spp., *Lenticulina* sp., *Epistomina Quinqueloculina* spp, *Spiroloculina* spp., dan lain-lainnya dapat dilihat dalam Adisaputra (2000, dalam Ranawijaya, 2000).

Jumlah maksimum individu foraminifera bentos di bagian tengah terdapat pada kedalaman 66 m (lokasi 20), sedangkan



jumlah minimum dijumpai pada kedalaman 44,4 m (lokasi 15). Keanekaragaman paling tinggi terdapat pada kedalaman 76,2 m (lokasi 25), sedangkan yang terendah pada kedalaman 44,4 m (lokasi 15).

Jumlah individu dan keanekaragaman foraminifera bentos di bagian ini dapat dilihat dalam Gb. 11.

Seperti halnya di bagian utara (Muara Lerong), bagian tengah ini (Muara Pantuan), ostrakoda dan moluska yang terdiri dari pelesipoda dan gastropoda dijumpai dalam jumlah yang tidak banyak (Adisaputra, 2000, dalam Ranawijaya, 2000).

Bagian Selatan (Tanjung Bayur)

Di bagian ini, ada 16 (enam belas) percontoh yang telah dianalisis: 1915-1 sampai dengan -14, -44 dan 1915-45, dari kedalaman antara 11-1400 m.

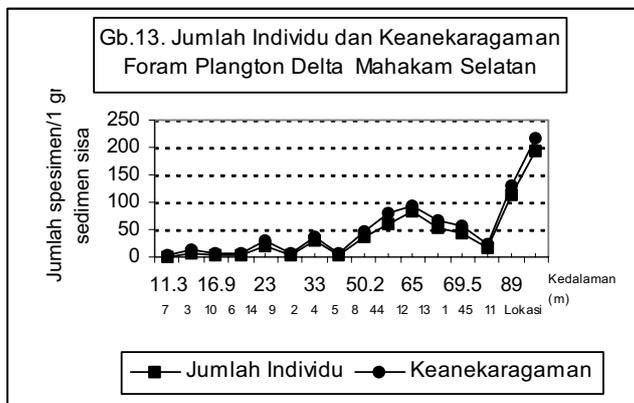
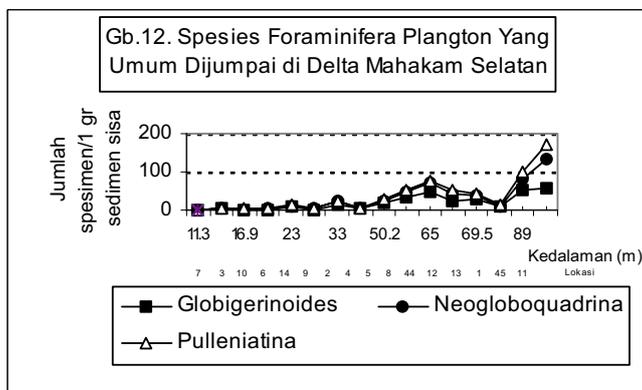
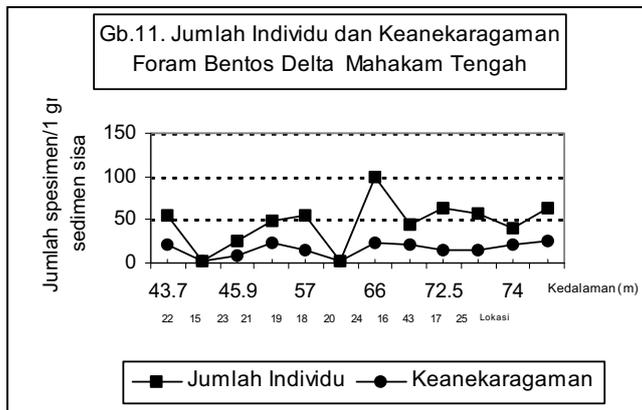
Menurut Adisaputra, (2000, dalam Ranawijaya, 2000), foraminifera plankton yang terdapat secara melimpah di bagian ini adalah *Globigerinoides* spp., yang antara lain terdiri atas *Globigerinoides conglobatus*, *Gs cyclostomus*, *Gs elongatus*, *Gs extremus*, *Gs immaturus*, *Gs obliquus*, *Gs pyramidalis*, *Gs ruber*, *Gs sacculiferus* dan *Gs trilobus*. Di samping itu spesies yang juga banyak dijumpai adalah *Neogloboquadrina dutertrei*, dan *Pulleniatina obliquiloculata* (Gb. 12). Jumlah foraminifera plankton di bagian ini meningkat mulai dari kedalaman 23 m ke arah laut yang lebih dalam.

Spesies dengan jumlah individu sedikit atau jarang seperti *Globorotalia acostaensis*, *Orbulina universa*, dan *Sphaeroidinella dehiscentes* juga dijumpai di daerah ini.

Jumlah individu dan keanekaragaman maksimum foraminifera plankton di bagian selatan terdapat pada kedalaman 1400 m (lokasi 11), sedangkan yang terendah pada kedalaman 11,3 (lokasi 7). Jumlah

individu dan keanekaragaman untuk foraminifera plankton bagian ini dapat dilihat dalam Gb. 13.

Variasi spesies foraminifera bentos yang dijumpai pada kedalaman 11 m - 23 m agak rendah, menurut Adisaputra, (2000, dalam Ranawijaya, 2000), diantaranya terdapat *Heterolepa* spp, *Pseudorotalia schroeteriana*,



Sphaeroidina bulloides, *Triloculina* spp. *Pseudorotalia schroeteriana* mulai meningkat jumlahnya pada kedalaman antara 23 m sampai 50 m. Ke arah lebih dalam hanya dijumpai di satu lokasi saja (lokasi 15). Antara kedalaman 51 m sampai 89 m spesies yang banyak dijumpai adalah *Amphistegina lessonii*, *Heterolepa* spp, dan *Operculina* spp. (Gb. 14)

Selain itu dijumpai juga spesies yang sedikit atau jarang seperti *Bolivina* sp., *Pullenia* sp., *Spirillina* spp., dan sebagainya.

Dalam Gb. 13 terlihat bahwa jumlah maksimum foraminifera bentos di bagian selatan terdapat pada kedalaman 65,8 m (lokasi 12), sedangkan jumlah minimum pada kedalaman 17,3 m (lokasi 6). Keanekaragaman maksimum terdapat pada kedalaman 63,5 m (lokasi 8), sedangkan keanekaragaman minimum di lokasi 6.

Jumlah individu dan keanekaragaman foraminifera bentos bagian selatan ini dapat dilihat dalam Gb. 15.

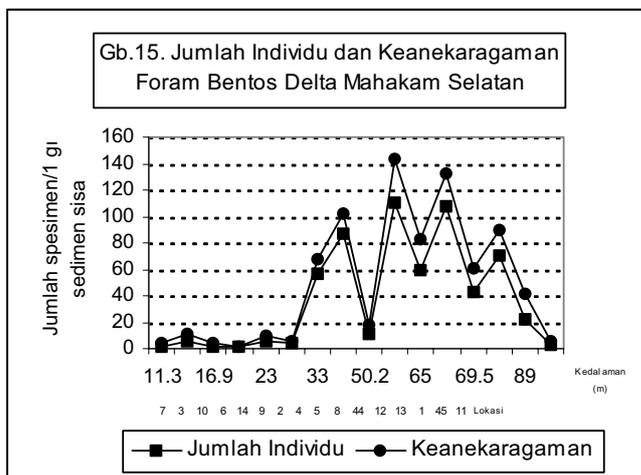
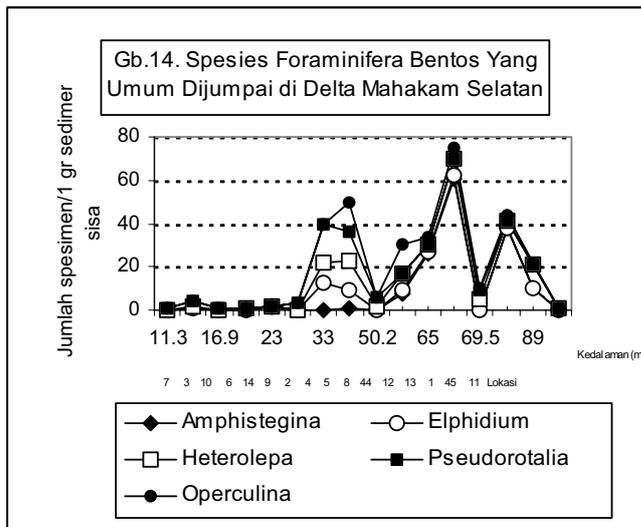
Seperti halnya di bagian utara (Muara Lerong), dan tengah (Muara Pantuan), kandungan moluska bagian selatan (Muara Tanjung), juga terdiri atas *pelesipoda* dan *gastropoda*, hanya saja jumlahnya lebih kecil dibandingkan dengan bagian utara dan tengahnya. Selain itu dijumpai juga ostrakoda Adisaputra, (2000, dalam Ranawijaya, 2000).

PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian, ternyata spesies foraminifera plankton yang umum dijumpai di Delta Mahakam adalah *Globigerinoides* spp., *Neogloboquadrina dutertrei*, *Globorotalia menardii* dan *Pulleniatina* spp. (Gb. 4, 8 dan 12). Untuk bagian selatan, *Globorotalia menardii* tidak diperlihatkan di dalam Gb. 14 karena jumlahnya sedikit. *Neogloboquadrina dutertrei* merupakan spesies yang khas untuk daerah salinitas rendah (Cullen, 1981).

Jumlah spesies ini jauh lebih banyak dibandingkan dengan *Globorotalia menardii*, spesies yang khas untuk perairan dengan salinitas tinggi. Hal ini terjadi sangat mungkin karena lokasi penelitian ada di bawah pengaruh muara sungai Delta Mahakam.

Spesies-spesies tersebut di atas lebih banyak dijumpai pada sedimen lempung lempung pasir, lumpur pasir dan pasir pada kedalaman lebih dari 40 m dengan jumlah bervariasi. Fluktuasi foraminifera plankton pada kedalaman ini diperkirakan karena



adanya variasi morfologi dasar laut dan arus bawah laut. Pada lokasi 11 (kedalaman 1400 m), di bagian lereng sesar atas yang sedimennya tersusun oleh lempung, foraminifera plankton berkembang dengan baik, sedangkan foraminifera bentos sama sekali tidak dijumpai.

Pada kedalaman kurang dari 40 m, dalam sedimen lempung, spesies-spesies tersebut jumlahnya sangat rendah. Kedalaman ini, ditambah dengan kondisi salinitas yang rendah, merupakan habitat yang tidak baik bagi foraminifera plankton untuk bisa beradaptasi dengan lingkungannya. Jumlah individu dan keanekaragaman tertinggi foraminifera plankton adalah pada lokasi 11 (lepas pantai Tanjung Bayur), pada kedalaman 1400 m, sedangkan jumlah individu dan keanekaragaman terendah

terdapat di lokasi 7 (dekat pantai muara S. Muarabayur), pada kedalaman 11,3 m.

Foraminifera bentos yang banyak dijumpai di daerah telitian adalah *Pseudorotalia schroeteriana* pada kedalaman kurang dari 50 m. Pada umumnya mereka terkandung di dalam sedimen lempung dan lempung pasir mulai dari utarahingga ke selatan.

Amphistegina lessonii paling banyak dijumpai terutama pada kedalaman antara 40 - 90 m, di lepas pantai. Biasanya *Amphistegina lessonii* banyak dijumpai berasosiasi dengan terumbu karang atau berada di lingkungan air yang jernih, dalam zona fotik, yaitu zona tembus sinar matahari (umumnya di bawah 100 m). Di daerah telitian kedalaman zona ini bergantung pada turbulensi sekitar muara tersebut. Berdasarkan besarnya jumlah spesies tersebut di muara-muara Lerong, Pantuan dan Bayur, maka turbulensinya diperkirakan relatif rendah. *Heterolepa* spp., hampir dijumpai pada setiap kedalaman dalam jumlah bervariasi.

Jumlah individu tertinggi untuk foraminifera bentos adalah pada lokasi 35 (Muara Lerong), pada kedalaman 45 m, sedangkan yang terendah ada di lokasi 6 (dekat pantai, muara S.Muarabayur), pada kedalaman 17,3 m.

Keanekaragaman tertinggi untuk foraminifera plankton adalah pada lokasi 8, pada kedalaman 63,5 m, sedangkan yang terendah ada di lokasi 6, (dekat pantai, muara S.Muarabayur), pada kedalaman 17,3 m.

Bervariasinya jumlah individu baik foraminifera plankton maupun bentos di bagian utara dan selatan tidak terlepas dari kemungkinan adanya arus bawah laut yang bisa mempengaruhi sebaran foraminifera di dalam sedimen.

Spesies yang jumlah individunya sedikit atau jarang antara lain terdiri dari *Asterorotalia* spp., *Bolivina* sp., *Pullenia bulloides*, *Spirillina* spp., (Adisaputra, 2000, dalam Ranawijaya, 2000).

Mikrofauna lain di luar foraminifera adalah moluska yang terdiri dari pelesipoda dan gastropoda. Jumlahnya, yang terdapat di bagian selatan (Tanjung Bayur), lebih sedikit jika dibandingkan dengan yang terdapat di bagian utara (Muara Lerong), maupun di bagian tengah (Muara Tanjung). Demikian pula halnya dengan ostrakoda.

Jumlah spesies foraminifera bentos ternyata jauh lebih banyak jika dibandingkan dengan foraminifera plankton dan fauna lainnya. Fluktuasi jumlah individu foraminifera plankton dan bentos di bagian utara dan tengah tidak terlepas dari kemungkinan adanya arus bawah laut yang bisa mempengaruhi sedimen dan morfologi dasar lautnya. Di bagian selatan jumlah foraminifera cenderung meningkat ke arah lepas pantai.

SIMPULAN

- Tidak kurang dari 39 spesies foraminifera plankton dan 149 spesies foraminifera bentos dijumpai di perairan Delta Mahakam.
- Pada umumnya spesies foraminifera plankton yang mendominasi daerah telitian adalah *Globigerinoides* spp., berikutnya adalah *Neoglobobulimina dutertrei*, yaitu spesies penciri untuk kondisi salinitas rendah.
- Foraminifera bentos yang dominan adalah *Amphistegina lessonii*, yaitu spesies yang sangat tergantung terhadap intensitas cahaya, air yang jernih dan biasa berasosiasi dengan terumbu. Di daerah telitian spesies ini dijumpai dalam jumlah yang cukup banyak di dalam zona paparan karbonat dan pro-delta, sehingga diperkirakan turbulensinya relatif rendah.
- Bervariasinya jumlah individu spesies baik foraminifera plankton, maupun foraminifera bentos di bagian utara dan tengah tidak terlepas dari kemungkinan adanya arus bawah laut yang bisa mempengaruhi sedimen dan morfologi dasar lautnya. Di bagian selatan jumlah ini cenderung meningkat ke arah lepas pantai.

ACUAN

- Blow, W.H., 1969. Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Bronnimann, P. and H.H. Renz (eds.) *Proc. of the 1st Internat. Conf. on Plank. Microfoss.* Leiden: E.J. Brill, vol. 1, p. 199-422.
- Bolli, H.M. and Saunders, J.B., 1985. Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera. In *Plankton Stratigraphy*. Bolli, H.M., Saunders, J.B., and K. Perch-Nielsen (Eds.), 1985. *Plankton Stratigraphy. Cambridge Univ. Press.*, p. 155-262.
- Boltovskoy, E., 1978. Late Cenozoic Benthonic Foraminifera of the Ninetyeast Ridge (Indian Ocean). In Von den Borch, C. C. (Ed.), 1978. *Synthesis of Deep-Sea Drilling Results in the Indian Ocean. Elsevier Oceanographic series No. 21*, p. 139-175.
- Cole, W.S., 1969. Tertiary larger foraminifera from Guam, Mariana Islands. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper. 403-E*, 28 p.
- Cullen, J.L., 1981. Microfossil evidence for changing salinity patterns in the Bay of Bengal over the last 20,000 years. *Paleogeogr. Paleoclimat. Paleoecol.*, 35; 315-356.
- Le Roy, L.W., 1941. Small Foraminifera from The Late Tertiary of The Sangkoelirang Bay area, East Borneo, Netherland East Indies. *Quarterly of The Colorado School of Mines*, vol. 36, No. 1, 132 p.
- Le Roy, L.W. 1944. Miocene Foraminifera from Sumatra and Java, Netherland East Indies.. *Quarterly of The Colorado School of Mines*, vol. 39, No. 3, 67 p.
- Loeblich Jr., A.R. and Tappan, H. 1988. *Foraminiferal Genera and Their Classification*. Van Nostrand Reinhold. New York, 847 p.
- Postuma, J.A., 1970. *Manual of Planktonic Foraminifera*. Elsevier Pub. Comp., 420 p.

- Ranawijaya, D.A.S., E. Usman, M.K. Adisaputra, N.A. Kristanto dan Y. Noviadi, 2000. Penyelidikan Geologi dan Geofisika Kelautan Perairan Delta Mahakam, Kalimantan Timur, Lembar Peta 1915. *Laporan Intern Pusat Pengembangan Geologi Kelautan (PPGL) PPGL.PGK.087.2000*. Tidak diterbitkan.
- Saito, T, P.R.Thompson and D. Breger., 1981. *Systematic Index of Recent and Pleistocene Planktonic Foraminifera*. University of Tokyo Press, 190 p., 56 pls.
- Van Marle, L.J., 1991. Eastern Late Cenozoic Smaller Benthic Foraminifera. *Verhandel. Koninklj. Nederlandse Akad. van Wetenschapp. Afd. Natuurkunde. Eerste Reeks. deel. 34*.
- Yassini, I and B.G. Jones, , 1995. *Foraminifera and Ostracoda from Estuarine and shelf Environments on the southeastern coast of Australia*. The University of Wollongong Press. Northfields Avenue, Wollongong, NSW 2522, Australia., 269p. ❖