

Studi Asal Sedimen Lempung Kota Balikpapan Berdasarkan Data Geokimia

¹Desianto Payung Batu, ²Jamaluddin, ³Hamriani Ryka

^{1,2,3}Program Studi Teknik Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

desianto.battu@sttmigas.ac.id, Jamaluddin@sttmigas.ac.id, hamriani@sttmigas.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Diterima : 24-09-2023

Disetujui : 27-11-2023

Keywords:

Balikpapan;

Clay

Geochemistry

Volcanic

activity Middle

Miocene



ABSTRACT

Abstract: Clay sediment group is one of the dominant sediments in Balikpapan City area which belongs to Balikpapan Formation (tmbp) and Kampung Baru Formation (tpkb) located in the Lower Kutai Basin. The study aims to determine the origin of clay sediments of Balikpapan city by geochemical data. The research methods conducted are the megascopic description, measuring Section, and geochemical analysis. The lithofacies of claystone units in the study area are massive claystone facies (Fm) and lenticular lamination claystone (Clt) which indicate that the sediments originate from Transition - Delta deposition environments. The value of the SiO_2/Al_2O_3 ratio in the clay sediments of Balikpapan City ranges from 0.34 - 0.56 % which indicates that the level of clay composition in the samples is high. The cross plot between the Al_2O_3/SiO_2 and $Fe_2O_3 + MgO$ percentages indicates that the clay sediments in Balikpapan City are influenced by the oceanic arc zone. This is related to the phase of delta formation process continuing during the Middle Miocene period to the present which is characterized by an increasing volcanic activity.

Abstrak: Kelompok sedimen lempung merupakan salah satu sedimen yang dominan di wilayah Kota Balikpapan yang termasuk kedalam Formasi Balikpapan (tmbp) dan Formasi Kampung Baru (tpkb) yang berada di Cekungan Kutai Bawah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui asal sedimen lempung Kota Balikpapan berdasarkan data geokimia. Metode penelitian yang dilakukan berupa metode deskripsi megaskopis, data log lintasan terukur dan analisis geokimia. Litofasies satuan batulempung pada daerah penelitian terdapat *massive claystone facies* (Fm) dan *lenticular lamination claystone* (Clt) yang mengindikasikan sedimen tersebut berasal dari lingkungan pengendapan Transisi – Delta. Nilai rasio SiO_2/Al_2O_3 pada sedimen lempung wilayah Kota Balikpapan berkisar antara 0.34 – 0.56 % yang mengindikasikan bahwa tingkat komposisi lempung pada sampel tersebut tinggi. Plot silang antara persentase Al_2O_3/SiO_2 dan $Fe_2O_3 + MgO$ mengindikasikan bahwa sedimen lempung pada wilayah Kota Balikpapan dipengaruhi oleh zona busur samudera (*oceanic arc*). Hal tersebut berkaitan dengan fase proses pembentukan delta berlanjut selama periode Miosen Tengah hingga saat ini yang ditandai dengan kenaikan aktifitas vulkanik.



<https://doi.org/10.31764/justek.vXIY.ZZZ>



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

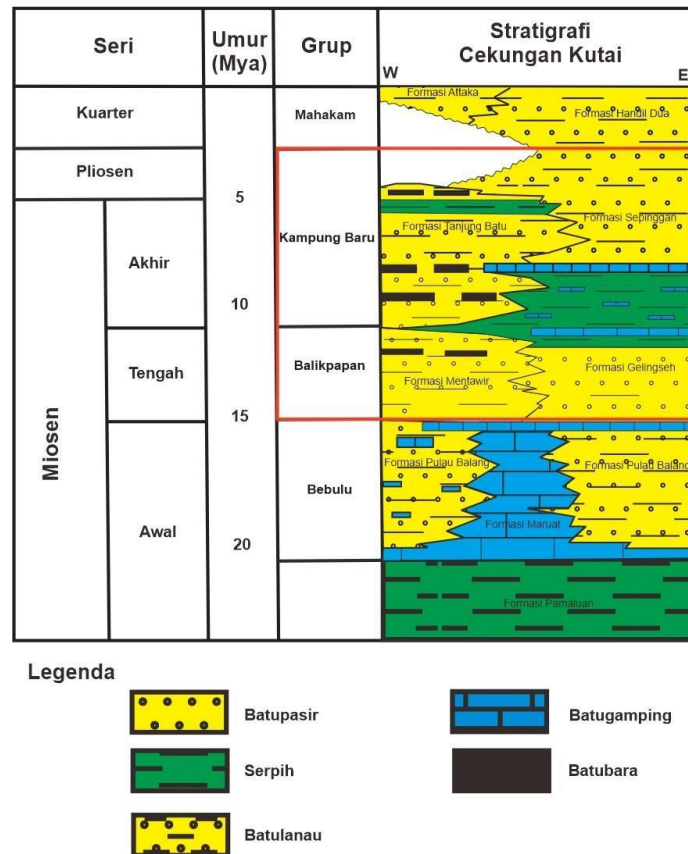
A. LATAR BELAKANG

Mineral lempung adalah jenis mineral sekunder yang terbentuk melalui proses degradasi atau perpecahan yang disebabkan oleh pengaruh iklim serta perubahan yang terjadi akibat interaksi dengan air, baik pada batuan asal maupun mineral-mineral yang terkandung dalam batuan tersebut. Mineral lempung terbentuk di permukaan bumi ketika mineral silikat berinteraksi dengan elemen-elemen udara dan air yang mengalami dekomposisi menjadi lempung serta bahan-bahan lainnya (Rahmad dkk., 2021). Batulempung dapat didefinisikan sebagai batuan sedimen yang umumnya bersifat plastis dan terdiri dari hidrous aluminium silikat atau mineral lempung yang memiliki ukuran butiran yang sangat kecil, yakni kurang dari 0,002 mm atau $1/256$ mm. Batulempung didefinisikan sebagai batuan yang memiliki struktur yang padat dan komposisi yang didominasi oleh material lanau (Aini dkk., 2019). Lempung terbentuk melalui proses pelapukan mineral-mineral yang membentuk batuan, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti iklim, jenis batuan, topografi permukaan bumi, serta keberadaan vegetasi yang tumbuh di atas batuan tersebut. Faktor utama yang memicu pembentukan mineral lempung dalam proses ini meliputi komposisi mineral dalam batuan, karakteristik kimia, dan daya larut air tanah (Obasi dan Madukwe, 2015).

Wilayah studi ini terletak di Balikpapan, Kalimantan Timur, yang tercakup dalam Formasi Balikpapan (tmbp) dan Formasi Kampungbaru (tpkb) yang berada di dalam Cekungan Kutai (Gambar 1). Sekitar 85% dari luas wilayah Kota Balikpapan terdiri dari topografi perbukitan, yang terbentuk melalui proses geologis yang melibatkan batuan dari Formasi Balikpapan dan Formasi Kampung Baru (Prabowo dkk., 2023). Formasi Balikpapan ini terdiri dari perselingan berbagai jenis batuan seperti batupasir, batulempung, sisipan batulanau, serpih, batugamping, dan batubara yang berumur Miosen Tengah. Formasi ini terdiri dari rangkaian siklus endapan laut dangkal yang membentuk batuan sedimen klastik dan batuan sedimen biokimiawi. Dalam konteks lingkungan pengendapan laut dangkal, ketika sedimen dari daratan dibawa menuju laut, maka lapisan-lapisan pasir, lempung, dan lanau akan mengalami pengendapan bersamaan. Pengendapan ini menghasilkan batuan sedimen klastik yang dikenal sebagai batugamping (Zetri dkk., 2020). Satuan batugamping Balikpapan dan Satuan batulempung yang membawa lapisan batubara terbentuk dalam lingkungan pengendapan di sepanjang zona litoral-laut.

Sementara Formasi Kampung Baru terdiri dari litologi batupasir kuarsa, batulempung sisipan, serpih, batulanau, dan batubara. Formasi ini memiliki ketebalan mencapai rentang antara 700 - 800 meter yang berumur Miosen Akhir - Pliosen (Satyana dkk., 1999). Formasi Kampung Baru merupakan hasil dari akumulasi endapan delta yang membentuk batuan sedimen klastik, bersama dengan siklus endapan laut dangkal yang membentuk batuan sedimen biokimiawi. Partikel klastik dari batuan sedimen seperti pasir, lempung, serpih, dan lanau dipindahkan oleh air dan kemudian mengendap membentuk lapisan di wilayah yang lebih rendah. Batuan sedimen biokimiawi, seperti gamping dan batu bara, terbentuk akibat proses pemadatan dari organisme yang mati dalam lingkungan yang memiliki kadar oksigen yang rendah (Jamaluddin dkk., 2023). Di bagian paling bawah Formasi Kampungbaru ditemukan endapan gamping yang terbentuk dalam lingkungan laut dangkal. Selanjutnya, terdapat endapan dataran delta yang terdiri dari pasir yang diendapkan oleh aliran sungai dalam saluran, serpih lempung, lanau, dan batu bara (Luthfi dan Sunarwan, 2009; Zetri dkk., 2020).

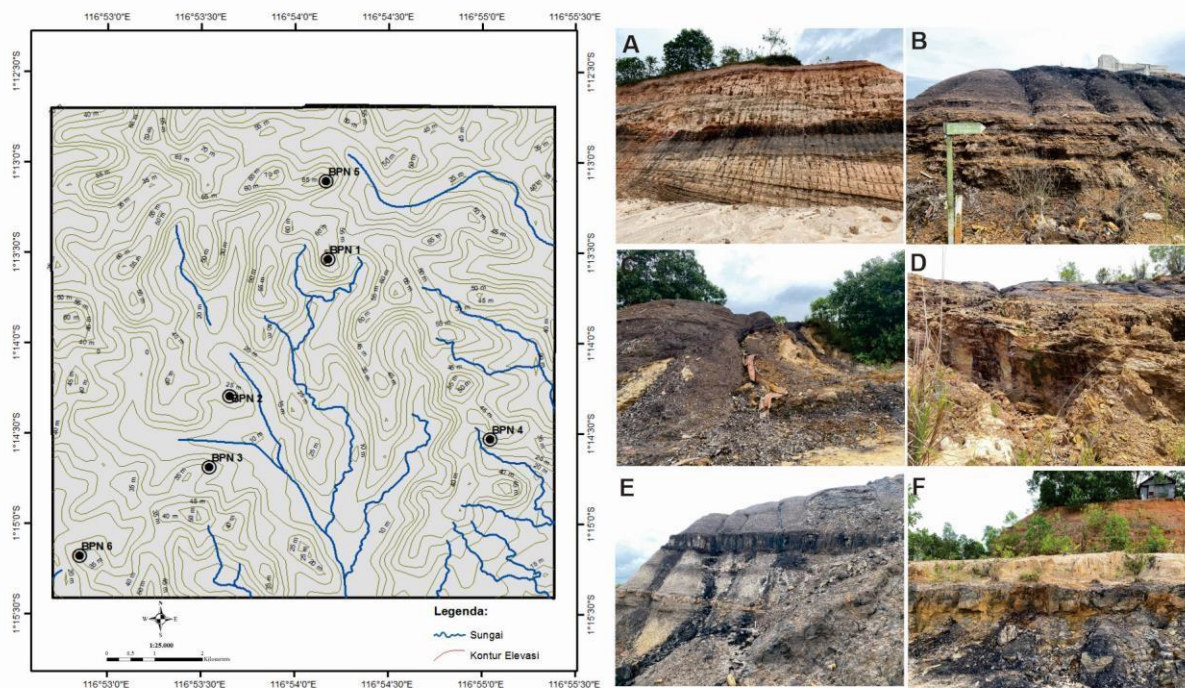
Batuan sedimen yang tersingkap pada wilayah Balikpapan termasuk kedalam Formasi Kampungbaru. Akan tetapi, studi mengenai batuan asal (provenance) batulempung pada formasi tersebut belum pernah dilakukan sebelumnya. Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk mengkaji batuan asal sedimen lempung Kota Balikpapan berdasarkan deskripsi megaskopis dan diintegrasikan dengan data geokimia sedimen.



Gambar 1. Kolom stratigrafi daerah penelitian (Jamaluddin dkk., 2023)

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di wilayah Balikpapan meliputi enam titik pengambilan sampel yaitu Perumahan Balikpapan Regency, Perusda, Gedung Kesenian Balikpapan, Perumahan Prona, Perumahan Bukit Lestari dan Perumahan Kartini Residence (Gambar 2). Lokasi pengambilan sampel dilakukan berdasarkan dengan survei lapangan dan penentuan lokasi sebelumnya menggunakan *Google earth* dan *Global Positioning System (GPS)*. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui lokasi sebaran sampel yang telah diambil. Penentuan lokasi pengambilan sampel berdasarkan jarak antara titik sampel agar sampel batuan yang diambil untuk diuji kandungannya mewakili keadaan di lapangan. Metode yang dilakukan pada penelitian ini berupa metode deskripsi megaskopis dari batuan dan juga data log lintasan terukur (*Measuring Section*). Sampel yang dikumpulkan di lapangan sebanyak 14 contoh berupa sedimen lempung dan akan dibawa ke laboratorium guna dilakukan analisis kimiawi batuan menggunakan alat *Portable XRF Analyzer Thermo Scientific (pXRF)*. Metode analisis pXRF ini melibatkan penggunaan sinar radioaktif yang diarahkan ke sampel, dan perangkat tersebut dapat mengidentifikasi kandungan unsur kimia dalam sampel dengan presisi (Jamaluddin dan Umar, 2018). Data yang dihasilkan oleh alat pXRF kemudian dianalisis untuk mengetahui batuan asal sedimen lempung Kota Balikpapan yang telah diuji.



Gambar 2. Peta titik lokasi pengambilan sampel. Terdapat 6 (enam) titik lokasi pengambilan sampel yang dilakukan di wilayah Balikpapan Selatan. Enam titik tersebut yaitu (a). Perumahan Balikpapan Regency (BPN 1), (b). Perusda (BPN 2), (c). Gedung Kesenian Balikpapan (BPN 3), (d). Perumahan Prona (BPN 4), (e). Perumahan Bukit Lestari (BPN 5) dan (f). Perumahan Kartini Residence (BPN 6).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

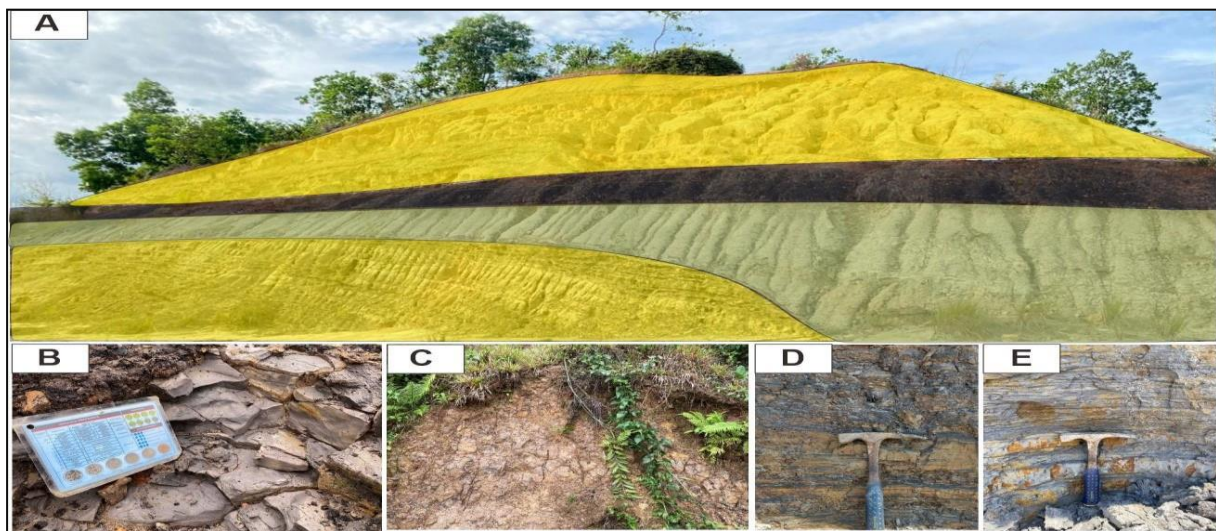
a. Litofasies

Satuan batulempung yang terdapat pada daerah penelitian berkisar 20-30% dari luas daerah penelitian yang terdiri dari litologi batulempung, serpih dan batubara. Berdasarkan peta geologi lembar Balikpapan, satuan batuan yang terdapat pada daerah penelitian berumur Miosen Akhir – Pliosen Awal (Jamaluddin dkk., 2023). Didominasi batulempung dengan warna keabuan dan warna lapuk cokelat gelap, ukuran butir lempung, sortasi baik, kemas tertutup, derajat kebundaran *rounded* hingga *well rounded*, struktur perlapisan dan laminasi, dengan komposisi mineral: lempung karbon organik (dominan), lempung silika, dan material karbon organik. Sisipan batubara dengan warna hitam gelap, kilap kusam, tingkat kekerasan *moderately soft*, pecahan *uneven*, dan masih tergolong kedalam kategori lignit (Gambar 3a).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, sedimen yang terdapat pada wilayah Balikpapan didominasi oleh batulempung berwarna abu-abu kehitaman yang memiliki tekstur massif yang kaya akan karbon (Sulistyo, 2011). Satuan batulempung pada daerah tersebut terdapat *massive claystone facies (Fm)* yang merupakan bagian dari fasies yang memiliki ciri khas berupa batulempung dengan warna yang berkisar antara abu-abu gelap hingga abu-abu kecoklatan. Batuan ini memiliki tekstur yang kompak, terdistribusi dengan baik, tidak mengandung karbonat, dan bersifat padat. Dari ciri-ciri ini, dapat disimpulkan bahwa fasies ini terbentuk melalui pengendapan material berada dalam suspensi pada kondisi arus yang relatif tenang (Gambar 3b-c). Struktur *lenticular lamination claystone (Cl)* yang terdiri dari batulempung berwarna dominan abu-abu tua, dan sedikit bercampur dengan warna abu-abu kecoklatan.

Struktur sedimen menunjukkan lapisan-lapisan yang berlapis-lapis dan

terorganisir dengan baik dalam bentuk lentikular. Lapisan ini memiliki struktur sedimen yang menunjukkan adanya laminasi lentikular, dan memiliki karakteristik tekstur yang kompak serta terpisah dengan baik. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, fasies ini diidentifikasi sebagai endapan yang terbentuk dalam lingkungan dengan arus yang memiliki energi yang relatif rendah (Gambar 3D-E). Berdasarkan analisis struktur sedimen pada daerah penelitian, batupasir sisipan serpih dijumpai adanya struktur laminasi dan struktur *lenticular* mengindikasikan daerah tersebut berasal dari lingkungan pengendapan Transisi-Delta, dimana material sedimen yang tertransport lewat aliran sungai (*channel*), kemudian terendapkan pada kondisi di bawah air (*subaqueous*), pada tubuh air tenang yang diisi oleh aliran sungai tersebut, sebagian lagi berada di darat/*subaerial*. Penelitian sebelumnya mengindikasikan bahwa sedimen yang terdapat pada wilayah Balikpapan terendapkan pada lingkungan pengendapan transisi dan laut yang terdiri atas Satuan batugamping Balikpapan, Satuan batulempung pembawa lapisan batubara Balikpapan, Satuan batugamping Kampungbaru dan Satuan batulempung sisipan batupasir batubara Kampungbaru (Zetri dkk.,2020).



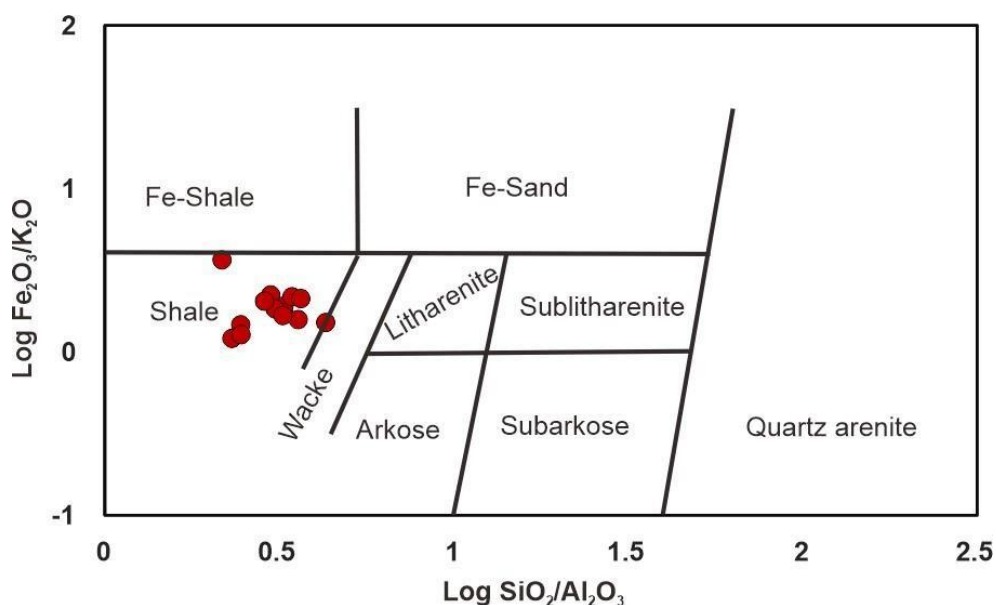
Gambar 3. (A). Fotograf singkapan pada daerah Balikpapan Regency; (B-C). *Massive claystone facies* (Fm) pada singkapan daerah Perusda; (D-E). Struktur *lenticular lamination claystone* (Clt).

b. Karakteristik Geokimia

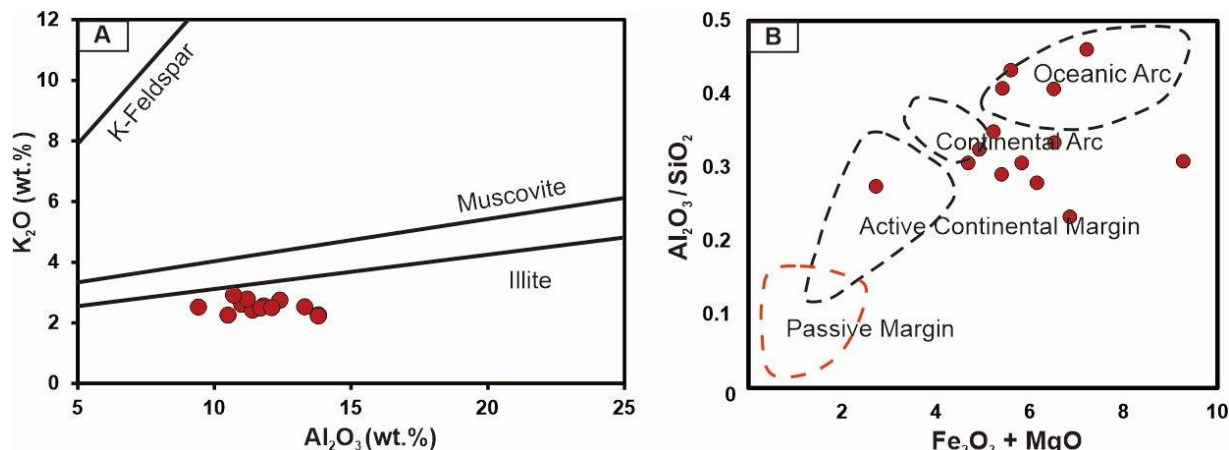
Rasio $\log \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ menunjukkan tingkat kematangan sedimen (Armstrong dkk., 2014). Nilai rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ pada sedimen lempung wilayah Kota Balikpapan berkisar antara 0.34 – 0.56 % yang mengindikasikan bahwa tingkat komposisi lempung pada sampel tersebut tinggi. Nilai SiO_2 pada sampel sedimen lempung wilayah Kota Balikpapan berkisar antara 31.9 – 45.9% yang termasuk kedalam kategori rendah. Semakin rendah nilai SiO_2 pada suatu sedimen, maka semakin tinggi tingkat lempungnya (Jamaluddin dkk., 2018). Nilai $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$ pada sampel tersebut berkisar antara 0.08 – 0.56% yang tergolong

rendah. Sampel yang diteliti memiliki perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ yang jauh lebih tinggi dan rasio $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$ yang rendah, sehingga secara mineralogi lebih stabil dan kurang rentan terhadap reaktivitas selama kontaminasi CO_2 . Berdasarkan diagram plot silang antara $\log (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ terhadap $\log (\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$, maka sampel sedimen lempung Kota Balikpapan sebagian besar termasuk dalam kategori serpih, dan hanya satu sampel dengan kandungan kaya Fe_2O_3 yang berkorelasi dengan serpih Fe (Gambar 4). Serpih adalah batuan sedimen klastik yang terdiri dari mineral lempung, serta kuarsa dan kalsit. Erosi biologis, kimiawi, dan mekanis pantai, serta lingkungan perairan yang dalam namun relatif stagnan, merupakan ciri khas pembentukannya.

Plot K_2O terhadap Al_2O_3 dalam menunjukkan dengan jelas mineral lempung, Illite dan muskovit yang rentan terhadap pelapukan kimiawi. Berdasarkan plot silang K_2O terhadap Al_2O_3 menunjukkan bahwa sampel tersebut kaya dengan kandungan mineral illit (Gambar 5a). Nilai $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ yang cukup tinggi berkisar antara 2.72 - 9.27 % sedangkan $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ berkisar antara 0.23 - 0.46%. Berdasarkan plot silang antara persentase $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ dan $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ mengindikasikan bahwa sedimen lempung pada wilayah Kota Balikpapan dipengaruhi oleh zona busur samudera (*oceanic arc*) (Gambar 5b). Hal tersebut berkaitan dengan fase proses pembentukan delta berlanjut selama periode dari Miosen Tengah hingga saat ini, yang diperkuat oleh aktivitas tektonik yang mengalami pembalikan. Perubahan signifikan ini dimulai pada akhir Miosen Awal atau awal Miosen Tengah yang ditandai dengan periode penting pembalikan geologi di Cekungan Kutai. Even ini diawali dengan periode pendek kenaikan aktifitas vulkanik kemudian disertai dengan pergerakan ke arah timur dari daerah rendahan dan perkembangan progradasi Mahakam delta dari Miosen Tengah hingga saat ini (Jamaluddin dan Umar, 2018; Jamaluddin dkk.,2023).



Gambar 4. Plot silang $\log (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ vs $\log (\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ untuk menentukan klasifikasi geokimia dari sedimen lempung Kota Balikpapan.



Gambar 5. (A). Plot K₂O terhadap Al₂O₃ dalam menunjukkan dengan jelas mineral lempung, Illite dan muskovit yang rentan terhadap pelapukan kimiawi; (B). *Bivariate plot* antara Al₂O₃/SiO₂ dan Fe₂O₃ + MgO yang menunjukkan kondisi tektonik.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian termasuk kedalam Formasi Balikpapan (tmbp) dan Formasi Kampung Baru (tpkb) yang berada di Cekungan Kutai Bawah. Kedua formasi tersebut terdiri atas batupasir, batulempung, sisipan batulanau, serpih, batugamping, dan batubara. Batulempung pada daerah tersebut berwarna keabuan hingga kecokelatan dengan ukuran butir lempung, sortasi baik, kemas tertutup, derajat kebundaran *rounded* hingga *well rounded*, struktur perlapisan dan laminasi. Litofasies satuan batulempung pada daerah penelitian terdapat *massive claystone facies* (Fm) dan *lenticular lamination claystone* (Clt) yang mengindikasikan sebagai endapan yang terbentuk dalam lingkungan dengan arus yang memiliki energi yang relatif rendah yaitu terendapkan pada daerah transisi – delta. Nilai rasio SiO₂/Al₂O₃ pada sedimen lempung wilayah Kota Balikpapan berkisar antara 0.34 – 0.56 %. Batulempung pada daerah tersebut memiliki nilai nilai SiO₂ rendah (31.9 – 45.9%) yang mengindikasikan bahwa semakin rendah nilai SiO₂ pada suatu sedimen, maka semakin tinggi tingkat lempungnya dan sedimen lempung pada daerah tersebut dipengaruhi oleh zona busur samudera (*oceanic arc*). Hal tersebut berkaitan dengan fase proses pembentukan delta berlanjut selama periode Miosen Tengah hingga saat ini yang ditandai dengan kenaikan aktifitas vulkanik secara singkat. Adapun saran dari penelitian selanjutnya adalah melakukan analisis fraksi mineral lempung dan memberikan informasi detail mineral pada sampel tersebut menggunakan SEM atau XRD.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Pihak STT Migas Balikpapan yang telah mendanai kegiatan penelitian ini sehingga dapat dilakukan dengan baik. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada tim Prodi Geologi STT Migas Balikpapan dan Laboratorium Sedimentologi University of Vienna yang telah membantu kegiatan pengambilan dan pengukuran sampel.

REFERENSI

- Aini, H. N., Syafri, I., dan Patonah, A. (2019). Provenance Batupasir dan Batulempung Anggota Tuf Formasi Waturanda, Daerah Kebumen, Jawa Tengah. *Padjadjaran Geoscience Journal* 3(4): 271 – 280.
- Armstrong-Altrin, J. S., Nagarajan, R., Lee, Y. Il, Kasper-Zubillaga, J. J., dan Córdoba-Saldaña, L. P. (2014). Geochemistry of sands along the San Nicolás and San Carlos beaches, Gulf of California, Mexico: Implications for provenance and tectonic setting. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 23(5): 533–558. <https://doi.org/10.3906/yer-1309-21>
- Jamaluddin, Darwis, A., dan Massinai, M. A. (2018). X-Ray Fluorescence (XRF) to identify chemical analysis of minerals in Buton island, SE Sulawesi, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012070>
- Jamaluddin dan Umar, E. P. (2026). Identifikasi Kandungan Unsur Logam Batuan Menggunakan Metode XRF (X-Ray Fluorescence) (Studi Kasus: Kabupaten Buton), *Jurnal Geoelebes* 2(2): 47-52.
- Jamaluddin, Wagreich, M., Gier, S., Schöpfer, K., dan Battu, D. P. (2023). Sedimentary Environments and Paleoclimate Control of the Middle Miocene Balikpapan Group, Lower Kutai Basin (Indonesia): Implications for Evaluation of the Hydrocarbon Potential. *Minerals*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/min13101259>
- Obasi, R. A., dan Madukwe, H. (2015). Geochemical Classification and Maturity of the Coastal Plain Sediments, South West, Nigeria. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology* 2(4): 537 – 546.
- Prabowo, I., Jamaluddin dan Pratikno, F. A. (2023). Integrasi Data Geomorfologi dan Data Geospasial untuk Pemetaan Kawasan Rawan Pergerakan Tanah Wilayah Kecamatan Balikpapan Utara. *Jurnal Ilmiah Geologi PANGEA*, 10(1).
- Rahmad, B., Sugeng, S., Ediyanto, E., dan Nugroho, M. O. B. (2021). Batulempung Karbonan dan Aspek Lingkungannya Terhadap Tambang Batubara. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan*, 3(1), 111–118. <https://doi.org/10.31315/psb.v3i1.6241>
- Satyana, A. H., (1999). Tectonic Controls on The Hydrocarbon Habitats of The Barito, Kutei, and Tarakan Basins, Eastern Kalimantan, Indonesia: Major Dissimilarities in Adjoining Basins, *Journal of Asian Earth Sciences*, 17.
- Sulistyo, T. (2011). Kajian Air Asam di Sekitar Singkapan (*Outcrop*) Batubara di Kota Balikpapan. *Jurnal Ilmiah Politeknik* 3 (1): 17-28.
- Zetri, H., Laesanpura, A., dan Rizka. (2020). Interpretasi Lingkungan Pengendapan Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru Berdasarkan Data Sounding Pada Area Tepi Sungai Dekat Pesisir Balikpapan, Kalimantan Timur.. Repository ITERA.