

POLA SEBARAN FORAMINIFERA PADA ENDAPAN SEDIMEN GOSONG PANTAI DELTA WULAN, DEMAK, JAWA TENGAH

THE DISTRIBUTION OF FORAMINIFERA AT WULAN DELTA LONGSHORE BAR DEPOSIT, DEMAK, CENTRAL JAVA

Anis Kurniasih^{1*}, Meidey Tiara² dan Wahyu Krisna Hidajat¹

¹ Teknik Geologi Universitas Diponegoro, Jl. Prof. H. Soedharto, SH., Tembalang, Semarang, 50275

*anis.kurniasih@live.undip.ac.id

Diterima : 14-12-2022 , Disetujui : 24-03-2023

ABSTRAK

Delta Wulan mengalami dinamika sedimentasi yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Perubahan proses sedimentasi di Delta Wulan dapat diamati dari perubahan morfologi delta yang disebabkan peningkatan pengaruh gelombang laut. Proses sedimentasi juga berpengaruh terhadap pola distribusi foraminifera yang terkandung dalam sedimen. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pola sebaran foraminifera dan hubungannya dengan proses sedimentasi tersebut, terutama pada endapan gosong pantai di Delta Wulan. Objek penelitian ini adalah foraminifera pada sampel yang berasal dari tiga buah inti sedimen yang diambil di bagian laguna, gosong muara, dan bagian depan gosong memanjang pantai. Foraminifera yang teridentifikasi kemudian dianalisis sebarannya menggunakan Rasio P/B. Hasil penelitian ini menunjukkan taksa foraminifera planktonik yang paling dominan antara lain *Sphaeroidinella subdehiscens*, *Globorotalia menardii*, dan *Orbulina universa*. Takson foraminifera bentonik yang mendominasi adalah *Bathysiphon* sp. Pola sebaran foraminifera menggambarkan pola yang umum dijumpai di perairan laut dalam. Hal ini diduga berkaitan dengan proses sedimentasi yang terpengaruh kuat oleh gelombang laut sehingga membawa cangkang foraminifera dari batimetri yang lebih dalam ke bagian delta. Dengan kata lain, sebaran cangkang foraminifera yang teridentifikasi tidak menggambarkan komunitas asli perairan Delta Wulan karena merupakan hasil transportasi dari lingkungan perairan yang berbeda.

Kata kunci: foraminifera, distribusi, sedimen, gosong memanjang pantai, Delta Wulan

ABSTRACT

*Wulan Delta has experienced significant sedimentation dynamics in last few decades. Changes in sedimentation process in Wulan Delta can be observed from changes in the delta morphology which caused by the increasing of sea wave influence. The sedimentation process also affects the distribution of foraminifera contained in sediments. Therefore, this research was conducted to observe the foraminifera distribution and its relationship to the sedimentation process, especially in the longshore bar of Wulan Delta. The object of this study were foraminifera in samples from three sediment cores taken from lagoon, mouth bar, and longshore bar. The identified foraminifera were then analyzed for their distribution using P/B ratio. The results of this study indicated that the most dominant planktonic foraminifera taxa included *Sphaeroidinella subdehiscens*, *Globorotalia menardii*, and *Orbulina universa*. The dominant benthic foraminifera taxon is *Bathysiphon* sp. The foraminifera distribution illustrates a pattern that is commonly found in deep-sea waters. This is thought to be related to sedimentation process which was strongly influenced by sea waves so that it*

transported the foraminifera shells from deeper bathymetry to the delta. In other words, the distribution of the identified foraminifera shells does not reflect the original community of Delta Wulan waters because they are result of transportation from different aquatic environments.

Keyword: foraminifera, distribution, sediment, longshore bar, Wulan Delta

PENDAHULUAN

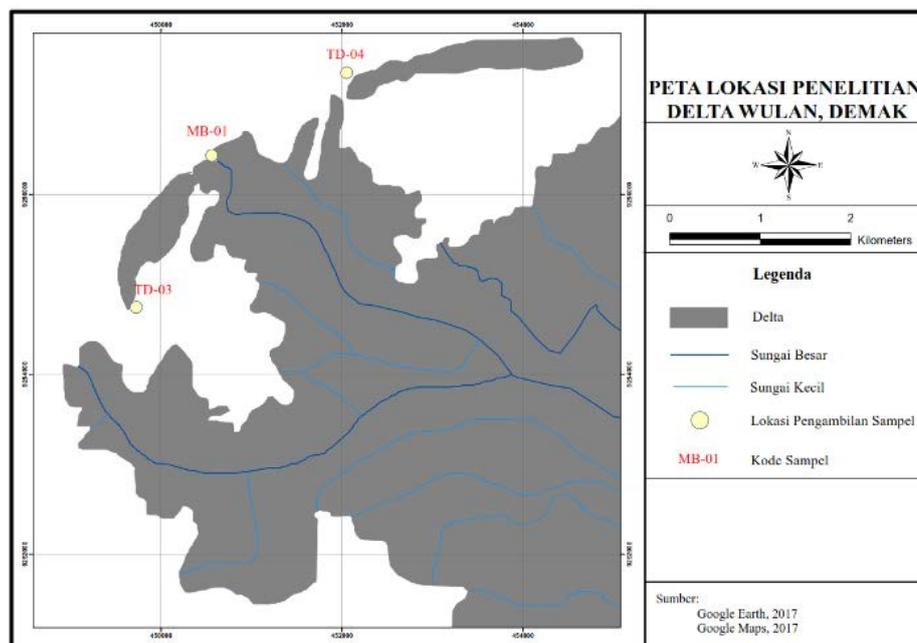
Foraminifera merupakan organisme bersel tunggal yang hidup di lingkungan perairan, baik perairan laut, transisi maupun darat. Foraminifera dapat hidup secara mengambang (planktonik) atau menambat di dasar perairan (bentonik) sehingga sangat baik digunakan sebagai indikator ekologi suatu perairan (Armstrong dan Brasier, 2005; Kurniasih drr., 2017; Nugroho drr., 2021). Salah satu faktor ekologi yang berpengaruh terhadap kehidupan foraminifera adalah substrat sedimen. Semakin tinggi kandungan substrat sedimen tersuspensi akan menyebabkan tingkat kekeruhan air menjadi semakin tinggi dan hal ini akan mengganggu komunitas foraminifera yang hidup di dalamnya. Selain itu, ketika organisme foraminifera telah mati, cangkangnya akan terendapkan di dasar perairan bersama dengan substrat sedimen lainnya.

Delta Wulan yang secara administratif terletak di Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah, merupakan bagian dari daerah pesisir pantai utara Pulau Jawa yang mengalami dinamika sedimentasi cukup signifikan selama beberapa dekade. Perubahan proses sedimentasi di Delta Wulan diikuti dengan perubahan morfologi delta yang semula berbentuk menyerupai kaki burung berubah menjadi memanjang ditandai dengan terbentuknya gosong (*bar*) yang sejajar dengan garis pantai (Marfai drr., 2015). Perubahan morfologi delta ini

disebabkan oleh perubahan proses sedimentasi yang awalnya didominasi oleh pengendapan dari sungai (*fluvial*) kemudian diikuti dengan pengaruh arus laut yang semakin tinggi sehingga proses yang berpengaruh bersifat dua arah (dari sungai dan laut) (Atmojo drr., 2016a; Atmojo drr., 2016b).

Perubahan proses sedimentasi tidak hanya tergambar dari sebaran jenis sedimen yang terbentuk, namun juga dapat diamati dari kandungan organisme yang terdapat dalam sedimen, salah satunya adalah foraminifera (Fellowes drr., 2016). Dengan mengamati kelimpahan jenis-jenis foraminifera pada sedimen Delta Wulan, akan diperoleh gambaran kondisi ekologi perairan dan kaitannya dengan proses sedimentasi yang terjadi.

Penelitian ini dilakukan pada perairan Delta Wulan dengan memanfaatkan distribusi foraminifera yang terkandung dalam endapan sedimen gosong memanjang pantai sebagai indikator proses pengendapan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran foraminifera pada endapan gosong memanjang pantai dan mengaitkannya dengan proses sedimentasi. Penelitian mengenai distribusi foraminifera di perairan Delta Wulan telah dilakukan oleh peneliti lain sebelumnya, antara lain oleh Hartati drr. (2021) dan Manuhuwa drr. (2021). Kedua penelitian tersebut secara umum menjelaskan mengenai sebaran foraminifera di perairan Delta Wulan, namun tidak mengaitkannya dengan proses sedimentasi yang berpotensi merubah pola sebaran cangkang foraminifera



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel inti sedimen TD-03, MB-01, dan TD-04

di daerah penelitian. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengungkap adanya proses sedimentasi yang mempengaruhi sebaran foraminifera di perairan Delta Wulan, terutama pada endapan gosong pantai.

METODE

Objek penelitian ini adalah foraminifera yang terkandung dalam sedimen Delta Wulan. Sampel sedimen berasal dari tiga (3) buah inti sedimen yang diambil di perairan Delta Wulan pada berbagai lokasi. Sampel dengan kode TD-03 diambil di bagian belakang gosong memanjang, MB-01 diambil pada gosong muara, dan TD-04 di bagian depan gosong memanjang (Gambar 1).

Pengambilan sampel inti sedimen dilakukan dengan bor tumbuk. Metode ini menggunakan satu set alat bor tumbuk yang dipasangkan pada pipa PVC yang sebelumnya telah dibelah dan direkatkan kembali. Proses pengambilan sampel dilakukan dengan memukulkan pemberat pada bagian ujung pipa yang telah disambungkan dengan besi pengaman. Setelah pipa masuk ke dalam lapisan sedimen sesuai dengan kedalaman yang diinginkan, pipa dicabut ke permukaan dan sampel sedimen akan terambil bersama dengan pipa tersebut. Pengambilan sampel sedimen dengan metode ini dilakukan pada 3 titik dengan kedalaman masing-masing inti sedimen adalah TD-03 70 cm, MB-01 130 cm, dan TD-04 100 cm.

Dari tiga sedimen inti tersebut, diambil sampel sedimen dengan interval 30 cm untuk selanjutnya dipreparasi dan dianalisis kandungan foraminifera di dalamnya. Tahap analisis seluruhnya dilaksanakan di laboratorium meliputi deskripsi inti sedimen dan pemilihan sampel untuk analisis foraminifera, yang mencakup preparasi, penamaan, dan analisis distribusinya.

Dari tiga sampel inti sedimen yang telah diambil di lapangan, diambil sebanyak masing-masing 100 gram dengan interval 30 cm. Sebelum itu, sedimen inti telah terlebih dahulu dideskripsi secara megaskopis untuk mendapatkan gambaran kondisi sedimentologinya yang meliputi tekstur, struktur, dan komposisi sedimen.

Preparasi foraminifera dilakukan dengan pencucian sampel menggunakan air bersih yang mengalir. Setelah itu, sampel dikeringkan dan siap untuk dianalisis. Sebelum masuk ke langkah selanjutnya, foraminifera yang terkandung dalam sedimen dipisahkan dari substrat (penjentikan). Pada setiap sampel, sebanyak 300 individu foraminifera diambil secara acak untuk kemudian dideterminasi berdasarkan cara hidup dan taksonominya.

Penamaan foraminifera merupakan proses mengidentifikasi foraminifera dan mengelompokkannya secara taksonomis sampai ke tingkat genus dan/atau spesies. Dasar pengelompokan foraminifera planktonik yang digunakan dalam penelitian ini adalah Postuma (1971), sedangkan untuk foraminifera bentonik menggunakan Morkhoven dr. (1986). Foraminifera yang telah dideterminasi kemudian dihitung populasi untuk

jenis yang sama dan ditampilkan dalam tabel distribusi foraminifera.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sedimen

Secara umum, sedimen di seluruh sampel inti sedimen memiliki ciri ukuran butir yang semakin ke atas semakin mengkasar:

Sampel inti sedimen MB-01

Sampel inti sedimen MB-01 diambil di gosong muara hingga kedalaman 130 cm. Hasil pengamatan karakteristik sedimen menunjukkan sampel MB-01 tersusun oleh empat karakteristik litofasies (Tabel 1).

Sampel inti sedimen TD-04

Sampel inti sedimen TD-04 diambil di bagian depan gosong memanjang Delta Wulan dengan total kedalaman sampel 100 cm. Hasil pengamatan menunjukkan inti sedimen ini terdiri atas tiga litofasies seperti pada Tabel 2.

Sampel inti sedimen TD-03

Sampel TD-03 diambil di bagian belakang gosong memanjang atau laguna Delta Wulan dengan total kedalaman 70 cm. Hasil pengamatan terhadap karakteristik endapan sedimen di sampel TD-03 dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil deskripsi ketiga sampel sedimen inti tersebut di atas dikorelasikan berdasarkan karakteristik sedimennya sehingga didapatkan tiga (3) kelompok endapan sedimen seperti terlihat pada Gambar 2.

Hasil korelasi menunjukkan bahwa di ketiga contoh inti yang dianalisis terdapat tiga jenis endapan dari bawah ke atas yaitu endapan A (warna hijau), endapan B (warna kuning muda), dan endapan C (warna kuning tua). Endapan A tersusun oleh material berukuran butir lempung hingga pasir halus. Endapan B merupakan endapan yang berukuran pasir halus hingga pasir kasar dan mengalami pengkasaran ke atas. Endapan C merupakan endapan paling atas dan memiliki ukuran butir pasir sedang hingga pasir sangat kasar.

Secara umum, hasil korelasi pada Gambar 2 memperlihatkan endapan A paling tebal berada pada sampel TD-03 yang terendapkan di bagian laguna dan mengalami penipisan semakin ke arah TD-04 yang terendapkan di bagian depan gosong memanjang. Pola ini juga teramati pada endapan B yang mengalami penipisan semakin ke arah TD-04. Sementara itu endapan C tidak memiliki perbedaan ketebalan yang signifikan. Pola sebaran endapan sedimen ini menunjukkan energi pengendapan yang berbeda, yakni pada daerah laguna (sampel TD-03) energi pengendapan paling rendah dan di daerah depan gosong memanjang energi pengendapannya paling tinggi.

Pada ketiga endapan tersebut terdapat pecahan cangkang moluska yang terfragmentasi tinggi dan menyebar tanpa menunjukkan orientasi arah tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa transport sedimen cukup kuat

Tabel 1. Karakteristik endapan sedimen pada sampel MB-01

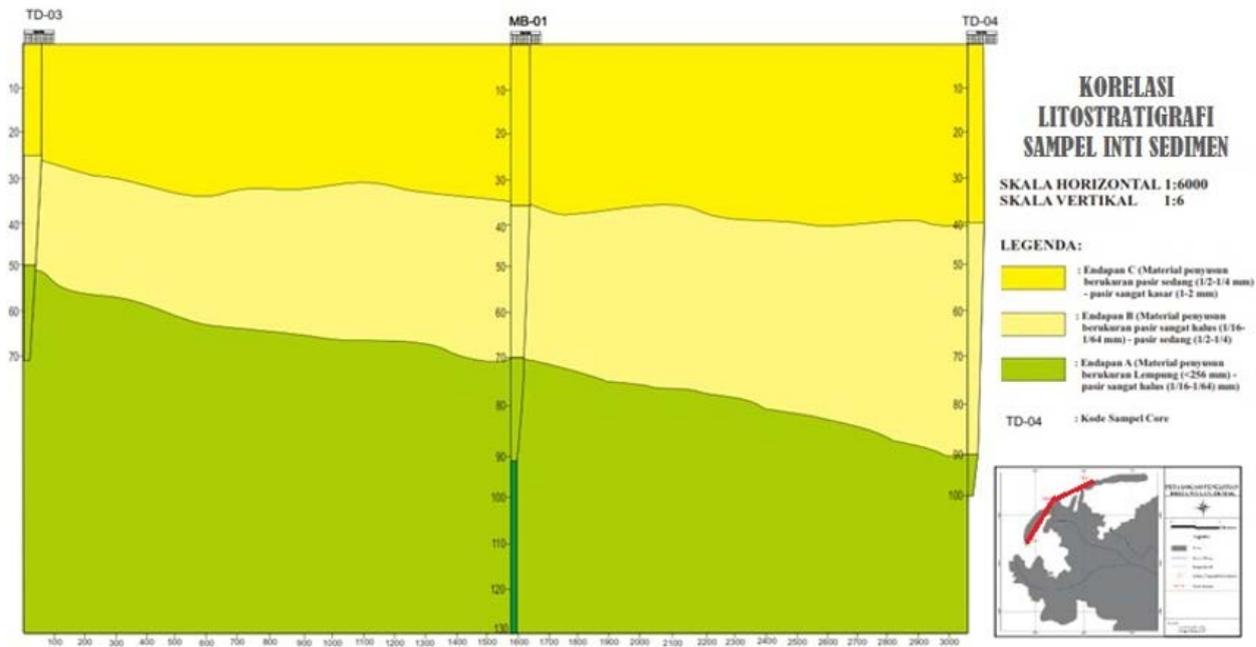
	0 – 35 cm	Endapan paling atas memiliki karakter warna coklat gelap dan ukuran butir pasir kasar hingga sangat kasar. Pada kedalaman ini juga terdapat fragmen cangkang moluska dengan tingkat fragmentasi beragam dan menyebar.
	35 – 70 cm	Pada kedalaman ini, sedimen memiliki warna coklat gelap dengan ukuran butir pasir halus, membentuk gradasi mengkasar ke atas. Ditemukan lapisan mengandung fragmen moluska terfragmentasi rendah pada kedalaman 55 – 60 cm.
	70 – 92 cm	Karakter sedimen di interval kedalaman ini secara umum lebih kasar daripada sedimen di bawahnya. Warna abu-abu kecoklatan, ukuran butir lempung pasiran, membentuk gradasi mengkasar ke atas. Pada kedalaman ini ditemukan pecahan cangkang moluska yang terfragmentasi tinggi dengan kelimpahan cukup banyak dan tersebar acak.
	92 – 130 cm	Pada interval kedalaman ini, karakteristik sedimen menunjukkan warna abu-abu gelap dan ukuran butir lempung.

Tabel 2. Karakteristik endapan sedimen pada sampel TD-04

	0 – 40 cm	Endapan paling atas memiliki karakter warna coklat gelap dan ukuran butir pasir sedang hingga kasar, terdapat pecahan cangkang moluska yang terfragmentasi tinggi dan menyebar
	40 – 90 cm	Karakter sedimen di interval kedalaman ini secara umum lebih kasar daripada sedimen di bawahnya. Warna coklat gelap, ukuran butir pasir halus – pasir sedang, membentuk gradasi mengkasar ke atas. Secara umum menunjukkan ukuran butir yang semakin kasar ke atas.
	90 – 100 cm	Pada interval kedalaman ini, karakteristik sedimen menunjukkan warna coklat gelap dan ukuran butir lempung pasiran

Tabel 3. Karakteristik endapan sedimen pada sampel TD-03

	0 – 25 cm	Endapan paling atas memiliki karakter warna coklat gelap dan ukuran butir pasir sedang hingga kasar, terdapat pecahan cangkang moluska yang terfragmentasi rendah dan menyebar.
	25 – 50 cm	Karakter sedimen di interval kedalaman ini secara umum lebih kasar daripada sedimen di bawahnya. Warna coklat, ukuran butir pasir halus – pasir sedang. Secara umum menunjukkan ukuran butir yang semakin kasar ke atas. Terdapat cangkang moluska dalam kondisi utuh.
	50 – 70 cm	Pada interval kedalaman ini, karakteristik sedimen menunjukkan warna coklat gelap dan ukuran butir pasir sangat halus, membentuk gradasi mengkasar ke atas, terdapat cangkang moluska dalam kondisi utuh.



Gambar 2. Korelasi litostratigrafi sampel inti sedimen TD-03, MB-01, dan TD-04.

dengan energi pengendapan sedang hingga tinggi. Namun pada sampel TD-03, di interval kedalaman 25 – 70 cm terdapat cangkang moluska dalam kondisi utuh yang tidak ditemukan di sampel lainnya. Sampel TD-03 ini juga secara umum memiliki endapan A yang lebih tebal dibandingkan kedua sampel lainnya. Hal ini disebabkan

oleh lokasi pengambilan sampel yang berada di bagian belakang gosong memanjang atau di laguna, yang memiliki energi pengendapan paling rendah jika dibandingkan dua daerah lainnya yaitu gosong muara (MB-01) dan bagian depan gosong memanjang (TD-04).

Rasio Foraminifera Planktonik dan Bentonik

Kelimpahan foraminifera dapat menjadi salah satu indikator kedalaman suatu perairan (Natsir dr., 2017; Valchev, 2003). Analisis Rasio Planktonik/Bentonik atau Rasio P/B merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan untuk mendapatkan hasil tersebut. Analisis Rasio P/B atau perbandingan foraminifera planktonik dan bentonik dilakukan dengan menghitung jumlah populasi total foraminifera planktonik dan menghitung persentasenya terhadap jumlah total foraminifera, sesuai dengan rumus di bawah ini (Pers. 1):

$$\text{Rasio P/B} = (P/P + B) \times 100\% \quad (1)$$

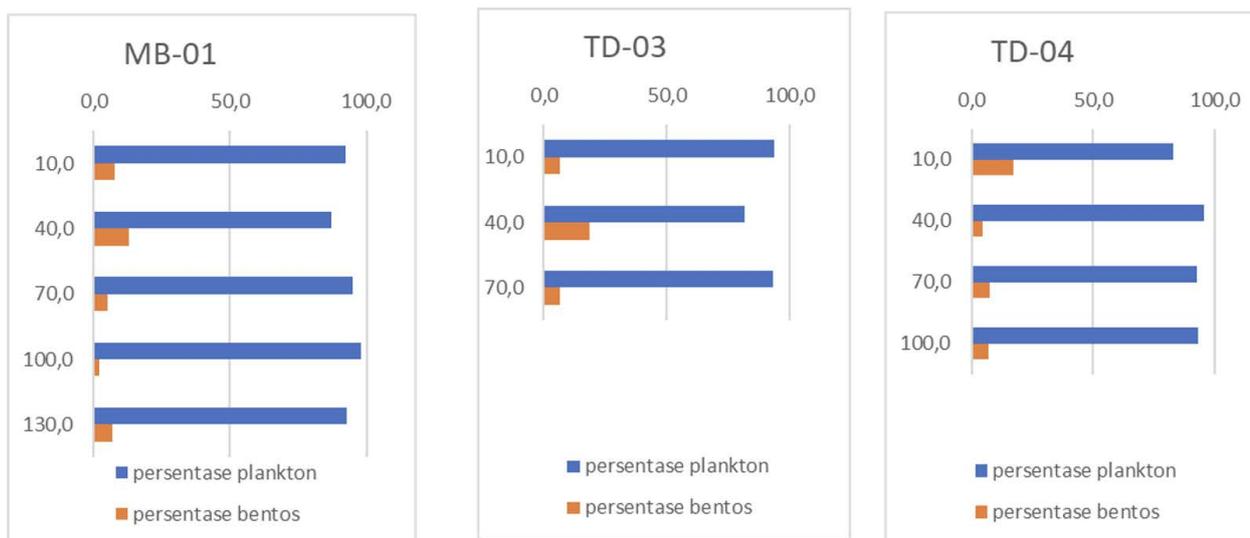
Dengan P adalah total populasi foraminifera planktonik dan B adalah total populasi foraminifera bentonik dalam suatu sampel.

Hasil analisis foraminifera di sampel inti sedimen MB-01, TD-03, dan TD-04 seluruhnya menunjukkan kelimpahan foraminifera planktonik yang lebih tinggi daripada foraminifera bentonik (Gambar 2). Hasil perhitungan Rasio P/B dari seluruh sampel memiliki nilai >90% yang berarti bahwa kehadiran foraminifera planktonik mendominasi seluruh komunitas foraminifera yang teridentifikasi.

bahwa kelimpahan foraminifera telah mengalami modifikasi sehingga tidak sesuai dengan prinsip analisis Rasio P/B. Modifikasi kelimpahan foraminifera kemungkinan terjadi setelah cangkang foraminifera mengendap di dasar perairan dan terangkut kembali oleh arus bersama dengan butir sedimen lainnya.

Kelimpahan Relatif Foraminifera Planktonik

Hasil identifikasi taksa foraminifera planktonik menunjukkan terdapat 15 spesies foraminifera planktonik dari seluruh sampel yang dianalisis, antara lain *Globigerinoides immaturus*, *Globigerinoides ruber*, *Sphaeroidinella subdehiscens*, *Sphaeroidinella dehiscens*, *Globorotalia obesa*, *Globigerina praebuloides*, *Globigerinoides trilobus*, *Globorotalia menardii*, *Globorotalia opima*, *Globorotalia tumida*, *Globorotalia crassaformis*, *Orbulina bilobata*, *Orbulina Universa*, dan *Praeorbulina transitoria*. Dari seluruh taksa foraminifera planktonik, *Globigerinoides immaturus* merupakan takson dengan populasi paling tinggi di sebagian besar sampel. Taksa yang ditemukan melimpah di seluruh sampel antara lain *Sphaeroidinella subdehiscens*, *Globorotalia menardii*, dan *Orbulina universa*.



Gambar 2. Perbandingan kelimpahan foraminifera planktonik dan bentonik pada seluruh sampel yang dianalisis.

Penelitian terdahulu yang menggunakan metode ini mengungkapkan bahwa persentase foraminifera planktonik berbanding lurus dengan kedalaman, yakni semakin tinggi persentase kehadiran foraminifera planktonik semakin dalam sampel sedimen tersebut terendapkan (Valchev, 2003; Boltovskoy dan Wright, 1976; Murray, 2006; Gibson, 1989; Natsir dr., 2017; Bellier dr., 2010).

Dalam penelitian ini, hasil penghitungan nilai Rasio P/B pada seluruh sampel menunjukkan hasil yang tinggi (>90%) yang seharusnya menunjukkan batimetri lingkungan pengendapan yang dalam. Namun, sampel yang dianalisis berasal dari sampel inti sedimen yang diambil di lingkungan perairan dangkal yakni laguna, gosong muara, dan gosong pantai. Hal ini menunjukkan

Kelimpahan foraminifera planktonik pada seluruh sampel dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.

Sphaeroidinella dehiscens, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides trilobus*, dan *Globorotalia crassaformis* adalah kelompok foraminifera planktonik yang umum dijumpai secara melimpah di perairan laut daerah tropis (Kucera dr., 2005).

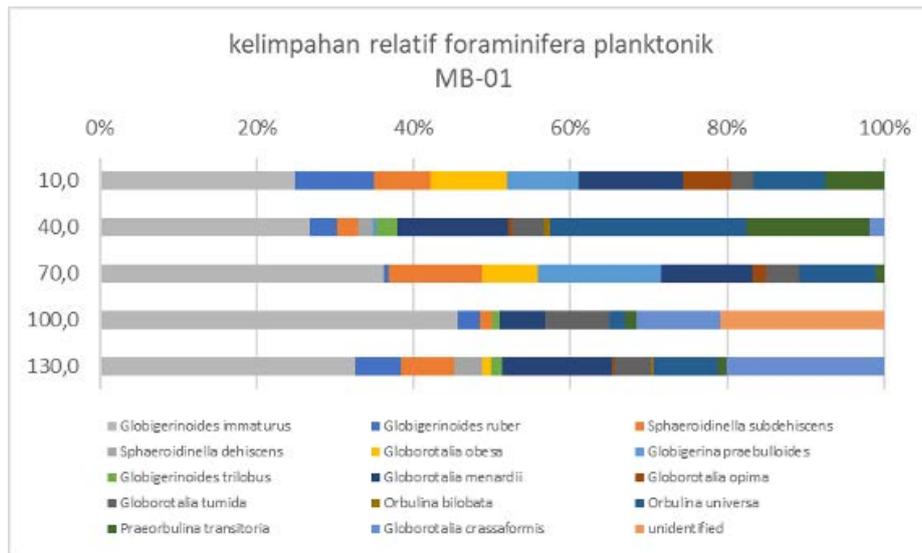
Kelimpahan Relatif Foraminifera Bentonik

Taksa foraminifera bentonik yang teridentifikasi dari seluruh sampel berjumlah 22, antara lain *Uvigerina mediterania*, *Hyalina balthica*, *Pyrgo lucernula*, *Planulina rugosa*, *Pyrgo murhina*, *Sigmoilopsis schlumbergeri*, *Melonis pompiloides*, *Cibicoides subhaidinerii*, *Uvigerina carapitoma*, *Coryphostoma*

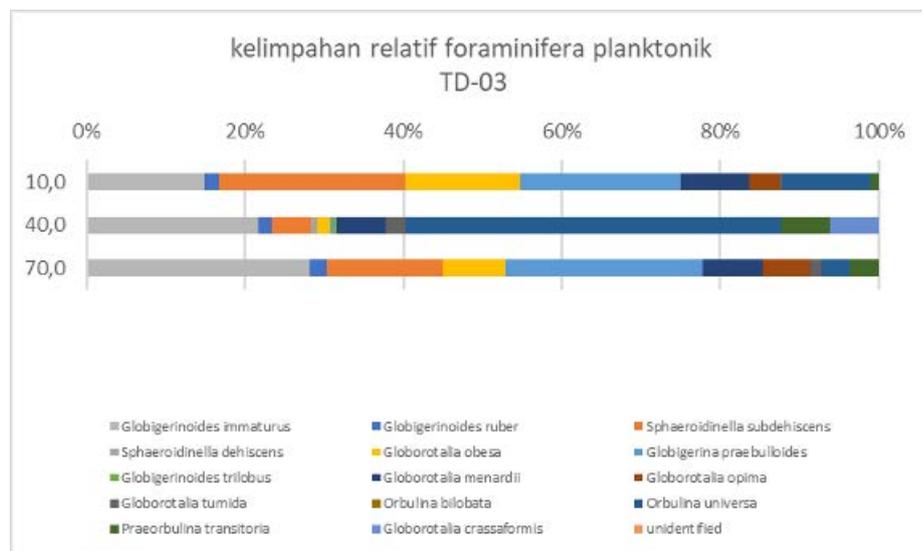
midwayensis, *Bathysiphon* sp., *Stilostomella annulifera*, *Ammodiscus latus*, *Caudammina gigantea*, *Cibicidoides lazanensis*, *Cibicidoides bradgi*, *Elphidium macellum*, *Stilostomella soluta*, *Margimulina obesa*, *Asterorotalia pulchella*, dan *Bulimina exilis*. Takson yang paling melimpah adalah *Bathysiphon* sp.

Di antara seluruh taksa foraminifera bentonik, terdapat taksa penciri batimetri yaitu *Pyrgo lucernula* dan *Pyrgo murhina* yang merupakan penciri lingkungan pantai; *Elphidium macellum* yang merupakan penciri daerah transisi; dan *Bathysiphon* sp. penciri laut dalam (Tipsword dr.,1966).

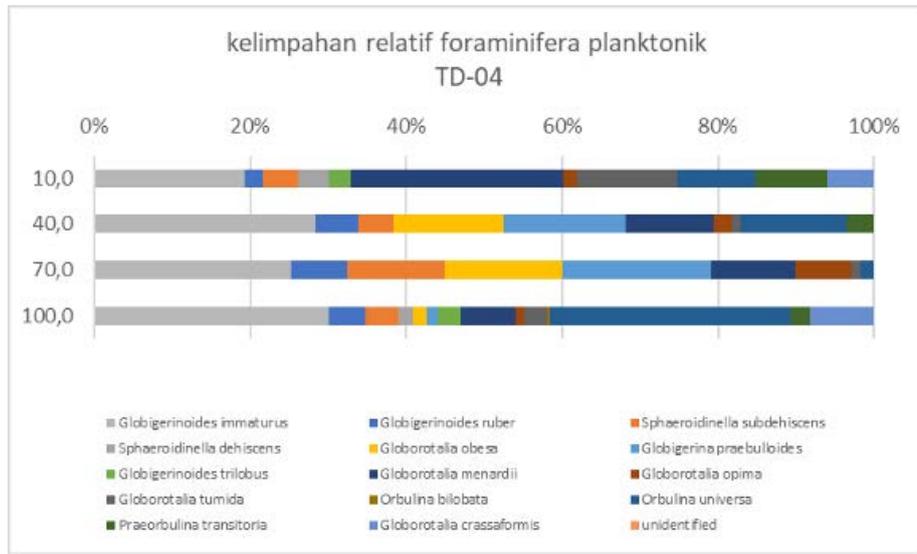
Sampel MB-01, TD-03, dan TD-04 seluruhnya diambil dari lokasi yang letaknya dekat dengan delta yang secara batimetri seharusnya berada pada kedalaman yang dangkal. Akan tetapi hasil analisis foraminifera bentonik menunjukkan kelimpahan yang dominan dari taksa penciri perairan yang lebih dalam. Ketidaksesuaian ini dapat terjadi dikarenakan foraminifera bentonik yang hidup di suatu kedalaman, kemudian mati sehingga cangkangnya mengendap, dan setelah itu tertransport ke daerah yang lebih dangkal. Berdasarkan hal tersebut, maka komunitas foraminifera bentonik yang terkandung dalam sedimen di daerah penelitian diinterpretasikan



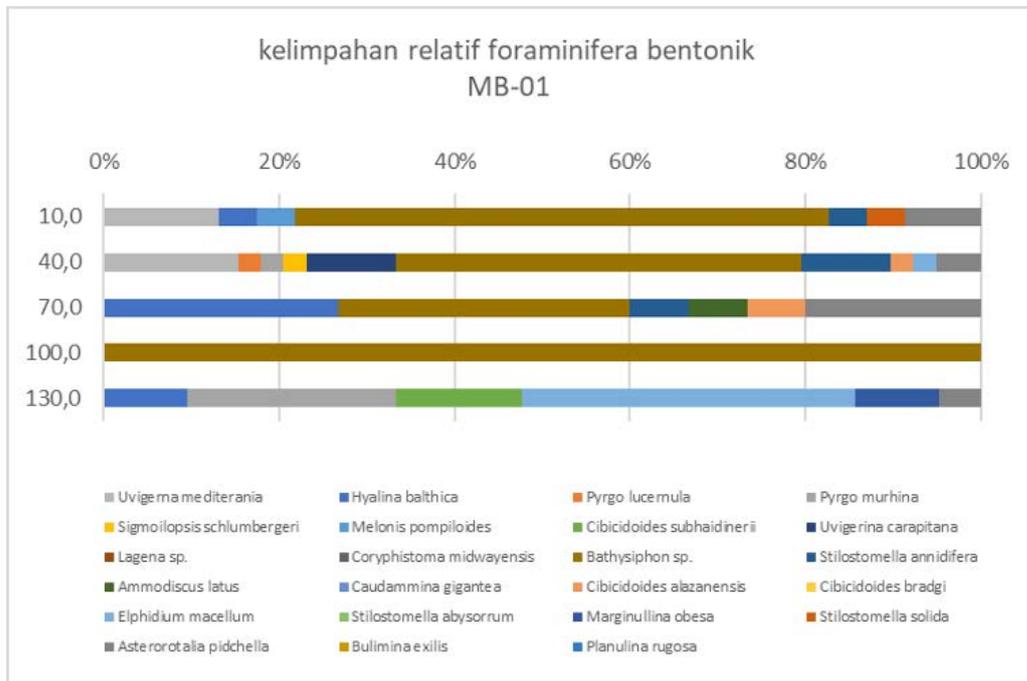
Gambar 3. Kelimpahan relatif foraminifera planktonik pada sampel MB-01. Taksa foraminifera yang paling melimpah pada tiap sampel antara lain *Globigerinoides immaturus*, *Globorotalia crassaformis*, *Globorotalia menardii*, dan *Orbulina universa*.



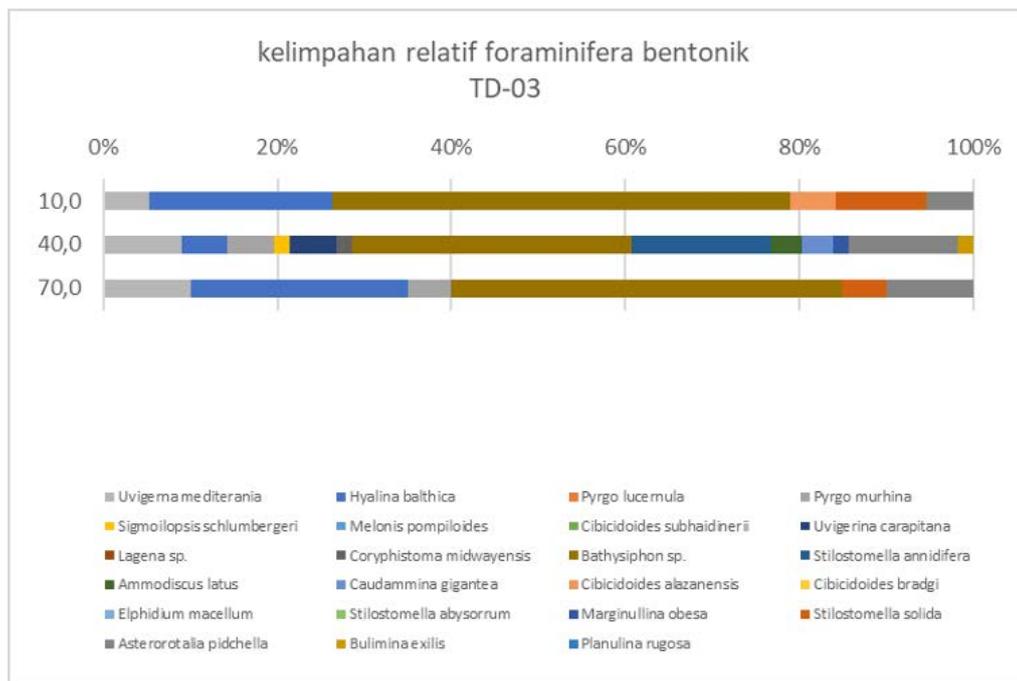
Gambar 4. Kelimpahan relatif foraminifera planktonik pada sampel TD-03. Taksa foraminifera planktonik yang paling melimpah antara lain *Globigerinoides immaturus*, *Globorotalia menardii*, dan *Sphaeroidinella subdehiscens*.



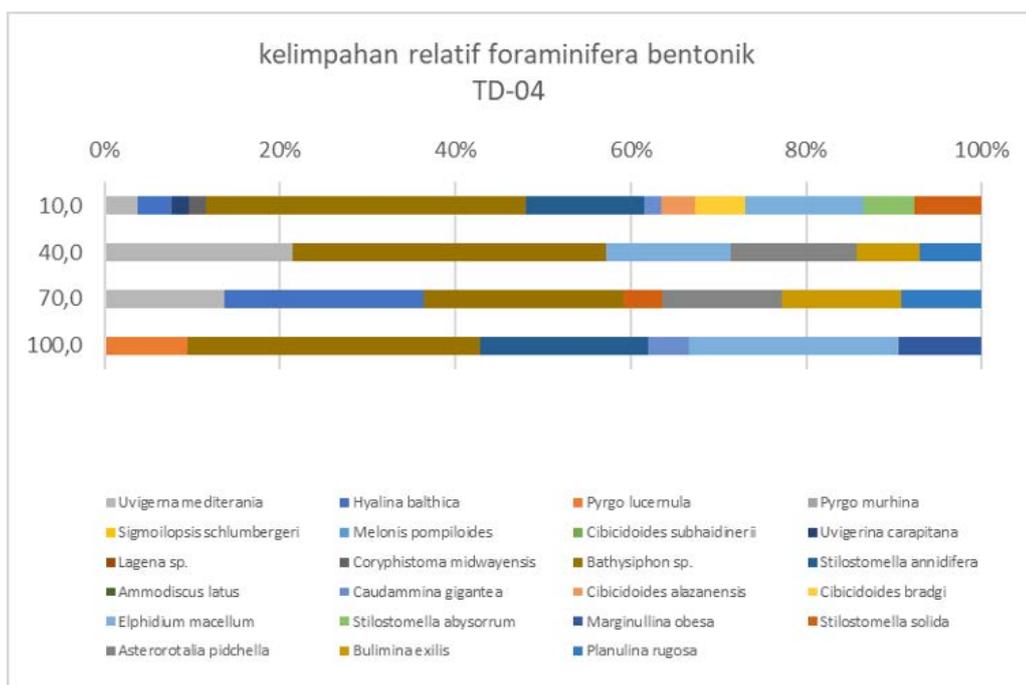
Gambar 5. Kelimpahan relatif foraminifera planktonik pada sampel TD-04. Taksa foraminifera yang paling melimpah antara lain *Globigerinoides immaturus*, *Globorotalia menardii*, *Globigerina praebulloides*, dan *Orbulina universa*.



Gambar 6. Kelimpahan relatif foraminifera bentonik pada sampel MB-01. Taksa foraminifera yang paling melimpah antara lain *Bathysiphon sp.*, *Uvigerina mediterania*, *Pyrgo murhina*, dan *Elphidium macellum*.



Gambar 7. Kelimpahan relatif foraminifera bentonik pada sampel TD-03. Taksa foraminifera yang paling melimpah antara lain *Bathysiphon sp.* dan *Hyalina balthica*.



Gambar 8. Kelimpahan relatif foraminifera bentonik pada sampel TD-04. Taksa foraminifera yang paling melimpah antara lain *Bathysiphon sp.*, *Hyalina balthica*, dan *Uvigerina mediterania*.

tidak mewakili komunitas asli perairan di mana sampel tersebut diambil, dikarenakan merupakan hasil transportasi dari tempat lain.

Pengaruh Proses Sedimentasi Terhadap Distribusi Foraminifera

Berdasarkan peta batimetri Laut Jawa, perairan Delta Wulan memiliki kedalaman 0 – 10 m (Marfai dr., 2016). Kondisi topografi dasar perairan yang dangkal dan rata menyebabkan transport sedimen oleh sungai akan

mengalami penumpukan pada bagian mulut sungai sehingga lama kelamaan menjadi delta. Aliran sungai yang membentuk Delta Wulan berasal dari Sungai Wulan yang memiliki dua cabang utama. Saat ini aliran sungai yang menuju ke laut hanya melewati satu aliran saja dikarenakan aliran lainnya dibendung oleh masyarakat untuk keperluan perikanan. Penutupan salah satu aliran sungai ini berdampak pada proses sedimentasi di delta.

Marfai dr. (2016) menyebutkan bahwa morfodinamika Delta Wulan ditandai dengan

pembentukan endapan gosong yang memanjang ke arah barat dari mulut Sungai Wulan. Pembentukan gosong pantai ini menyebabkan bentuk Delta Wulan yang awalnya menyerupai kaki burung (tipe *bird-foot*) perlahan mulai berubah dengan terbentuknya endapan gosong yang memanjang searah garis pantai dan melengkung ke dalam (*lobate*). Marfai dr. (2016) juga memprediksi morfologi Delta Wulan ini akan terus mengalami perubahan menjadi memanjang searah garis pantai di masa yang akan datang.

Proses perubahan bentuk Delta Wulan ini sangat erat kaitannya dengan proses sedimentasi khususnya dengan adanya pembentukan endapan gosong memanjang. Menurut Atmodjo dr. (2016a), endapan gosong memanjang mulai terbentuk akibat adanya kenaikan intensitas arus laut yang mentransport kembali material sedimen dari darat di muara sungai. Akibatnya terbentuk endapan dengan arah memanjang sejajar dengan garis pantai. Perubahan pola fasies sedimentasi di Delta Wulan menunjukkan pola progradasi akibat peningkatan suplai sedimen dari darat sehingga terjadi penurunan ruang akomodasi. Material sedimen yang menumpuk di muara kemudian tersapu oleh gelombang dari laut dan terbentuklah gosong memanjang pantai (Atmodjo dr., 2016b)

Pada penelitian ini, karakteristik sedimen menunjukkan pola mengkasar ke atas pada semua sampel, hal ini selaras dengan penelitian Atmodjo dr. (2016b) yang menyebutkan bahwa sedimen di Delta mengalami perubahan vertikal mengkasar ke atas. Pola tersebut merupakan salah satu penciri pola penumpukan sedimen progradasi. Selain itu, terdapat fragmen cangkang moluska dalam kondisi tafonomi terfragmentasi tinggi dan tersebar acak tanpa orientasi arah tertentu yang disebabkan oleh tingginya intensitas gelombang air laut yang mengangkut material sedimen di Delta Wulan. Namun pada sampel TB-03, cangkang moluska yang terkandung dalam sampel sedimen cenderung berbentuk lebih utuh daripada sampel lainnya. Hal ini disebabkan karena lokasi pengambilan sampel TB-03 yang berada di daerah laguna yang memiliki intensitas gelombang laut yang lebih rendah.

Distribusi foraminifera di semua sampel menunjukkan kelimpahan foraminifera planktonik yang jauh lebih dominan dari pada foraminifera bentonik. Foraminifera planktonik lebih banyak menempati wilayah perairan laut yang memiliki kondisi fisika-kimia yang stabil terutama karena mereka tidak tahan terhadap kondisi yang mengalami fluktuasi salinitas dan tingkat turbiditas yang tinggi (Bellier dr., 2010). Bellier dr. (2010) menambahkan bahwa produktivitas optimum foraminifera planktonik biasanya dijumpai di perairan yang jauh dari pantai, sedangkan foraminifera bentonik akan mendominasi perairan laut dangkal.

Beberapa taksa foraminifera bentonik penciri batimetri berhasil diidentifikasi, seperti *Pyrgo lucernula* dan *Pyrgo murhina* yang merupakan penciri lingkungan pantai; *Elphidium macellum* yang merupakan penciri daerah transisi; dan *Bathysiphon sp.* penciri laut dalam.

Keberadaan taksa penciri tersebut di perairan Delta Wulan menunjukkan bahwa mereka bukan berasal dari lingkungan delta yang kedalamannya cenderung dangkal (0-10 m), dan diinterpretasikan merupakan hasil pengendapan gosong memanjang pantai. Perbedaan intensitas energi pengendapan di depan gosong pantai dan di laguna berpengaruh terhadap sebaran fragmen cangkang moluska namun tidak berpengaruh terhadap pola distribusi foraminifera. Alasannya adalah karena perbedaan ukuran butir cangkang foraminifera dan moluska di mana cangkang foraminifera berukuran lebih kecil dari pada cangkang moluska, sehingga perbedaan energi pengendapan yang kecil tidak terlalu berpengaruh terhadap pola distribusi foraminifera.

KESIMPULAN

Distribusi foraminifera pada sampel sedimen yang diambil di berbagai lokasi di sekitar endapan gosong pantai Delta Wulan menunjukkan kelimpahan yang didominasi oleh jenis foraminifera planktonik. Taksa foraminifera planktonik yang ditemukan melimpah di seluruh sampel antara lain *Sphaeroidinella subdehiscens*, *Globorotalia menardii*, dan *Orbulina universa*. Taksa lainnya yang juga teridentifikasi banyak ditemukan di hampir semua sampel antara lain adalah *Sphaeroidinella dehiscens*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides trilobus*, dan *Globorotalia crassaformis*. Taksa tersebut merupakan kelompok foraminifera planktonik yang umum dijumpai secara melimpah di perairan laut daerah tropis. Sementara itu, takson foraminifera bentonik yang paling melimpah adalah *Bathysiphon sp.* Terdapat pula taksa penciri batimetri yaitu *Pyrgo lucernula* dan *Pyrgo murhina* yang merupakan penciri lingkungan pantai; *Elphidium macellum* yang merupakan penciri daerah transisi; dan *Bathysiphon sp.* penciri laut dalam.

Distribusi foraminifera pada sampel sedimen endapan gosong pantai Delta Wulan menunjukkan pola distribusi yang umum ditemukan di perairan laut dalam, padahal sampel sedimen yang dianalisis diambil di lokasi yang dangkal. Hal ini disebabkan cangkang foraminifera yang terkandung dalam sampel sedimen, kemungkinan berasal dari transportasi gelombang laut yang mengarah ke daratan dan terakumulasi di daerah penelitian.

Hasil analisis karakteristik sedimen di gosong pantai Delta Wulan menunjukkan, semakin ke atas, endapan sedimen memiliki ukuran butir yang semakin kasar. Pola penumpukan sedimen diidentifikasi sebagai pola progradasi yang mencerminkan perubahan proses sedimentasi akibat penurunan ruang akomodasi. Oleh sebab itu, material sedimen yang terakumulasi pada bagian depan delta terangkut kembali oleh gelombang dari laut menuju ke darat dengan arah pengendapan sejajar dengan garis pantai membentuk gosong memanjang pantai.

Proses sedimentasi tersebut diduga turut mengangkut sejumlah cangkang foraminifera dari lingkungan laut yang lebih dalam menuju ke daerah penelitian. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa pola

distribusi cangkang foraminifera di daerah penelitian dipengaruhi oleh proses pengendapan dalam pembentukan endapan gosong pantai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Hasan Tri Atmojo yang telah memberikan ijin penggunaan sampel sedimen. Terima kasih juga disampaikan kepada Alm. Irfan Cibaj sebagai pembimbing lapangan yang telah banyak memberikan nasihat dan inspirasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

- Armstrong, H.A. dan Brasier, M.D., 2005. *Microfossils*. Blackwell Publishing, Victoria, Australia, 2nd ed., 295 p.
- Atmojo, H.T., Rizal, A., Nauval, F., Sadewo, D.W., Hanendra, A., Nugroho, H., Kurniasih, A., dan Cibaj, I., 2016a. Gosong pantai Deposits in A Modern Fluvial-Dominated Delta: A Case Study from The Wulan Delta, Demak, Central Java, Indonesia. *Berita Sedimentologi*, 36, p. 44 – 65.
- Atmojo, H.T., Wicaksana, H.I., Rizal, A., Cibaj, I., Nugroho, H., dan Ralanarko, D., 2016b. 3D Modelling of Gosong pantai Deposit in Modern Fluvial Dominated Delta: Case Study of Wulan Delta, Demak, Central Java Province. *AAPG Proceedings, 12th Middle East Geosciences Conference and Exhibition 2016*, 51274.
- Bellier, J-P., Mathieu, R., dan Granier, B., 2010. Short Treatise on Foraminiferology (Essential on Modern and Fossil Foraminifera. *Online Manuscript*, www.foraminifera.eu.
- Boltovskoy, E. dan Wright, R.C., 1976. *Recent Foraminifera*. Springer Dordrecht, The Hague. 515 p.
- Fellowes, T.E., Gacutan, J., Harris, D.L., Vila-Concejo, A., Webster, J.M., dan Byrne, M., 2016. Patterns of Sediment Transport Using Foraminifera Tracers Across Sand Aprons on The Great Barrier Reef. *Journal of Coastal Research*, Vol. 33, 4, p. 864 – 873. doi: 10.2112/JCOASTRES-D-16-00082.1
- Gibson, T.G., 1989. Planktonic Benthonic Foraminiferal Ratios: Modern Patterns and Tertiary Applicability. *Marine Micropaleontology*, 15, 1-2, p. 29 – 52.
- Hartati, R., Zainuri, M., Endrawati, H., Widianingsih, W., Manuhuwa, B.A., dan Pribadi, R., 2021. Planktonic Foraminifera in The Seafloor of Wulan Estuary of Demak, Central of Java, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 919, 012002. doi: 10.1088/1755-1315/919/1/012002
- Kucera, M., WEinelt, M., Kiefer, T., Pflaumann, U., Hayes, A., Weinelt, M., Chen, M-T., Mix, A.Ac., Barrows, T.T., Cortijo, E., Duprat, J.M., Juggins, S., Waelbroeck, C., 2005. Reconstruction of Sea-Surface Temperatures from Assemblages of Planktonic Foraminifera: Multi-Technique Approach Based on Geographically Constrained Calibration Datasets and Its Application to Glacial Atlantic and Pacific Oceans. *Quaternary Science Reviews*, 24, p. 951 – 998. doi: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.07.014>
- Kurniasih, A., Nugroho, S.H., dan Setyawan, R., 2017. Marine Ecology Conditions at Weda Bay, North Maluku Based on Statistical Analysis on Distribution of Recent Foraminifera. *MATEC Web Conf. Sriwijaya International Conference on Engineering, Science and Technology (SICEST 2016)*, Vol. 101, 04014. Doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710104014>
- Manuhuwa, B.A., Hartati, R., dan Endrawati, H., 2021. Analisis P/B Rasio Foraminifera di Perairan Delta Wulan, Demak, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, Vol. 10, 1, h. 23 – 28. doi: 10.14710/jmr.v10i1.27883
- Marfai, M.A., Tyas, D.W., Nugraha, I., Ulya, A.F., dan Riasasi, W., 2015. The Morphodynamics of Wulan Delta and Its Impacts on The Coastal Community in Wedung Subdistrict, Demak Regency, Indonesia. *Journal of Environmental Protection*, 7, p. 60 – 71. doi: <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2016.71006>
- Morkhoven, F.P.C.M., Berggren, W.A., dan Edward, A.S., 1986. *Cenozoic Cosmopolitan Deep-water Benthic Foraminifera*. Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine Memoire, France. 421 p.
- Murray, J.W., 2006. *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press, England. 426 p.
- Natsir, S.M., Dewi, K.T., Ardhyastuti, S., 2017. Keterkaitan Foraminifera dan Kedalaman Perairan Sebelah Tenggara Pulau Seram, Maluku. *Jurnal Geologi Kelautan*, Vol. 15, 2, h. 73 – 79.
- Nugroho, S.H., Zaim, Y., Yulianto, E., Rizal, Y., Kurniasih, A., Putra, P.S., Wibowo, S.P.A., dan Amar, 2021. A Preliminary Study in Vertical Distribution of Planktonic Foraminifera and Marine Ecological Conditions of Simeulue Sub-Basin, Aceh, Indonesia. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, Vol. 72, p. 137 – 149. doi: <https://doi.org/10.7186/bgsm72202111>
- Postuma, J.A., 1971. *Manual of Planktonic Foraminifera*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam. 422 p.
- Valchev, B., 2003. On The Potential of Small Benthic Foraminifera as Paleoecological Indicators: Recent Advances. *50 Years University of Mining and geology "St. Ivan Rilski" Annual*, Vol. 46, I, p. 189 – 194.

Tipword, H.L., Setzer, F.M., dan Smith, F.L. Jr., 1966.
Interpretation of Depositional Environment in Gulf
Coast Petroleum from Paleocology and Related

Stratigraphy. *Gulf Coast Association of Geological
Societies Transactions*, Vol. 16, p. 119 – 130.