



**Bulletin of Scientific Contribution
GEOLOGY**

**Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN**

homepage: <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X



Volume 17, No.1
April 2022

**REKONSTRUKSI IKLIM PURBA KALA MIOSEN TENGAH HINGGA MIOSEN AKHIR
BERDASARKAN DATA KUMPULAN FORAMINIFERA PLANKTONIK SUMUR-A1 PADA
ZONA MANDALA REMBANG, CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA**

Evan Faiz Danendra*, Lia Jurnaliah, Winantris

Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran
Jln. Raya Bandung-Sumedang Km. 21. Jatinangor
Kab. Sumedang 45363. Jawa Barat

*Korespondensi: evan18001@mail.unpad.ac.id

ABSTRACT

Foraminifera are microscopic organisms that have various functions in micropaleontological and biostratigraphic studies. The study focuses on the usage of planktonic foraminifera in reconstructing the paleoclimate of Well-A1 in the Mandala Rembang Zone, North East Java Basin. The study used 40 drilling samples from a depth range of 168 to 1116 feet. Quantitative calculations based on individual abundance were carried out on samples that had been prepared by mechanical and chemical methods. Paleoclimate reconstruction refers to the classification of species that characterize the Indo-Pacific climate during the Middle Miocene to Late Miocene and presented in Spezzaferri's climate graph. The results of the study revealed that during the Middle Miocene to Late Miocene, the Mandala Rembang Zone, North East Java Basin, had 8 climate zones which all showed a warm climate with indications of warming and/or cooling as the result of Middle Miocene Climate Transition (MMCT), the development of the East Antarctic Ice Sheet (EAIS) and the cooling of Antarctic, and Antarctic's thermal isolation.

Keywords: Planktonic Foraminifera, North East Java Basin, Paleoclimate Reconstruction

ABSTRAK

Foraminifera merupakan organisme mikroskopis yang memiliki berbagai fungsi dalam studi mikropaleontologi dan biostratigrafi. Penelitian berfokus pada pemanfaatan foraminifera planktonik dalam merekonstruksi iklim purba dari Sumur-A1 pada Zona Mandala Rembang, Cekungan Jawa Timur Utara. Penelitian menggunakan 40 sampel hasil pengeboran yang berasal dari rentang titik kedalaman 168 hingga 1116 kaki. Perhitungan kuantitatif berdasarkan kelimpahan individu dilakukan terhadap sampel yang telah dipreparasi dengan metode mekanik dan kimiawi. Rekonstruksi iklim purba mengacu pada pengelompokan spesies peciri iklim Indo-Pasifik kala Miosen Tengah hingga Miosen Akhir dan disajikan dalam grafik iklim Spezzaferri. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa pada kala Miosen Tengah hingga Miosen Akhir, Zona Mandala Rembang, Cekungan Jawa Timur Utara, memiliki 8 zona iklim yang seluruhnya menunjukkan iklim hangat dengan indikasi penghangatan dan/atau penyejukan sebagai dampak dari peristiwa iklim global *Middle Miocene Climate Transition* (MMCT), semakin berkembangnya *East Antarctic Ice Sheet* (EAIS) dan semakin mendinginnya Antartika, serta *Antarctic's Thermal Isolation*.

Kata Kunci: Foraminifera Planktonik, Cekungan Jawa Timur Utara, Rekonstruksi Iklim Purba

PENDAHULUAN

Berdasarkan *National Research Council* (NRC) dalam Perdinan dkk. (2017), iklim merupakan suatu tatanan atau sistem yang berhubungan dengan proses fisika, kimia, dan biologi yang terjadi pada komponen atmosfer, litosfer, hidrosfer, dan biosfer. Sistem tersebut menggambarkan suatu rerata kondisi cuaca yang terjadi di suatu titik pada rentang waktu tertentu. Menurut Shaltami dkk. (2010), iklim

sangat rentan mengalami perubahan karena adanya faktor internal dan eksternal bumi. Hal tersebut menyebabkan tindakan prediktif terhadap iklim di masa yang akan datang perlu dilakukan sebagai suatu bentuk langkah preventif. Untuk memprediksi iklim masa depan, diperlukan langkah rekonstruksi terhadap iklim purba (paleoklimat) pada suatu rentang waktu geologi tertentu. Langkah rekonstruksi tersebut dapat

dilakukan dengan menggunakan data kumpulan foraminifera planktonik karena persebarannya yang dipengaruhi oleh posisi garis lintang dan kelimpahannya bergantung pada kondisi fisik dari suatu kolom air (Kontakiotis dkk., 2018).

Lokasi penelitian terletak pada suatu sumur produktif di Zona Mandala Rembang, Cekungan Jawa Timur Utara, yaitu Sumur-A1 (Gambar 1.). Menurut Van Bemmelen (1949) dalam Prihutama dkk. (2018), Cekungan Jawa Timur Utara termasuk kedalam Zona Mandala Rembang dan tersusun atas dua belas formasi yang berentang umur Eosen Tengah hingga Pleistosen. Adapun Sumur-A1 hanya melewati dua buah formasi, yaitu Formasi Wonocolo, tersusun atas litologi batupasir gampingan, batugamping pasir dan batulempung, serta Formasi Ngrayong, tersusun atas litologi sisipan batupasir kuarsa, batulempung pasir, dan batugamping orbitoid. Kedua formasi tersebut menunjukkan rentang umur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir (Gambar 2.).

Lokasi ini dipilih karena menurut penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh "LEMIGAS", Sumur-A1 memiliki kelimpahan dan keragaman foraminifera planktonik tinggi dengan jumlah individu per kedalaman cenderung fluktuatif. Hal tersebut diduga disebabkan karena adanya pengaruh iklim selama keterbentukan formasi-formasi batuan yang menyusun Sumur-A1.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan sampel hasil pengeboran sebanyak 40 sampel yang berasal dari rentang kedalaman 168 hingga 1116 kaki. Seluruh sampel tersebut kemudian dipreparasi dengan dua langkah umum, yaitu penumbukan yang berfungsi untuk menghaluskan sampel sedimen serta penambahan zat kimia berupa larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) ke sampel hasil tumbukan yang berfungsi untuk memisahkan komponen dan matriks batuan sedimen yang masih menempel dengan fosil (Hodgkinson, 1991).

Seluruh sampel yang telah dipreparasi kemudian diamati di bawah mikroskop binokuler serta dilakukan langkah penjentikan dan determinasi terhadap minimal 200 individu yang dianggap representatif sebagai langkah perhitungan kuantitatif (Phleger, 1965). Identifikasi dan determinasi spesies foraminifera planktonik dilakukan dengan mengamati kenampakan fisiknya, seperti bentuk dan tekstur dinding cangkang, susunan dan sumbu putar kamar, jumlah dan bentuk kamar, letak dan bentuk apertur primer dan apertur sekunder, serta ornamentasi tambahan apabila ditemukan. Penamaan spesies foraminifera planktonik

mengacu pada standar Blow (1969) dengan sistem penamaan trinomial.

Penentuan zona dan rekonstruksi iklim mengacu pada pengelompokan spesies penciri iklim Indo-Pasifik kala Miosen Tengah hingga Miosen Akhir standar Kennett dkk. (1985) yang terbagi atas 4 (empat) kelompok: *tropical*, *warm-subtropical*, *transitional-temperate*, dan *subantarctic*. Berdasarkan spesies penciri iklim yang ditemukan, kelompok penciri iklim dibagi menjadi 2 (dua), yaitu kelompok spesies penciri iklim hangat dan kelompok spesies penciri iklim sejuk (Tabel 1 dan Gambar 3-5). Kelompok-kelompok tersebut kemudian dipersentasekan dan dituangkan kedalam grafik iklim yang mengacu pada Spezzaferri (1995). Grafik ini terdiri atas dua bagian, yaitu grafik persen kelimpahan kelompok iklim yang menunjukkan dominansi spesies penciri iklim per kedalaman dan grafik persen kumulatif kelompok iklim yang menunjukkan peningkatan dan penurunan persentase spesies penciri iklim dan spesies lainnya dalam kumpulan per kedalaman. Kedua grafik tersebut membentuk grafik ketiga, yaitu grafik perubahan iklim, dimana zona iklim dapat diinterpretasi dan ditentukan. Grafik ini dapat ditentukan dari hasil pengurangan antara persentase spesies iklim hangat dengan iklim sejuk. Berdasarkan grafik ketiga, apabila hasil grafik berada di atas garis tengah (nilai 0) maka dapat disimpulkan iklim pada suatu rentang geologi tersebut menunjukkan iklim hangat dan begitu pun sebaliknya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil identifikasi dan determinasi terhadap 9155 individu foraminifera planktonik yang berasal dari 40 sampel dengan kedalaman yang berbeda, diperoleh 48 spesies. Dari hasil analisis terhadap spesies penciri iklim hangat, sejuk, dan kelompok lainnya dalam kumpulan, kawasan penelitian dapat dibagi ke dalam 8 (delapan) zona iklim (Gambar 6.), yaitu:

a. Zona I (Miosen Tengah)

Pada zona ini, spesies iklim hangat mengalami penurunan sebesar 8.91%, spesies iklim sejuk mengalami peningkatan sebesar 8.96%, dan spesies lainnya dalam kumpulan yang cenderung mengalami penurunan sebesar 0.05%. Zona ini memiliki rentang nilai perubahan iklim 16.02-33.89. Zona I diinterpretasikan memiliki iklim hangat yang mengalami penyejukan seiring mendekati akhir zona.

b. Zona II (Miosen Tengah)

Berbeda dengan Zona sebelumnya, Zona II cenderung mengalami peningkatan spesies iklim hangat sebesar 16.23% dan

penurunan spesies iklim sejuk sebesar 12.32%, sementara spesies lainnya dalam kumpulan cenderung mengalami fluktuasi dengan peningkatan sebesar 7.43% di awal hingga tengah zona dan penurunan sebesar 11.34% di akhir zona. Zona II memiliki rentang nilai perubahan iklim 16.02-44.57 dan diinterpretasikan cenderung mengalami iklim hangat yang mengalami penghangatan secara drastis seiring mendekati akhir zona.

c. Zona III (Miosen Tengah)

Zona ini dicirikan dengan spesies iklim hangat yang mengalami penurunan sebesar 16.56% dan spesies iklim sejuk yang cenderung mengalami fluktuasi dengan peningkatan sebesar 16.39% di awal hingga tengah zona dan penurunan sebesar 12.21% di akhir zona. Spesies lainnya dalam kumpulan juga mengalami fluktuasi dengan penurunan persentase sebesar 11.39% di awal hingga tengah zona yang dilanjutkan dengan peningkatan persentase sebesar 25.77% di akhir zona. Zona ini memiliki rentang nilai perubahan iklim 21.83-44.57 dengan karakteristik iklim hangat yang cenderung mengalami penyejukan seiring mendekati akhir zona.

d. Zona IV (Miosen Tengah)

Zona IV dicirikan dengan kecenderungan spesies iklim hangat yang meningkat sebesar 9.68%, spesies iklim sejuk yang menurun sebesar 4.93%, dan spesies lainnya dalam kumpulan yang menurun dengan persentase 4.75%. Zona IV memiliki rentang nilai perubahan iklim 21.83-36.45 dan diinterpretasikan memiliki iklim hangat yang mengalami penghangatan seiring mendekati akhir zona.

e. Zona V (Miosen Tengah)

Zona ini memiliki ciri spesies iklim hangat yang cenderung mengalami peningkatan sebesar 7.94% dan spesies iklim sejuk yang juga mengalami peningkatan sebesar 8.54%. Spesies lainnya dalam kumpulan cenderung mengalami penurunan dengan persentase 16.47%. Zona ini memiliki rentang nilai perubahan iklim 29.83-37.40 dan diinterpretasikan memiliki iklim hangat dengan indikasi penyejukan seiring mendekati akhir zona.

f. Zona VI (Miosen Tengah)

Pada zona ini, spesies iklim hangat dan sejuk cenderung mengalami penurunan sebesar 14.04% untuk spesies iklim hangat dan 1.39% untuk spesies iklim sejuk, sementara spesies lainnya dalam kumpulan cenderung mengalami peningkatan sebesar 15.43%. Zona VI memiliki rentang nilai perubahan iklim 23.20-35.85. Zona ini diinterpretasikan

memiliki iklim hangat dengan indikasi penyejukan seiring mendekati akhir zona.

g. Zona VII (Miosen Tengah-Miosen Akhir)

Zona VII terletak pada transisi Miosen Tengah dengan Miosen Akhir dan memiliki karakteristik spesies iklim hangat yang mengalami peningkatan sebesar 8.59% dan spesies iklim sejuk yang mengalami penurunan sebesar 11.81%. Spesies lainnya dalam kumpulan mengalami kecenderungan peningkatan sebesar 3.22%. Zona VII memiliki rentang nilai perubahan iklim 23.21-43.61 dan diinterpretasikan memiliki iklim hangat yang semakin mengalami penghangatan secara drastis seiring mendekati akhir zona.

h. Zona VIII (Miosen Akhir)

Zona VIII merupakan satu-satunya zona iklim yang seluruhnya terletak di kala Miosen Akhir. Zona ini memiliki karakteristik spesies iklim hangat dan sejuk yang cenderung meningkat sebesar 11.79% untuk spesies iklim hangat dan 8.45% untuk spesies iklim sejuk, sementara spesies lainnya dalam kumpulan mengalami penurunan sebesar 20.24%. Zona ini memiliki rentang nilai perubahan iklim 43.56-46.95 dan dapat diinterpretasikan memiliki iklim hangat dengan indikasi penghangatan seiring mendekati akhir zona.

Berdasarkan grafik perubahan iklim pada Gambar 6 dan rincian dari setiap zona iklim, dapat diketahui bahwa kawasan penelitian selalu berada pada kondisi iklim hangat namun memiliki indikasi penghangatan dan/atau penyejukan di beberapa titik. Indikasi penghangatan dan/atau penyejukan ini dapat terlihat dari karakteristik spesies iklim hangat, sejuk, dan kelompok lainnya dalam kumpulan yang mengalami fluktuasi jumlah di setiap kedalamannya. Adanya penghangatan atau penyejukan di kawasan penelitian dipengaruhi oleh beberapa peristiwa iklim global yang terjadi, yaitu *Middle Miocene Climate Transition* (MMCT), semakin berkembangnya *East Antarctic Ice Sheet* (EAIS), dan *Antarctic's Thermal Isolation*.

Peristiwa MMCT terjadi pada kala Miosen Tengah bagian awal hingga tengah dan dapat dikorelasikan dengan Zona Iklim I dan II. Hal ini dikarenakan adanya kesesuaian karakteristik kedua zona iklim tersebut dengan kondisi iklim global menurut Sosdian & Lear (2020), yaitu iklim hangat yang mengalami penyejukan akibat mulai berkembangnya EAIS dengan sedikit fluktuasi penghangatan di akhir peristiwa MMCT.

Zona Iklim III hingga VI dapat dikorelasikan dengan peristiwa iklim global semakin berkembangnya EAIS dan semakin mendinginnya Antartika yang terjadi pada kala Miosen Tengah bagian tengah hingga akhir. Hal ini didasari oleh adanya kesamaan karakteristik zona-zona iklim tersebut dengan kondisi iklim global menurut Flower & Kennett (1994), yaitu iklim hangat mengalami penyejukan secara drastis. Peristiwa iklim global terakhir yang mempengaruhi kondisi iklim purba Cekungan Jawa Timur Utara adalah *Antarctic's Thermal Isolation* yang terjadi pada transisi Miosen Tengah dengan Miosen Akhir hingga Miosen Akhir bagian awal. Peristiwa iklim global ini dapat dikorelasikan dengan zona iklim VII dan VIII karena adanya kesamaan karakteristik, yaitu iklim hangat mengalami penghangatan secara drastis (Loutit dkk., 1983).

KESIMPULAN

Berdasarkan interpretasi terhadap 8 (delapan) zona iklim berentang Miosen Tengah hingga Miosen Akhir, kawasan penelitian, yaitu Sumur-A1 yang terletak di Zona Mandala Rembang, Cekungan Jawa Timur Utara, selalu memiliki iklim yang hangat dengan beberapa indikasi penghangatan dan/atau penyejukan. Penghangatan dan/atau penyejukan yang terjadi pada kawasan penelitian di-pengaruhi oleh beberapa peristiwa iklim global, seperti *Middle Miocene Climate Transition* (MMCT), semakin berkembangnya *East Antarctic Ice Sheet* (EAIS) dan Antartika yang semakin mendingin, serta *Antarctic's Thermal Isolation*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran dan Badan Layanan Umum Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS" atas dukungan dan bantuannya dalam penelitian ini, serta Bapak Abdul Kholiq yang telah terlibat dalam proses penyusunan selama berada di "LEMIGAS".

REFERENSI

Blow, W. J., 1969. *Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy*. Proceedings of the First International Conference of Planktonic Microfossils. Geneva.

Flower, B. P., & Kennett, J. P. (1994). *The middle Miocene climatic transition: East Antarctic ice sheet development, deep ocean circulation and global carbon cycling*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 108(3-4), 537-555.

[https://doi.org/10.1016/0031-0182\(94\)90251-8](https://doi.org/10.1016/0031-0182(94)90251-8).

Hodgkinson, R. L. (1991). Microfossil processing; a damage report. *Micropaleontology*, 37(3), 320-326.

Kennett, J. P., Keller, G., & Srinivasan, M. S. (1985). *Miocene planktonic foraminiferal biogeography and paleoceanographic development of the Indo-Pacific region*. *Memoir of the Geological Society of America*, 163(1), 197-236.

Kontakiotis, G., Efstathiou, E., Zarkogiannis, S. D., Besiou, E., & Antonarakou, A. (2021). *Latitudinal differentiation among modern planktonic foraminiferal populations of central Mediterranean: Species-specific distribution patterns and size variability*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(5).
<https://doi.org/10.3390/jmse9050551>

Loutit, T. S., Kennett, J. P., and Savin, S. M., 1983b, *Miocene equatorial and Southwest Pacific palaeoceanography from stable isotope evidence: Marine Micropaleontology*, v. 8, n. 3, p. 215-233.

Perdian; Atmaja, Tri; Adi, Ryco. (2017). *Perkembangan Studi Kerentanan, Risiko, Dampak, dan Adaptasi Perubahan Iklim: Tantangan dan Peluang*. Direktorat Adaptasi Perubahan Iklim, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

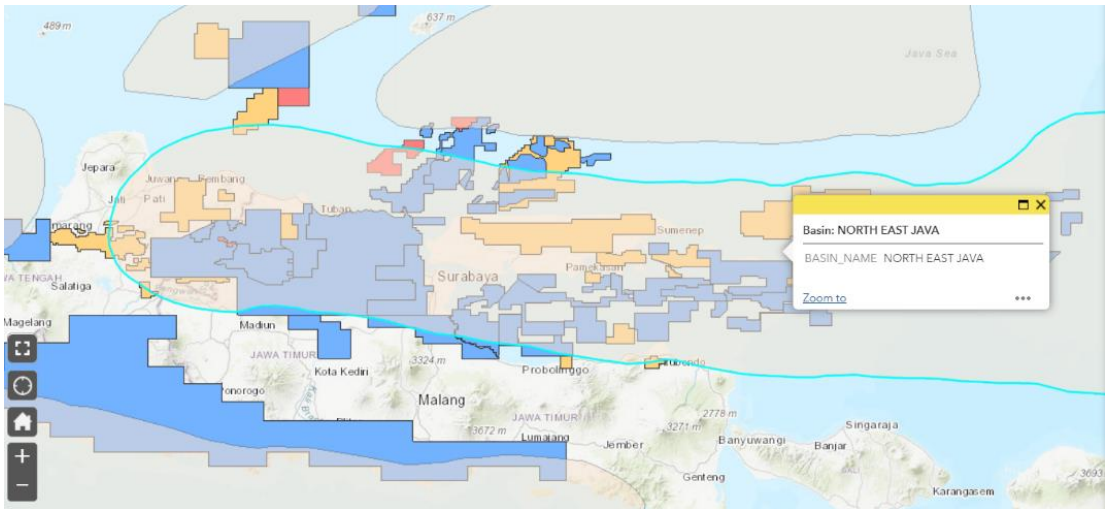
Phleger, Fred B. 1965. *Ecology and Distribution of Recent Foraminifera*. The John Hopkins Press: Baltimore 1965.

Prihutama, Faiz., Danistya, Alfiz. & Widada, Sugeng. (2018). *Pbb-1 Karakteristik Geologi Dan Skenario Reservoir Hidrokarbon Sebagai Rencana Pengembangan Zona Prospek Lapangan "Tesseract" Cekungan Jawa Timur Utara Pada Zona Rembang, Jawa Timur*.

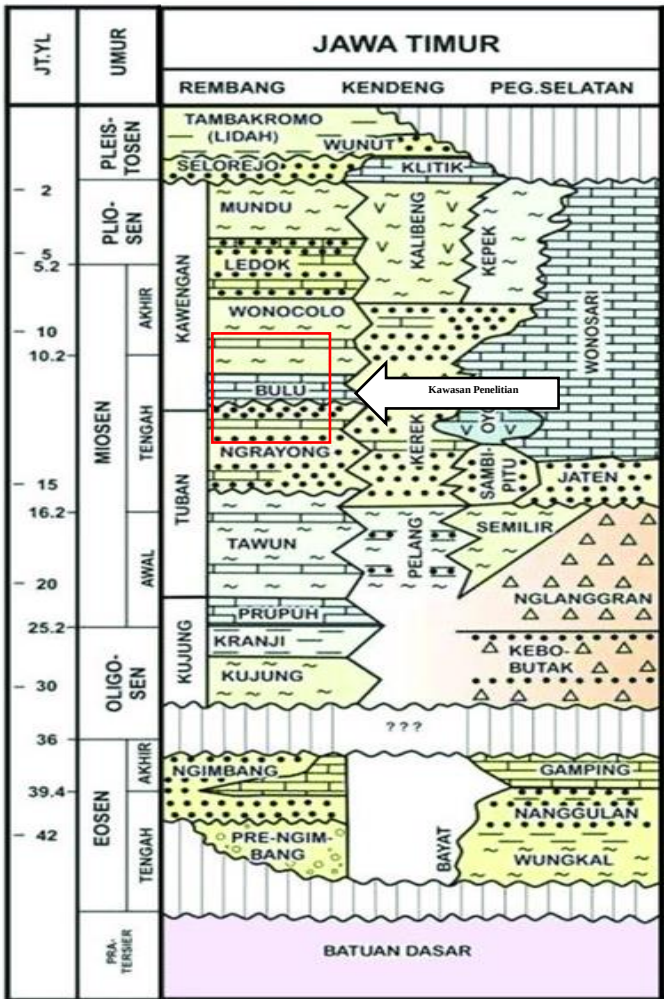
Shaltami, O. R., Siasia, G. D., Fernandez, M., & Fares, F. F. (2020). *Paleoclimatology – A review 3 rd International Symposium on Paleoclimatology 27 th July 2020 Proceeding Book. August*.

Sosdian, S. M., & Lear, C. H. (2020). *Initiation of the Western Pacific Warm Pool at the Middle Miocene Climate Transition*. *Palaeoceanography and Paleoclimatology*, 35(12), 0-2.
<https://doi.org/10.1029/2020PA003920>

Spezzaferri, S. (1995). *Planktonic foraminiferal paleoclimatic implications across the Oligocene-Miocene transition in the oceanic record (Atlantic, Indian and South Pacific)*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 114(1), 43-74.



Gambar 1. Peta lokasi Cekungan Jawa Timur Utara beserta blok-blok produksi (ditandai oleh warna biru) dan eksplorasi (ditandai warna kuning) yang telah dilakukan (Geoportal ESDM, 2019)



Gambar 2. Kolom stratigrafi Zona Mandala Rembang (Prasetyadi, 2007)



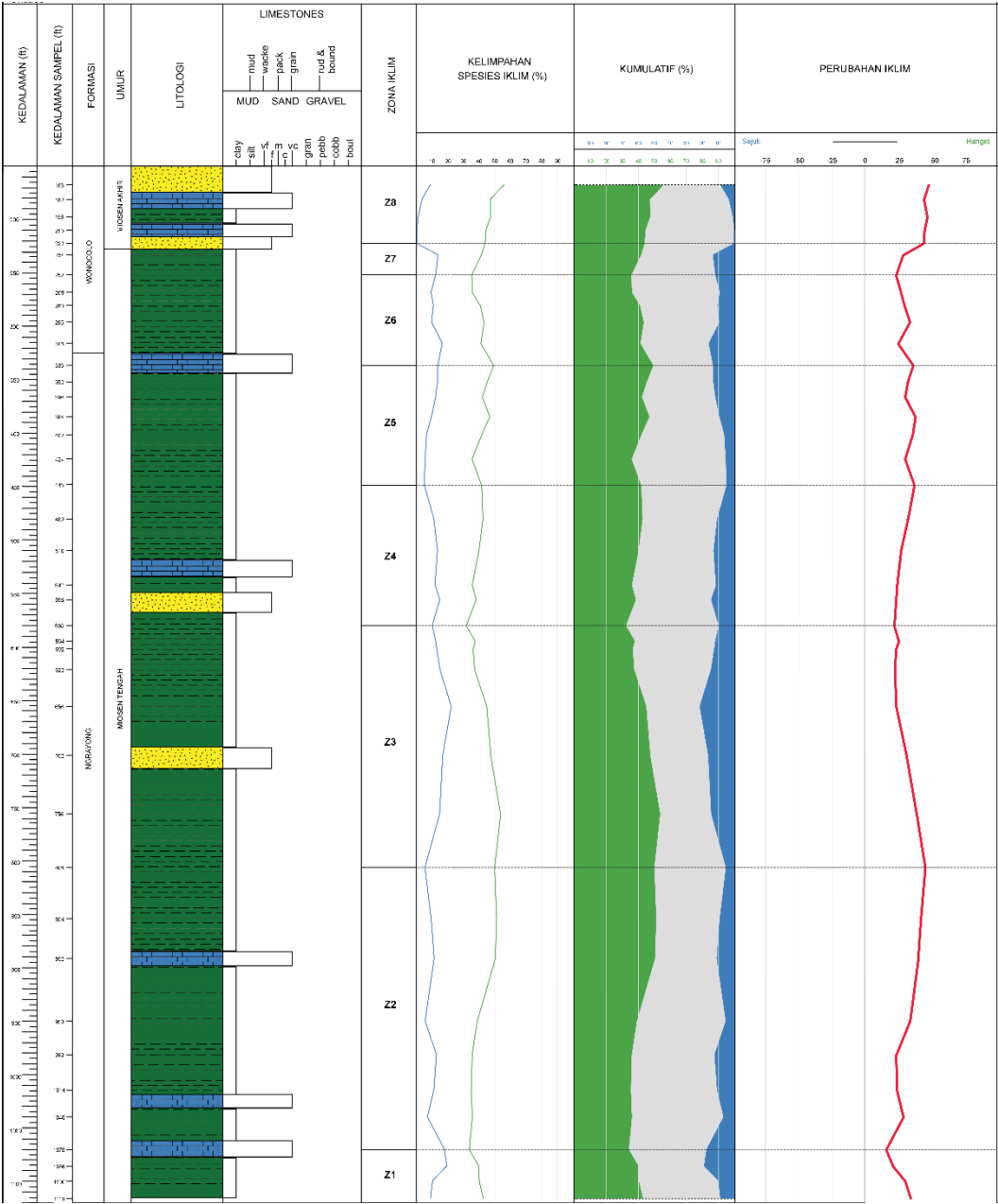
Gambar 3. Foraminifera planktonik penciri iklim hangat dan sejuk untuk zona umur N11 (Miosen Tengah)



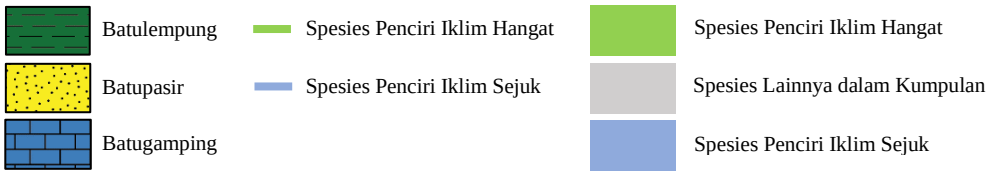
Gambar 4. Foraminifera planktonik penciri iklim hangat dan sejuk untuk zona umur N12-N14 (Miosen Tengah)



Gambar 5. Foraminifera planktonik penciri iklim hangat dan sejuk untuk zona umur N15-N16 (Miosen Akhir)



Keterangan



Gambar 6. Grafik kelimpahan kelompok spesies iklim, kumulatif, dan perubahan iklim Sumur-A1, Cekungan Jawa Timur Utara

Tabel 1. Kelompok iklim spesies foraminifera planktonik kawasan penelitian pada rentang Miosen Tengah hingga Miosen Akhir modifikasi (Kennett dkk., 1985)

Umur	Skala Waktu Radiometri (Juta Tahun Lalu)	Kesebandingan Zona Umur (Blow, 1969)	Spesies Penciri Iklim Hangat	Spesies Penciri Iklim Sejuk
Miosen Akhir	9.0-10.0	N15-N16	<i>Globigerinoides spp.</i>	<i>Globigerina bulloides</i>
			<i>Globorotalia menardii</i>	
			<i>Globoquadrina altispira</i>	
			<i>Globorotalia acostaensis</i>	
			<i>Globigerina nepenthes</i>	
			<i>Globigerina venezuelana</i>	
Miosen Tengah	11.0-12.5	N12-N14	<i>Globigerinoides spp.</i>	<i>Globorotalia mayeri</i>
			<i>Globorotalia siakensis</i>	<i>Globigerina decoraperta</i>
			<i>Globorotalia menardii</i>	<i>Globigerina praebulloides</i>
			<i>Globoquadrina altispira</i>	<i>Globigerina woodi</i>
			<i>Globigerina venezuelana</i>	<i>Globorotalia continuosa</i>
	14-15.5	N11	<i>Globigerinoides spp.</i>	<i>Globorotalia mayeri</i>
			<i>Globorotalia siakensis</i>	<i>Globorotalia miozea</i>
			<i>Globoquadrina altispira</i>	<i>Globorotalia druryi</i>
			<i>Globorotalia fohsi peripheroacuta</i>	<i>Globigerina praebulloides</i>
			<i>Globigerina venezuelana</i>	<i>Globigerina woodi</i>