

ANALISIS PALEONTOLOGI DAN PETROGRAFI UNTUK PENENTUAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN DI DESA SENGANTEN JAWA TIMUR

PALEONTOLOGICAL AND PETROGRAPHIC ANALYSIS FOR DEPOSITIVE ENVIRONMENT DETERMINATION IN SENGANTEN, EAST JAVA

Yulfiah¹, Ni Made Paramita Dwi Lestari¹

1. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia

Email: yulfiah@itats.ac.id

ABSTRAK

Cekungan Kendeng terletak pada cekungan Jawa Timur yang memiliki karakteristik foraminifera melimpah dan kompleks. Penentuan lingkungan pengendapan dan proses diagenesis memiliki peran penting dalam penentuan kualitas reservoir. Kondisi geologi Desa Senganten dan sekitarnya, di Kecamatan Gondang, Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur, memiliki rekaman variasi struktur sedimen dan keberadaan kandungan fosil dengan perubahan berangsur. Kondisi fisik batuan serta kemelimpahan data biologi dijadikan dasar analisis lingkungan pengendapan. Penelitian dilakukan untuk menentukan lingkungan pengendapan dan urutan pengendapan dari waktu ke waktu, melalui pemetaan geologi, analisis petrografi, dan paleontologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, daerah penelitian terbagi dalam empat satuan geomorfik, yaitu: (a) satuan dataran dan kaki lereng fluvial gunung api, (b) perbukitan dan lereng denudasional, (c) pergunungan dan perbukitan denudasional, dan (d) denudasional nyari terangkat. Satuan litologi daerah penelitian tersusun atas: (a) batupasir dan Napal Kalibeng, (b) Napal Sonde, serta (c) batuan terobosan berupa andesit. Urutan stratigrafi daerah penelitian meliputi batuan terobosan, kemudian diikuti batu napal dan batu pasir kalibeng berumur pliosen awal (N18-N19), serta napal sonde berumur pliosen akhir (N20). Lokasi pengendapan berada pada neritik tepi – batial luar.

Kata kunci: *Lingkungan Pengendapan, Paleontologi, Petrografi*

DOI: 0.15408/jipl.v2i1.27423

ABSTRACT

The Kendeng Basin is located in the East Java Basin which has diverse characteristics with abundant foraminifera content and high complexity for hydrocarbon exploration. Determination of the depositional environment and the process of diagenesis have an important role in determining reservoir quality. The geological conditions of Senganten Village and its surroundings, Gondang District, Bojonegoro Regency, East Java Province have records of variations in sedimentary structures and the presence of fossil content followed by gradual changes in lithology that reflect the physical condition of rocks and the abundance of biological data that can be used as the basis for analyzing the depositional environment. The purpose of the study was to determine the depositional environment and sequence of deposition from time to time in Senganten Village and its surroundings, Gondang District, Bojonegoro Regency, East Java Province. The research methods are geological mapping, petrographic analysis and paleontology. The research location has conditions divided into four geomorphic units, namely plains and foothills of volcanic fluvial slopes, denudational hills and slopes, denudational mountains and hills, and almost uplifted denudational. The lithological unit is composed of sandstone and Kalibeng marl, Sonde marl, and also intrusive rock in the form of andesite. The stratigraphic sequence of the study area is breakthrough rock, followed by limestone

and sandstone of early Pliocene age (N18-N19), and sonde marl of late Pliocene age (N20). The location of the deposition is at the neritic edge - outer bathial.

Keywords: *Depositional Environment, Paleontology, Petrography*

PENDAHULUAN

Cekungan Kendeng terletak pada cekungan Jawa Timur dengan karakteristik beragam. Kandungan foraminifera pada cekungan Kendeng cukup melimpah dengan kompleksitas tinggi. Penentuan lingkungan pengendapan dan proses diagenesis memiliki peran penting dalam penentuan kualitas reservoir hidrokarbon. Permukaan bumi memiliki bentuk morfologi beragam, terdiri dari pegunungan, sungai, lembah, dataran, delta, hingga laut. Secara garis besar, pembagian lingkungan pengendapan terbagi atas 3 (tiga) bagian, yaitu darat, peralihan, dan laut (Selley, 1988). Lingkungan pengendapan merupakan karakteristik permukaan bumi dari suatu tatanan geomorfik proses fisik, kimia, dan biologi, sehingga menghasilkan jenis endapan sedimen (Boggs, 1995). Gould (1972) menjelaskan bahwa, lingkungan pengendapan mencirikan mekanisme pengendapan tertentu dari suatu material sedimen, beserta kondisi fisik, kimia, dan biologi. Dalam mengidentifikasi lingkungan pengendapan perlu dilakukan diagnosa struktur sedimen, kandungan mineral, kandungan fosil, ukuran butir, geometri, dan litologi (Selly, 1980). Katili (1989) menyampaikan, proses tektonik di Pulau Jawa terjadi dalam 3 (tiga) periode penunjaman, yaitu Kapur, Tersier, dan Resen. Keterdapatan batuan Kapur di Jawa masih sangat terbatas, pola tektonik di Jawa pun tidak signifikan, sehingga mempengaruhi periode tektonik terhadap fisiografis. Keberadaan batuan Tersier dan Kuarter tersebar luas, sehingga berpengaruh terhadap fisiografis. Poedjoprajitno, dkk (2019) memaparkan bahwa, akumulasi pengendapan berkaitan dengan proses tektonik, serta turun-naiknya muka laut. Keterdapatan struktur sedimen dapat mencerminkan kondisi fisik batuan serta keterdapatan fosil. Kondisi ini dapat digunakan sebagai data geologi untuk menganalisis lingkungan pengendapan. Berdasarkan aspek kimia, analisis dilakukan berdasarkan komposisi batuan atau melalui pengukuran Eh dan pH, salinitas, konsentrasi kelarutan karbonat, dan temperatur.

Geologi Desa Senganten dan sekitarnya, Kecamatan Gondang, Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur memiliki rekaman variasi struktur sedimen dan keberadaan kandungan fosil dengan diikuti perubahan berangsur. Litologi kawasan mencerminkan kondisi fisik batuan serta kemelimpahan data biologi, yang dapat dijadikan dasar analisis lingkungan pengendapan, serta urutan waktu pengendapan sedimen (kronostratigrafi) dari waktu ke waktu.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu diketahui bagaimana kondisi lingkungan pengendapan dan urutan pengendapan dari waktu ke waktu di daerah penelitian? Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi kegiatan studi lingkungan pengendapan.

METODE

Penelitian dilakukan dengan melalui pengamatan lapangan, analisis petrografi, dan analisis paleontologi. Daerah penelitian meliputi 127 stasiun pengamatan, dengan luas kawasan 9 km x 6 km. Daerah penelitian meliputi kawasan di Desa Senganten, Gondang, Sambongrejo, Jari, Pragelan, Krondonan, Clebung, Kedungsumber, Bakulan, Bubulan, dan Pajeng. Terdapat empat lokasi pengamatan (LP) untuk kebutuhan analisis paleontology, yaitu LP 55, LP 35, LP 44, dan LP 111.

Pengamatan singkapan batuan, pengambilan sampel batuan, dan observasi geomorfologi dilakukan secara langsung di lapangan. Pengamatan petrografi dilakukan dengan membuat sayatan tipis (*thin section*) batuan, untuk kemudian dianalisis dengan mikroskop polarisasi. Analisis ditujukan untuk melihat komposisi material pembentuk batuan (fragmen, matrik, dan semen), hubungan antar butir, serta porositas batuan. Sedangkan analisis paleontologi dilakukan dengan merendam sampel dalam larutan H₂O₂ atau hydrogen peroksida, agar batuan terurai menjadi matrik, frgamen, dan semen secara terpisah. Analisis ayakan dilakukan dengan ukuran 40, 60, dan 100 mesh. Hasil ayakan kemudian dikeringkan pada suhu 150° C. Determinasi mikrofosil dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi

Geomorfologi daerah penelitian didasarkan pada klasifikasi Van Zuidam (1983). Daerah penelitian terbagi ke dalam empat satuan geomorfik, yaitu (a) satuan dataran dan kaki lereng fluvial gunung api, (b) perbukitan dan lereng denudasional, (c) pergunungan dan perbukitan denudasional, serta (e) denudasional nyaris terangkat.

Berdasarkan pola sungai, nampak mencirikan pola dendritik dengan tingkat stadia erosi muda hingga dewasa. Adanya lembah-lembah berbentuk V hingga U, menandakan adanya proses erosi ke arah hulu. Arah aliran sungai terbagi atas dua zona, yaitu arah Timur Laut dan Barat laut. Hal itu disebabkan adanya bukit intrusi pada arah Barat Daya dengan ketinggian 500 mdpl.

Kelerengan berkisar antara 2° – 55° , dengan dijumpai longsoran dan jatuhnya batuan pada beberapa lokasi. Tata guna lahan di daerah penelitian berupa perkebunan jagung, pemukiman, dan hutan.

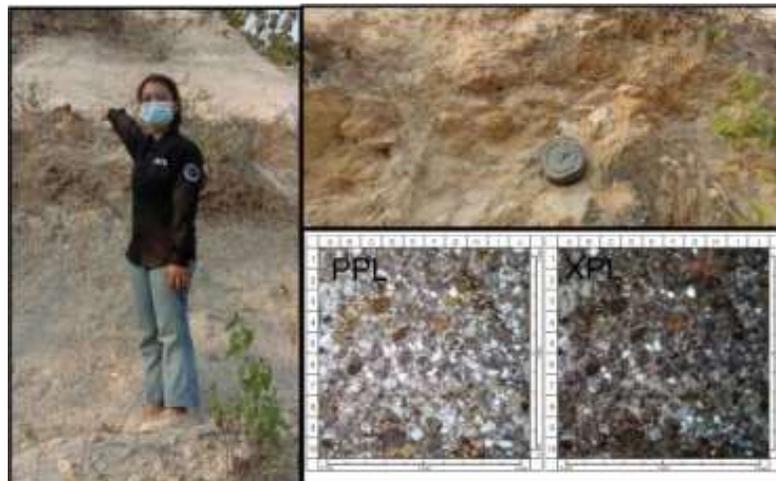
Pembagian satuan batuan dilakukan untuk satuan jenis batuan seragam. Sedangkan penamaan batuan didasarkan pada jenis batuan yang mendominasi. Stratigrafi batuan dari tua ke muda meliputi:

1. Satuan batupasir Formasi Kalibeng, tersebar di bagian tengah daerah penelitian, dengan kenampakan berwarna kekuningan, memiliki ukuran butir pasir sedang hingga pasir kasar, tersusun oleh kuarsa dan lempung karbonat, feldspar, serta fosil.
2. Satuan batunapal Formasi Kalibeng, tersebar di Timur Laut daerah penelitian, dengan kenampakan berwarna abu-abu, memiliki ukuran butir lempung sampai lanau, dan mengandung karbonat.
3. Satuan batunapal Formasi Sonde, memiliki kenampakan struktur masif dan berbutir lempung-lanauan.
4. Batuan terobosan dijumpai pada area Barat Laut lokasi penelitian. Ditunjukkan oleh kenampakan bukit-bukit intrusi. Kenampakan batuan dicirikan oleh warna bakaran hitam pada permukaan. Sedangkan batuan segar menunjukkan warna abu-abu dengan kehadiran mineral.

Analisis Petrografi

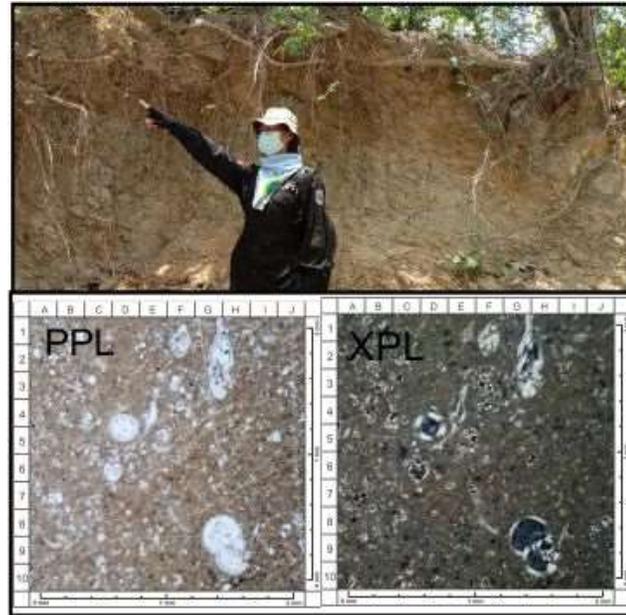
Analisis petrografi dilakukan melalui identifikasi kandungan mineralogi, biota, masa dasar, dan semen. Analisis ditujukan untuk mengetahui karakteristik batuan, tekstur pengendapan, dan diagenesa yang telah berlangsung. Hasil analisis disampaikan sebagai berikut.

1. Satuan batupasir Formasi Kalibeng nampak pada perbesaran okuler 10X dan perbesaran objektif 5X. Dijumpai stuktur masif, dengan tekstur ukuran butir $< 1/256 - 1/3$ mm, sortasi baik, serta kemas tertutup dengan komposisi fosil (85%), kuarsa (1%), feldspar (1%), dan lempung karbonat (12%), serta mineral opak (1%). Nama batuan adalah *Calcareous Lithic Arenite* (Petti John, 1975).



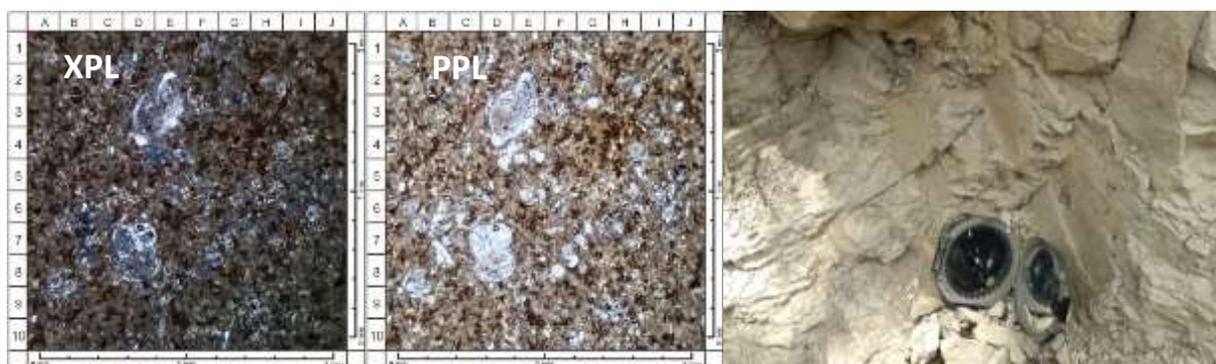
Gambar 1. Batupasir Formasi Kalibeng dan Analisis Petrografi LP 55
Sumber: Hasil Survai dan Analisis Mikroskopis

- Satuan batunapal Formasi Sonde dijumpai pada perbesaran okuler 10X dan perbesaran objektif 5X. Terlihat adanya stuktur masif, tekstur berukuran butir $1/256 - 1/2\text{ mm}$, sortasi sedang, dan kemas terbuka, dengan komposisi fosil (20%), lempung karbonat (79%), dan mineral opak (1%). Nama batuan adalah *Calcareouse Mudrock* (Petti John, 1975).



Gambar 2. Batunapal Formasi Kalibeng dan Analisis Petrografi LP 35
Sumber: Hasil Survai dan Analisis Mikroskopis

- Batunapal Formasi Sonde berwarna abu-abu, ukuran butir lempung sampai lanau, dan mengandung karbonat. Kondisi ini dijumpai pada perbesaran okuler 10X dan perbesaran objektif 5X. Terlihat adanya stuktur masif, tekstur berukuran butir $1/256 - 1/2\text{ mm}$, sortasi sedang, dan kemas terbuka dengan kandungan karbonat 88%. Adapun komposisi fosil (20%), kuarsa (1%), lempung karbonatan (88%), dan mineral opak (1%). Nama batuan adalah *Calcareous Mudrock* (Petti John, 1975).



Gambar 3. Kenampakan Batunapal Sonde LP 44
Sumber: Hasil Survai dan Analisis Mikroskopis

- Batuan terobosan terbentuk pada area Barat Laut lokasi penelitian. Ditunjukkan oleh adanya kenampakan bukit-bukit intrusi. Kenampakan batuan dicirikan berwarna bakaran hitam pada permukaan. Sedangkan batuan segar ditunjukkan berwarna abu-abu dengan kehadiran mineral. Ditemukan pada perbesaran okuler 10X dan perbesaran objektif 5X. Dijumpai stuktur masif, tekstur berukuran butir $1/256 - 1/3\text{ mm}$, sortasi baik, dan kemas terbuka. Kandungan plagioklas 60%, kuarsa

2 %, Biotit 2%, masa dasar 35%, dan mineral opak 1%. Nama batuan adalah Andesite (Streckeisen, 1976 dan O’Dunn & Sill, 1986).



Gambar 4. Batuan Terobosan pada LP 111
Sumber: Hasil Survai dan Analisis Mikroskopis

Analisis Paleontologi

Dalam analisa Paleontologi, dijumpai kandungan mikrofosil foraminifera cukup melimpah. Kenampakan fosil ditemukan pada LP 55, LP 35, dan LP 44, yaitu:

1. Batupasir Formasi Kalibeng

Pada formasi Kalibeng terdapat dua satuan teridentifikasi, yaitu satuan batupasir dan satuan batu napal. Singkapan batupasir ditemukan pada LP 57, dengan warna kekuningan, memiliki ukuran butir pasir sedang hingga pasir kasar, tersusun oleh kuarsa dan mineral hitam menyudut tanggung. Komposisi mineral meliputi 25% fosil (G5), 7% kuarsa (B1). 10% glaukonit, 57% lempung karbonat, dan 1% mineral opak.

Fosil foraminifera planktonik yang ditemukan meliputi: *Globorotalia Tumida*, *Globigerinoides Quadrilobatus*, *Globorotalia Dutertrei*, *Globoquadrina Dehiscens*, *Globigerinoides Ruber*, *Orbulina Universe*, dan *Globorotalia Ungulata*. Berdasarkan umur kenampakan fosil termasuk N18-N19 (Pliosen awal). Fosil bentonik yang dijumpai adalah *Anomalinelia Rostrata* dan *Uvigerina Bradyana*. Terendapkan pada kedalaman 1061,4 m Bathimetri Batial Luar.

Foraminifera Planktonik

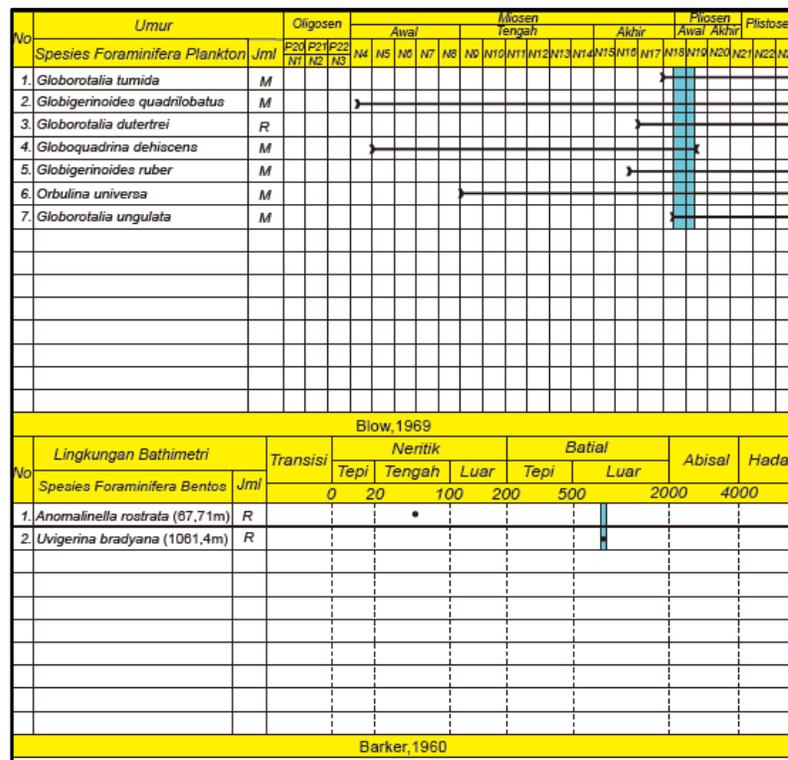


Gambar 5. Kenampakan Foraminifera Planktonik pada Batupasir Formasi Kalibeng LP 57
Sumber: Analisis Mikroskopis

Foraminifera Bentonik



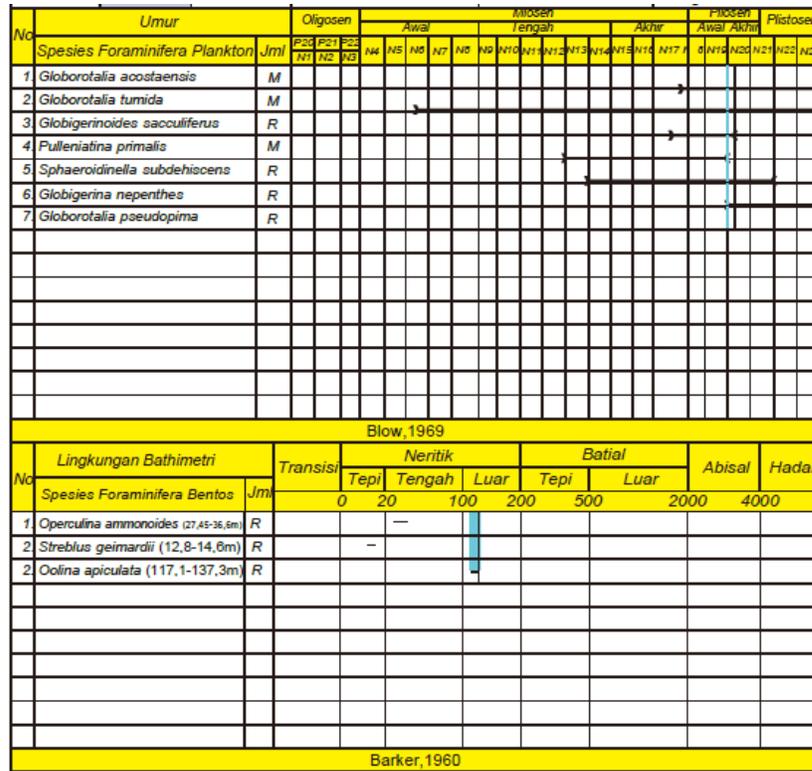
Gambar 6. Kenampakan Foraminifera Bentonik pada Batupasir
Sumber: Analisis Mikroskopis



Gambar 7. Penarikan Umur Paleontologi dan Lingkungan Pengendapan pada Batupasir Formasi Kalibeng LP 57
Sumber: Hasil Analisis

2. Batunapal Formasi Kalibeng

Kenampakan satuan napal dijumpai pada LP 35, berupa struktur masif dan berbutir lempung-lanauan. Fosil foraminifera plankton yang ditemukan adalah *Orbulina Suturalis*, *Orbulina Universa*, *Globoquadrina Dehiszens*, dan *Globigerina cf. Conglomerata*. Berdasarkan fosil foraminifera, umur satuan ini adalah (N19) Pliosen awal (Blow, 1969). Sedangkan fosil foraminifera bentonik yang ditemukan adalah *Elphidium Advena* (14,6 m) dan *Roalina Sp.* (27,45 m). Terendapkan pada lingkungan Neritik luar (Barker, 1960). Komposisi mineral meliputi 20% fosil (H9), 79% lempung karbonat (A1), dan 1% mineral opak (H10).



Gambar 10 Penarikan Umur Paleontologi dan Lingkungan Pengendapan pada Batunapal Formasi Kalibeng LP 35
Sumber: Hasil Analisis

Urutan pengendapan dimulai dari terbentuknya cekungan Mandala Kendeng pada Paleogen (Dickinson, 1976 dalam Zuhdi, 2013). Cekungan Kendeng hampir terisi penuh material sedimen, sehingga Pliosen Tengah hanya berkedalaman beberapa ratus meter saja. Hal ini dibuktikan oleh adanya endapan sedimen yang berlanjut dengan penciri lingkungan Neritik. Pada kala ini, satuan batugamping diendapkan pada lingkungan Neritik tengah sampai Neritik, dengan mekanisme pengendapan dipengaruhi ombak cukup kuat. Pendangkalan terus terjadi hingga kedalaman 0-60 meter. Pada fase ini diendapkan satuan batulempung pada lingkungan lagoon, material yang diendapkan berupa campuran lumpur, pasir, dan pecahan cangkang Moluska. Satuan ini memiliki hubungan membaji dengan satuan batugamping Klastik (Pringgoprawiro, 1992). Pada Pliosen Akhir hingga Pleistosen, cekungan terus mengalami pendangkalan. Pada Pliosen Awal terjadi even tektonik regional yang mengangkat seluruh cekungan Kendeng, sehingga berubah menjadi lingkungan peralihan dan daratan. Munculnya even vulkanik menyebabkan terjadinya pengangkatan dan pengendapan satuan breksi dengan material asal vulkanik. Pada kala ini, pengangkatan terus berlangsung akibat aktifitas tektonik. Setelah seluruh bagian cekungan terangkat, proses erosional berlangsung secara berkelanjutan oleh pengaruh gaya eksogen, sehingga menjadi bentuk lahan seperti yang ada saat ini.

PENUTUP

Berdasarkan hasil pengolahan data maka diperoleh beberapa kesimpulan yaitu kondisi geologi secara umum geomorfologi daerah penelitian terdiri dari satuan dataran dan kaki lereng fluvial gunung api, perbukitan dan lereng denudasional, pergunungan dan perbukitan denudasional, dan denudasional nyari terangkat. Dengan pola aliran Dendritik dan stadia sungai muda hingga dewasa. Geologi daerah penelitian terdiri dari empat satuan, yaitu batupasir formasi kalibeng, batunapal formasi kalibeng, batunapal formasi sonde, dan batuan terobosan. Stratigrafi daerah penelitian dengan urutan paling tua ke muda, meliputi batupasir formasi kalibeng, batunapal formasi kalibeng, batunapal formasi sonde, dan batuan terobosan. Klasifikasi didasarkan pada nilai strike dan dip, serta keberadaan mikrofosil dan analisis stratigrafi.

Lingkungan pengendapan pada formasi Kalibeng berdasarkan kandungan fosil berada di zona *Neritik luar* hingga *Batial*. Fosil foraminifera planktonik ditemukan pada analisis sampel batupasir di LP 57, berupa fosil *Globorotalia tumida*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globorotalia dutertrei*, *Globoquadrina dehisces*, *Globigerinoides ruber*, *Orbulina universe*, dan *Globorotalia Ungulata*. Berdasarkan kenampakan fosil, umur batuan ini adalah N18-N19 (Pliosen awal). Fosil bentonik yang dijumpai adalah *Anomalinelia rostrata* dan *Uvigerina bradyana*. Terendapkan pada kedalaman 1061,4 m bathimetri Batial Luar. Fosil foraminifera plankton ditemukan pada satuan napal LP 35, yaitu *Orbulina suturalis*, *Orbulina universa*, *Globoquadrina dehisces*, dan *Globigerina cf. conglomerata*. Berdasarkan fosil foraminifera, ditentukan umur batuan ini adalah (N19) Pliosen awal (Blow, 1969). Fosil foraminifera bentonik yang ditemukan yaitu *Elphidium advena* (14,6 m) dan *Roalina Sp.* (27,45 m). Terendapkan pada lingkungan neritik luar.

Urutan *kronostratigrafi* daerah penelitian adalah batupasir formasi kalibeng terendapkan terlebih dahulu, bersamaan dengan napal formasi kalibeng pada pliosen awal (N18-N19). Kemudian terendapkan kembali oleh satuan napal pada formasi Sonde di pliosen akhir (N20), hal ditunjukkan oleh kenampakan foraminifera planktonic. Selanjutnya dijumpai terobosan magma yang membentuk bukit-bukit intrusi. Hasil penelitian menyarankan agar titik pengambilan sampel batuan diperbanyak dengan *measuring section*, serta profil, sehingga diperoleh data secara lebih rinci untuk menentukan lingkungan pengendapan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Jurusan Teknik Geologi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, atas fasilitas dan dukungannya terhadap pelaksanaan kegiatan penelitian. Termasuk kepada rekan sejawat juga diucapkan terima kasih, atas semua bantuannya dalam kegiatan analisis di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Blow, W.H., 1969, *Late Middle Eocene to Recent Planctonic Foraminiferal Biostratigraphy*.
De Genevraye, P., 2018, *Geology of the Kendeng Zone (Central & East Java)*.
<https://doi.org/10.29118/ipa.499.17.30>.
Jurnaliah, L., Muhamadsyah, F., & Barkah, M. N., 2017, *Lingkungan Pengendapan Formasi Kalibeng Pada Kala Miosen Akhir Di Kabupaten Demak Dan Kabupaten Semarang, Jawa Tengah Berdasarkan Rasio Foraminifera Planktonik Dan Bentonik (Rasio P/B)*. *Bulletin of Scientific Contribution*, 14(3), 233. <https://doi.org/10.24198/bsc.vol14.yr2016.art10965>.
Kasreman, G., 2020, *Studi Perubahan Fasies Formasi Klitik - Formasi Pucangan Lintasan Legowetan*, 01 (01), 23–33.
Pandita, H., 2008, *Lingkungan Pengendapan Formasi Sambipitu Berdasarkan Fosil Jejak di Daerah Nglipar*, JTM, Institut Teknologi Bandung, Vol. XV, No. 2 hal 85-94. ISSN 0854-8528.
Pandita, H., Pambudi, S., dan Winarti, 2009, *Analisis Model Fasies Formasi Sentolo dan Formasi Wonosari sebagai Identifikasi Awal Dasar Cekungan Yogyakarta*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing STTNas Yogyakarta.

- Pringgoprawiro, H., Kapid, R., 1999, *Foraminifera, Pengenalan Mikrofosil dan Aplikasi Biostratigrafi*, ITB- Bandung, Seri Mikrofosil.
- Raharjo, W., Sukandarrumiddi dan Rosidi H.M.D., 1995, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta*, Pusat Penelitian dan Pengembangan, Bandung.
- Surono, Toha, B., Sudarno, I., Wirosujono, S., 1992, *Stratigrafi Pengunungan Selatan, Jawa Tengah*, P3G-Ditjen.
- Tania, Diah, 2019, *Perkembangan Lingkungan Pengendapan dari Formasi Sambipitu ke Formasi Wonosari Daerah Jelok, Desa Beji, Kecamatan Patok, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Jurnal Teknologi Technoscientia, Vol. 11. ISSN 1979-8415.
- Tipword, H.L., Setzer, F.M dan Smith, F.L Jr, 1966, *Interpretation of Depositional Environment in Gulf Coast Petroleum Exploration from Paleocology and Related Stratigraphy*, Transaction G.C, Assoc. Geol. Soc., 119-130.
- Van Bemmelen R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, The Goge, Martinus.