

KARAKTERISTIK DAN PENENTUAN FASIES PENGENDAPAN TURBIDIT PADA FORMASI KEREK, BANYUMENENG, KABUPATEN DEMAK, JAWA TENGAH

CHARACTERISTICS AND DETERMINATION OF TURBIDITE DEPOSITION FACIES IN KEREK FORMATION, BANYUMENENG, DEMAK REGENCY, CENTRAL JAVA

Muhammad Irfan Harisulistyo*, Muhammad Pramaditya, Riyan Ranggas Yuditama dan Gerhana Prasetya Putra

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

** Email: irfanharisulistyo@gmail.com*

Abstract

The location of this research is in Sungai Dolok, Banyumeneng, Demak, Central Java. The research area is part of the Kerek Formation which has a middle-late Miocene age with a wide distribution of the West and Central Kendeng mountains. The Kerek Formation is a turbidite deposit which is deposited on a slope from the upper bathyal zone. This study aims to determine what lithofacies are found and the mechanisms and sequences of changes in the depositional environment in the study area from old to young. The method used in this research is by conducting field observations and measured stratigraphic measurements at outcrops along a predetermined path in the Dolok River. Measured stratigraphic measurements are used to determine patterns, facies and depositional processes. Based on field data from the research area, there are several lithologies and sedimentary structures that can characterize a part of the sub-marine fan depositional environment. The presence of several skeletal fragments in a sedimentary rock layer indicates the presence of material carried from the shallow sea. Based on the results of the measured stratigraphic section in the study area from old to young, it generally shows a pattern of progradation. According to the results of the analysis data based on physical, chemical, and biological elements from the six measured stratigraphic sections along the measurement path, it was obtained several variations of depositional facies, specifically suprafan lobes to outer shelf.

Keywords: *Sub-marine fan, Turbidity Current, Kerek Formation.*

Abstrak

Lokasi penelitian ini berada di Sungai Dolok, Banyumeneng, Demak, Jawa Tengah. Daerah penelitian merupakan bagian dari Formasi Kerek yang memiliki umur Miosen tengah- akhir dengan penyebaran luas dari pegunungan Kendeng Barat dan Tengah. Formasi Kerek merupakan endapan turbidit yang diendapkan pada suatu lereng dari zona bathyal atas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lithofasies apa saja yang dijumpai dan mekanisme beserta urutan perubahan lingkungan pengendapan pada daerah penelitian dari tua ke muda. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara melakukan observasi lapangan dan pengukuran stratigrafi terukur pada singkapan sepanjang jalur yang telah ditentukan di Sungai Dolok. Pengukuran stratigrafi terukur digunakan untuk menentukan pola, fasies, dan proses pengendapan. Berdasarkan data lapangan dari daerah penelitian menunjukkan ketersediaan beberapa litologi dan struktur sedimen yang dapat mencirikan suatu bagian dari lingkungan pengendapan kipas bawah laut. Ketersediaan beberapa fragmen skeletal pada suatu lapisan batuan sedimen mengindikasikan adanya material yang terbawa dari laut dangkal. Berdasarkan hasil penampang stratigrafi terukur pada daerah penelitian dari urutan tua ke muda secara umum menunjukkan pola progradasi. Menurut hasil data analisis yang didasarkan unsur fisik, kimia, dan biologi dari enam lintasan penampang stratigrafi terukur dari sepanjang jalur pengukuran diperoleh beberapa variasi fasies pengendapan yakni berupa suprafan lobes hingga outer shelf.

Kata Kunci: kipas bawah laut, sistem turbidit Formasi Kerek.

PENDAHULUAN

Formasi Kerek adalah salah satu Formasi yang terdapat di Zona Kendeng. Kisaran umur dari Formasi Kerek yaitu kala Miosen Tengah sampai Miosen Atas (Pringgopawiro, 1983) yang melampar secara luas dari pegunungan Kendeng Barat hingga Tengah dengan ketebalan 1000 meter. Formasi Kerek didendapkan secara turbidit di fasies distal pada suatu lereng zona bathyal atas. Formasi Kerek tersusun atas litologi napal, batulempung, batupasir tufaan, batupasir tufa karbonatan, batupasir karbonatan dan batugamping berlapis pada bagian atas (De Genevraya & Luki Samuel, 1972).

Daerah penelitian terletak di Sungai Banyumeneng, Kabupaten Demak, Jawa Tengah dengan koordinat X: 444747.00 m E, Y: 9215529.00 m S. Menurut penelitian sebelumnya dari analisis

data gravity lokasi penelitian terletak di batas lengkungan Cekungan (Smyth, 2008; in Ridha et al., 2018). Melalui pengamatan dan analisis measuring section di lokasi penelitian ditemukan litologi batupasir karbonatan, batulanau karbonatan dan batugamping dengan struktur sedimen yang ada dilapangan yaitu laminasi, perlapisan, massif, convolute dan slump. Formasi Kerek sangat menarik untuk diteliti khususnya penelitian karakteristik fasies dan lingkungan pengendapan melalui variasi litologi dan struktur sedimen yang berkembang di wilayah penelitian.

Endapan material sedimen pada lereng dasar laut (submarine slope) dan dasar cekungan (basin floor) di dominasi oleh endapan gravity flows terutama endapan turbidit dan berbagai jenis endapan massa transpor (MTD). Hal ini dikarenakan sedimen gravity flow yang bergerak ke bawah dengan dipengaruhi oleh gaya gravitasi, yang sangat sensitif terhadap topografi dasar laut (Kneller dkk, 2016).

GEOLOGI REGIONAL

Zona Kendeng merupakan cekungan dengan arah kemenerusan barat - timur yang sejajar dengan Pegunungan Selatan dan

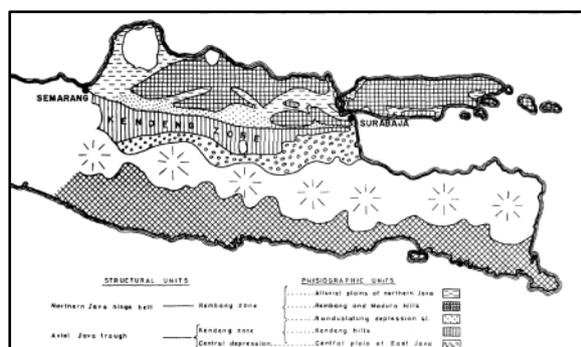
terletak di antara Pegunungan Selatan pada bagian selatan dan zona Rembang pada bagian utara (Gambar 1). Cekungan Kendeng merupakan kelanjutan ke arah timur dari Serayu Utara yang memiliki panjang 250 km dengan lebar 40 km kemudian menyempit semakin ke arah timur menjadi 20 km dengan ketinggian kurang dari 500 m (Van Bemmelen, R. W., 1949). Secara tatanan geologi cekungan Kendeng merupakan back arc basin yang terkait dengan busur vulkanik Oligo-Miosen yang terbentuk di sepanjang bagian selatan Jawa (Alfathony Krisnabudhi, dkk., 2016).

Cekungan Kendeng didominasi oleh material endapan sedimen epiklastik yang berasal dari busur vulkanik tidak aktif berumur Miosen Awal - Oligosen Awal (Slamet Sugiarto, dkk., 2018). Endapan laut dalam mendominasi pada sekuen sedimen Neogen. Salah satu formasi batuan yang termasuk dalam Zona Kendeng pada daerah penelitian adalah formasi Kerek dengan umur Miosen Tengah - akhir. Formasi ini merupakan endapan dari proses sedimentasi laut dalam. Formasi Kerek memiliki karakteristik dengan ketebalan unit yang tebal dan didominasi struktur perlapisan yang terbentuk pada laut dalam yang disusun dengan perselingan antara batulanau, batulempung, batupasir, batupasir karbonatan, batugamping pasiran, dan beberapa material vulkanoklastik seperti tuff (M. Frasetio P., dkk., 2017).

Saat Miosen Akhir, cekungan Kendeng mengalami perubahan tektonik dimana aktivitas vulkanik menurun dan cekungan yang sebelumnya subsiden mulai mengalami kompresi, hal ini menandai terjadinya transisi ke pengangkatan dalam skala besar (Berghuis H.W.K, dkk, 2019). Terjadinya pengangkatan Pegunungan Selatan hal ini dipengaruhi oleh adanya aktivitas subduksi yang berada di laut selatan Jawa, kemudian peristiwa tersebut menyebabkan cekungan Kendeng mengalami pemendekan atau penyempitan ke arah utara hingga membentuk anticlinorium Kendeng. Sedimentasi Formasi Kalibeng terjadi selama interval waktu ini.

Pengangkatan Pegunungan Selatan

menyebabkan pergerakan busur vulkanik ke arah utara yang awalnya berada di pulau Jawa bagian selatan. Peristiwa vulkanisme baru terjadi di dekat bagian selatan Cekungan Kendeng. Perbedaan yang terlihat antara sekuen laut dalam di Akhir Miosen-Awal Pliosen dan sekuen karbonat laut dangkal di Awal Pliosen dikendalikan oleh pengangkatan Cekungan Kendeng, yang membentuk vergensi utara dari struktur fold-thrust belt (Slamet Sugiarto, 2018). Sub zona Ngawi merupakan depresi yang berbatasan dengan punggung Kendeng pada sisi selatannya (Van Bemmelen, 1949).



Gambar 1. Sketsa Fisiografi Jawa Timur dan Madura (Patrick De Genevraye, 972)

METODE

Berdasarkan peta fisografi menurut Van Bemmelen (1949), daerah penelitian berlokasi di Zona Kendeng bagian Barat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa observasi lapangan yang dilakukan pada formasi Kerek di Sungai Banyumeneng, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Observasi singkapan dilakukan dengan menggunakan metode measuring section yang dilakukan di sepanjang sungai daerah penelitian dengan total panjang lintasan 227,85 cm yang terdiri dari enam lintasan (Gambar. 3).

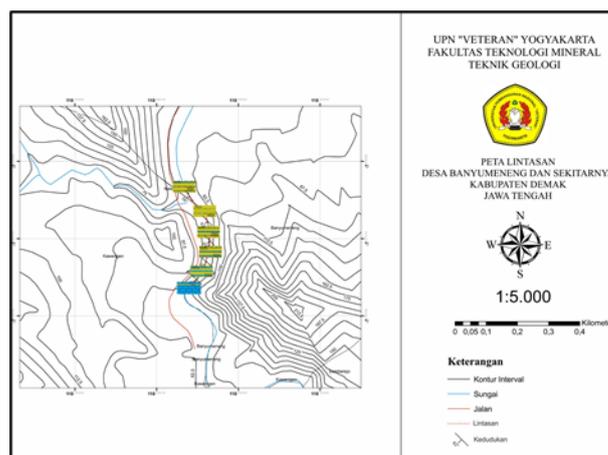
Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui secara detail mengenai karakteristik fisik batuan, perubahan serta susunan fasies pengendapan, dan mekanisme sedimentasi yang terdapat pada daerah penelitian. Lokasi penelitian ini ditunjuk berdasarkan studi pustaka terdahulu dan citra satelit karena batuan sedimen yang tersingkap pada daerah penelitian terlihat jelas dan menerus di sepanjang sungai sehingga

dapat mempermudah dalam penelitian ini (Gambar. 2).

Deskripsi batuan sedimen pada penelitian ini dilakukan secara langsung di lapangan dengan detail yang meliputi tekstur, struktur, komposisi, tebal lapisan, dan kontak antar lapisan. Pembagian fasies pengendapan didasarkan deskripsi batuan yang dijumpai pada daerah penelitian. Hasil analisis dari data lapangan kemudian diolah menggunakan software Microsoft Excel dan Corel Draw untuk dibuat penampang stratigrafi terukur secara detail. Identifikasi dan interpretasi asosiasi fasies endapan turbidit dilakukan menurut Walker (1978) dan Endapan Massa transport (MTD) menurut Shanmugam (2012).



Gambar 2. Kenampakan foto citra satelit Google Earth lokasi penelitian



Gambar 3. Peta lintasan daerah penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan cara melakukan observasi lapangan menggunakan metode *measuring section* atau stratigrafi terukur pada singkapan di

sepanjang sungai daerah penelitian yang dibagi menjadi enam lintasan dengan total panjang lintasan 227,85 cm, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Litologi

Litologi yang diperoleh dari kegiatan observasi lapangan dan stratigrafi terukur pada daerah penelitian berupa batupasir karbonatan, batugamping, batulanau, dan batulempung. Terdapat beberapa struktur sedimen yang dijumpai pada batupasir karbonatan dan batugamping klastik, antara lain masif, *wavy lamination*, perlapisan, dan slump, sedangkan pada batulanau umumnya dijumpai berupa struktur perlapisan dan laminasi.

Kenampakan batugamping klastik yang terlihat pada daerah penelitian cenderung memiliki warna abu-abu dengan ukuran butir kasar hingga sedang, serta derajat pemilahan yang buruk. Terdapat fragmen fosil skeletal pada batugamping klastik yang dapat menandakan bahwa material yang terkandungnya berasal dari lingkungan paparan atau laut dangkal. Batugamping klastik pada lintasan terakhir memperlihatkan adanya struktur sedimen berupa *cross bedding*.

Batupasir karbonatan yang terlihat pada daerah penelitian memiliki warna, tekstur, dan struktur sedimen yang beragam, sedangkan pada batulanau yang dijumpai memiliki warna dan tekstur yang cenderung



Gambar 4. Beberapa lithofasies yang yang ditemukan pada daerah penelitian antarlain, (A) Batugamping dengan struktur slump, (B) Batugamping dengan fragmen fosil skeletal, (C) Batugamping dengan struktur *cross bedding*, (D) Batupasir karbonatan sangat halus dengan struktur *wavy lamination*, (E) Perselingan antara batulanau dengan batupasir karbonatan, (F) Batugamping klastik dengan struktur masif.

seragam. Semakin menuju ke arah selatan atau ke arah lapisan yang lebih muda maka litologi berupa batugamping lebih mendominasi.

Endapan Turbidit

Berdasarkan kegiatan observasi lapangan menggunakan metode *measuring section* atau stratigrafi terukur pada singkapan di sepanjang sungai Banyumeneng, Kabupaten Demak, Jawa Tengah, maka hasil data tersebut dapat dilakukan interpretasi dan dikelompokkan menjadi beberapa fasies pengendapan menurut Walker (1984) sebagai berikut:

Smooth portion of suprafan lobes

Fasies ini merupakan fasies paling awal sepanjang lintasan daerah penelitian. Ketebalannya sekitar 19 m pada lintasan pertama sampai lintasan kedua bagian tengah. Dimulai dari bagian bawah fasies ini tersusun oleh perselingan batupasir karbonatan dengan batulanau-batulempung yang termasuk kedalam CT (*Classical Turbidities*) (Gambar 6) dan pada bagian atas tersusun oleh batupasir masif termasuk ke dalam MS (*Massive Sandstone*). Ukuran butirnya semakin ke atas makin kasar mulai dari halus halus sampai sedang yang menandakan makin dekat dengan sumber dan energi pengendapan yang semakin bertambah.

Smooth to channelled

Fasies ini merupakan fasies transisi dari fasies pertama menuju fasies ketiga. Fasies ini memiliki ketebalan sekitar 11 m pada lintasan kedua. Terdiri dari perselingan batupasir karbonatan dengan batulanau yang termasuk dalam CT (*Classical Turbidities*). Perbedaan dengan fasies yang pertama ialah ukuran butir yang lebih kasar dari sebelumnya yakni sedang-kasar karena fasies sudah mulai beralih menuju ke arah channel yang memiliki energi lebih tinggi.

Channelled portion of suprafan lobes

Fasies ini sudah mulai menuruni slope hingga percabangan awal pada channel. Ketebalan lapisan lebih dari 80 m yang

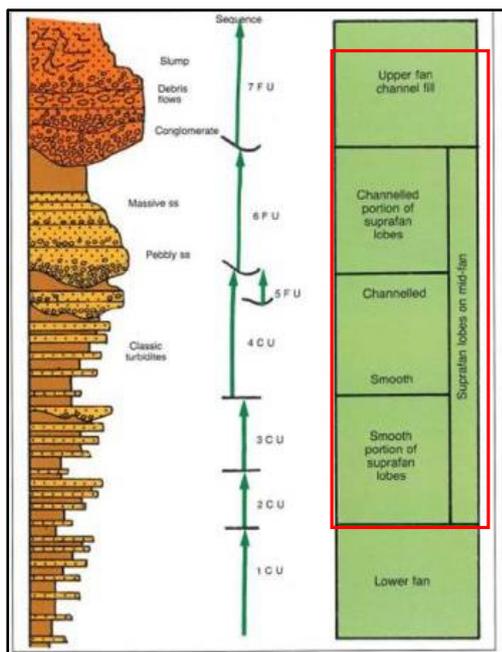
tersusun oleh batupasir karbonatan masif termasuk dalam MS (*Massive Sandstone*) serta wackestone dan packstone dengan allochem pecahan cangkang dan lithoklas yang dimasukkan dalam PS (*Pebbly Sandstone*) pada model Walker (1984). Terdapat beberapa perselingan batupasir karbonatan dan batulanau dimungkinkan sebagai endapan *levee* yang berada disekitar tubuh channel yang jalur sinistitasnya dapat bergeser seiring berjalannya waktu.

Inner fan channel fill

Fasies ini merupakan bagian teratas dari tubuh *submarine fan* (Walker, 1984) dimana endapan endapan dengan butiran paling kasar tersedimentasi. Fasies ini memiliki ketebalan sekitar 22 m yang ada sepanjang lintasan kelima. Terdiri atas batupasir karbonatan masif, wackestone, dan packstone. Pada bagian atas terdapat kenampakan struktur slump yang termasuk dalam SL (*Slump*) dan menempati bagian ujung awal dari tubuh *channel*. Semakin melimpahnya batugamping menandakan lingkungannya semakin mengarah ke bagian *shelf* atau paparan.

Outer shelf

Fasies ini adalah yang termuda dan sudah bukan merupakan bagian dari *submarine fan*. Fasies ini didominasi lapisan batugamping dan beberapa lapisan batupasir karbonatan berukuran butir halus dengan total ketebalan sekitar 36 m pada lintasan keenam. Didominasi oleh packstone - weckstone pada bagian bawah dan semakin ke atas didominasi oleh packstone – grainstone dengan struktur perlapisan dan cross-bedding. Pengkayaan material sedimen berukuran kasar serta struktur *cross-bedding* (Gambar 4C.) yang muncul menandakan proses sedimentasi di lingkungan tersebut banyak dipengaruhi oleh proses gelombang laut yang memiliki energi untuk mengangkut material rombakan organisme dan membentuk struktur *cross-bedding*.



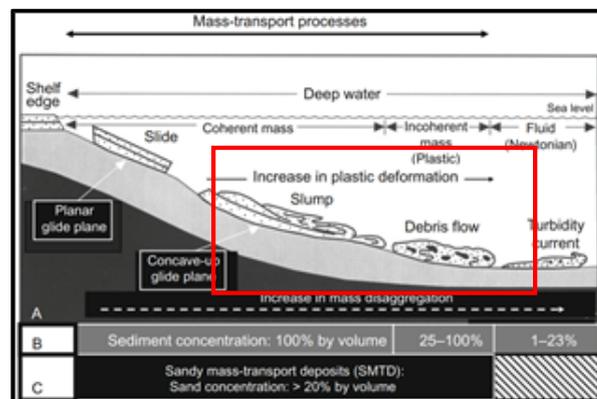
Gambar 5. Interpretasi Lingkungan pengendapan laut dalam menurut Walker, 1984

Mass Transport Deposit (MTD)

Berdasarkan konsep proses sedimentasi gravitasi pada perairan dalam menurut Shanmugam (2012), sedimentasi pada daerah penelitian secara garis besar dapat dibagi menjadi dua tipe proses pengendapan, yaitu endapan massa transport (MTD) dan arus turbidit. Endapan turbidit pada lokasi penelitian ini dijelaskan secara detail berdasarkan Walker (1984), sedangkan pada endapan mass transport (MTD) dapat dibagi menjadi dua tipe MTD menurut Shanmugam (2012) yang didasarkan proses sedimentasi dan transformasi aliran sedimen yaitu *slump* dan *debris flow*. Pembagian tipe proses pengendapan ini diperjelas dengan model dan klasifikasi berdasarkan tabel menurut Shanmugam (2012) pada (Gambar 7) dan (Tabel. 1).



Gambar 6. Perselingan batupasir karbonatan dengan batulanau-batulempung.



Gambar 7. Diagram skematik yang menunjukkan empat jenis proses pengaruh gravitasi yang membawa sedimen ke perairan dalam dalam menurut Shanmugam (2012).

Tabel 1. Klasifikasi mekanisme sedimentasi gravitasi perairan dalam menurut Shanmugam (2012)

| Major type | Nature of moving material | Nature of movement | Sediment concentration (volume %) | Fluid rheology and flow state | Depositional process |
|--|---|--|-----------------------------------|--|-------------------------|
| Mass transport (also known as mass movement, mass wasting, or landslide) | Coherent mass without internal deformation | Translational motion between stable ground and moving mass | Not applicable | Not applicable | Slide |
| | Coherent mass with internal deformation | Rotational motion between stable ground and moving mass | Not applicable | Not applicable | Slump |
| Sediment flow (in cases, mass transport) | Incoherent body (sediment-water slurry) | Movement of sediment-water slurry on mass | High 25-95% (Shanmugam, 2000a) | Plastic rheology and laminar state | Debris flow (mass flow) |
| Sediment flow | Incoherent body (water-supported particles in suspension) | Movement of individual particles within the flow | Low 1-23% (Middleton, 1967) | Newtonian rheology and turbulent state | Turbidity current |

MTD Tipe 1 dari formasi Kerek pada daerah penelitian ini dicirikan dengan hadirnya aliran blok atau puing yang mengambang secara acak dengan ukuran serta bentuk yang beragam di dalam matriks batupasir karbonatan (Gambar 8). Batupasir karbonatan yang berperan sebagai matriks dalam blok atau puing ini memiliki ukuran butir sedang dengan derajat pemilahan yang buruk (*poorly sorted*). Endapan debris flow ini memiliki ketebalan lapisan kurang lebih 150 cm dengan ukuran blok atau puing sekitar 10 cm. Blok atau puing yang terdapat pada endapan ini berupa dari batulanau tufan dengan ukuran yang tidak seragam.

Berdasarkan karakteristik MTD tipe 1 dapat dimasukkan kedalam mekanisme pengendapan massa transport secara *debris flow* (Shanmugam,2012).

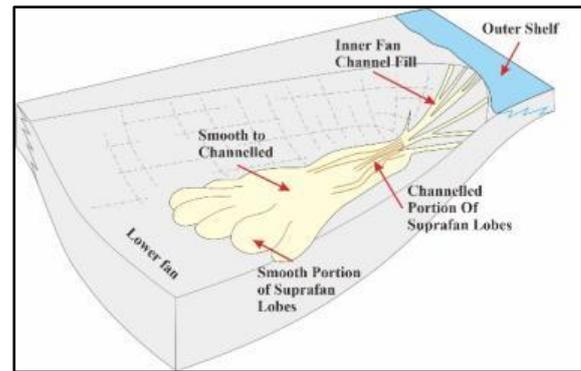
MTD tipe 2 (Gambar 4.A) endapan ini didominasi batupasir karbonatan yang memperlihatkan hasil proses pengendapan dalam kondisi plastis yang ditunjukkan dengan kehadiran struktur sedimen berupa slump.

Kehadiran struktur sedimen berupa slump menunjukkan terjadinya deformasi pada lapisan ini selama proses pengendapan. Berdasarkan karakteristik tersebut,

MTD tipe 2 dapat dimasukkan kedalam mekanisme pengendapan massa transport berupa slump. Endapan ini banyak ditemukan pada lintasan enam, yang diinterpretasikan MTD tipe 2 ini bersosiasi dan berkembang pada fasies slope atau kereng. Laut dalam. Endapan ini memiliki ketebalan lapisan kurang lebih 150 cm hingga 40 cm.



Gambar 8. MTD Tipe 1, endapan debris flow berupa pung yang mengambang dalam matriks batupasir.



Gambar 9. Ilustrasi sketsa lingkungan pengendapan daerah penelitian (modifikasi Payros. A dkk, 2007)

KESIMPULAN

Berdasarkan Interpretasi fasies pengendapan menurut Walker (1984) dan Shanmugam (2012) yang mana dari lapisan paling tua ke muda menunjukkan perubahan fasies dari *Smooth Portion* pada *submarine fan* kemudian menjadi *Outer Shelf* yang merupakan bagian dari lingkungan laut dangkal menunjukkan ada pola pendangkalan atau progradasi yang disebabkan beberapa faktornya perubahan muka air laut relatif ataupun tektonik yang terjadi pada kurun waktu tersebut.

Analisa petrografi dan geokimia batuan dalam penelitian ini akan mendukung dalam interpretasi material asal atau provenan serta faktor lain yang mempengaruhi proses-proses sedimentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Berghuis H.W.K, dkk. (2019). Plio-Pleistocene foraminiferal biostratigraphy of the eastern Kendeng Zone (Java, Indonesia): The Marmoyo and Sumberingin Sections. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier, pp. 218–231, 10.1016/j.palaeo.2019.05.008
- Kneller, B., Dykstra, M., Fairweather, L., and Milana, J.P. (2016). Mass-Transport and Slope Accommodation: Implications for Turbidite Sandstone Reservoirs, American Association of

- Petroleum Geologists Bulletin, Vol. 100, no. 2, pp. 213-235.
- Krisnabudhi, Alfathony, dkk. (2016). Insights to Fold-Thrust Activities Through Sandbox Modeling Implications for Trap Development and compartmentalization. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association. Fortieth Annual Convention & Exhibition*. Jakarta, Mei 2016.
- Pambudi, F.M., dkk. (2017). Physical Properties of Volcaniclastic Deep Water Channel Deposits Based on Outcrop Studies in Kerek Formation, Wonosegoro, Central Java: Reservoir Analogy in Deep Water Depositional Environment, Western Kendeng Basin. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association. Forty-First Annual Convention & Exhibition*. Jakarta
- Patrick De Genevraye dan Lukl Samuel. (2006). Geology of The Kendeng Zone (Central & East Java). *Proceedings Indonesian Petroleum Association. pp 17-30*
- Payros, Aitor., dkk. (2007). A point-sourced calciclastic submarine fan complex (Eocene Anotz Formation, western Pyrenees): facies architecture evolution and controlling factors. *Sedimentology*. Vol 54, pp. 54, 137–168, doi: 10.1111/j.1365-3091.2006.00823.x
- Shanmugam, G. (2012). *New Prespective of Deep-Water Sandstone*, Amsterdam: Elsevier
- Sugiarto, Slamet, dkk. (2018). Architectural Elements of Volcaniclastic Mass Transport Deposit Of Banyak Member, Western Kendeng, East Java. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association. Forty-Second Annual Convention & Exhibition*. Jakarta.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). “The Geology of Indonesia” vol IA, 2nd ed, Netherlands: The Hague Martinus Nijhoff.