

## **Petrogenesis dan Diagenesis Batupasir Berdasarkan Petrografi dan Granulometri Pada Formasi Balikpapan, Daerah Lok Bahu, Kota Samarinda**

**Arya Dharmawangsa Kukuh Atmaja<sup>1)\*</sup>, Maslihatul Jannah<sup>2)</sup>, Pasha Aprila Putri<sup>3)\*</sup>, Dwi Yoga Pangestu<sup>3)</sup>, Retno Anjarwati<sup>4)</sup>**

<sup>1)</sup> Teknik Geologi, Universitas Mulawarman

E-mail: [pashaaprila04@gmail.com](mailto:pashaaprila04@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Formasi Balikpapan di Cekungan Kutai terdiri dari batupasir, batulempung, dan batubara, dengan singkapan yang luas di Lok Bahu. Namun, penelitian tentang petrogenesis dan diagenesis belum banyak dilakukan. Penelitian ini menyelidiki asal sedimen, mekanisme transportasi, tempat pengendapan, dan proses diagenetik batupasir melalui analisis petrografi dan granulometri. Untuk STA 1 hingga STA 4, nilai ukuran butir rata-rata berkisar antara 3,1257 dan 3,7245. Menurut skala Wentworth yang dimana mencakup batupasir halus hingga sangat halus. Seluruh sampel berada di bidang *Orogenic Recycled*, menurut plot diagram Q–F–L Dickinson. Ini menunjukkan bahwa sumber sedimen berasal dari batuan sedimen atau metasedimen yang tererosi ulang, dan ada variasi kematangan dari orogen tua yang stabil hingga orogen aktif yang kompleks.

Kata Kunci: Formasi Balikpapan, Petrogenesis, Diagenesis, Granulometri, *Recycled Orogenic*

### **ABSTRACT**

*The Balikpapan Formation in the Kutai Basin consists of sandstone, mudstone, and coal, with extensive outcrops at Lok Bahu. However, little research has been conducted on petrogenesis and diagenesis. This study investigates the origin of sediments, transport mechanisms, deposition sites, and diagenetic processes of sandstone through petrographic and granulometric analysis. For STA 1 to STA 4, the average grain size ranges from 3.1257 to 3.7245, according to the Wentworth scale, which covers fine to very fine sandstone. All samples are in the Orogenic Recycled field, according to Dickinson's Q–F–L diagram plot. This indicates that the sediment source is re-eroded sedimentary or metasedimentary rocks, and there is a variation in maturity from stable old orogens to complex active orogens.*

*Keyword: Balikpapan Formation, Petrogenesis, Diagenesis, Granulometry, Recycled Orogenic*

## **1. Pendahuluan**

Batupasir menyimpan informasi tentang asal-usul geologi, kondisi tektonik, dan proses sedimentasi. Karakteristik batupasir, seperti tekstur, komposisi mineral, dan ukuran butir, dapat digunakan untuk mengetahui asal material, tingkat kestabilan mineral, dan lingkungan pengendapan. Oleh karena itu, penelitian tentang petrogenesis dan lingkungan pengendapan batupasir sangat penting untuk memahami dinamika sedimentasi Formasi Balikpapan. Studi mengenai petrogenesis dan diagenesis berkaitan dengan peluang energi di Cekungan Kutai.

Salah satu lokasi singkapan Formasi Balikpapan yang dapat dipelajari adalah Daerah Lok Bahu di Samarinda. Meskipun penelitian tentang Formasi Balikpapan telah dilakukan di banyak tempat lain, belum ada penelitian mendalam yang menggunakan analisis granulometri dan petrografi untuk memahami petrogenesis dan lingkungan pengendapan di daerah tersebut. Oleh karena itu, penting untuk melakukan penelitian ini untuk meningkatkan pemahaman kita tentang geologi daerah dan memberikan informasi yang relevan untuk eksplorasi sumber daya energi.

Batupasir Formasi Balikpapan, yang terletak di daerah Lok Bahu, Samarinda, belum dipelajari secara menyeluruh, terutama menggunakan teknik petrografi dan granulometri. Hal ini menimbulkan pertanyaan tentang bagaimana komposisi mineral, tekstur, dan parameter ukuran batupasir digunakan untuk menafsirkan provenans, kondisi tektonik, dan lingkungan pengendapan secara lebih menyeluruh. Karena menggunakan

metode analisis petrografis dan granulometri, penelitian ini sangat penting karena keduanya dapat memberikan data komprehensif tentang karakteristik batupasir. Analisis petrografis dapat mengungkap komposisi mineral, tekstur, dan tingkat kematangan batupasir yang terkait dengan provenans dan kondisi tektonik asal. Sementara itu, analisis granulometri memungkinkan pengukuran kuantitatif terhadap ukuran, sortasi, dan bentuk butir yang penting. Kombinasi kedua metode tersebut tidak hanya membuat interpretasi petrogenesis dan lingkungan pengendapan lebih akurat, tetapi juga membuat penelitian tentang kualitas batupasir sebagai batuan reservoir potensial lebih bermanfaat.

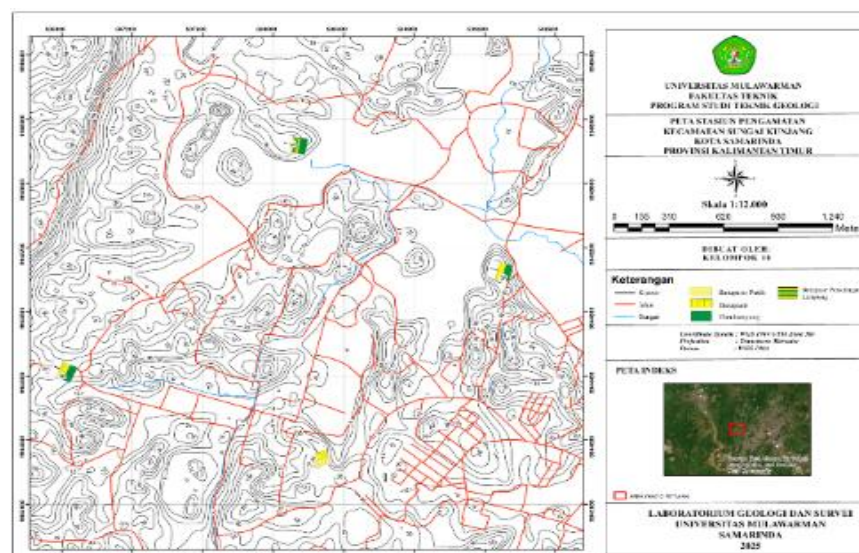
Analisis petrografis digunakan untuk mengetahui komposisi mineral, tekstur, dan tingkat kematangan batupasir yang terkait dengan batuan asal dan kondisi tektonik asal. Sementara itu, analisis granulometri digunakan untuk mengetahui ukuran, sortasi, dan bentuk butir, yang penting untuk penafsiran energi dan mekanisme pengendapan. Dengan menggabungkan kedua metode ini, peneliti dapat menjawab masalah utama tentang pemahaman yang lebih baik tentang petrogenesis dan diagenesis batupasir Formasi Balikpapan.

Berbagai metode telah digunakan dalam penelitian sebelumnya tentang Formasi Balikpapan, seperti analisis stratigrafi sikuen yang menekankan pada lingkungan pengendapan regional, studi arsitektur fasies menggunakan model 3D Digital Outcrop untuk memahami distribusi fasies, analisis mikroskopik dengan *thin section*, SEM, dan XRD yang berfokus pada kualitas reservoir, dan penelitian geokimia untuk mengevaluasi kemungkinan batuan induk hidrokarbon. Namun demikian, karakteristik geoteknik dan sifat fisik batulempung lebih difokuskan dalam penelitian Lok Bahu. Hal ini termasuk melakukan analisis daya dukung tanah dan melakukan analisis indeks tingkat *slaking*.

Pentingnya penelitian ini adalah fokusnya pada petrogenesis dan diagenesis batupasir dengan menggabungkan analisis petrografi dan granulometri. Metode ini baru karena belum banyak digunakan di Lok Bahu. Ini terutama berlaku untuk menafsirkan asal batupasir, lingkungan pengendapannya, dan tahapan diagenetiknya. Akibatnya, penelitian ini tidak hanya melengkapi kekurangan penelitian sebelumnya, tetapi juga memberikan informasi yang lebih detail dan spesifik tentang perubahan mineralogi dan tekstur batupasir Formasi Balikpapan setelah pengendapan. Perubahan ini belum dibahas dalam penelitian sebelumnya.

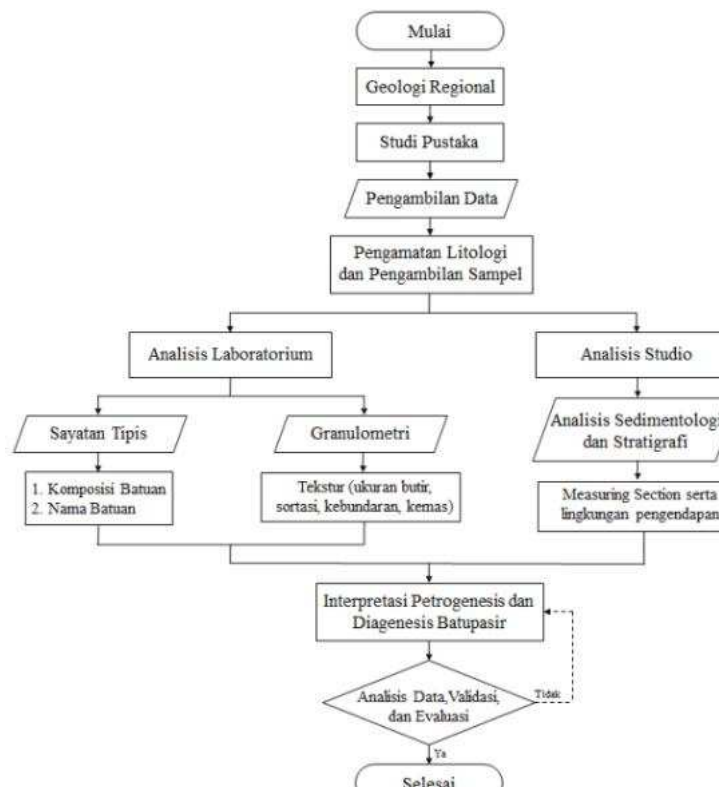
## 2. Metode Penelitian

Pengamatan pada setiap stasiun dilakukan menggunakan metode *random sampling*, dimana masing-masing stasiun pengamatan dapat mewakili bagian Utara, Timur, Selatan, dan Barat. Pengambilan sampel setiap stasiun pengamatan hanya digunakan berupa batupasir. Setelah dilakukan pengambilan data, dapat dilanjutkan dengan analisis di laboratorium dan studio. Pengamatan petrografis dilakukan untuk mengidentifikasi komposisi mineral dan struktur mikro batupasir secara mendetail, sehingga dapat memahami karakteristik petrogenetiknya, mulai dari tekstur hingga mineral pengikat dan porositasnya. Analisis petrografi bertujuan untuk mengetahui komposisi, jenis, dan presentase butiran, matriks, semen, dan porositas sampel batupasir. Dengan pengamatan petrografis, dapat memberi gambaran penting tentang sejarah pembentukan dan modifikasi batupasir setelah pengendapan.



**Gambar 1** Peta stasiun pengamatan

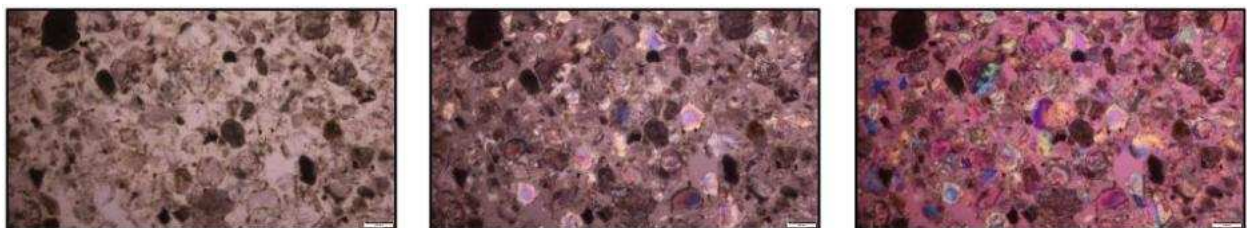
Sedangkan analisis granulometri memberikan informasi kuantitatif tentang distribusi ukuran butir batuan, yang penting untuk memahami tekstur batupasir seperti ukuran butir, keseragaman butir (*sorting*), kebundaran (*roundness*), kemas, dan skewness ukuran butir. Dengan dilakukan analisis granulometri, dapat mempermudah dalam analisis lingkungan pengendapan dan evolusi transportasi sedimen. Sehingga, dapat diinterpretasikan proses diagenetik yang terjadi. Untuk menginterpretasi petrogenesis dan diagenesis tersebut dilakukan langkah-langkah seperti flowchart berikut:

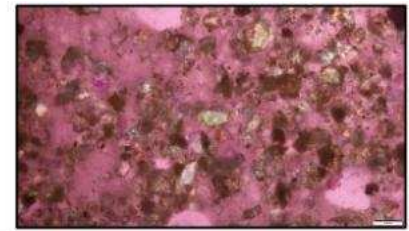
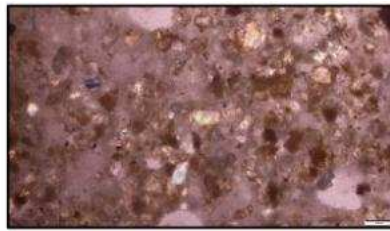
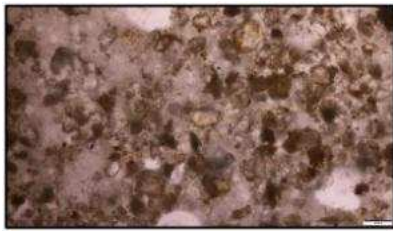
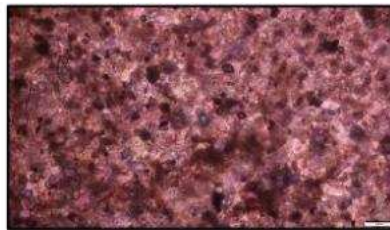
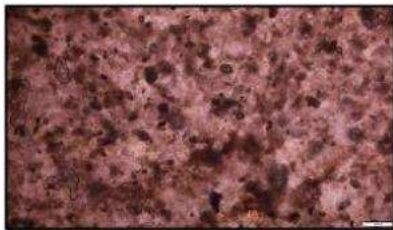
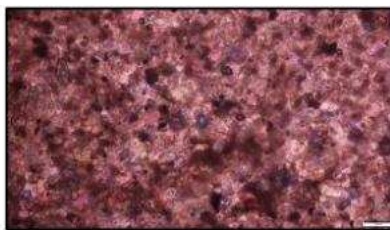
**Gambar 2** Flowchart studi petrogenesis dan diagenesis batupasir

### 3. Hasil dan Pembahasan *(style: Heading 1)*

#### A. Analisis Petrografi

Pada analisis petrografi, digunakan satu sayatan tipis batuan dari masing-masing stasiun pengamatan. Pengamatan tekstur, komposisi mineral, dan massa dasar dilakukan menggunakan mikroskop polarisasi dengan metode deskriptif dan kuantitatif melalui metode *grid*. Hasil pencatatan petrografi dari keempat sayatan tersebut disajikan pada Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4 sebagai berikut:

**Gambar 3** Petrografi STA 1

**Gambar 4** Petrografi STA 2**Gambar 5** Petrografi STA 3**Gambar 6** Petrografi STA 4

## **B. Komposisi Mineral**

### **B.1 Kuarsa**

Mineral kuarsa tampak tidak berwarna dengan relief rendah di bawah PPL dan tidak menunjukkan pleokroisme. Ketika diamati pada XPL, kuarsa menunjukkan ekstingsi lurus tanpa kembaran karakteristik dan menunjukkan warna interferensi rendah, biasanya abu-abu hingga putih orde pertama. Pada medan pandang STA 1, kuarsa memiliki komposisi 75%. Pada medan pandang STA 2, memiliki komposisi 80%. Pada medan pandang STA 3, kuarsa memiliki komposisi 56%. Pada medan pandang STA 4, kuarsa memiliki komposisi 62%.

### **B.2 Feldspar**

Feldspar pada PPL tampak tidak berwarna atau sangat pucat dengan relief rendah, serta memperlihatkan kembaran yang menjadi ciri utama pada XPL. Warna interferensinya berada dalam orde pertama. Mineral feldspar hanya terdapat pada medan pandang STA 2, yaitu sebanyak 2%. Sedangkan pada medan pandang STA 1, STA 3, dan STA 4 tidak ditemukan adanya ciri-ciri Mineral feldspar.

### **B.3 Litik**

Litik tampak sebagai agregat berbutir halus. Pada PPL, litik terlihat keruh dan kurang jelas, sedangkan pada XPL tampak sebagai agregat halus dengan interferensi tidak teratur. Pada medan pandang STA 1, litik memiliki komposisi 27%. Pada medan pandang STA 2, litik memiliki komposisi 14%. Pada medan pandang STA 3, litik memiliki komposisi 44%. Pada medan pandang STA 4, litik memiliki komposisi 38%.

### C. Klasifikasi dan Penamaan

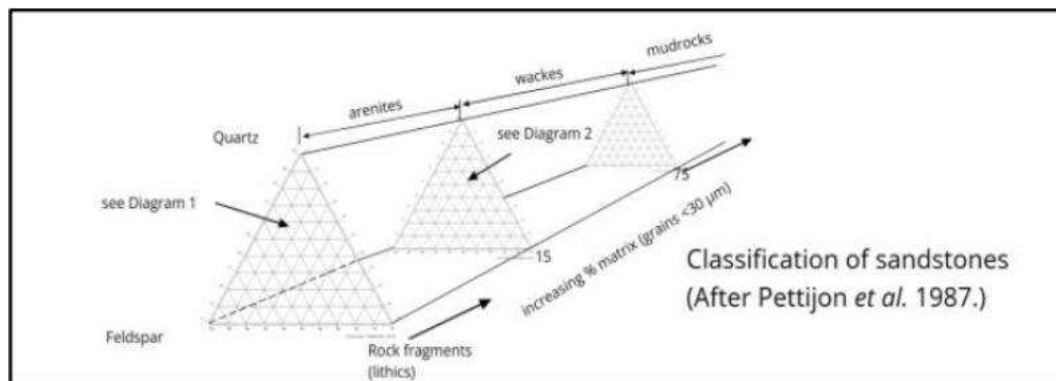
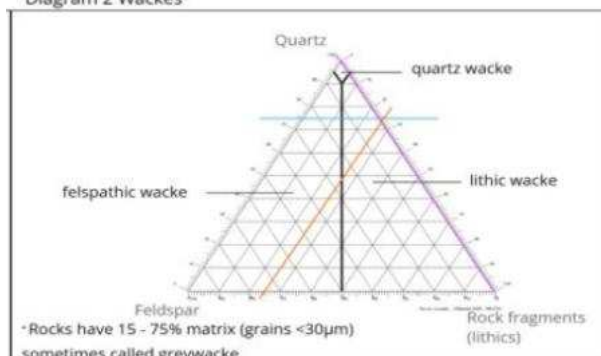
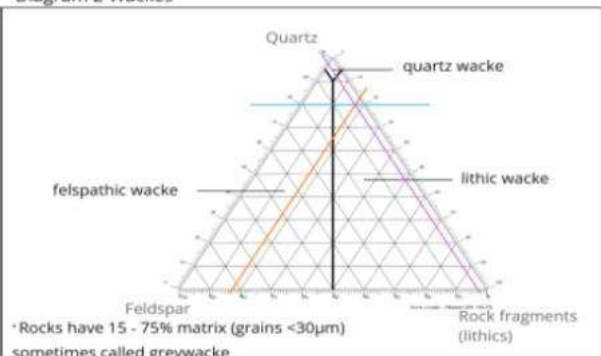


Diagram 2 Wackes\*



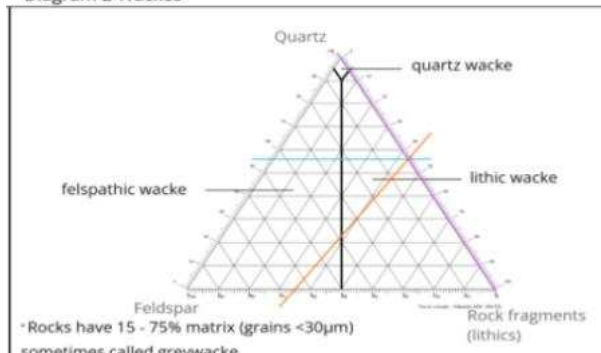
STA 1

Diagram 2 Wackes\*



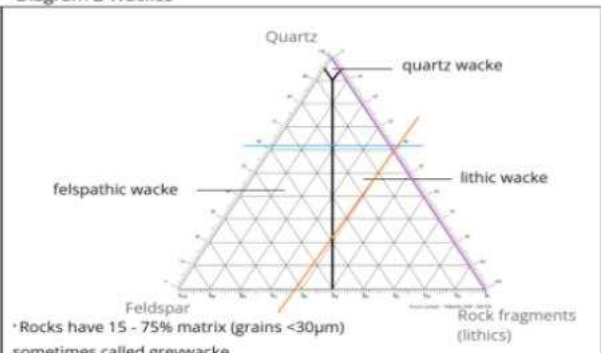
STA 2

Diagram 2 Wackes\*



STA 3

Diagram 2 Wackes\*



STA 4

**Gambar 7** Hasil *plotting* klasifikasi Pettijohn (1987)

Pada analisis sayatan tipis, klasifikasi Pettijohn digunakan untuk menentukan nama batuan silisiklastik. Pada klasifikasi Pettijohn (1987) digunakan segitiga yang kedua karna massa dasar yang didapat dari perhitungan ke-empat sayatan tipis lebih dari 13% dan kurang dari 75%. Hasil titik perpotongan menunjukkan bahwa batuan tersebut diklasifikasikan sebagai Lithic Wacke.

### D. Analisis Granulometri

Pada pengujian granulometri, digunakan empat sampel batuan batupasir dari masing-masing stasiun pengamatan. Analisis granulometri ini dilakukan untuk distribusi ukuran butir dengan metode grafis dan matematis. Hasil pencatatan granulometri dari keempat sampel tersebut sesuai dengan Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4, sebagai berikut:

**Tabel 1** Pencatatan granulometri STA 1

| Mesh   | Diameter (mm) | Diameter (phi) | Berat yang tinggal di atas ayakan (gr) | Persen Berat (%) | Persen Kumulatif (%) |
|--------|---------------|----------------|----------------------------------------|------------------|----------------------|
| 50     | 0.297         | 1.75           | 22                                     | 22               | 22                   |
| 80     | 0.18          | 2.5            | 39                                     | 39               | 61                   |
| 100    | 0.15          | 2.75           | 13                                     | 13               | 74                   |
| 200    | 0.75          | 3.75           | 14                                     | 14               | 88                   |
| pan    |               |                | 12                                     | 12               | 100                  |
| Jumlah |               |                | 100                                    | 100              | 345                  |

Tabel 2 Pencatatan granulometri STA 2

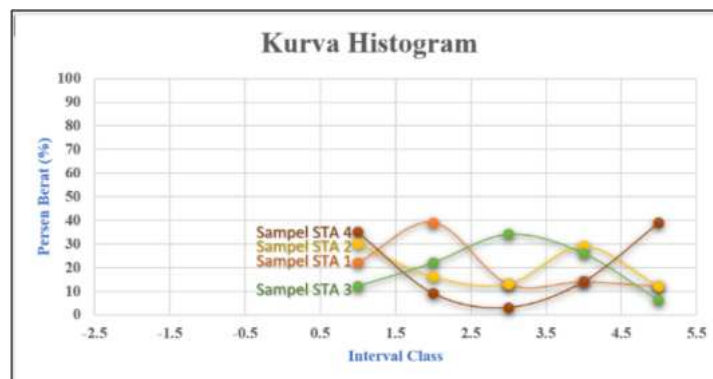
| Mesh   | Diameter (mm) | Diameter (phi) | Berat yang tinggal di atas ayakan (gr) | Persen Berat (%) | Persen Kumulatif (%) |
|--------|---------------|----------------|----------------------------------------|------------------|----------------------|
| 50     | 0.297         | 1.75           | 30                                     | 30               | 30                   |
| 80     | 0.18          | 2.5            | 16                                     | 16               | 46                   |
| 100    | 0.15          | 2.75           | 13                                     | 13               | 59                   |
| 200    | 0.75          | 3.75           | 29                                     | 29               | 88                   |
| pan    |               |                | 12                                     | 12               | 100                  |
| Jumlah |               |                | 100                                    | 100              | 323                  |

Tabel 3 Pencatatan granulometri STA 3

| Mesh   | Diameter (mm) | Diameter (phi) | Berat yang tinggal di atas ayakan (gr) | Persen Berat (%) | Persen Kumulatif (%) |
|--------|---------------|----------------|----------------------------------------|------------------|----------------------|
| 50     | 0.297         | 1.75           | 12                                     | 12               | 12                   |
| 80     | 0.18          | 2.5            | 22                                     | 22               | 34                   |
| 100    | 0.15          | 2.75           | 34                                     | 34               | 68                   |
| 200    | 0.75          | 3.75           | 26                                     | 26               | 94                   |
| pan    |               |                | 6                                      | 6                | 100                  |
| Jumlah |               |                | 100                                    | 100              | 308                  |

Tabel 4 Pencatatan granulometri STA 4

| Mesh   | Diameter (mm) | Diameter (phi) | Berat yang tinggal di atas ayakan (gr) | Persen Berat (%) | Persen Kumulatif (%) |
|--------|---------------|----------------|----------------------------------------|------------------|----------------------|
| 50     | 0.297         | 1.75           | 35                                     | 35               | 35                   |
| 80     | 0.18          | 2.5            | 9                                      | 9                | 44                   |
| 100    | 0.15          | 2.75           | 3                                      | 3                | 47                   |
| 200    | 0.75          | 3.75           | 14                                     | 14               | 61                   |
| pan    |               |                | 39                                     | 39               | 100                  |
| Jumlah |               |                | 100                                    | 100              | 287                  |



Grafik 1 Kurva histogram persen berat sampel

Tabel 5 Pencatatan hasil granulometri

| Class interval | n' class mid point (gk) | f   | fm     | (m-x) | f(m-x) <sup>2</sup> | f(m-x) <sup>3</sup> | f(m-x) <sup>4</sup> |
|----------------|-------------------------|-----|--------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1,75 - 2,5     | 2,13                    | 22  | 46,82  | -1    | 22                  | -22                 | 22                  |
| 2,5 - 3,75     | 3,13                    | 30  | 93,9   | 0     | 0                   | 0                   | 0                   |
| 3,75 - 4,75    | 4,25                    | 13  | 55,25  | 1     | 13                  | 13                  | 13                  |
| 4,75 - 5,75    | 5,25                    | 34  | 178,5  | 2     | 68                  | 136                 | 272                 |
| 5,75 - 6,75    | 6,25                    | 12  | 75     | 3     | 36                  | 108                 | 324                 |
| Total          |                         | 100 | 315,57 | 5     | 139                 | 427                 | 1231                |

- Mean =  $\sum \frac{f(m)}{100} = X = 3,1357$
- Standard deviation =  $\sqrt{\frac{\sum f(m-x)^2}{\sum f}} = 1,99$
- Skewness =  $\alpha = \frac{\sum f(m-x)^3}{\sigma^3 \sum f} = 6347,796853$
- Kurtosis =  $\beta = \frac{\sum f(m-x)^4}{\sigma^4 \sum f} = 12,31$
- Third Moment =  $\frac{\sum f(m-x)^3}{100} = 4,27$

STA 1

| Class interval | n' class mid point (gk) | f   | fm     | (m-x) | f(m-x) <sup>2</sup> | f(m-x) <sup>3</sup> | f(m-x) <sup>4</sup> |
|----------------|-------------------------|-----|--------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1,75 - 2,5     | 2,13                    | 10  | 21,3   | -1    | 10                  | -10                 | 10                  |
| 2,5 - 3,75     | 3,13                    | 18  | 56,34  | 0     | 0                   | 0                   | 0                   |
| 3,75 - 4,75    | 4,25                    | 11  | 46,75  | 1     | 11                  | 11                  | 11                  |
| 4,75 - 5,75    | 5,25                    | 29  | 152,25 | 2     | 116                 | 232                 | 464                 |
| 5,75 - 6,75    | 6,25                    | 12  | 75     | 3     | 108                 | 324                 | 972                 |
| Total          |                         | 100 | 315,73 | 5     | 245                 | 539                 | 1479                |

- Mean =  $\sum \frac{f(m)}{100} = X = 3,3575$
- Standard deviation =  $\sqrt{\frac{\sum f(m-x)^2}{\sum f}} = 2,67$
- Skewness =  $\alpha = \frac{\sum f(m-x)^3}{\sigma^3 \sum f} = 6347,796853$
- Kurtosis =  $\beta = \frac{\sum f(m-x)^4}{\sigma^4 \sum f} = 14,79$
- Third Moment =  $\frac{\sum f(m-x)^3}{100} = 5,39$

STA 2

| Class interval | n' class mid point (gk) | f   | fm     | (m-x) | f(m-x) <sup>2</sup> | f(m-x) <sup>3</sup> | f(m-x) <sup>4</sup> |
|----------------|-------------------------|-----|--------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1,75 - 2,5     | 2,13                    | 12  | 25,56  | -1    | 12                  | -12                 | 12                  |
| 2,5 - 3,75     | 3,13                    | 22  | 68,86  | 0     | 0                   | 0                   | 0                   |
| 3,75 - 4,75    | 4,25                    | 34  | 144,5  | 1     | 34                  | 34                  | 34                  |
| 4,75 - 5,75    | 5,25                    | 26  | 136,5  | 2     | 104                 | 208                 | 416                 |
| 5,75 - 6,75    | 6,25                    | 8   | 50     | 3     | 72                  | 216                 | 648                 |
| Total          |                         | 100 | 316,68 | 5     | 224                 | 382                 | 948                 |

- Mean =  $\sum \frac{f(m)}{100} = X = 3,3668$
- Standard deviation =  $\sqrt{\frac{\sum f(m-x)^2}{\sum f}} = 2,04$
- Skewness =  $\alpha = \frac{\sum f(m-x)^3}{\sigma^3 \sum f} = 6347,796853$
- Kurtosis =  $\beta = \frac{\sum f(m-x)^4}{\sigma^4 \sum f} = 9,48$
- Third Moment =  $\frac{\sum f(m-x)^3}{100} = 3,92$

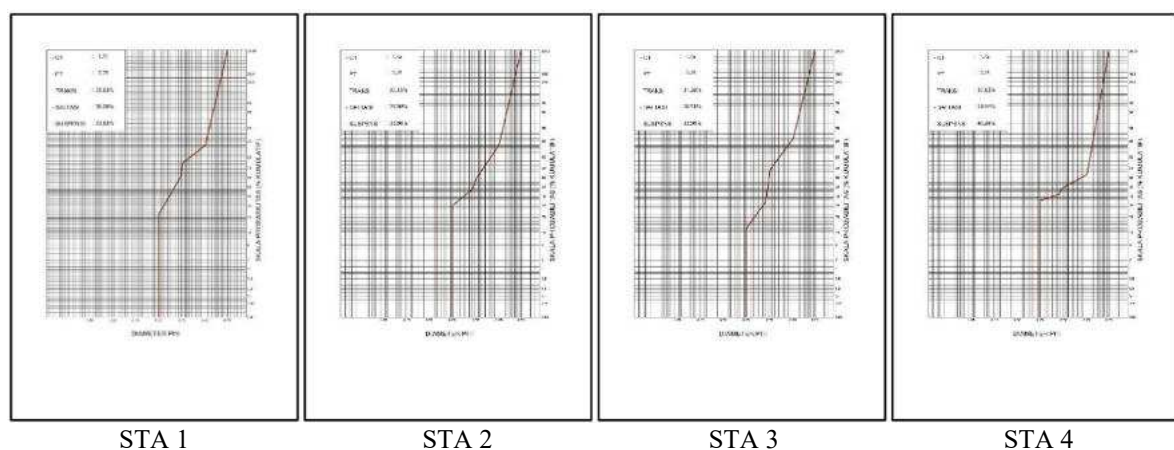
STA 3

| Class interval | n' class mid point (gk) | f   | fm     | (m-x) | f(m-x) <sup>2</sup> | f(m-x) <sup>3</sup> | f(m-x) <sup>4</sup> |
|----------------|-------------------------|-----|--------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1,75 - 2,5     | 2,13                    | 13  | 27,69  | -1    | 13                  | -13                 | 13                  |
| 2,5 - 3,75     | 3,13                    | 9   | 28,17  | 0     | 0                   | 0                   | 0                   |
| 3,75 - 4,75    | 4,25                    | 3   | 12,75  | 1     | 3                   | 3                   | 3                   |
| 4,75 - 5,75    | 5,25                    | 14  | 73,5   | 2     | 56                  | 112                 | 224                 |
| 5,75 - 6,75    | 6,25                    | 18  | 112,5  | 3     | 162                 | 486                 | 1458                |
| Total          |                         | 100 | 312,45 | 5     | 443                 | 1133                | 3421                |

- Mean =  $\sum \frac{f(m)}{100} = X = 3,7245$
- Standard deviation =  $\sqrt{\frac{\sum f(m-x)^2}{\sum f}} = 4,45$
- Skewness =  $\alpha = \frac{\sum f(m-x)^3}{\sigma^3 \sum f} = 6347,796853$
- Kurtosis =  $\beta = \frac{\sum f(m-x)^4}{\sigma^4 \sum f} = 34,21$
- Third Moment =  $\frac{\sum f(m-x)^3}{100} = 11,33$

STA 4

Setelah dilakukan perhitungan secara matematis momen terhadap mean, didapatkan mean sampel secara berurutan dari STA 1, STA 2, STA 3, hingga STA 4 adalah 3,1257, 3,3575, 3,3668, dan 3,7245. Menurut skala ukuran butir Wentworth, rentang nilai tersebut termasuk dalam kategori batupasir halus hingga sangat halus. Standar deviasinya didapatkan adalah 1,99, 2,67, 2,04, dan 4,45. Secara matematis, skewness adalah third standardized moment, yaitu momen ketiga data yang dinormalisasi dengan pangkat tiga standar deviasi. Hasil dari perhitungan skewness atau kecondongan yang berhubungan dengan third moment tersebut didapatkan senilai 0,427, 0,539, 0,392, 1,133, yang tergolong very fine skewed menurut Folk dan Ward (1957). Terdapat kurtosis sebesar 12,31, 14,79, 9,48, dan 34,21, yang tergolong very leptokurtic. Korelasi antara hasil numerik skewness dan kurtosis dari kedua metode bervariasi di antara masing-masing stasiun pengamatan yang diakibatkan oleh lingkungan pengendapan sedimen dan perbedaan fasies. Sehingga, nilai skewness dan kurtosis ini yang dihitung secara matematis dan grafis.



STA 1

STA 2

STA 3

STA 4

Gambar 8 Grafik probabilitas

Pada hasil grafik probabilitas didapatkan nilai CT adalah 1,75 dan nilai FT adalah 3,75 dari ayakan yang digunakan. Sedangkan, berdasarkan grafik kurva probabilitas (Grafik 2) berurutan dari sampel batupasir STA 1, STA 2, STA 3, dan STA 4, didapatkan nilai traksi sebesar 35,83%, 39,13%, 31,38%, 39,15, dengan saltasi sebesar 30,30%, 26,90%, 36,51%, 18,64%, serta suspensi sebesar 33,85%, 33,96%, 33,96%, 42,20%.

Perhitungan persentase proses transportasi sedimen didapatkan dari hasil grafik persen kumulatif. Jenis mekanisme transportasi sedimen yang terdapat pada sampel batuan yang telah dianalisis adalah dominan proses traksi, dengan rata-rata persentase 36,37%. Namun, proses transportasi sedimen dari setiap sampel menunjukkan jenis campuran, dimana nilai antara traksi, suspensi, dan saltasi memiliki perbedaan yang tidak signifikan. Hal ini dapat terjadi karena sampel batuan yang diamati merupakan batupasir halus yang mengalami berbagai proses, mulai dari traksi, kemudian menghalus dengan proses saltasi, hingga akhirnya mengalami proses suspensi yang menjadikan ukuran butir batupasir ini semakin halus.

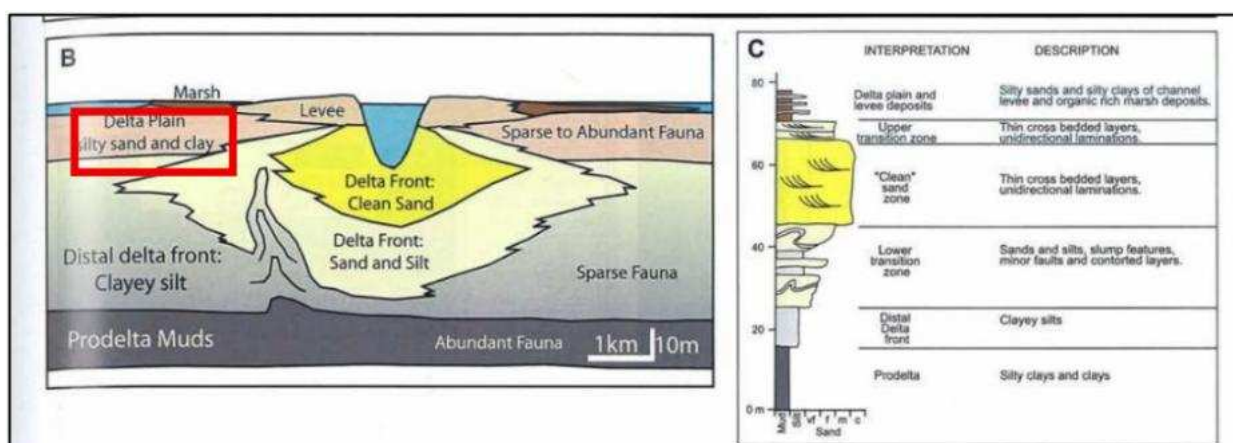
### E. Analisis Lingkungan Pengendapan

Daerah penelitian ini berada di Daerah Lok Bahu, Kecamatan Sungai Kunjang, Kota Samarinda. Secara stratigrafi wilayah ini berada di Formasi Balikpapan. Pada STA 1 terdapat litologi yang ditemukan diantaranya yaitu litologi batulempung, litologi batupasir halus, litologi batulanau, litologi batubara, litologi coalys shale, dan litologi shaly coal. Ditemukan juga struktur sedimen pada STA ini, yaitu struktur wavy lamination, dimana struktur wavy lamination membuktikan bahwa STA 1 ini terendapkan pada lingkungan Delta Plain dipengaruhi oleh pasang surut. Secara garis besar menunjukkan suksesi fining upward yang mencirikan lingkungan yang tenang. Pada STA 1 ini didominasi litologi batulempung yang dimana menunjukkan material yang terendapkan pada lingkungan delta dengan sub asosiasi fasienya Bay & Marsh deposits.

Pada STA 2 terdapat litologi batupasir dengan fasies yang berbeda, dibuktikan dengan perbedaan warna pada litologi batupasir. Pada STA ini menunjukkan bahwa lingkungan pengendapannya adalah lower delta plain. Pada zona ini, batupasir menunjukkan kecenderungan penghalusan ke atas (fining upward), mencerminkan penurunan energi pengendapan secara vertikal. Termasuk dalam sub-asosiasi fasies distributary channel pada delta plain.

Pada STA 3 ini didominasi litologi yang lebih halus. Dimana terdapat perselingan batupasir dengan material yang lebih halus. STA 3 ini diinterpretasikan berada dalam sistem pengendapan lingkungan transisi. Berdasarkan karakteristik litologi, STA ini termasuk dalam sub asosiasi fasies interdistributary bay pada delta plain.

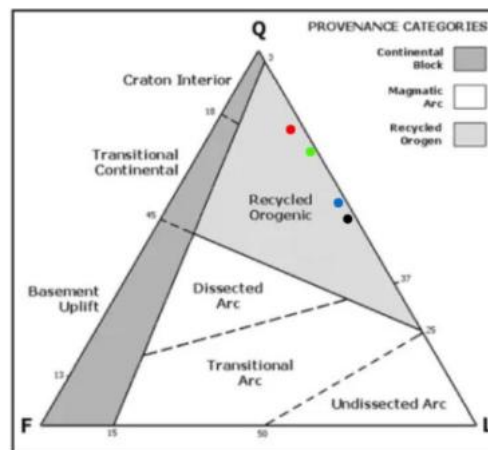
Pada STA 4, didapatkan struktur lenticular dalam asosiasi facies di mana terjadi perselingan batupasir halus dengan batulanau atau batulempung, mencerminkan kondisi energi pengendapan sedang ke rendah dengan pengaruh pasang surut yang kuat. Berdasarkan karakteristik litologi yang didapatkan, STA ini termasuk sub asosiasi fasies mud flat delta plain.



Gambar 9 Skema lingkungan pengendapan Formasi Balikpapan

## F. Petrogenesis dan Diagenesis

### F.1 Petrogenesis



Gambar 10 Hasil plotting diagram segitiga Dickinson (1985)

Plotting empat titik pada diagram Q–F–L Dickinson menunjukkan semua sampel berada di bidang Recycled Orogenic, menandakan sedimen berasal dari batuan sedimen atau metasedimen yang tererosi ulang. Titik merah hingga biru mencerminkan gradien dari quartzose (menunjukkan sedimen sangat matang) ke lithic recycled orogen (sedikit lebih kaya litik), sedangkan hitam menunjukkan campuran pengaruh orogen dan busur magmatik. Secara umum, pola ini menggambarkan variasi tingkat kematangan dan sumber sedimen dari orogen tua yang stabil hingga zona orogen aktif yang kompleks. Hal ini sesuai dengan Dickinson (1985), yang menyatakan bahwa mode batupasir mencerminkan tipe batuan asal atau provenance dari tektonik lempeng.

### F.2 Diagenesis

Diagenesis dimulai dengan pengendapan fragmen-fragmen batuan yang lebih tua (fragmen litik) dan matriks halus yang mengisi ruang pori. Setelah pengendapan, sedimen mengalami kompaksi, di mana tekanan dari lapisan sedimen baru mengurangi ruang pori, meskipun fragmen besar masih mempertahankan porositas. Proses pelarutan terjadi terutama pada feldspar, menghasilkan produk pelarutan yang mengisi ruang pori dan mengurangi jumlah feldspar. Setelah proses pengisian ruang pori, sementasi dimulai, di mana mineral-mineral yang berperan sebagai semen mengendap di ruang pori, mengikat fragmen-fragmen litik dan mengurangi porositas batuan. Pemadatan berlanjut seiring pengendapan yang lebih dalam, sehingga meningkatkan kepadatan batuan.

### F.3 Proses Sedimentasi

Proses sedimentasi yang terjadi di daerah Lok Bahu, Kecamatan Sungai Kunjang, Kota Samarinda, yang termasuk dalam Formasi Balikpapan, menggambarkan dinamika lingkungan pengendapan yang kompleks dan dipengaruhi oleh variasi energi serta pasokan sedimen dari waktu ke waktu. Berdasarkan hasil pengamatan pada beberapa stasiun pengamatan (STA), dapat diidentifikasi adanya perubahan fasies dan struktur sedimen yang menunjukkan transisi lingkungan dari tidal flat hingga delta plain, yang masing-masing memiliki karakteristik pengendapan tersendiri.

Secara keseluruhan, data dari STA 1 hingga STA 4 menunjukkan bahwa proses sedimentasi di daerah penelitian dikontrol oleh interaksi antara faktor hidrodinamika (pasang surut dan arus) serta suplai sedimen dari darat. Awalnya, pengendapan terjadi di lingkungan tidal flat yang tenang dengan dominasi material halus, kemudian berkembang menuju sistem delta plain yang lebih dinamis dengan variasi energi yang lebih besar. Pola perubahan vertikal dari fining upward ke coarsening upward pada beberapa lokasi menunjukkan adanya transisi lingkungan pengendapan dari kondisi laut dangkal menuju daerah delta yang lebih dekat ke darat. Hal ini mencerminkan evolusi lingkungan sedimentasi Formasi Balikpapan di daerah Lok Bahu sebagai hasil interaksi kompleks antara faktor laut (pasang surut) dan darat (suplai sedimen fluvial).

Intepretasi proses sedimentasi dengan menggunakan grafik Visser (1969) didapatkan hubungan antara butir dengan lingkungan pengendapan. Pada suatu proses sedimentasi yang terdapat proses rolling, suspansi dan traksi. Distribusi ukuran butir pada batupasir daerah Lok Bahu, Kecamatan Sungai Kunjang, Kota

Samarinda, merupakan jenis sedimentasi yang dominan pada proses traksi. Hal ini dapat terjadi karena sampel batuan yang diamati merupakan batupasir halus yang dapat mengalami proses traksi.

#### 4. Kesimpulan

Analisis sayatan tipis menggunakan klasifikasi Pettijohn untuk menentukan nama batuan silisiklastik; keempat sampel termasuk dalam kategori lithic wacke berdasarkan massa dasar lebih dari 13% hingga 75%. Dengan persentase rata-rata 36,37%, proses traksi adalah mekanisme transportasi sedimen utama, mengingat sifat batupasir halus yang mudah terbawa oleh traksi. Sejalan dengan gagasan Dickinson (1985) tentang hubungan antara mode batupasir dan provenance tektonik, plot diagram Q–F–L Dickinson menunjukkan variasi kematangan sedimen di seluruh sampel, dari orogen tua yang stabil hingga orogen aktif. Setelah pengendapan, batupasir mengalami kompaksi dalam proses diagenesis. Pelarutan batupasir terutama terjadi pada feldspar, menghasilkan material pengisi pori. Selanjutnya, sementasi terjadi, yang mengikat fragmen litik dan menurunkan porositas, dan pematatan berlanjut seiring penguburan yang lebih dalam.

#### 5. Daftar Pustaka

- Abhimantra, S. (2021). Geologi dan studi sikuen stratigrafi Formasi Balikpapan, Lapangan Minggir, Cekungan Kutai. *Jurnal Ilmiah Geologi Indonesia*.
- Ajdukiewicz, J. M., & Larese, R. E. (2016). How clay grain coatings inhibit quartz cement and preserve porosity in deeply buried sandstones: Observations and experiments. *AAPG Bulletin*, 100(11), 1661–1683.
- Baiyegunhi, C., Liu, K., & Gwavava, O. (2020). Petrographic and tectonic provenance of the Cretaceous sandstones of the Bredasdorp Basin, offshore South Africa. *Geosciences*, 10(9), 340.
- Boggs, S., Jr. (2006). *Principles of sedimentology and stratigraphy*. Pearson Prentice Hall.
- Correia, P., Astuti, B. S., & Pambudi, S. (2025). Petrophysical analysis and hydrocarbon potential in low resistivity sandstone reservoirs in Kutai Basin, East Kalimantan. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 10(10).
- Cui, G., Xu, S., Wei, Q., Yang, Y., Hu, J., & He, T. (2024). The influence of diagenesis on the quality of tight sandstone reservoirs in Longdong, Ordos Basin. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 14, 3331–3348.
- Deer, W. A., Howie, R. A., & Zussman, J. (2013). *An introduction to the rock-forming minerals* (3rd ed.). The Geological Society.
- Dickinson, W. R. (1985). Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55(4), 497–505.
- Garzanti, E. (2017). The maturity myth in sedimentology and provenance analysis. *Journal of Sedimentary Research*, 87(4), 353–365.
- Gibran, A. K., Kusworo, A., Wahyudiono, J., & Purwasatriya, E. B. (2022). Proses diagenesis batupasir Formasi Kanikeh, Seram bagian timur, Maluku, Indonesia. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 23(2), 113–122.
- Gunarsih, D., Sary, C. A., Muhni, A., & Rahmatillah, L. F. (2024). Diagenetic study based on petrography: Implications for sandstone porosity of the Peunasu Formation, Pulau Nasi, Aceh. *Indonesian Physical Review*, 8(1), 133–149.
- Li, G., Du, R., Tang, J., Li, Z., Xia, Q., Shi, B., Zhou, L., Yang, Y., & Zhang, W. (2022). Comparison of the graphic and moment methods for analyzing grain-size distributions: A case study for the Chinese inner continental shelf seas. *International Journal of Sediment Research*, 37(1), 729–736.
- Musu, R., Satria, D., & Syahrul, S. (2017). Connecting microscopic geological features to pore geometry and pore structure: Case study – Balikpapan Formation. *Modern Applied Science*, 11(3), 66–74.
- Nesse, W. D. (2012). *Introduction to optical mineralogy* (4th ed.). Oxford University Press.
- Permana, A. K., Satyana, A. H., & Nugraha, H. (2022). Depositional environment and source rocks potential of the Miocene organic rich sediments, Balikpapan Formation, East Kutai Sub Basin, Kalimantan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*.
- Pratiknyo, P., & Simanjuntak, L. (2024). Geologi dan daya dukung tanah jalan tambang pada tambang terbuka Desa Lok Bahu, Sungai Kunjang, Kalimantan Timur.

Rezaee, R. (2017). Fundamentals of gas shale reservoirs. Wiley.

Rohmana, R. C., Nugraha, H., & Satyana, A. H. (2020). Depositional processes and facies architecture of Balikpapan Sandstone Formation: Application of 3D digital outcrop model. *Scientific Contributions Oil and Gas*, 43(1), 15–27.

Utama, Y. B., Oktaviani, R., & Saputra, A. (2022). Studi tingkat slaking index pada batulempung Formasi Balikpapan daerah Samarinda dan Kutai Kartanegara.

Worden, R. H., Armitage, P. J., Butcher, A. R., Churchill, J. M., Csoma, A. E., Hollis, C., Lander, R. H., Omma, J., & Osborne, M. J. (2018). Petroleum reservoir quality prediction: Overview and contrasting approaches from sandstone and carbonate communities. *Marine and Petroleum Geology*, 91, 731–749.