

Perubahan Iklim Formasi Sentolo pada Kala Miosen Awal- Pliosen di Jalur Kali Serang, Nanggulan, Kulon Progo

Apriko Yudhan Alansyah¹, Mohammad Nadhip², Muhamad Erlandi², Sandi Kurniawan², Al Hussein Flowers Rizqi², Bernadeta Subandini Astuti², Supandi²

¹ Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

² Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : alhussein@sttnas.ac.id

ABSTRAK

Daerah penelitian termasuk dalam Fisiografi Pegunungan Kulon Progo sebelah selatan, tepatnya di Kali Serang, Kec. Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola perubahan iklim purba pada formasi Sentolo bagian tengah yang digunakan untuk mengkorelasikan iklim purba pada Formasi Sentolo bagian atas pada peneliti terdahulu. Hasil data lapangan yang diperoleh pada lokasi penelitian terdapat 2 fasies *packstone* dan *grainstone* yang termasuk dalam satuan batugamping bioklastika dengan ketebalan 30m. Identifikasi mikrofosil dengan sampel (*top, middle, bottom*) didapatkan beberapa jenis spesies fosil foraminifera bentonik berjumlah 89 dan planktonik berjumlah 79. Hasil dari penarikan umur relatif pada formasi sentolo pada penelitian ini kisaran N13-N14 (Miosen Tengah). Berdasarkan perhitungan *p/b rasio* untuk penentuan lingkungan pengendapan berada di Neritik Tengah – Neritik Luar. Dalam perhitungan presentase perhitungan fosil penciri suhu hangat (*Globigerinoides spp., orbuliniforms, Globorotalia menardi, Globorotalia praemenadri, globigerina venezuelana, Globoquadrina dehiscens, Globoquadrina praedehiscens, Globigerinella obesa, Globorotalia siakensis*) dan dingin (*Catapsydrax, globigerina woodi, Globorotalia scitula, Globigerrina spp., Globorotaloides*). Memasuki lingkungan pengendapan Neritik Luar, iklim secara gradual semakin mendingin ditandai dengan jumlah fosil penciri suhu dingin yang meningkat. Penentuan perubahan pola iklim purba pada lokasi daerah penelitian menggunakan analisis kelimpahan foraminifera planktonik penciri suhu hangat dan dingin pada daerah studi terdapat satu pola perubahan temperatur, yaitu fase mendingin. Fase mendingin diawali pada N13 – N14 suhu semakin mendingin dengan kedalaman laut semakin mendalam terjadi di daerah penelitian pada lingkungan pengendapan Neritik Tengah – Neritik Luar.

Kata kunci: Foraminifera, Iklim Purba, Formasi Sentolo

ABSTRACT

The research area is included in the Physiography of the Kulon Progo Mountains to the south, in Kali Serang, Kec. Nanggulan, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta. This study aims to determine the pattern of ancient climate change in the middle Sentolo formation, which is used to correlate the ancient climate in the upper Sentolo formation to previous researchers. The results of the field data obtained at the study site were two facies, *packstone* and *grainstone*, which are included in the bioclastic limestone unit with a thickness of 30m. Identifying microfossils with samples (*top, middle, bottom*) obtained several species of benthonic foraminifera fossils totaling 89 and 79 planktonic foraminifera. The results of calculating the relative ages of the Sentolo formation in this study ranged from N13-N14 (middle Miocene). Based on the calculation of the *p/b* ratio for determining the depositional environment is in the middle neritik - outer neritik. In calculating the percentage of fossils that characterize warm temperatures (*Globigerinoides spp., Orbuliniforms, Globorotalia menardi, Globorotalia praemenadri, Globigerina venezuelana, Globoquadrina dehiscens, Globoquadrina praedehiscens, Globigerinella obesa, Globorotalia siakensis*) and cold (*Catapsydrax, globigerina woodi, Globorotalia scitula, Globigerrina sp. p.s., Globorotaloides*). Entering the outer neritic depositional environment, the climate gradually cools down, marked by an increasing number of fossils characteristic of cold temperatures. Determination of changes in ancient climate patterns at the research blood location using an analysis of the abundance of planktonic foraminifera that characterizes warm and cold temperatures in the study area has one pattern of temperature change, namely the cooling phase. The cooling



phase begins at N13 - N14, and the temperature gets colder with deeper ocean depths occurring in the study area in the middle-outer neritic depositional environment.

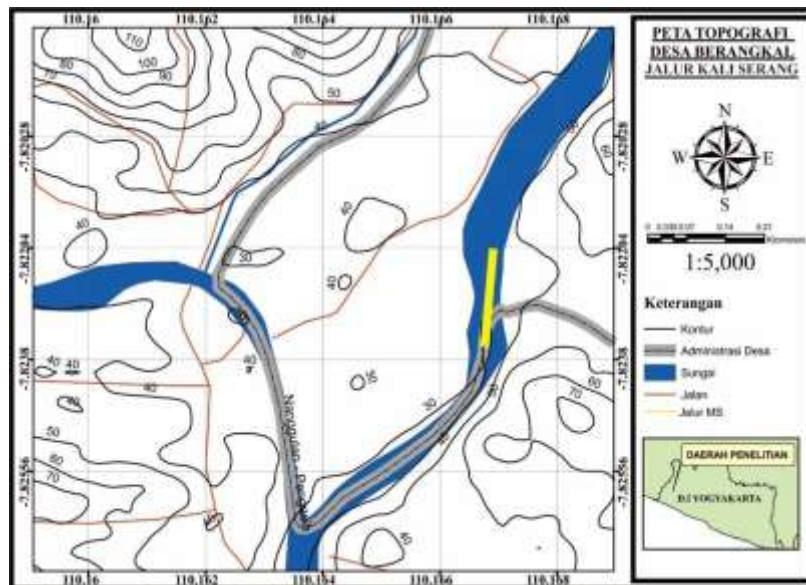
Keyword : Foraminifera, Ancient Climate, Sentolo Formation

PENDAHULUAN

Secara administrasi, daerah penelitian dilakukan di daerah Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, atau pada koordinat S -7.8237998 dan E 110.1667591, termasuk ke dalam Fisiografi Pegunungan Selatan (Gambar 1). Untuk menuju pada daerah penelitian jarak yang ditempuh ± 27 km, menggunakan kendaraan roda dua, dan diperlukan waktu ± 60 menit dari kota Yogyakarta untuk menuju ke lokasi penelitian (Gambar 2).



Gambar 1. Zona fisiografis Jawa Tengah dan Jawa Timur [1]



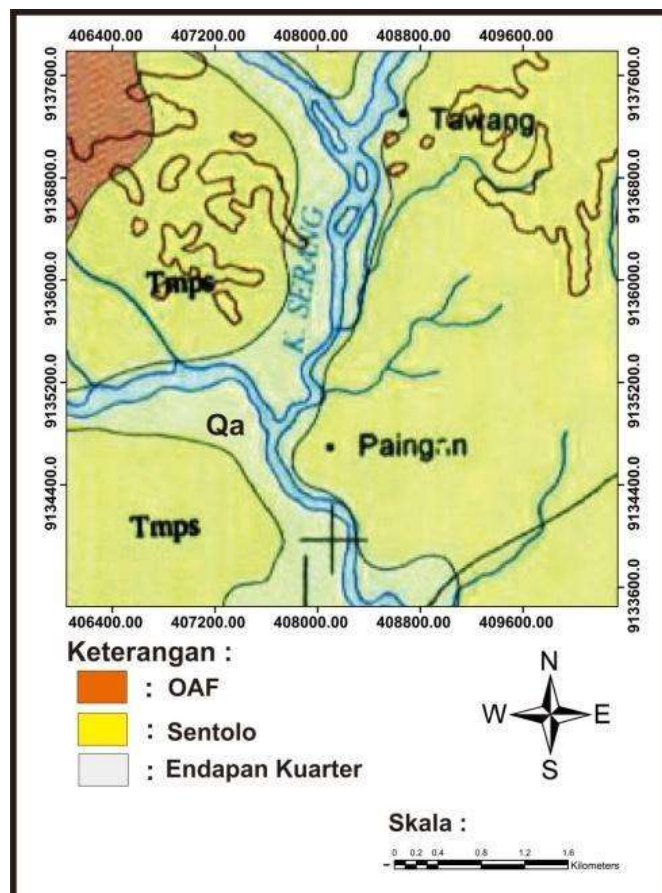
Gambar 2. Peta topografi daerah penelitian terletak pada lokasi Sungai Serang

Geologi daerah Kulon Progo erat kaitannya dengan cabang ilmu Geologi khususnya Paleontologi. Paleontologi adalah ilmu yang mempelajari tentang keadaan fosil-fosil yang terkandung dalam batuan yang dapat mengungkapkan sejarah masa lalu. Pada Geologi Regional Kulon Progo berdasarkan stratigrafi dari yang paling tua hingga muda terdapat Formasi Nanggulan, Formasi Andesit Tua (OAF), Formasi Jonggrangan,

Formasi Sentolo, Endapan Aluvial dan Gugus Pasir. Daerah penelitian berada di Desa Brangkal yang masuk dalam Formasi Sentolo. Berdasarkan jurnal-jurnal peneliti terdahulu yang dikaji belum ditemukan adanya penelitian yang membahas tentang perubahan iklim purba dan lingkungan pengendapan di daerah penelitian. Formasi Sentolo termasuk dalam *event post-OAF* yang dicirikan oleh perselingan batulempung, batupasir, napal sisipan batupasir, tuff, batugamping berlapis dan batugamping terumbu [2].

Formasi Sentolo tersebar luas di daerah penelitian, terdiri atas batugamping dan batupasir napalan. Formasi ini menindih selaras batuan gunungapi Formasi Jonggrangan dan tertindih tak selaras oleh endapan aluvial [3]. Formasi ini memiliki kisaran umur Miosen Awal-Pliosen (N7-N21) dengan lingkungan pengendapan neritik hingga laut dalam. Dari peta geologi Lembar Yogyakarta skala 1:50.000 dan hasil kegiatan pemetaan geologi, daerah survei termasuk dalam satuan batuan Mpss (Mio-Pliocene Sentolo Sandstone). Litologi penyusun berupa batupasir karbonatan dengan sisipan batugamping [4]. Secara regional Formasi Sentolo sudah banyak peneliti terdahulu yang mengkaji terkait geologi regional, geologi struktur, stratigrafi, mineralogi, dan paleontologi. Mengacu pada peneliti terdahulu tentang pola iklim purba yang berada di selatan lokasi penelitian ini lebih tepatnya Formasi Sentolo bagian atas maka pada penelitian ini bertujuan untuk mengkorelasikan pada pola iklim purba daerah penelitian Formasi Sentolo bagian bawah dengan Formasi Sentolo bagian bawah.

Berdasarkan Peta Lembar Geologi Yogyakarta daerah penelitian ini terletak pada Formasi Sentolo. Formasi ini tersusun atas konglomerat yang ditumpangi batupasir gampingan, 6 napal tufan dan sisipan tuf kaca. Semakin ke atas berubah menjadi Batugamping berlapis dengan fasies Neritik. Batugamping koral dijumpai secara lokal, menunjukkan umur yang sama dengan Formasi Jonggrangan, tetapi di beberapa tempat umur Formasi Sentolo adalah lebih muda [5]. Daerah penelitian ini terletak pada Formasi Sentolo seperti pada yang berskala 1:200. Formasi ini tersusun yang tertua ke muda tersusun oleh Formasi Nanggulan, Formasi Andesit Tua, Formasi Sentolo dan Endapan Aluvial. dapat dilihat pada (Gambar 3).



Gambar 3. Peta Geologi di daerah penelitian

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan diantaranya yaitu tahap studi pustaka, tahap pengambilan data lapangan, tahap analisis data laboratorium, tahap evaluasi data, dan tahap penyusunan draft yang dapat dilihat pada (Gambar 4) di antaranya sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram Alir Metode Penelitian

Studi Pustaka

Referensi dari peneliti terdahulu digunakan sebagai data pendukung. hasil analisa ini mengenai tinjauan geologi regional daerah penelitian serta studi daerah penelitian.

Tahap Pengambilan Data di Lapangan

Tahapan ini meliputi sebagai berikut :

a. Tahapan Pengambilan Data Stratigrafi Pengambilan data stratigrafi dilakukan menggunakan metode measuring section yakni pengumpulan data secara langsung terhadap litologi, struktur sedimen, dan data geologi pendukung.

b. Tahapan Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan (*top, middle, bottom*) yang diterapkan pada data stratigrafi terukur.

Tahap Analisis Data Laboratorium

Tahap analisis laboratorium dilakukan dengan melakukan pengamatan fosil foraminifera menggunakan mikroskopis terhadap sampel batuan (*top, middle, bottom*) yang sudah dilakukan preparasi. Pengamatan fosil planktonik dan bentonik untuk penentuan umur dan lingkungan pengendapan batuan sedimen, kemudian perhitungan (*p/b ratio*) untuk penentuan lingkungan pengendapan menurut [6] dan perhitungan persentase perhitungan fosil penciri suhu hangat/dingin menurut [7].

Tahap Evaluasi Data

Pada tahap evaluasi data dilakukan dengan interpretasi secara komprehensif terhadap data stratigrafi, umur dan lingkungan pengendapan sehingga penentuan pola perubahan iklim purba dapat dievaluasi berdasarkan hasil peneliti terdahulu.

Tahap Penyusunan Draft

Tahapan penyusunan draft ini merupakan langkah-langkah yang menghasilkan data berupa kolom stratigrafi dan hasil perhitungan fosil foraminifera.

HASIL DAN ANALISIS

Stratigrafi Daerah Penelitian, Litologi Penyusun

Pengamatan litologi di Sungai Serang dilakukan menggunakan metode pengukuran stratigrafi dengan rentang tali dan tongkat Jacob. Lintasan penelitian yang memanjang sekitar 50 m, dimulai dari bagian utara Wisata Watu Lempeng menuju ke bagian selatan dari daerah Wisata Watu Lempeng. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, secara umum dapat diketahui bahwa batugamping Formasi Sentolo di lintasan Sungai Serang terdiri atas batugamping bioklastika berlapis, dengan ketebalan total mencapai 30 meter. Berdasarkan hasil identifikasi (MS) *Measuring Section* daerah penelitian terdiri dari 2 (dua) satuan batuan yaitu variasi litologi batugamping bioklastika. Stratigrafi Sungai Serang di daerah penelitian disusun oleh dua satuan batuan di antaranya dari yang tertua ke muda adalah satuan adalah satuan batugamping *packstone* (warna biru muda), satuan batugamping *grainstone* (warna biru tua). Struktur yang nampak menunjukkan struktur sedimen yang cenderung masif dan berlapis, dapat dilihat pada (Tabel 1).

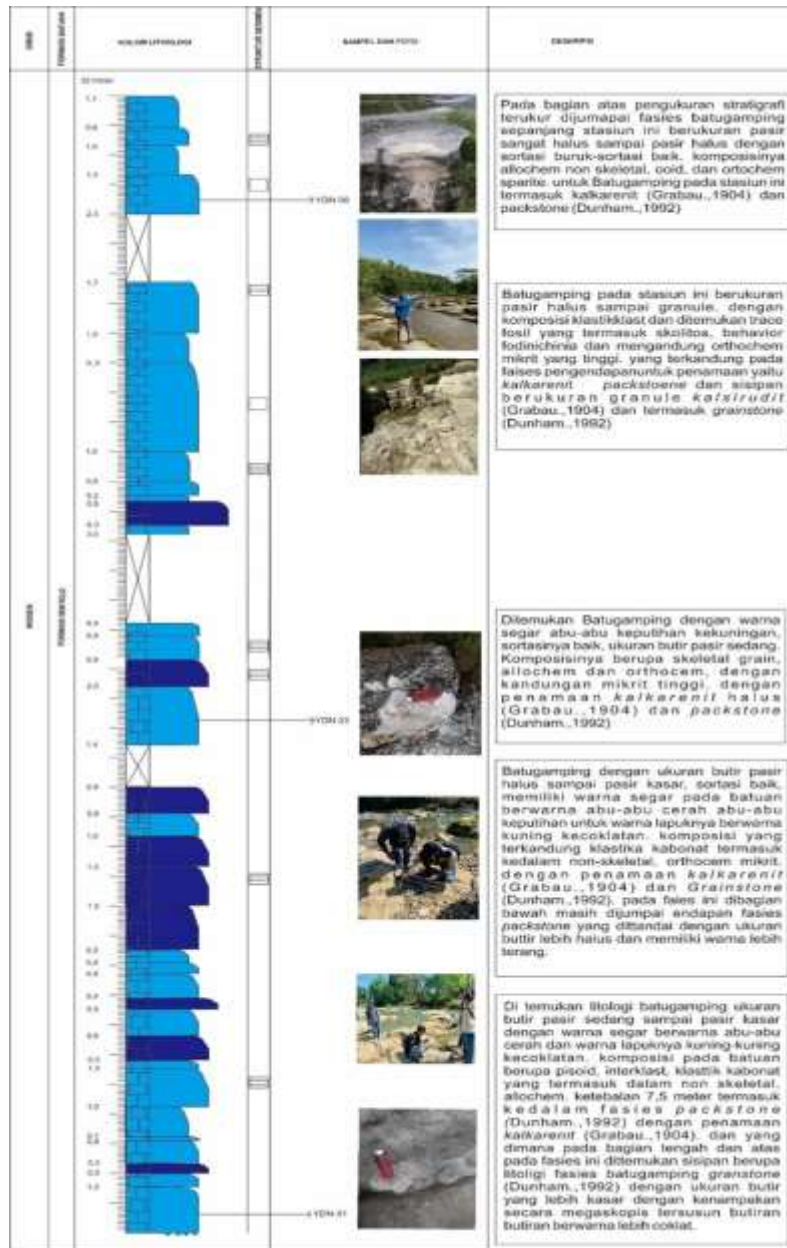
Ciri Litologi Penyusun

Bagian bawah tersusun atas batugamping klastik dengan warna segar abu- abu cerah dan warna lapuknya kuning-kuning kecoklatan, struktur masif dengan pengamatan satuan mempunyai perlapisan sortasi baik, kemas tertutup, berukuran butir pasir sedang sampai pasir kasar. komposisi pada batuan berupa pisoid, interklast, klastik karbonat yang termasuk dalam non skeletal, *allochem*. ketebalan 7,5 meter termasuk kedalam fasies *packstone* [8] dengan penamaan kalkarenit [9]. dan yang dimana pada bagian tengah dan atas pada fasies ini ditemukan sisipan berupa litologi fasies batugamping *grainstone* [8] dengan ukuran butir yang lebih kasar dengan kenampakan secara megaskopis tersusun butiran butiran berwarna lebih coklat (Gambar 2.) dan (Tabel 1.).

Bagian tengah tersusun atas batugamping klastik dengan warna abu-abu untuk warna lapuknya berwarna kuning kecoklatan dengan ukuran butir pasir halus sampai pasir kasar, sortasi baik. komposisi yang terkandung klastika karbonat termasuk dalam non-skeletal, *orthochem mikrit* dengan penamaan kalkarenit [9] dan *grainstone* [8]. Fasies ini di bagian atas dari satuan ini masih dijumpai endapan fasies *packstone* yang ditandai dengan ukuran butir lebih halus dan memiliki warna lebih putih terang (Gambar 3) dan (Tabel 1). Bagian atas tersusun atas batugamping klastik dengan warna abu-abu putih kekuningan pada bagian atas satuan ini dijumpai fasies batugamping sepanjang stasiun ini berukuran pasir sangat halus sampai pasir halus dengan sortasi buruk-sortasi baik. komposisinya *allochem non skeletal*, *oid*, dan *orthochem sparite*. untuk Batugamping pada stasiun ini termasuk kalkarenit [9] dan *packstone* [8] (Gambar 4) dan (Tabel 1.).



Gambar 5. Ciri Satuan Bagian Bawah **Gambar 6.** Ciri Satuan Bagian Tengah **Gambar 7.** Ciri Satuan Bagian Atas



Tabel 1. Stratigrafi di daerah penelitian

Identifikasi Mikrofosil

Berdasarkan data yang teridentifikasi di lapangan, didapatkan sampel batuan dengan jumlah 3 handspesimen. Dengan kode *top*, *middle*, *bottom* yang meliputi batugamping klastik. Berdasarkan hasil analisis cangkang foraminifera planktonik pada lintasan Kali Serang pada ketiga sampel didapatkan beberapa jenis spesies fosil planktonik, memiliki jenis cangkang gampingan dengan tekstur hyalin halus hingga berpori, yang didominasi oleh *family globigerinidae* dan *family globorotaliidae*. Jenis-jenis spesies ni terdiri dari :

Sampel foraminifera planktonik Bottom (YDN 01)

pada pengamatan mikroskopis pada sampel *bottom* terdapat beberapa spesies fosil foraminifera planktonik sebagai berikut : *Globigerinoides cf. altiapertura*, *Orbulina universa*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerina angiporoides*, *Globorotalia mayeri*, *Globorotalia menardi* (Gambar 8).



Gambar 8. Fossil Foraminifera Planktonik pada bagian bawah / bottom

Sampel Foraminifera Planktonik Middle (YDN 03)

Pada pengamatan mikroskopis pada sampel middle terdapat beberapa spesies fosil foraminifera planktonik sebagai berikut : *Catapsydrax*, *Gobigerina senni*, *Globoquadrina dehiscens*, *Globigerina venezuela*, *Globorotaloides. spp*, *Globorotalia praemanardi*, *Praeorbulina transitoria*, *Globorotalia pseudominica*, *Orbulina*, *Globigerina scitula*, *Spaeroidinella subdehiscens*, *Globigerinoides trilobus* (Gambar 9).



Gambar 9. Fossil Foraminifera planktonik pada bagian tengah Middle



Sampel Foraminifera Planktonik pada lapisan atas (Top) (YDN 06)

Pada pengamatan mikroskopis pada sampel top terdapat beberapa spesies fosil foraminifera planktonik sebagai berikut : *Orbulina*, *Globigerinoides trilobus*, *Catapsydrax*, *Globigerina woodi*, *Globorotalia mayeri*, *Globorotalia opima*, *Globorotalia praemanardi*, *Globigerinella obesa*, *Globoquadrina praedeheiscens*, *Paragloborotalia siakensis*, *Globigerina venezuela* (Gambar 10).



Gambar 10. Fossil Foraminifera planktonik lapisan atas (top)

Analisa Umur di Daerah Penelitian

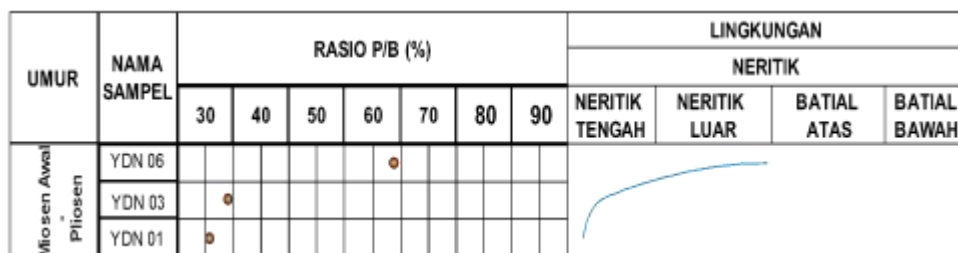
Analisis umur dilakukan dengan metode pengambilan sampel pada lapisan tengah (*bottom, middle, top*) yang masih merupakan satuan batugamping dengan kode sampel YDN01, YDN03, dan YDN06. Analisis Mikroskopis menggunakan mikroskop Olympus dengan perbesaran 40x dijumpai fosil foraminifera planktonik pada kode sampel YDN 01 berupa *Orbulina universa*, *Globigerinoides trilobus*, *Globorotalia pseudominicica*, *Globorotalia mayeri*, *Globorotalia manardi* (Tabel 4.2) didapatkan umur relatif kisaran N13 (Miosen tengah) Blow (1969). Analisis fosil foraminifera planktonik pada kode sampel YDN 03 dijumpai berupa *Globigerina venezuela*, *Orbulina*, *Globigerinoides trilobus*, *Sphaerodinella dehiscens*, *Globorotalia praemanardi*, *Globorotalia mayeri* (Tabel 4.3) didapatkan umur relatif kisaran N13 (Miosen tengah) Blow (1969). Analisis fosil foraminifera planktonik pada kode sampel YDN 06 dijumpai berupa *Globigerina obesa*, *Orbulina*, *Globigerinoides trilobus*, *Globorotalia pseudominicica*, *Globorotalia praemanardi*, *Globigerina druyi* (Tabel 4.4) didapatkan umur relatif kisaran N14 (Miosen tengah) [10].



Tabel 5. Jumlah Individu Foraminifera planktonik dan bentonik Lintasan Kali Serang, Nanggulan, Kulonprogo

Nomor Sampel	? P	? B	P/B ratio (%)	Lingkungan Pengendapan
YDN 06	34	16	68,00	Neritik Luar
YDN 03	27	41	39,00	Neritik Tengah
YDN 01	18	32	36,00	Neritik Tengah

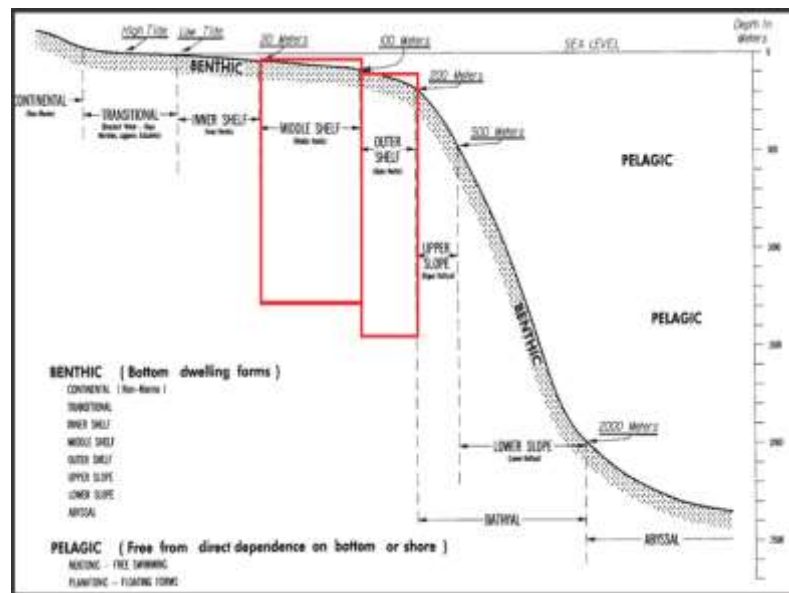
Dapat dilihat bahwa jumlah individu foraminifera bentonik lebih mendominasi dibanding jumlah individu foraminifera planktonik. Rasio P/B menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan purba pada lintasan Kali Serang selama Kala Miosen Tengah-Akhir adalah Neritik Tengah kemudian mendalam ke Neritik Luar.



Gambar 11. Kurva perubahan lingkungan pengendapan berdasarkan rasio P/B pada lintasan Kali Serang menurut klasifikasi P/B rasio klasifikasi [6].

Dilihat dari interpretasi kurva perubahan lingkungan pengendapan rasio P/B, perubahan paleobatimetri ini diasumsikan terjadi suatu anomali yang bisa disebabkan oleh adanya pengaruh perubahan iklim, gelombang, maupun tektonik yang menyebabkan perubahan naik turunnya air laut secara drastis Kala Miosen Tengah (Gambar 11).

Berdasarkan hasil analisa lingkungan pengendapan p/b/ rasio klasifikasi [6] dapat dikorelasikan terhadap pembagian zona lingkungan pengendapan laut klasifikasi [11], lingkungan pengendapan Neritik Tengah – Neritik Luar (Gambar 12).



Gambar 12. Pembagian lingkungan laut [11].

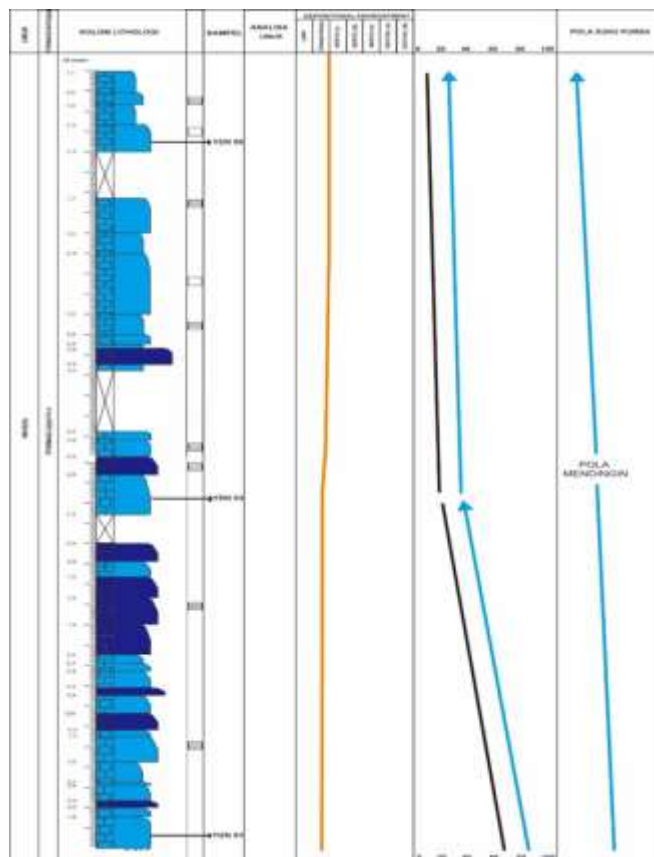
Analisa Perubahan Suhu Purba

Berdasarkan analisis sampel foraminifera planktonik sebagai penciri suhu dilakukan terhadap 3 sampel terpilih (*top, middle, bottom*). Hasil dari analisis perhitungan P/B rasio yang dilakukan diperoleh pada sampel *bottom* dengan kode YDN 01 sampai *middle* dengan kode YDN 03 yang berada pada lingkungan pengendapan Neritik Tengah dari kelimpahan fosil penciri suhu 86% ke 63%. Memasuki lingkungan pengendapan neritik luar iklim secara gradual semakin mendingin ditandai dengan jumlah fosil penciri suhu dingin yang meningkat pada sampel *top* dengan kode YDN 06 dengan kelimpahan penciri suhu 36% (Tabel 6).

Tabel 6. Perhitungan P/B Ratio untuk Penentuan Lingkungan Pengendapan

Nomor Sampel	? Warm Planktonik	? Cool Planktonik	% Kelimpahan Fosil Penciri Suhu
YDN 06	15	7	36%
YDN 03	18	4	63%
YDN 01	14	1	86%

Pada perhitungan persentase perbandingan foraminifera penciri suhu hangat dan suhu dingin menggunakan acuan dari [7]. Berdasarkan hasil dari analisis yang dilakukan diperoleh satu pola utama perubahan iklim purba, yang diawali dengan pola mendingin yang terjadi pada Kala Miosen Tengah pada sampel *bottom*, sampel *middle*, hingga sampel *top*. Pola perubahan suhu semakin mendingin ditandai pada lingkungan pengendapan laut semakin mendalam (Gambar 13.).



Gambar 13. Pola perubahan iklim purba yang berlangsung di daerah penelitian

Secara regional daerah studi merupakan bagian dari Pegunungan Kulon Progo. Menurut [1], Pegunungan Kulon Progo merupakan kubah lonjong dengan diameter 32 km dengan arah orientasi timur laut-barat daya dan 20 km yang berorientasi tenggara-barat laut dengan puncak berupa dataran luas yang dikenal sebagai Jonggrangan plateau. Formasi Nanggulan merupakan formasi paling tua yang menyusun Pegunungan Kulon Progo. Formasi Andesit Tua dengan material vulkanik menumpang secara tidak selaras di atas Formasi Nanggulan. Memasuki Miosen Tengah, aktivitas vulkanik berkurang diikuti dengan pembentukan karbonat yang intensif. Formasi Jonggrangan memiliki hubungan tidak selaras dengan Formasi Andesit Tua (OAF). Formasi ini memiliki kisaran umur Miosen Awal-Pliosen (N7-N21) dengan lingkungan pengendapan neritik hingga laut dalam.

Analisis biostratigrafi menunjukkan kisaran umur pada daerah studi adalah Pliosen Awal – Pliosen Akhir dengan lingkungan pengendapan Batial Bawah – Neritik Luar – Batial Bawah dengan analisis P/B ratio. Hasil analisis data yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa pada Pliosen Awal suhu purba di daerah studi mengalami tren penurunan sehingga diinterpretasikan kondisi relatif dingin. Tren menghangat dimulai pada Pliosen Tengah. Sejalan dengan pola iklim global di daerah studi menunjukkan tren mendingin pada Miosen Akhir hingga Pliosen Awal. Suhu kembali menghangat hingga mencapai puncaknya pada Pliosen Akhir menurut [4]. yang disebut sebagai Pliocene Climatic Maximum dengan suhu 2°C - 3°C lebih tinggi dari suhu saat ini [12].

Dalam hasil penelitian kali ini ditemukan bahwa Formasi Sentolo di daerah penelitian memiliki umur relatif yang memiliki kisaran N13–N14 (Miosen Tengah) merupakan sentolo bagian tengah dengan lingkungan pengendapan Neritik Tengah – Neritik Luar dengan analisis P/B ratio. Hasil analisis data yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa pada Miosen Tengah suhu purba di daerah studi hanya mengalami tren penurunan sehingga diinterpretasikan kondisi relatif dingin. Pada analisis mikrofosil yang ditemukannya fosil *rework* berupa *Globigerina angiporoides*, *Globorotalia opima* dan *Globigerina angiporoides* yang berumur Eosen Akhir – Oligosen Tengah pada daerah penelitian yang diinterpretasikan menandakan bahwa fosil ini terbawa dari formasi yang lebih tua yaitu Formasi Nanggulan. Hal ini bisa terjadi akibat terangkatnya tektonik pada akhir Miosen Tengah. [13] berpendapat bahwa fase pengendapan Formasi Sentolo dalam keadaan susut laut bersamaan dengan pembentukan Graben Yogyakarta.

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa daerah studi Formasi Sentolo yang terletak di Kali Serang, Nanggulan, Kulonprogo, D.I.Yogyakarta memiliki kisaran umur Miosen tengah. Pada analisis rasio foraminifera planktonik/bentonik menunjukkan lingkungan pengendapan batuan terbentuk pada neritik tengah – neritik luar. Dapat diperkirakan pada laut dangkal ditandai dengan masih banyak ditemukannya foraminifera bentonik pada sampel daerah studi. Penentuan perubahan pola iklim purba menggunakan analisis kelimpahan foraminifera planktonik penciri suhu hangat dan dingin pada daerah studi terdapat satu pola perubahan temperatur, yaitu fase mendingin. Fase mendingin diawali pada N13 – N14 suhu semakin mendingin dengan kedalaman laut semakin mendalam terjadi di daerah penelitian pada lingkungan pengendapan Neritik Tengah – Neritik Luar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, asisten dosen, dan teman-teman yang telah membantu studi ini serta kepada laboratorium Institut Teknik Nasional Yogyakarta atas bantuan untuk menyelesaikan studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Van Bemmelen, R. (1949). The Geology of Indonesia, Vol. IA. General Geology the Hague, Martinus, Nijhoff.
- [2] Harjanto, A. (2011). Vulkanostratigrafi di Daerah Kulon Progo dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta. Jurnal Ilmiah Magister Teknik Geologi, 4(8).
- [3] Rahardjo, W. S. (1977). Peta Geologi Lembar Yogyakarta skala 1 : 100.000. Direktorat Geologi, Bandung.
- [4] Novita, D., Wirawan, D.R., Rijani, S., dan Hermawan, U., 2022. Pola Perubahan Iklim purba pada Umur Pliosen dengan Proksi Foraminifera: Studi Kasus Formasi Sentolo, Yogyakarta. Pusat Survei Geologi,

- Jalan Diponegoro No. 57, Bandung, Jawa Barat Universitas Gadjah Mada, Jalan Grafika No 2, D.I. Yogyakarta.
- [5] Pringgoprawiro, H. (1968). On the Age of Sentolo Formation Based on Planktonik. Dept. of Geology, ITB, Bandung.
- [6] Grimsdale, T.F and van Morkhoven, F.P.C.M., 1955. The Ratio Between Pelagic and Benthonic Foraminifera as a Means of Estimating Depth of Deposition of Sedimentari Rocks. Proceedings of the 4th World Petroleum Congress (Rome). 473-491.
- [7] Bicchi, E., Ferrero, E., and Gonera, M., 2003. Paleoclimatic Interpretation Based on Middle Miocene Planktonic Foraminifera: the Silesia Basin (Paratethys) and Monferrato (Tethys) Record. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 196(3-4): 265-303.
- [8] Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: W.E. Ham (Ed), *Classification of carbonate rocks*. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 1: 108-121.
- [9] Grabau, A. W. (1904). On the Classification of Sedimentary Rocks.
- [10] Blow W.H., 1969, Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminifera biostratigraphy. *Int. Conf. Plank. Microfossil 1st*, 1967, Geneve, vol. 1, p. 199-422.
- [11] Tipsword, H. L., Setzer, F. M., & Smith Jr, F. L. (1966). Interpretation of depositional environment in Gulf Coast petroleum exploration from paleoecology and related stratigraphy.
- [12] Dumitru-Grivei, M., Ion, V., Birjega, R., Moldovan, A., Craciun, F., Cernea, M., Galassi, C., & Dinescu, M. (2019). Multiferroic (Nd,Fe)-doped PbTiO₃ thin films obtained by pulsed laser deposition. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 125(2), 0. <https://doi.org/10.1007/s00339-019-2403-5>
- [13] Barianto, D. H., Kuncoro, P., & Watanabe, K. (2010). The use of foraminifera fossils for reconstructing the Yogyakarta graben, Yogyakarta, Indonesia. *Journal of South East Asian Applied Geology*, 2(2), 138-143.