

Analisis Sedimentologi dan Stratigrafi untuk Rekonstruksi Model Lingkungan Pengendapan pada Daerah Tenggara Seberang

Puspa Indah Rindawati¹⁾, Nabila Alivia Fajriani^{1)*}, Fadel Syaloom Limban¹⁾, Yoga Albi Ramadhani¹⁾, Rifqy Alfanda Aufara¹⁾

¹⁾ Fakultas Teknik, Teknik Geologi, Universitas Mulawarman

E-mail: nabila@ft.unmul.ac.id

ABSTRAK

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk merekonstruksi model lingkungan pengendapan di daerah Jongkang, Kecamatan Tenggara Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara. Metode yang digunakan meliputi pengukuran stratigrafi terperinci (*Measured Section*), analisis granulometri, dan pengamatan mikrofosil untuk menginterpretasikan karakteristik litologi, energi pengendapan, serta perubahan lingkungan dari waktu ke waktu. Hasil pengamatan lapangan pada lima titik singkapan (JGK-1 hingga JGK-5) menunjukkan variasi litologi berupa batupasir halus, batulempung, dan batugamping kristalin dengan struktur sedimen berupa laminasi sejajar, *wavy lamination*, serta struktur masif. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, lingkungan pengendapan diinterpretasikan berkembang dari sistem *lower delta plain* menuju *shallow marine*. Lokasi JGK-1, JGK-3, JGK-4, dan JGK-5 menunjukkan dominasi proses fluvial dengan energi rendah hingga sedang yang mencerminkan lingkungan *lower delta plain*, sedangkan JGK-2 memperlihatkan pengaruh laut dangkal akibat kehadiran batugamping kristalin dan struktur *wavy lamination* yang menandakan kondisi *shoreface* hingga *nearshore*. Secara keseluruhan, urutan stratigrafi di daerah penelitian memperlihatkan perubahan fasies dari darat ke laut, menunjukkan transisi regresif-transgresif yang umum terjadi pada sistem delta Mahakam selama Miosen Tengah-Akhir. Hasil penelitian ini memberikan gambaran evolusi sedimentasi lokal serta dapat menjadi dasar untuk interpretasi lebih lanjut terkait potensi geologi dan rekonstruksi sejarah pengendapan di Cekungan Kutai.

Kata Kunci: Sedimentologi; Stratigrafi; Formasi Balikpapan; Formasi Pulaubalang; Delta Mahakam

ABSTRACT

The main objective of this study is to reconstruct the depositional environment model in the Jongkang area, Tenggara Seberang District, Kutai Kartanegara Regency. The methods used include detailed stratigraphic measurements (*Measured Section*), granulometric analysis, and microfossil observations to interpret lithological characteristics, energy influences, and environmental changes over time. The results of field observations at five outcrop points (JGK-1 to JGK-5) show variations in lithology in the form of fine sandstone, claystone, and crystalline limestone with sedimentary structures in the form of parallel lamination, wavy lamination, and massive structures. Based on these characteristics, the depositional environment is interpreted to develop from a lower delta plain system to a shallow sea. Locations JGK-1, JGK-3, JGK-4, and JGK-5 show the dominance of fluvial processes with low to medium energy reflecting a lower delta plain environment, while JGK-2 displays marine influences due to the presence of crystalline limestone and wavy lamination structures that indicate coastal to near-shore surface conditions. Overall, the stratigraphic sequence in the study area displays a landward-to-marine facies transition, indicating a regressive-transgressive transition common to the Mahakam delta system during the Middle-Late Miocene. The results of this study provide an overview of the evolution of local sedimentation and can serve as a basis for further interpretation of the geological potential and reconstruction of depositional history in the Kutai Basin.

Keywords: Sedimentology; Stratigraphy; Balikpapan Formation; Pulaubalang Formation; Mahakam Delta

Pendahuluan

Cekungan Kutai merupakan salah satu cekungan sedimen terbesar dan paling kompleks di Indonesia bagian timur. Secara fisiografi, wilayah ini termasuk ke dalam zona *Kutai Basin* (Van Bemmelen, 1949) yang memiliki

sejarah geologi panjang sejak Tersier dan menjadi pusat aktivitas sedimentasi yang intens akibat suplai material dari daratan Kalimantan bagian barat. Salah satu wilayah penting dalam cekungan ini adalah daerah Tenggara Seberang, khususnya di sekitar Jongkang, Kabupaten Kutai Kartanegara. Daerah tersebut menyingkap satuan batuan yang termasuk ke dalam Formasi Balikpapan dan Formasi Pulaubalang, dua formasi utama penyusun bagian tengah hingga atas Cekungan Kutai. Formasi Balikpapan dikenal tersusun atas batupasir, batulempung, dan batubara yang diendapkan pada lingkungan *delta plain* hingga *shallow marine* berumur Miosen Tengah–Akhir, sedangkan Formasi Pulaubalang didominasi oleh batupasir, batulempung, dan sisipan karbonat yang mencerminkan lingkungan laut dangkal hingga *delta front* (Pieters dkk., 1993; Satyana, 2007).

Perubahan vertikal dari sedimen klastik ke sedimen karbonatan pada kedua formasi tersebut menggambarkan dinamika muka air laut relatif (*relative sea-level change*) serta pengaruh kuat proses fluvial, pasang surut, dan gelombang laut dalam sistem delta Mahakam. Namun demikian, pemahaman mengenai detail lingkungan pengendapan di skala lokal, khususnya pada daerah Tenggara Seberang, masih terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu bersifat regional dan berfokus pada karakter umum fasies serta potensi hidrokarbon Cekungan Kutai (Moss & Chambers, 1999; Hall & Nichols, 2002; Darlan & Kamiludin, 2009).

Kajian yang secara khusus mengintegrasikan analisis sedimentologi, stratigrafi, dan data mikrofosil pada lokasi spesifik masih jarang dilakukan. Padahal, pendekatan terintegrasi sangat penting untuk merekonstruksi dinamika lingkungan pengendapan secara lebih akurat dan memahami evolusi sedimentasi yang berlangsung di wilayah penelitian. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan data dan menambah pemahaman mengenai proses sedimentasi Formasi Balikpapan dan Pulaubalang di daerah Jongkang, Tenggara Seberang. Melalui pendekatan sedimentologi dan stratigrafi terintegrasi, penelitian ini diharapkan dapat merekonstruksi model lingkungan pengendapan secara rinci berdasarkan karakter litologi, struktur sedimen, serta hubungan antar fasies yang teramati di lapangan.

Tinjauan Pustaka

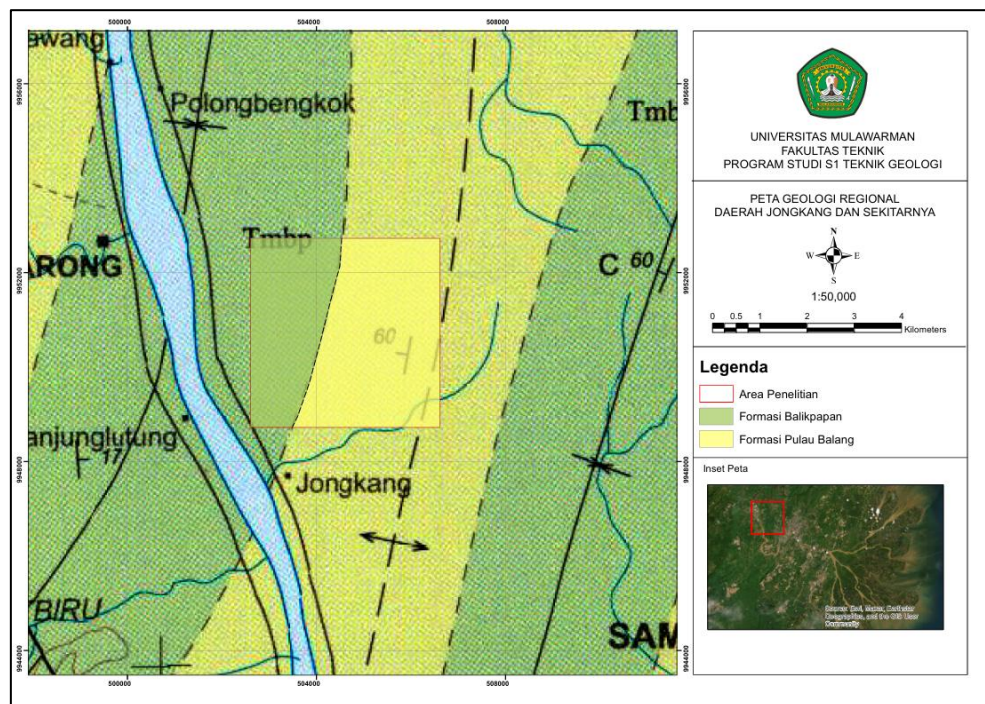
Penelitian ini mengadopsi metode yang sebelumnya diterapkan oleh Rian Cahya Rohmana dkk. (2019) dalam studi berjudul “*Analisis Sedimentologi dan Stratigrafi untuk Rekonstruksi Model Lingkungan Pengendapan: Mengungkap Proses Pembentukan Formasi Tapak, Sub-Cekungan Banyumas.*” Dalam penelitian tersebut, dilakukan integrasi antara pengamatan lapangan (*Measured Section*), analisis granulometri, dan kajian mikrofosil untuk memahami proses pengendapan serta rekonstruksi lingkungan purba secara menyeluruh. Pendekatan integratif seperti ini terbukti efektif untuk menghubungkan hubungan antarfases, mendeteksi perubahan energi pengendapan, serta menentukan evolusi lingkungan deposisi. Metode yang sama kemudian diterapkan dalam penelitian ini, namun dengan lokasi dan konteks geologi berbeda, yakni pada daerah Jongkang, Tenggara Seberang, yang merupakan bagian dari sistem delta Mahakam.

Selain penelitian Rohmana dkk. (2019), sejumlah referensi lain digunakan sebagai dasar interpretasi, seperti Boggs (2006), Nichols (2009), dan Reading (1996), yang menjelaskan hubungan antara struktur sedimen, ukuran butir, dan lingkungan pengendapan dalam konteks deltaik dan laut dangkal. Reineck & Singh (1980) juga menjelaskan bahwa struktur seperti *wavy lamination* merupakan ciri khas pengendapan pada lingkungan *shoreface* hingga *nearshore*. Penelitian-penelitian sebelumnya di Cekungan Kutai oleh Moss & Chambers (1999), Satyana dkk. (1999), dan Darlan & Kamiludin (2009) menunjukkan bahwa sistem delta Mahakam mengalami perkembangan progradatif dari barat ke timur dengan pengaruh kuat proses fluvial dan pasang surut. Akan tetapi, studi tersebut masih bersifat makro dan belum mengulas detail perbedaan fasies di skala lokal yang spesifik seperti di daerah Jongkang.

Geologi Regional

Secara fisiografi, daerah penelitian termasuk ke dalam Zona Cekungan Kutai (Van Bemmelen, 1949) yang merupakan salah satu cekungan sedimen terbesar di Indonesia bagian timur. Secara administratif, daerah penelitian terletak di sekitar daerah Jongkang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur (Gambar 1). Urutan stratigrafi di daerah penelitian termasuk dalam Formasi Balikpapan dan Formasi Pulaubalang. Menurut Pieters dkk. (1993), Formasi Balikpapan tersusun atas batupasir, batulempung, dan batubara yang diendapkan pada lingkungan *delta plain* hingga *shallow marine*, berumur Miosen Tengah–Akhir. Formasi ini di atasnya diendapkan oleh Formasi Pulaubalang, yang terdiri atas batupasir, batulempung, dan sisipan batubara dengan karakteristik lebih marin, menunjukkan transisi ke lingkungan *shallow marine*–*delta front*. Secara umum, urutan pengendapan di

Cekungan Kutai memperlihatkan pola progradasi delta Mahakam, yang berkembang dari arah barat ke timur dan menunjukkan pengaruh kuat proses fluvial serta pasang surut (Satyana, 2007; Moss & Chambers, 1999).



Gambar 1 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian Jongkang, Tenggarong Seberang

Urutan stratigrafi di daerah penelitian termasuk dalam Formasi Balikpapan dan Formasi Pulaubalang. Menurut Pieters dkk. (1993), Formasi Balikpapan tersusun atas batupasir, batulempung, dan batubara yang diendapkan pada lingkungan *delta plain* hingga *shallow marine*, berumur Miosen Tengah–Akhir. Formasi ini di atasnya diendapkan oleh Formasi Pulaubalang, yang terdiri atas batupasir, batulempung, dan sisipan batubara dengan karakteristik lebih marin, menunjukkan transisi ke lingkungan *shallow marine–delta front*. Secara umum, urutan pengendapan di Cekungan Kutai memperlihatkan pola progradasi delta Mahakam, yang berkembang dari arah barat ke timur dan menunjukkan pengaruh kuat proses fluvial dan pasang surut (Satyana, 2007).

Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan di daerah Jongkang, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur, yang termasuk dalam wilayah Cekungan Kutai. Secara stratigrafi, daerah ini tersusun oleh Formasi Balikpapan dan Formasi Pulaubalang, yang menunjukkan transisi dari sistem *fluvial-deltaic* menuju laut dangkal (*shallow marine*). Kegiatan penelitian dilakukan melalui empat tahapan utama, yaitu studi literatur, pengamatan lapangan, analisis laboratorium, serta integrasi dan interpretasi data. Metode penelitian dilakukan melalui pemetaan geologi dengan cakupan area seluas 2×2 km di sekitar Desa Jongkang. Pengamatan lapangan dilakukan secara mendetail pada singkapan yang merepresentasikan karakter litologi yang ada pada daerah Jongkang. Penentuan titik pengamatan dilakukan dengan metode *purposive sampling* berdasarkan ketersediaan singkapan, keterusan lapisan, serta variasi litologi yang dianggap mewakili sekuen pengendapan. Sebanyak lima titik pengamatan ditetapkan, yaitu JGK-1 hingga JGK-5, dengan posisi yang tersebar untuk menggambarkan perubahan fasies secara vertikal maupun lateral di daerah penelitian.

Pengamatan lapangan dilakukan menggunakan metode *Measured Section* (MS) untuk mendokumentasikan urutan stratigrafi dari dasar ke atas (*bottom to top*). Data yang dikumpulkan mencakup litologi, tekstur dan ukuran butir, struktur sedimen, warna batuan, jenis kontak antar lapisan, serta kandungan fosil megaskopis apabila dijumpai. Setiap perubahan litologi dicatat sebagai satuan litofasies, kemudian disusun menjadi kolom stratigrafi terukur yang digunakan untuk interpretasi fasies dan korelasi antar singkapan. Sampel batuan yang mewakili tiap satuan litofasies diambil untuk dideskripsi. Analisis granulometri dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butir dan energi pengendapan, sedangkan analisis mikrofossil dilakukan pada sampel karbonatan untuk mengenali indikasi umur

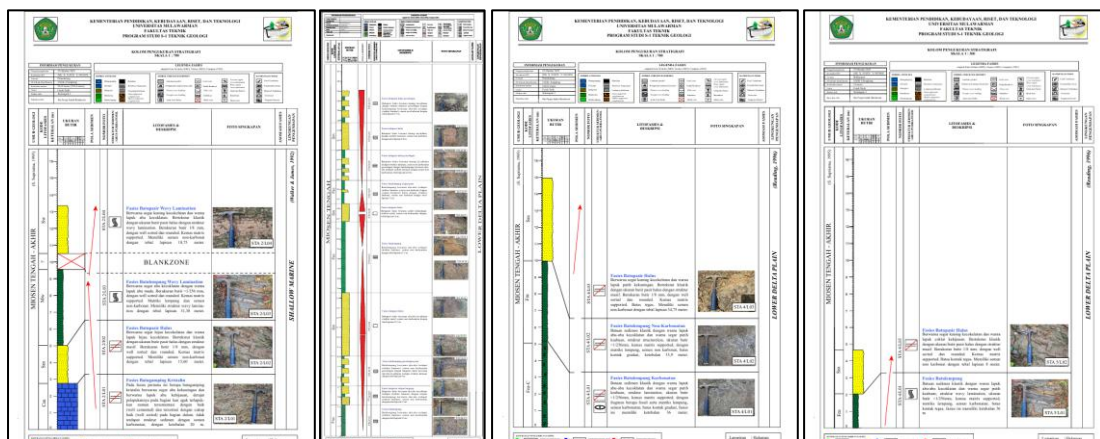
relatif serta lingkungan pengendapan. Pada penelitian yang dilakukan, penentuan ukuran butir dilakukan dengan menggunakan alat berupa ayakan yang dilengkapi dengan mesh berukuran 50, 80, 100, 200 dan pan. Hasil analisis lapangan dan mikroskopis diintegrasikan guna menginterpretasikan perkembangan fasies dan pola perubahan lingkungan pengendapan dari sistem *lower delta plain* menuju *shallow marine*.

Hasil

Gambaran model lingkungan pengendapan Formasi Balikpapan dan Formasi Pulaubalang pada daerah Jongkang diperoleh berdasarkan hasil pengamatan pada lima lokasi pengamatan dengan kode JGK-1, JGK-2, JGK-3, JGK-4, dan JGK-5. Pemilihan kelima lokasi tersebut didasarkan pada kondisi singkapan yang baik, keterdapatan struktur sedimen yang jelas, serta keterwakilan litologi utama yang dapat menggambarkan perubahan fasies secara vertikal maupun lateral di daerah penelitian. Berikut merupakan pembahasan masing-masing lokasi pengamatan:

Lokasi Pengamatan JGK-1

Singkapan di lokasi JGK-1 tersusun atas batupasir halus berstruktur laminasi sejajar dengan ketebalan sekitar 2,29 meter. Batupasir memiliki semen non-karbonatan dan matriks pasir halus. Tidak dijumpai indikasi material karbonatan ataupun fosil laut, sehingga pengaruh laut terbuka dianggap sangat minimal. Ciri tersebut menggambarkan endapan hasil aktivitas saluran *tributary* atau area *intertributary bay* dalam sistem delta, di mana proses sedimentasi didominasi oleh aliran fluvial yang sesekali dipengaruhi pasang surut. Berdasarkan karakteristik tersebut, lingkungan pengendapan JGK-1 diinterpretasikan sebagai *lower delta plain*, sesuai dengan model fasies deltaik yang dijelaskan oleh Nichols (2009) dalam *Sedimentology and Stratigraphy*.



Gambar 2 Measure Section untuk Lokasi Pengamatan (a) JGK-2; (b) JGK-3; (c) JGK-4; (d) JGK-5

Lokasi Pengamatan JGK-2

Singkapan JGK-2 menunjukkan variasi litologi yang kompleks, tersusun atas batupasir halus berstruktur *wavy lamination* (18,75 m), soil (*blackzone* 19,7 m), batulempung berstruktur *wavy lamination* (31,3 m), batupasir masif (15,6 m), dan batu gamping kristalin setebal 20 meter dengan semen karbonatan (Gambar 2a). Kehadiran batugamping kristalin mengindikasikan adanya pengaruh laut dangkal, sedangkan struktur *wavy lamination* mencerminkan proses sedimentasi akibat interaksi antara arus dan gelombang di zona transisi darat-laut.



Gambar 3 Singkapan Lokasi Pengamatan JGK-2

Kombinasi antara batupasir, lempung, dan karbonat menunjukkan lingkungan pengendapan *shoreface* hingga *nearshore*, di mana energi gelombang berfluktuasi dan proses pasang surut berperan penting dalam pembentukan struktur sedimen. Interpretasi ini sejalan dengan Reineck & Singh (1980) dalam *Depositional Sedimentary Environments* yang menjelaskan bahwa fasies *shoreface* ditandai oleh batupasir halus berlapis *wavy* dan interkalasi lempung akibat proses gelombang di lingkungan laut dangkal.

Lokasi Pengamatan JGK-3

Litologi di lokasi JGK-3 didominasi oleh perselingan batulempung dan batupasir halus berstruktur masif dan laminasi sejajar, dengan semen non-karbonatan. Total ketebalan sekuen mencapai lebih dari 80 meter (Gambar 3b). Keberadaan lapisan berselingan pasir–lempung dengan struktur masif menandakan proses sedimentasi berenergi fluktuatif akibat perubahan debit aliran sungai atau aktivitas pasang surut pada sistem delta. Tidak dijumpai indikasi karbonat maupun fosil laut, menunjukkan lingkungan *non-marine*. Ciri tersebut menggambarkan kondisi pengendapan di *lower delta plain*, khususnya di zona *interdistributary* atau *floodplain*, sebagaimana dijelaskan oleh Boggs (2006) dalam *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, bahwa *lower delta plain* dicirikan oleh perlapisan berulang pasir–lempung akibat dinamika saluran *distributary* dan proses banjir periodik.



Gambar 4 Singkapan Lokasi Pengamatan JGK-3

Lokasi Pengamatan JGK-4

Pada lokasi JGK-4, singkapan tersusun atas batupasir halus masif setebal 34,75 meter, diikuti batulempung masif non-karbonatan setebal 33,9 meter, dan batulempung karbonatan tebal 36 meter. Secara vertikal terlihat peralihan dari sedimen klastik non-karbonatan menuju sedimen karbonatan. Kondisi ini menunjukkan transisi dari sistem pengendapan *fluvial-deltaic* menuju lingkungan yang lebih dipengaruhi laut, yaitu zona transisi *lower delta plain*. Telah dilakukan analisis mikrofosil pada sampel batulempung karbonatan, namun pada hasil pengamatan tidak ditemukan adanya mikrofosil pada sampel.

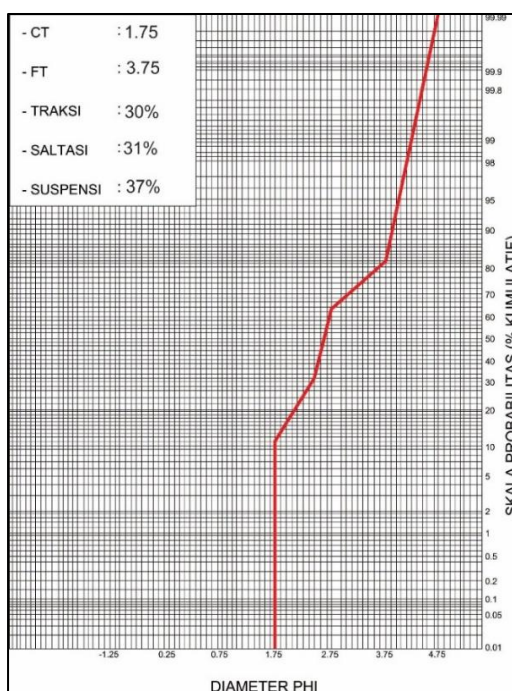


Gambar 5 Singkapan Lokasi Pengamatan JGK-4

Menurut Reading (1996) dalam *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, perubahan vertikal dari pasir ke lempung karbonatan mencerminkan peningkatan pengaruh laut pada sistem delta, di mana energi menurun ke arah laut dan terjadi pengendapan material halus yang lebih stabil.

Lokasi Pengamatan JGK-5

Singkapan di JGK-5 memperlihatkan urutan sederhana berupa batupasir halus masif setebal 8 meter yang diikuti batulempung masif non-karbonatan setebal 6 meter. Struktur masif dan sifat non-karbonatan menunjukkan



Gambar 7 Hasil Analisis Granulometri Pada Daerah Penelitian

Selanjutnya dilakukan analisis granulometri dengan melakukan *plotting* persen kumulatif dan diameter dari ukuran butir, dilanjutkan dengan perhitungan nilai sortasi, *skewness*, dan *kurtosis*. Menurut Visser (1965), ada tiga cara menentukan proses transportasi sedimen yaitu traksi untuk butiran kerikil, saltasi untuk butiran pasir sangat kasar, pasir kasar dan pasir sedang, dan suspensi untuk butiran pasir halus dan pasir sangat halus. Berdasarkan kurva kumulatif metode grafis (Gambar 5) persentase traksi sebesar 30%, nilai persentase saltasi sebesar 31%, dan nilai persentase suspensi sebesar 37%, maka didapatkan hasil distribusi ukuran butir yang dominan adalah suspensi.

Pembahasan

Fasies dan Lingkungan Pengendapan

Secara keseluruhan, hasil pengamatan di daerah Jongkang menunjukkan perkembangan sistem deltaik pada Formasi Balikpapan dan Formasi Pulaubalang. Urutan stratigrafi memperlihatkan peralihan dari lingkungan *lower delta plain* (JGK 3 dan JGK 4) menuju *shallow marine* (JGK 2), yang menunjukkan adanya perubahan muka air laut relatif dari fase regresif ke transgresif. Kondisi ini sejalan dengan siklus sedimentasi yang umum terjadi pada Cekungan Kutai selama Miosen Tengah–Akhir (Moss dan Chambers, 1999; Satyana dkk., 1999; Darman dan Sidi, 2000).

1. Fasies *Shallow Marine*

Asosiasi fasies *shallow marine* dijumpai pada lintasan JGK 2 yang dicirikan oleh perlapisan batupasir halus berstruktur *wavy lamination*, batulempung halus berstruktur laminasi gelombang, serta keberadaan batugamping kristalin. Endapan ini memperlihatkan peralihan litologi dari sedimen klastik halus ke sedimen karbonatan, yang menandakan adanya perubahan energi dan lingkungan dari sistem daratan ke laut dangkal terbuka. Batupasir halus dengan struktur *wavy lamination* menunjukkan pengaruh gelombang dan arus pasang surut, sedangkan batulempung menandakan periode pengendapan dengan suplai oksigen rendah dan dominasi material halus yang terendapkan pada kondisi energi rendah. Kehadiran batugamping kristalin memperkuat interpretasi bahwa pengendapan berlangsung pada lingkungan laut dangkal (*shallow marine setting*), di mana kondisi perairan mulai jernih dan mendukung presipitasi karbonat.

Lingkungan pengendapan ini diinterpretasikan sebagai bagian dari sistem transgresif, yang menandai fase pendalaman (*marine flooding*) setelah periode regresif dari sistem deltaik sebelumnya (Moss dan Chambers, 1999; Cibaj dkk., 2014). Endapan ini menunjukkan fase akhir dari siklus deltaik Formasi Balikpapan yang bertransisi menuju sistem laut terbuka selama Miosen Tengah–Akhir (Supriatna dkk., 1995).

2. Fasies *Lower Delta Plain*

Pada lokasi penelitian, tepatnya di JGK 3 dan JGK 4, satuan batuan tersusun oleh batupasir halus dan batulempung yang saling berselingan, dengan struktur sedimen didominasi oleh masif hingga laminasi halus. Karakter litologi tersebut menunjukkan adanya pengendapan berulang antara material berbutir halus dan lebih kasar akibat fluktuasi energi dalam sistem deltaik. Batulempung dengan ketebalan mencapai 20–30 meter diinterpretasikan sebagai endapan *interdistributary bay*. Sementara itu, batupasir halus dengan struktur masif hingga berlaminasi menunjukkan pengendapan dari *distributary channel* atau *crevasse splay*, hasil dari luapan saluran fluvial yang membawa material berbutir halus ke area sekitarnya.

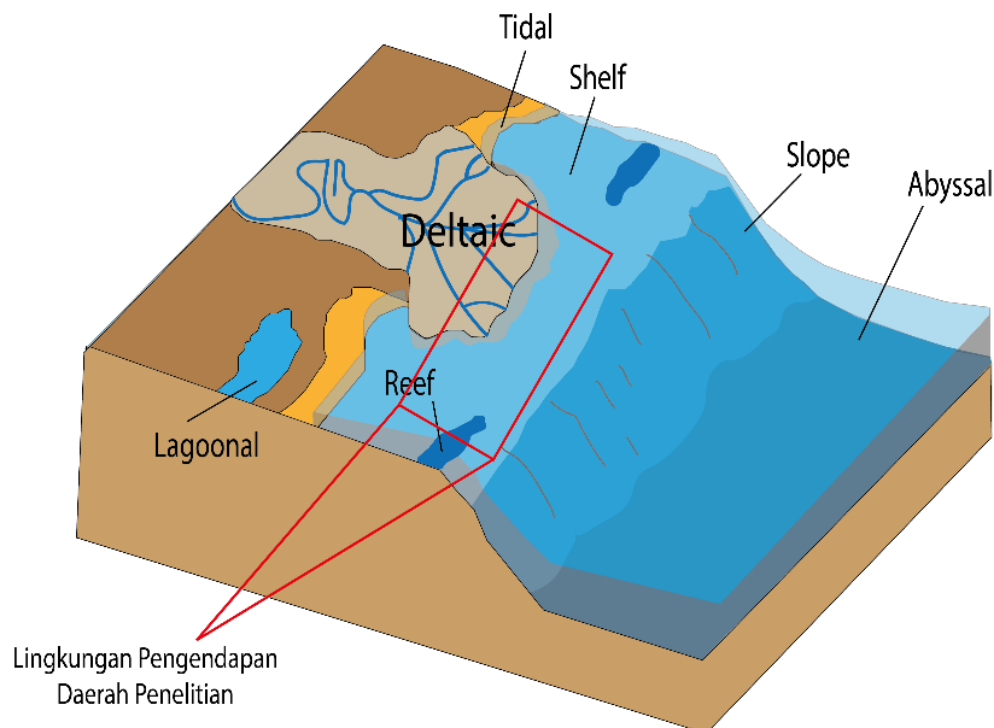
Keberulangan litologi pasir dan lempung pada JGK 3 dan JGK 4 menandakan proses siklus regresif di mana pengendapan semakin mendekat ke arah darat (*progradation*). Berdasarkan karakter ini, asosiasi fasies tersebut diinterpretasikan sebagai bagian dari lingkungan pengendapan *lower delta plain* yang dipengaruhi oleh sistem fluvial dengan energi relatif rendah. Lingkungan ini mewakili bagian transisional antara sistem fluvial dan laut dangkal, di mana proses sedimentasi dikontrol oleh interaksi aliran sungai dan pasang surut (Anggayana dan Widayat, 2013; Satwika, 2021).

Model Lingkungan Pengendapan

Berdasarkan hasil korelasi antar singkapan, pengamatan litologi, serta data granulometri, dapat disimpulkan bahwa satuan batuan di daerah Jongkang, Kecamatan Tenggarong Seberang, merepresentasikan perkembangan sistem delta Mahakam pada kala Miosen Tengah–Akhir. Hubungan antar satuan menunjukkan pola peralihan fasies secara vertikal dan lateral dari *lower delta plain* menuju *shallow marine*, yang menandakan adanya perubahan kondisi energi dan fluktuasi muka air laut relatif (Satyana, 2007; Moss & Chambers, 1999).

Singkapan JGK-1, JGK-3, JGK-4, dan JGK-5 tersusun atas batupasir halus dan batulempung non-karbonatan dengan struktur masif hingga laminasi sejajar. Ciri-ciri ini menunjukkan proses pengendapan berenergi rendah hingga sedang, yang dikontrol oleh aktivitas fluvial pada sistem *lower delta plain*. Endapan ini terbentuk akibat pengisian saluran *distributary* dan luapan banjir (*crevasse splay*), yang umum dijumpai pada bagian darat dari sistem deltaik (Boggs, 2006; Nichols, 2009). Sementara itu, singkapan JGK-2 menunjukkan karakter litologi yang berbeda, dengan adanya batugamping kristalin dan struktur *wavy lamination*. Hal ini menandakan meningkatnya pengaruh laut dan mencerminkan lingkungan *shoreface–nearshore*, di mana proses gelombang dan pasang surut mulai mendominasi. Kehadiran batugamping kristalin mengindikasikan kondisi perairan yang lebih jernih dan tenang, memungkinkan presipitasi karbonat (Reineck & Singh, 1980; Reading, 1996).

Hasil analisis granulometri mendukung interpretasi tersebut, di mana distribusi butir didominasi oleh fraksi pasir halus dengan persentase transportasi suspensi sebesar 37%, menunjukkan kondisi energi rendah–sedang yang umum pada sistem *deltaic* bagian bawah. Transisi litologi dari pasir non-karbonatan ke batugamping kristalin pada bagian atas mengindikasikan naiknya muka air laut (fase transgresif) yang menutup fase regresif sebelumnya.



Gambar 8 Model lingkungan pengendapan di daerah penelitian pada Kala Miosen Tengah – Miosen Akhir

Dengan mengacu pada model lingkungan pengendapan delta Mahakam modern (Wiweko & Giriansyah, 1999) dan konsep Reineck & Singh (1980), model lingkungan pengendapan daerah Jongkang dapat direkonstruksi sebagai sistem deltaik progradatif–transgresif. Endapan awal terbentuk pada *lower delta plain* berenergi fluvial, kemudian berkembang menuju zona transisi dan akhirnya terendapkan di laut dangkal ketika muka air laut meningkat. Secara lateral, hubungan antarfasies memperlihatkan pergeseran garis pantai ke arah darat (retrogradasi) akibat pengaruh transgresi lokal.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, analisis granulometri, dan interpretasi fasies pada lima titik singkapan (JGK-1 sampai JGK-5) di daerah Jongkang, Kecamatan Tenggarong Seberang, dapat disimpulkan bahwa urutan batuan di lokasi penelitian merekam perubahan lingkungan pengendapan dari darat menuju laut dangkal selama Miosen Tengah–Akhir.

Singkapan JGK-1, JGK-3, JGK-4, dan JGK-5 tersusun atas batupasir halus dan batulempung non-karbonatan dengan struktur masif hingga laminasi sejajar. Ciri tersebut menunjukkan lingkungan *lower delta plain*, yang terbentuk akibat proses pengendapan oleh saluran fluvial dan aktivitas pasang surut berenergi rendah sampai sedang. Sedangkan pada JGK-2, dijumpai batugamping kristalin dan struktur *wavy lamination* yang menandakan adanya pengaruh laut dangkal. Kondisi ini diinterpretasikan sebagai lingkungan transisi (*shoreface–nearshore*), di mana proses gelombang dan pasang surut mulai mendominasi. Hasil analisis granulometri menunjukkan dominasi butiran pasir halus dengan mekanisme transportasi utama melalui suspensi (37%), menggambarkan kondisi energi yang relatif rendah dan sesuai dengan karakter endapan deltaik.

Daftar Pustaka

Abhimantra S, Widada S, Said S. *Geologi dan studi sikuen stratigrafi Formasi Balikpapan, Lapangan “Minggiran”, Cekungan Kutai, Kalimantan Timur*. Jurnal Ilmiah Geologi Pangea. 2015;2(2):68. <https://id.scribd.com/document/541823316/5153-14041-1-SM>

Anggayana K, Widayat H. Paleoenvironmental interpretation based on lithotype and macerals variation from Ritan's lignite, Upper Kutai Basin, East Kalimantan. *Procedia Earth and Planetary Science*. 2013;6:155–162. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2013.01.022>

Boggs S. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. 4th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall; 2006.

Darlan Y, Kamiludin U. *Analisis sedimen dan perubahan kondisi lingkungan: Daerah kasus Delta Mahakam, Kalimantan Timur*. *Jurnal Geologi Kelautan*. 2009;7(1):25–35. <http://dx.doi.org/10.32693/jgk.7.1.2009.167>

Moss SJ, Chambers JA. *Tertiary Facies Architecture in the Kutai Basin, East Kalimantan*. *Proceedings Indonesian Petroleum Association*. 1999;28(1):231–248.

Nichols G. *Sedimentology and Stratigraphy*. 2nd ed. Oxford: Wiley-Blackwell; 2009.

Pieters PE, Supriatna S, Sanyoto P, Supandjono JBR. *Geological Map of the Balikpapan Quadrangle, Kalimantan*. Geological Research and Development Centre; 1993.

Reading HG, editor. *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science Ltd; 1996.

Reineck HE, Singh IB. *Depositional Sedimentary Environments: With Reference to Terrigenous Clastics*. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag; 1980.

Rohmana RC, Fardiansyah I, Taufani L, Harishidayat D. Depositional Processes and Facies Architecture of Balikpapan Sandstone Formation: Application of 3D Digital Outcrop Model (DOM) to Identify Reservoir Geometry and Distribution in Deltaic System. *Scientific Contributions Oil and Gas*. 2019;42(1):35–42. <https://doi.org/10.29017/SCOG.42.1.379>

Rohmana RC, Fardiansyah I, Taufani L, Harishidayat D, dkk. Analisis Sedimentologi dan Stratigrafi untuk Rekonstruksi Model Lingkungan Pengendapan: Mengungkap Proses Pembentukan Formasi Tapak, Sub-Cekungan Banyumas. *Jurnal Geosains dan Teknologi*. 2019;2(3).

Satyana AH. Delta Mahakam: Progradation History and Stratigraphic Development in Kutai Basin, East Kalimantan. *Proceedings Indonesian Petroleum Association*. 2007;31(1):345–359.

Van Bemmelen RW. *The Geology of Indonesia*. Vol. IA. The Hague: Government Printing Office; 1949.

Wiweko A, Giriansyah B. *Sedimentary Facies of the Mahakam Delta: Comparison Between the Modern and the Miocene*. *Berita Sedimentologi*. 1999;12(1):265. <https://doi.org/10.51835/bsed.1999.12.1.265>