



Provenance dan Karakteristik Batupasir Formasi Pulau Balang dan Formasi Balikpapan Daerah Loa Janan Ilir, Kalimantan Timur

Provenance and Characteristics of Sandstone in the Pulau Balang Formation and Balikpapan Formation of the Loa Janan Ilir Area, East Kalimantan

Nur Rahman Al Chasani^{1*}, Jamaluddin²

¹Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda

²Program Studi Rekayasa Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan, Balikpapan

*E-mail: nurrahman42@gmail.com

Submit: 3 July 2024, Revised: 12 November 2025, Approved: 18 November 2025, Online: 26 November 2025

DOI: 10.33332/jgsm.geologi.v26i4.914

Abstrak- Formasi Pulau Balang dan Formasi Balikpapan yang merupakan bagian dari Cekungan Kutai dicirikan oleh keberadaan batupasir sebagai salah satu litologi dominan. Analisis komposisi butiran penyusunnya dapat memberikan informasi mengenai tatanan tektonik serta karakteristik batuan asal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi batuan asal serta memahami tatanan tektonik yang memengaruhi pembentukan batupasir di wilayah studi. Metode yang digunakan meliputi analisis petrografi guna menentukan asal batuan, kondisi iklim purba saat sedimentasi berlangsung, serta lingkungan tektonik daerah penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah studi berada dalam tatanan tektonik *recycled orogenic* dengan subzona berkisar antara *transitional recycled* hingga *lithic recycled* yang dipengaruhi oleh aktivitas subduksi dan kolisi yang membentuk sabuk lipatan Antiklinorium Samarinda. Rekonstruksi kondisi iklim purba saat pembentukan batupasir menunjukkan adanya variasi dari iklim basah hingga kering dengan batuan asal berupa batuan metamorf seperti gneis, sekis, dan sabak, serta granit yang mengalami metamorfisme tingkat rendah.

Kata kunci: asal batuan, batupasir, iklim purba, tatanan tektonik.

Abstract- The Pulau Balang Formation and Balikpapan Formation which are part of the Kutai Basin are characterized by the presence of sandstone as one of the dominant lithologies. Analyzing the composition of its constituent grains can provide insights into the tectonic setting and the characteristics of the source rocks. This study aims to identify the provenance of the sandstone and understand the tectonic framework that influenced its formation in the study area. The methods used include petrographic analysis to determine the origin of the rocks, the paleoclimatic conditions during sedimentation, and the tectonic environment of the region. The results indicate that the study area is part of a recycled orogenic tectonic setting, with subzones ranging from transitional recycled to lithic recycled, influenced by subduction and collision activities that formed the Samarinda Anticlinorium fold belt. The reconstruction of paleoclimatic conditions during sandstone formation suggests variations from humid to arid climates, with the source rocks consisting of metamorphic rock such as gneis, schist, and slate, as well as granite that underwent low-grade metamorphism.

Keywords: provenance, sandstone, paleoclimate, tectonic setting.

PENDAHULUAN

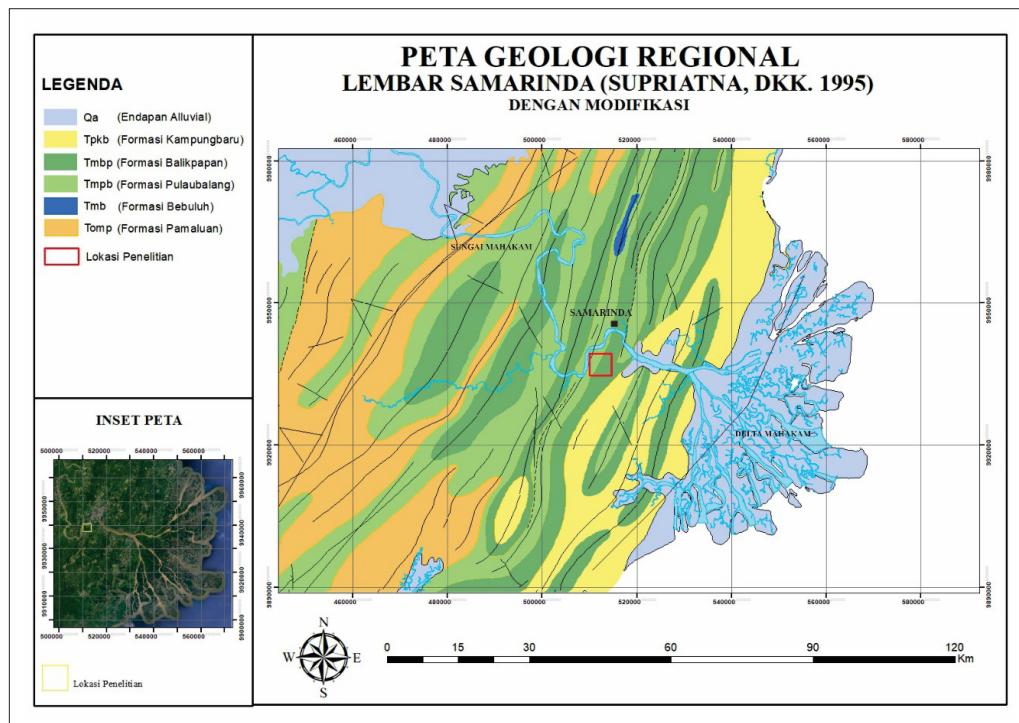
Formasi Pulau Balang dan Formasi Balikpapan di Daerah Loa Janan Ilir, Kota Samarinda, Kalimantan Timur merupakan dua formasi geologi yang memiliki potensi besar dalam studi sedimentologi dan stratigrafi. Batupasir yang terdapat pada kedua formasi ini menyimpan informasi penting mengenai sejarah geologi dan proses sedimentasi yang terjadi di wilayah tersebut.

Daerah Loa Janan Ilir sebagai lokasi penelitian memiliki kondisi geologi yang kompleks dan beragam. Hal ini menjadikan daerah ini sebagai tempat yang ideal untuk mempelajari hubungan antara proses sedimentasi dan tektonik yang memengaruhi pembentukan batupasir.

Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Samarinda

(Supriatna dkk., 1995), daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Pulau Balang dan Formasi Balikpapan (Gambar 1). Formasi Pulau Balang tersusun atas perselingan antara *greywacke* dan batupasir kuarsa dengan sisipan batugamping, batulempung, batubara, dan tuf dasit. Sedangkan, Formasi Balikpapan tersusun atas perselingan batupasir dan lempung dengan sisipan berupa lanau, serpih, batugamping dan batubara.

Fisiografi cekungan ini dikontrol oleh batasan geologi utama seperti Tinggian Mangkalihat, Tinggian Kuching, dan Tinggian Meratus, serta dipengaruhi oleh aktivitas Sesar Adang yang berperan dalam dinamika tektonik cekungan. Secara evolusi, cekungan ini berkembang ke arah timur menuju Selat Makassar, sebagai akibat dari pola sedimentasi dan dinamika tektonik yang terjadi sejak zaman geologi terdahulu (Samuel dan Muchsin, 1975; Ott, 1987).



Gambar 1. Peta Geologi daerah penelitian (modifikasi Supriatna dkk., 1995)

Cekungan Kutai tersusun atas endapan sedimen Tersier sebagai hasil dari siklus transgresi dan regresi laut dan memiliki kesebandingan dengan Cekungan Barito serta Cekungan Tarakan (Satyana dkk., 1999). Hal ini menarik untuk ditinjau, karena keterdapatannya batupasir pada Formasi Pulau Balang dan Formasi Balikpapan, untuk mengetahui asal batuan penyusun dari material batupasir tersebut, dan memberikan gambaran mengenai tatanan tektonik pada waktu pengendapan formasi tersebut.

Batupasir merupakan salah satu jenis batuan sedimen yang secara umum tersusun dari butiran hasil erosi batuan lain yang berasal dari lingkungan daratan maupun laut sebelum akhirnya terendapkan (Folk, 1980). Komponen penyusun batupasir, atau yang dikenal sebagai material klastik memiliki variasi yang beragam meliputi mineral kuarsa, feldspar, zirkon, serta material lainnya.

Komposisi mineralogi dalam batupasir dapat menjadi

indikator penting dalam menentukan sumber asal material klastik (*provenance*), karena setiap jenis batuan asal memiliki karakteristik mineral yang khas. Menurut Pettijohn dkk. (1987), *provenance* merujuk pada sumber asal batuan yang menyusun suatu endapan sedimen. Konsep ini mencakup studi tentang asal-usul material klastik dalam batupasir, termasuk karakteristik mineralogi, petrografi, serta hubungan dengan tatanan tektonik tempat sedimen tersebut terbentuk. Dengan kata lain, *provenance* berfokus pada proses transportasi, sumber batuan asal, dan lingkungan geologi yang memengaruhi komposisi serta distribusi sedimen. Penentuan *provenance* batuan sedimen dilakukan menggunakan diagram Dickinson dan Suczek (1979) melalui analisis komposisi mineral penyusun batupasir berupa kuarsa (Q), feldspar (F), dan litik (L). Diagram ini digunakan untuk menjelaskan asal batuan tersebut dan tatanan tektoniknya, yang secara umum terbagi menjadi *Recycled Orogenic, Continental Block, dan Magmatic Arc*.

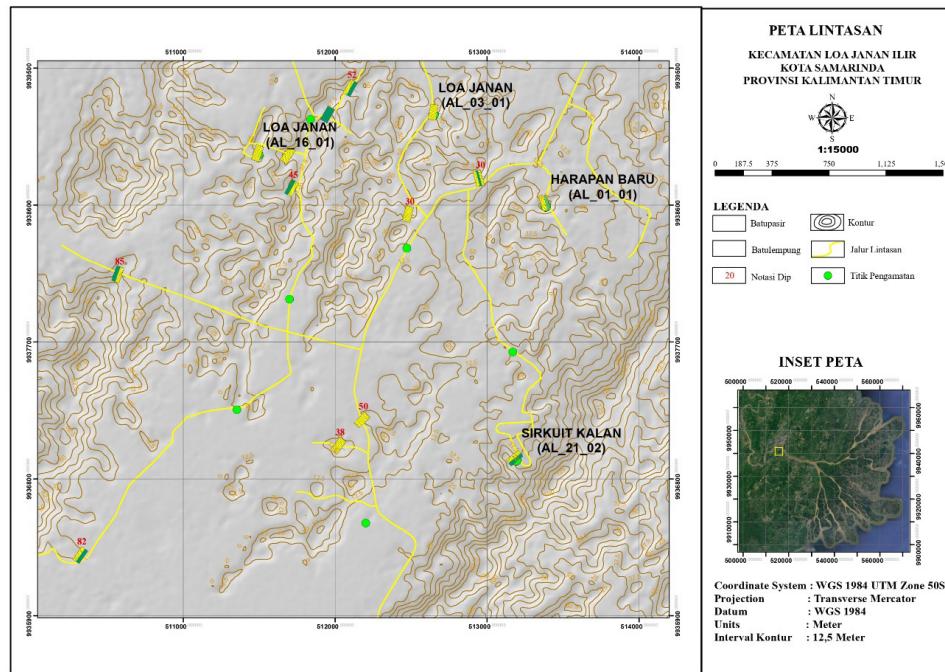
METODOLOGI

Kegiatan penelitian dilakukan di Kecamatan Loa Janan Ilir, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur (Gambar 2). Berdasarkan Peta Geologi Regional

Lembar Samarinda (Supriatna dkk., 1995), batuan yang tersingkap pada daerah penelitian termasuk dalam Formasi Pulau Balang dan Formasi Balikpapan.

Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh melalui pengambilan sampel batuan yang dianggap representatif terhadap daerah penelitian. Selanjutnya dilakukan analisis laboratorium menggunakan metode pengamatan petrografi. Analisis petrografi menggunakan beberapa acuan dengan tujuan berbeda sebagai berikut:

- a. Klasifikasi batupasir menggunakan diagram QFL (Pettijohn dkk., 1987) untuk menentukan penamaan batuan.
- b. Penentuan *tectonic setting* dan *provenance* melalui pengeplotan diagram QFL dan QmFLt (Dickinson dan Suczek, 1979) untuk mengetahui tatanan tektonik pembentukan batuan.
- c. Penentuan batuan asal untuk mengetahui *parent rock* berdasarkan variasi kuarsa yang menyusun batuan (Tortosa dkk., 1991).
- d. Penentuan iklim purba menggunakan diagram QFL (Suttner dkk., 1981).



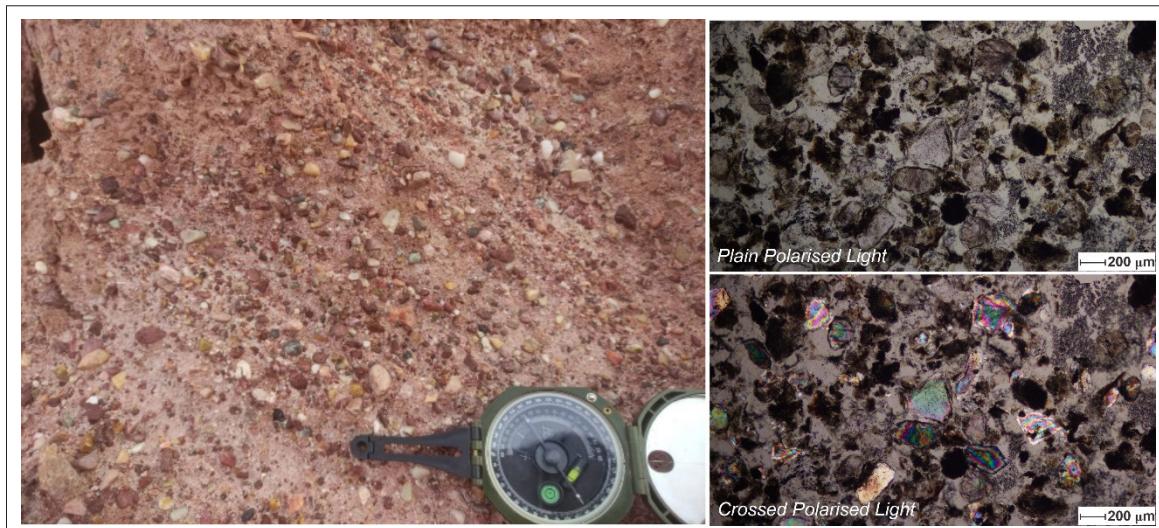
Gambar 2. Peta lintasan dan stasiun pengamatan daerah penelitian

HASIL PENELITIAN

Deskripsi Petrologi dan Analisis Komposisi

Pada hasil pengamatan secara umum, daerah penelitian terdiri atas batupasir dengan tekstur yang beragam. Batupasir yang terdapat di Daerah Harapan Baru (Sampel AL_01_01) berada pada Formasi Balikpapan (Tmbp) dan tersusun atas butiran pasir berwarna

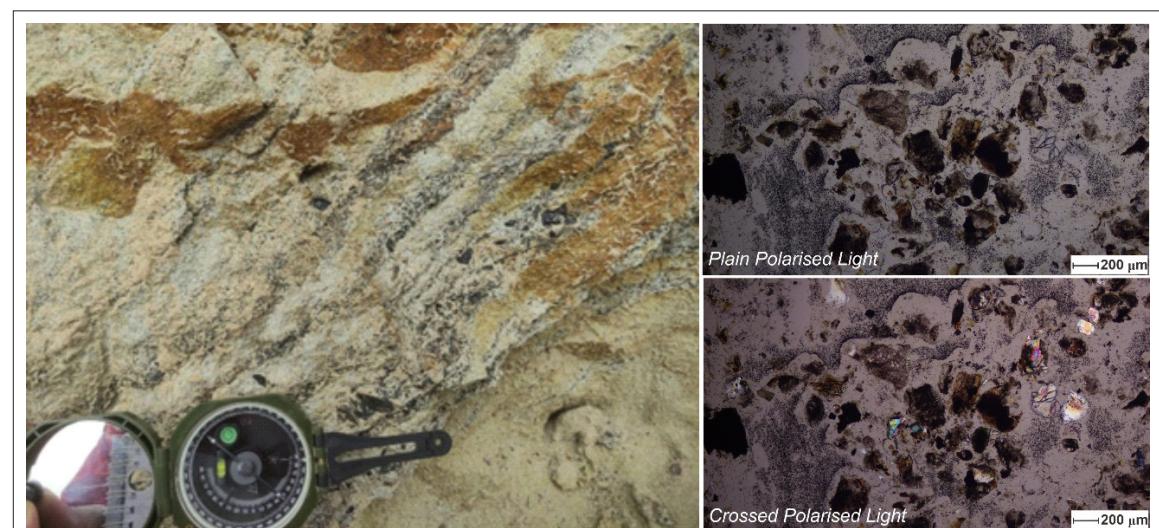
kemerahan, memiliki derajat pembundaran agak membundar dengan sementasi yang buruk, sortasi buruk, struktur silang siur, dan bersifat konglomeratan dengan fragmen beragam (Gambar 3). Batuan ini memiliki komposisi mineral penyusun berupa kuarsa (Q) sebesar 32,7%, feldspar (F) sebesar 0%, litik (L) sebesar 46,1%, dan matriks (M) sebesar 21,09% (Tabel 1).



Gambar 3. Batupasir di Daerah Harapan Baru (Sampel AL_01_01)

Batupasir di Daerah Loa Janan (Sampel AL_03_01) (Gambar 4) berada pada Formasi Pulau Balang (Tmbp) dan memiliki ukuran butir pasir sedang dengan warna putih, sortasi kurang baik, derajat pembundaran agak membundar, terdapat fragmen berupa batubara pada pengamatan singkapan, dan struktur sedimentasi

berupa silang siur. Berdasarkan hasil pengamatan petrografi, komposisi butiran penyusun terdiri atas mineral kuarsa (Q) sebesar 23,6-52,8%, feldspar (F) sebesar 0-13,3%, litik (L) sebesar 29,9-41,3%, dan matriks (M) sebesar 3,8-35,07% (Tabel 1).



Gambar 4. Batupasir di Daerah Loa Janan (Sampel AL_03_01)

Batupasir di Daerah Sirkuit Kalan (Sampel AL_21_02) (Gambar 5) berada pada Formasi Balikpapan (Tmbp) dan memiliki warna keabu-abuan dengan ukuran butir pasir halus. Derajat pembundarannya berkisar antara agak membundar hingga membundar, dengan tingkat

sortasi cukup baik serta bersifat karbonatan. Batuan ini memiliki komposisi butiran penyusun berupa mineral kuarsa (Q) sebesar 57,07%, feldspar (F) sebesar 1,8%, litik (L) sebesar 23,2%, dan matriks (M) sebesar 17,89% (Tabel 1).



Gambar 5. Batupasir di Daerah Sirkuit Kalan (Sampel AL_21_02)

Berdasarkan peta geologi daerah penelitian (Gambar 6), terdapat empat satuan litologi utama yang tersebar di wilayah penelitian, yaitu endapan lanauan, batupasir Daerah Sirkuit Kalan, batupasir Daerah Harapan Baru, dan batupasir Daerah Loa Janan. Endapan lanauan yang ditandai dengan warna abu-abu tersebar di bagian barat dan selatan wilayah studi dan umumnya berada pada daerah dengan topografi lebih rendah. Sebaran ini mengindikasikan lingkungan pengendapan berenergi rendah, seperti dataran banjir atau lingkungan transisi antara sistem fluvial dan laut dangkal. Sementara itu, batupasir Daerah Sirkuit Kalan yang berwarna kuning memiliki cakupan luas di bagian timur dan tengah wilayah penelitian. Formasi ini ditemukan di daerah dengan elevasi lebih tinggi dibandingkan dengan endapan lanauan, yang menunjukkan bahwa batuan ini terbentuk dalam lingkungan fluvial hingga deltaik dengan energi sedang hingga tinggi.

Batupasir Daerah Harapan Baru yang ditandai dengan warna oranye tersebar di bagian tengah hingga timur laut wilayah penelitian dan berada pada elevasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan batupasir Daerah Sirkuit Kalan. Hal ini mengindikasikan lingkungan pengendapan yang lebih dominan bersifat fluvial atau transisi, serta adanya keterkaitan dengan aktivitas tektonik yang memengaruhi struktur geologi daerah

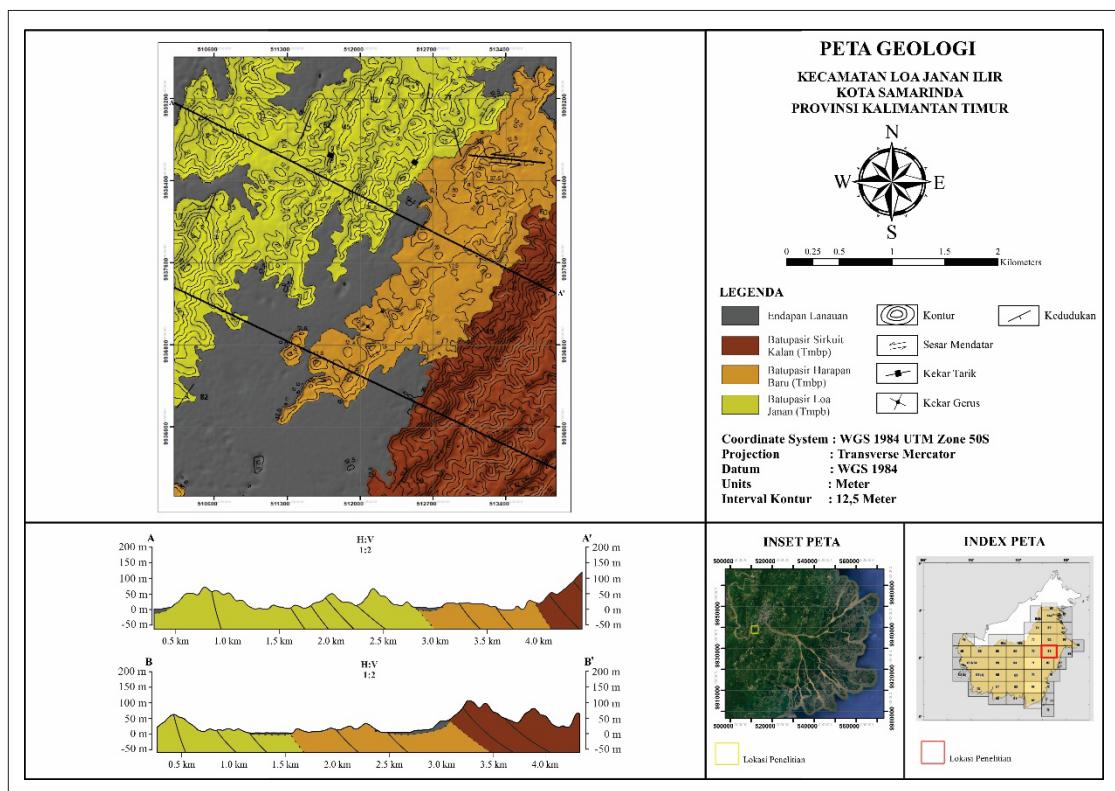
tersebut. Adapun batupasir Daerah Loa Janan yang berwarna kuning muda memiliki sebaran terbatas di beberapa area dengan elevasi yang lebih tinggi. Formasi ini dapat mewakili fase sedimentasi yang lebih tua dibandingkan dengan batupasir Daerah Harapan Baru dan Sirkuit Kalan atau telah mengalami proses erosi lebih lanjut. Batupasir Daerah Loa Janan kemungkinan besar diendapkan dalam sistem sungai purba atau lingkungan transisi yang dipengaruhi oleh kontrol tektonik yang signifikan. Secara keseluruhan, pola sebaran keempat satuan batuan tersebut menunjukkan bahwa wilayah penelitian mengalami proses sedimentasi yang kompleks dengan dominasi sistem fluvial hingga deltaik, di mana faktor tektonik dan perubahan lingkungan sedimentasi berperan penting dalam distribusi serta karakteristik litologi yang ada.

Klasifikasi Batuan

Hasil penelitian menunjukkan komposisi butiran batupasir yang dilakukan normalisasi terhadap butiran penyusun lainnya berupa kuarsa, feldspar, dan litik. Berdasarkan penamaan diagram QFL Pettijohn dkk. (1987) (Gambar 7), batupasir Daerah Harapan Baru (Sampel AL_01_01) yang termasuk ke dalam Formasi Balikpapan (Tmbp) diklasifikasikan sebagai *Lithic*

Wacke dengan nilai matriks (M) sebesar 21,09%, kuarsa (Q) sebesar 41,46%, dan litik (L) 58,4% (Tabel 1). Batupasir di Daerah Loa Janan (Sampel AL_03_01 dan Sampel AL_16_01) yang termasuk ke dalam Formasi Pulau Balang (Tmfp) diklasifikasikan sebagai *Lithic Wacke* dengan matriks (M) sebesar 35,07%, kuarsa (Q) sebesar 36,37%, dan litik (L) sebesar 63,62%, serta *Lithic Arenite* dengan penyusun

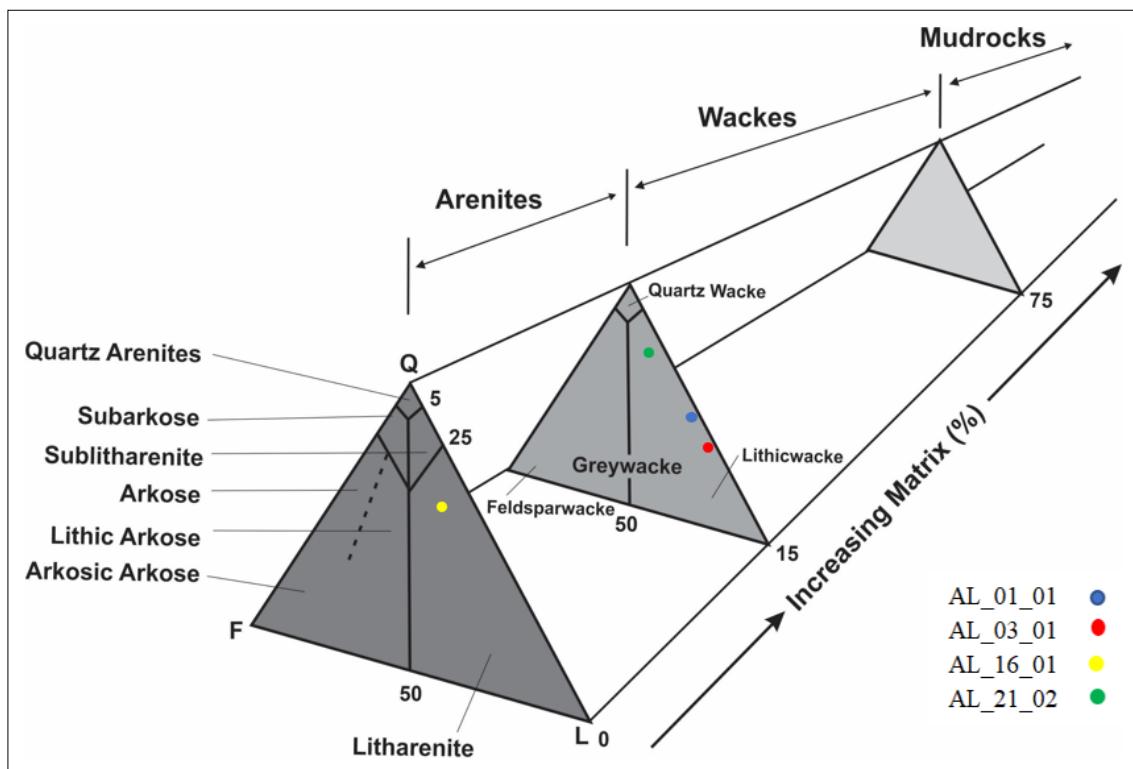
batuan berupa matriks (M) sebesar 3,8%, kuarsa (Q) sebesar 54,95%, feldspar (F) sebesar 13,858%, dan litik (L) sebesar 31,18%. Batupasir di Daerah Sirkuit Kalan (Sampel AL_21_02) yang termasuk ke dalam Formasi Balikpapan (Tmfp) diklasifikasikan sebagai *Lithic Wacke* dengan matriks (M) sebesar 17,89%, kuarsa (Q) sebesar 69,51%, feldspar (F) sebesar 2,20%, dan litik (L) sebesar 28,27%.



Gambar 6. Peta Geologi daerah penelitian

Tabel 1. Komposisi kuarsa (Q), feldspar (F), dan litik (L) pada batupasir daerah penelitian

SATUAN	FORMASI	SAMPEL	KOMPOSISI				NORMALISASI			
			Q	F	L	M	Q	F	L	NAMA
Harapan Baru	Balikpapan (Tmfp)	AL_01_01	32.80	0.00	46.11	21.09	41.56	0.00	58.44	<i>Lithic Wacke</i>
Loa Janan	Pulau Balang (Tmfp)	AL_03_01	23.62	0.00	41.31	35.08	36.38	0.00	63.62	<i>Lithic Wacke</i>
Loa Janan	Pulau Balang (Tmfp)	AL_16_01	52.86	13.33	30.00	3.81	54.95	13.86	31.19	<i>Lithic Arenite</i>
Sirkuit Kalan	Balikpapan (Tmfp)	AL_21_02	57.07	1.81	23.22	17.90	69.51	2.21	28.28	<i>Lithic Wacke</i>



Gambar 7. Plot klasifikasi batupasir berdasarkan diagram QFL(Pettijohn dkk., 1987)

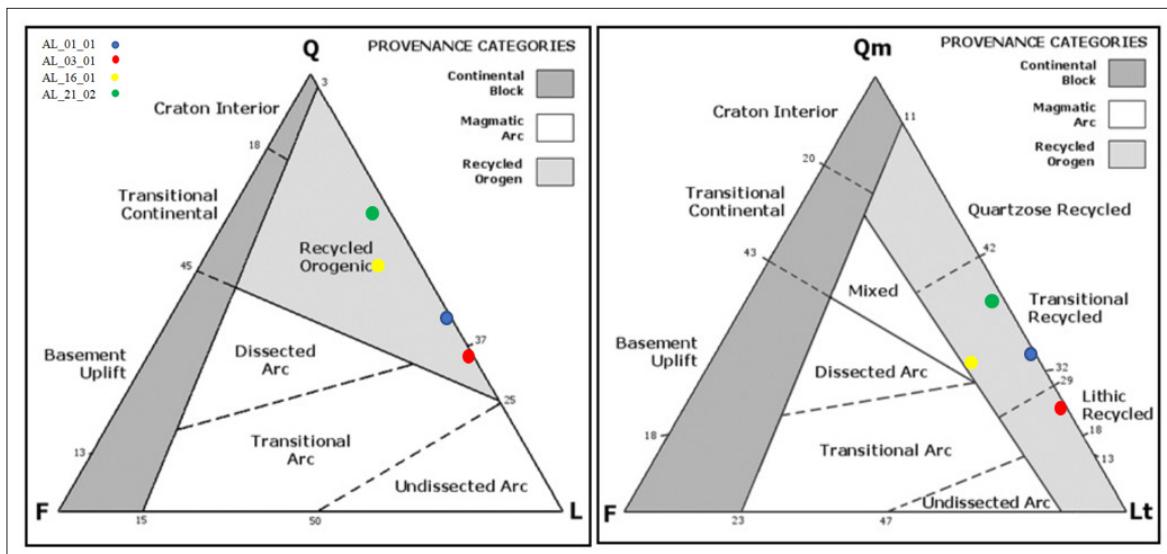
Asal Batuan dan Tektonik

Analisis komposisi penyusun batupasir dapat menunjukkan tatanan tektonik dan sumber dari batuan (Dickinson dan Suczek, 1979). Analisis ini dilakukan melalui pengeplotan pada diagram QFL dan QmFLt (Gambar 8; Tabel 2). Persentase komposisi butiran penyusun batupasir di daerah penelitian menunjukkan bahwa Batupasir Harapan Baru terletak

pada tatanan tektonik batupasir berasal dari *Recycled Orogenic (main provenance)* dengan *Transitional Recycle subzone*. Batupasir Loa Janan dengan tatanan tektonik berupa *Recycled Orogenic (main provenance)* dengan *subzone* berupa *Lithic Recycled* dan zona antara *Transitional Recycled-Mixed Magmatic Arc*. Sementara itu, Batupasir Sirkuit Kalan berada pada tatanan tektonik *Recycled Orogenic (main provenance)* dengan *Transitional Recycled subzone*.

Tabel 2. Komposisi kuarsa (Q), feldspar (F), litik (L), kuarsa monokristalin (Qm), dan litik total (Lt)

Satuan	Formasi	Sampel	Dickinson & Suczek., (1979)							
			Q	F	L	Provenance	Qm	F	Lt	Provenance
Harapan Baru	Balikpapan (Tmbp)	AL_01_01	41.56	0	58.44	<i>Recycled Orogenic</i>	36.18	0	63.82	<i>Transitional Recycled</i>
Loa Janan	Pulau Balang (Tmbp)	AL_03_01	36.38	0	63.62	<i>Recycled Orogenic</i>	23.73	0	76.27	<i>Lithic Recycled</i>
Loa Janan	Pulau Balang (Tmbp)	AL_16_01	54.95	13.86	31.19	<i>Recycled Orogenic</i>	34.81	13.86	51.33	<i>Transitional Recycled – Mixed Magmatic Arc</i>
Sirkuit Kalan	Balikpapan (Tmbp)	AL_21_02	62.51	0	28.28	<i>Recycled Orogenic</i>	48.78	2.21	49.01	<i>Transitional Recycled</i>



Gambar 8. Plot provenance batupasir berdasarkan diagram QFL dan QmFLt (Dickinson dan Suczek, 1979)

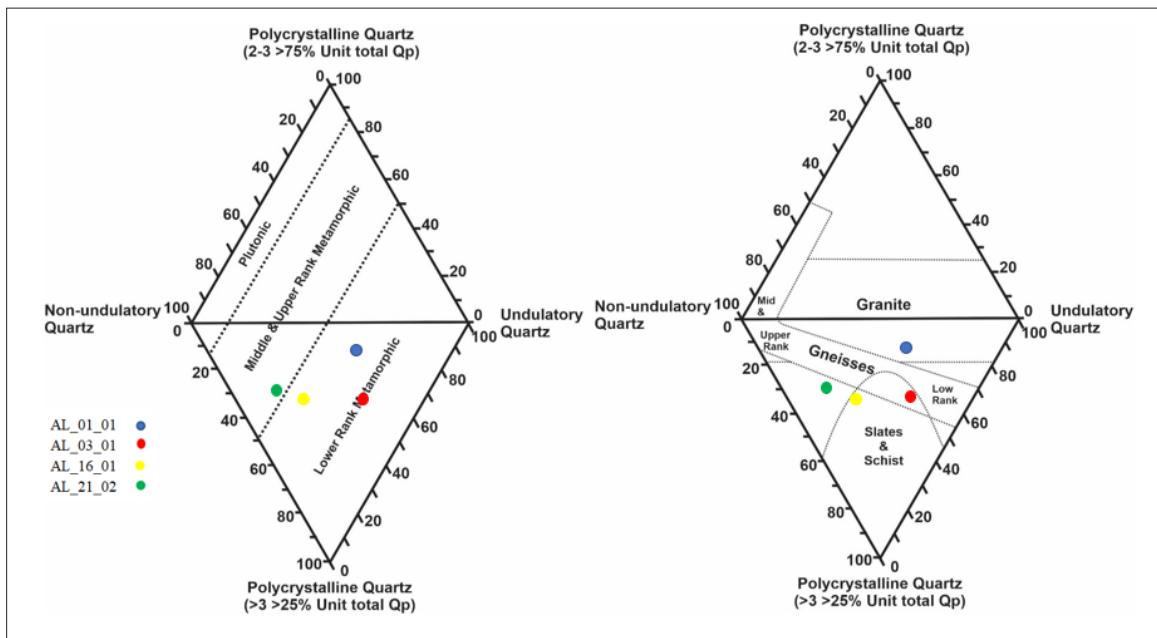
Variasi Kuarsa

Analisis terhadap butiran kuarsa dapat menunjukkan batuan asal (*parent rock*) dengan membandingkan butiran kuarsa monokristalin bergelombang (Qu), kuarsa monokristalin tidak bergelombang (Qnu), kuarsa polikristalin 2-3 kristal (Qp_{2-3}), dan kuarsa polikristalin >3 kristal ($Qp_{>3}$) (Tabel 3). Diagram Tortosa dkk. (1991) (Gambar 9) menunjukkan hasil berupa batuan asal dari batupasir yang diteliti memiliki

variasi, dimana sampel Batupasir Harapan Baru menunjukkan batuan asal berupa batuan beku granit dengan metamorfisme derajat rendah. Kemudian Batupasir Loa Janan menunjukkan hasil batuan asal berupa batuan metamorf dengan derajat menengah berupa gneis, sabak dan sekis. Sedangkan Batupasir Sirkuit Kalan menunjukkan bahwa batuan berasal dari batuan metamorf dengan derajat menengah berupa sabak dan sekis.

Tabel 3. Komposisi kuarsa monokristalin undulasi (Qu), kuarsa monokristalin non-undulasi (Qnu), kuarsa polikristalin 2-3 kristal (Qp_{2-3}), kuarsa polikristalin >3 kristal ($Qp_{>3}$)

SATUAN	FORMASI	SAMPEL	Tortosa 1991							Source
			Qnu	Qu	Qp_{2-3}	$Qp_{>3}$	$Qp_{2-3\%} \text{ in } Qp$	$Qp_{>3\%} \text{ in } Qp$		
Harapan Baru	Balikpapan (Tmbp)	AL_01_01	31.12	55.92	0	12.96	0	100		Granit
Loa Janan	Pulau Balang (Tmbp)	AL_03_01	22.03	43.20	13.14	21.63	37.80	62.20		Gneis
Loa Janan	Pulau Balang (Tmbp)	AL_16_01	40.33	23.00	7.89	28.77	21.52	78.48		Sabak
Sirkuit Kalan	Balikpapan (Tmbp)	AL_21_02	52.62	17.56	17.54	12.28	58.81	41.19		Sabak



Gambar 9. Plot batuan asal pada daerah penelitian (Tortosa dkk., 1991)

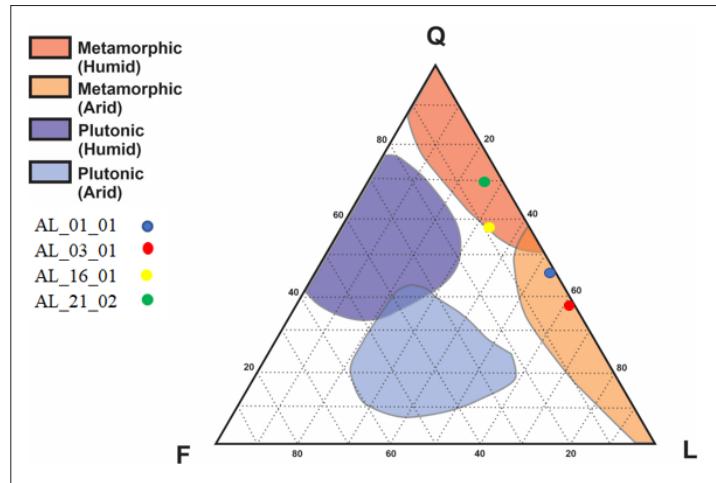
Iklim Purba

Berdasarkan diagram QFL (Sutner dkk., 1981) (Gambar 10), penentuan iklim purba didasarkan pada komposisi butiran penyusun dari batupasir (Tabel 4). Hasil analisis menunjukkan bahwa Batupasir Harapan Baru berada pada iklim basah (*humid*) pada batuan

metamorf, Batupasir Loa Janan terdapat pada iklim basah (*humid*) sampai kering (*arid*) pada batuan metamorf, dan Batupasir Sirkuit Kalan menunjukkan iklim kering (*arid*) pada batuan metamorf. Tabel 4. Komposisi kuarsa (Q), feldspar (F), dan litik (L)

Tabel 4. Komposisi Komposisi (Q) Kuarsa, (F) Feldspar, (L) Litik

SATUAN	FORMASI	SAMPEL	KOMPOSISI					NORMALISASI			Nama
			Q	F	L	M	Q	F	L		
Harapan Baru	Balikpapan (Tmbp)	AL_01_01	32.80	0.00	46.11	21.09	41.56	0.00	58.44	Metamorphic (<i>Humid</i>)	
Loa Janan	Pulau Balang (Tmpb)	AL_03_01	23.62	0.00	41.31	35.08	36.38	0.00	63.62	Metamorphic (<i>Humid</i>)	
Loa Janan	Pulau Balang (Tmpb)	AL_16_01	52.86	13.33	30.00	3.81	54.95	13.86	31.19	Metamorphic (<i>Arid</i>)	
Sirkuit Kalan	Balikpapan (Tmbp)	AL_21_02	57.07	1.81	23.22	17.90	69.51	2.21	28.28	Metamorphic (<i>Arid</i>)	



Gambar 10. Plot iklim purba (Suttner dkk., 1981)

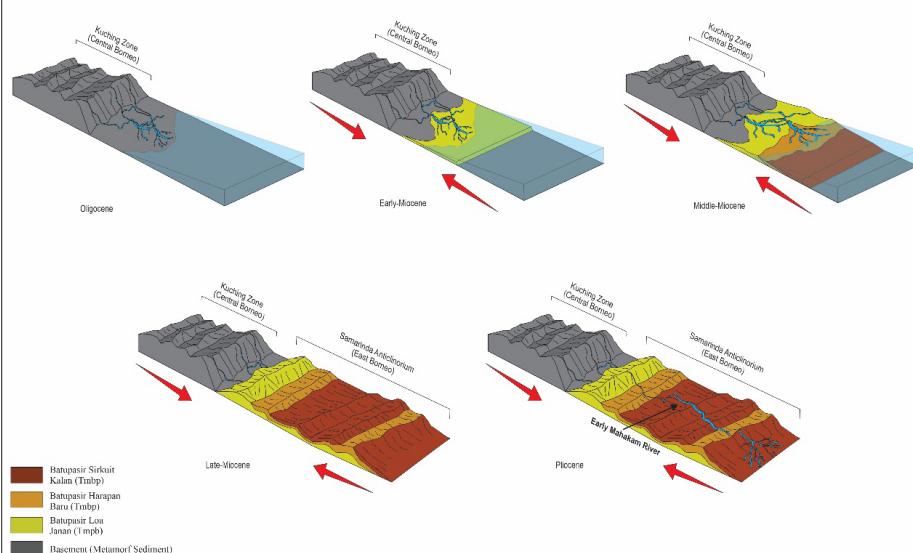
DISKUSI

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Batupasir Harapan Baru yang termasuk ke dalam Formasi Balikpapan (Tmbp) dengan karakteristik berwarna kemerahan dengan sementasi yang buruk, dan bersifat konglomeratan berdasarkan komposisinya berupa *Lithic Wacke*. Sedangkan, Batupasir Loa Janan termasuk ke dalam Formasi Pulau Balang (Tmpb) memiliki warna putih, dengan sortasi tidak begitu baik, dengan fragmen batubara dan memiliki struktur silang siur, berdasarkan komposisi diklasifikasikan sebagai *Lithic Wacke* dan *Lithic Arenite*. Adapun Batupasir Sirkuit Kalan yang termasuk ke dalam Formasi Balikpapan (Tmbp) dengan karakteristik warna

keabu-abuan, dengan butiran pasir halus, dengan sifat karbonatan, komposisi butiran menunjukkan batuan termasuk *Lithic Wacke*.

Berdasarkan diagram Dickinson dan Suczek (1979) QFL-QmFLt, menunjukkan bahwa asal batuan berada pada tatanan tektonik *Recycled Orogenic* dengan subzone berada pada *Transitional Recycled* sampai *Lithic Recycled*. Hal ini menunjukkan tatanan tektonik batuan berhubungan dengan zona tumbukan berupa subduksi dan kolisi, pembentukan zona *suture* berupa sabuk lipatan. Hal ini sejalan dengan lokasi penelitian yang dipengaruhi oleh *thrust belt* yang membentuk Antiklinorium Samarinda.

ILUSTRASI SEJARAH PENGENDAPAN



Gambar 11. Ilustrasi sejarah pengendapan daerah penelitian

Komposisi kuarsa yang terdapat pada batupasir menunjukkan *parent rock* dari batuan tersebut (Tortosa dkk., 1991) dimana Batupasir Harapan Baru Formasi Balikpapan (Tmbp) menunjukkan batuan berasal dari granit dengan metamorfisme derajat rendah, sedangkan batuan asal dari Batupasir Loa Janan Formasi Pulau Balang (Tmbp) berasal dari batuan metamorf seperti gneis, sekis, dan sabak. Adapun Batupasir Sirkuit Kalan Formasi Balikpapan (Tmbp) berupa batuan metamorf dengan derajat menengah hingga tinggi berupa sekis dan sabak.

Berdasarkan karakteristik batupasir yang ditemukan di Harapan Baru, Loa Janan, dan Sirkuit Kalan dapat diinterpretasikan bahwa wilayah ini mengalami beberapa tahapan proses geologi utama yang mencerminkan evolusi tektoniknya (Gambar 11).

Di daerah Harapan Baru (Tmbp), batuan asal berupa granit dengan tingkat metamorfisme rendah menunjukkan bahwa daerah ini memiliki pengaruh intrusi magma dari aktivitas plutonisme di masa lalu. Granit ini kemungkinan berasal dari Kompleks *Schwaner* yang terbentuk akibat pembekuan magma di bawah kerak benua. Setelah mengalami erosi dan transportasi, material dari batuan granit tersebut akhirnya diendapkan sebagai batupasir di dalam sistem sedimentasi Cekungan Kutai. Sementara itu, batupasir di Loa Janan (Tmbp) menunjukkan bahwa batuan asalnya berupa batuan metamorf dengan tingkat metamorfisme menengah, seperti gneis, sabak, dan sekis. Keberadaan batuan metamorf ini mengindikasikan bahwa wilayah sumbernya pernah mengalami tekanan dan suhu tinggi akibat proses orogeni atau tumbukan lempeng. Proses ini kemungkinan terkait dengan aktivitas tektonik regional yang melibatkan subduksi tektonik antara Lempeng Indo-Australia di Lempeng Eurasia. Material dari batuan metamorf ini kemudian tererosi dan terangkut melalui sistem sungai purba sebelum akhirnya diendapkan sebagai batupasir dalam lingkungan sedimentasi.

Di Sirkuit Kalan (Tmbp), batupasir berasal dari batuan metamorf dengan tingkat metamorfisme menengah, terutama sabak dan sekis. Hal ini menunjukkan bahwa material asalnya berasal dari batuan sedimen yang mengalami metamorfisme akibat tekanan sedang dalam zona subduksi atau orogenik. Sabak dan sekis biasanya terbentuk dalam kondisi deformasi tektonik yang lebih rendah dibandingkan gneis, tetapi tetap mencerminkan

adanya aktivitas tektonik signifikan di masa lalu. Sama seperti di Loa Janan (Tmbp), material dari batuan ini kemungkinan besar tererosi dan diendapkan dalam lingkungan sedimentasi Cekungan Kutai.

Secara keseluruhan, sejarah geologi Kalimantan Timur dapat dibagi menjadi tiga tahapan utama. Pertama, aktivitas magmatis dan plutonisme pada Mesozoikum yang menghasilkan batuan beku seperti granit di Kompleks *Schwaner*. Kedua, proses metamorfisme dan deformasi tektonik akibat tumbukan mikro-benua dan aktivitas subduksi yang membentuk batuan gneis, sabak, dan sekis. Ketiga, proses sedimentasi di Cekungan Kutai sejak Tersier yang mengendapkan material hasil erosi batuan beku dan metamorf. Proses-proses ini menunjukkan bahwa Samarinda dan sekitarnya mengalami evolusi geologi yang sangat dipengaruhi oleh aktivitas tektonik regional, terutama interaksi antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia.

Iklim purba pada pengendapan Batupasir Harapan Baru (Tmbp) dan Batupasir Loa Janan (Tmbp) berada di iklim basah (*humid*) pada batuan metamorf, dan Batupasir Sirkuit Kalan (Tmbp) menunjukkan iklim kering (*arid*) pada batuan metamorf. Dimana iklim yang basah akan menunjukkan kehadiran kuarsa yang lebih tinggi sedangkan litik yang hadir tidak signifikan, hal ini dimungkinkan karena kuarsa cenderung lebih resisten terhadap pelapukan sehingga mineral yang tersisa berupa kuarsa.

Kondisi iklim basah akan menunjukkan bahwa batuan terbentuk semakin menuju daerah laut (*marine*) yang lebih basah, sedangkan iklim kering akan menunjukkan lingkungan yang semakin mengarah ke darat (*terrestrial*) yang cenderung lebih kering dan lebih sedikit mengalami alterasi, mengingat material litik berupa fragmen batuan yang tersusun oleh berbagai mineral dan dapat mengalami alterasi dan diagenesis.

KESIMPULAN

Analisis terhadap komposisi batuan pada daerah penelitian menunjukkan batuan terdiri dari *Lithic Arenite* pada batupasir Loa Janan termasuk kedalam Formasi Pulau Balang (Tmbp) dan *Lithic Wacke* pada Batupasir Harapan Baru termasuk kedalam Formasi Balikpapan (Tmbp) dan Batupasir Sirkuit

Kalan termasuk kedalam Formasi Balikpapan (Tmbp) (Pettijohn dkk., 1987). Kehadiran komposisi litik dan kuarsa yang dominan pada batuan menunjukkan batuan berkorelasi dengan tatanan tektonik berupa *Recycled Orogenic* berdasarkan pengeplotan diagram QFL, dengan subzone berupa *Lithic Recycled* dan *Transitional Recycled* berdasarkan diagram QmFLt (Dickinson dan Suczek, 1979). Tatanan tektonik ini akan dipengaruhi oleh proses subduksi dan kolisi yang membentuk zona suture maupun sabuk lipatan yang membentuk Antiklinorium Samarinda.

Pengamatan terhadap kuarsa menunjukkan batuan asal berupa batuan metamorf dengan derajat menengah sampai rendah, seperti sekis, sabak, dan gneis (Tortosa dkk., 1991). Sedangkan iklim purba menunjukkan Batupasir Harapan Baru Formasi Balikpapan (Tmbp) terbentuk pada iklim basah (*humid*) pada batuan metamorf, sedangkan Batupasir Sirkuit Kalan Formasi Balikpapan (Tmbp) menunjukkan iklim yang kering (*arid*) pada batuan metamorf dan cenderung lebih ke arah *marine*. Batupasir Loa Janan Formasi Pulau Balang (Tmbp) menunjukkan iklim *arid-humid* dimana terbentuk pada daerah transisi darat ke laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Basu, A., Steven, W., Young, L.I., Suttner, W., Calvin, J., dan Mack, G.H. 1975. Re-evaluation of the use of undulatory extinction and polycrystallinity in detrital quartz for provenance interpretation, *Journal of Sedimentary Research*, 45, 873-882.
- Dickinson, W.R., dan Suczek, C. 1979. Plate Tectonic and Sandstone Compositions. America: *The American Association of Petroleum Geologists*, 63 (12), 2164-2182.
- Folk, R.L. 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publication Co., Austin, Texas.
- Jannah, S.M., dan Hastuti, E.W.D. 2022. Karakteristik Batupasir dan Provenance Formasi Peneta Daerah Tambang Tinggi dan Sekitarnya, Kabupaten Sarolangun, Jambi. *Jurnal Penelitian Sains Teknologi*, 13(1), 9-19.
- Ott, H.L. 1987. The Kutei Basin- a unique structural history. *Proceedings 16th Annual Convention Indonesian Petroleum Association* Vol. 1, p. 307-317.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., dan Siever, R. 1987. *Sand and Sandstone*: Second Edition. New York: Springer Verlag.
- Samuel, L., dan Muchsin, S. 1975. Stratigraphy and sedimentation in the Kutai Basin, Kalimantan, *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association*, 4th Annual Convention, 2, 27-39.
- Sasongko, W., Mahendra, F.H.M., F. Buha, D., dan M. Rizki. L.H. 2016. Kajian Tatanan Tektonik, Asal Batuan, dan Iklim Purba pada Batupasir Formasi Nanggulan Berdasarkan Analisis Petrografi. UGM. Yogyakarta, 533- 544.
- Satyana, A. H., Nugroho, D., dan Surantoko, I. 1999. Tectnoic control on the hidroc carbon habitats of the Barito, Kutai, and Tarakan Basins, Eastern Kalimantan, Indonesia: Major dissimilalities in adjoining Basin. *Journal of Asians Earth Sciences*, 17 (12), 99-122.
- Supriatna S., Sukardi R., Rustandi E. 1995. *Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Suttner, L.J., Basu, A., Mack, G.H. 1981. Climate and the origin of quartz arenites. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51, 1235-1246.

Tortosa, A., Palomares, M., dan Arribas, J. 1991. Quartz grain types in Holocene deposits from the Spanish Central System: Some problems in provenance analysis. In: Developments in sedimentary provenance studies, *Geol. Soc. London Spec. Pub.*, 57, 47-54.

Wentworth, Chester K. 1922. A Scale of Grade and Class Terms of Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, 30 (5), 377-392.
