CITIZEN: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia
Vol 6, No. 5, 2026
ISSN: 2807-5994
https://journal.das-institute.com/index.php/citizen-journal

ANALISIS PENGARUH DISTRIBUSI UKURAN BUTIR TERHADAP PERMEABILITAS BATUAN RESERVOIR SUMUR XN: STUDI LABORATORIUM

Novi Dwiartika Reni [1], Yudit Sirupang [2]
[1,2] Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan
Corresponding e-mail: novidwiartikareni@gmail.com

Copyright © 2026 The Author
This is an open access article
Creative Commons Attribution ShareAlike 4.0 International Licence
DOI: 10.53866/jimi.v6i5.1572

Received: *15 Oktober 2026*
Revised: *07 November 2026*
Accepted: *12 November 2026*

Abstrak

Latar Belakang- Karakteristik petrofisika batuan reservoir merupakan aspek krusial dalam menentukan kapasitas penyimpanan dan kemampuan pengaliran fluida hidrokarbon.
Tujuan - Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik distribusi ukuran butir, mengukur nilai permeabilitas dan porositas, serta mengevaluasi hubungan antara ukuran butir terhadap sifat petrofisika pada sampel batuan formasi sumur "XN" interval 760,00 – 800,00 ft.
Metode - Studi laboratorium ini menggunakan dua variasi massa sampel agregat lepas (komposit) sebesar 300 gram dan 400 gram. Pengujian permeabilitas menggunakan metode *Constant Head Permeability Test* (berdasarkan Hukum Darcy untuk aliran fluida satu fasa), sedangkan analisis ukuran butir menggunakan metode sieve analysis dengan mesin *electric sieve shaker*.
Hasil – Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai permeabilitas rata-rata pada sampel 300 gram sebesar 1,35 mD dan pada sampel 400gram sebesar 0,84 mD, yang dikategorikan sebagai permeabilitas rendah (ketat). Analisis ukuran butir menunjukkan bahwa sampel 300 gram memiliki karakteristik pemilahan (*sorting*) yang moderat, sedangkan sampel 400 gram menunjukkan pemilahan yang buruk hingga sangat buruk. Keberadaan variasi ukuran butir dan proporsi fraksi halus menyebabkan penyumbatan rongga pori (pore throat constriction) yang menurunkan nilai porositas (berkisar antara 34% hingga 41% dari perhitungan volume pori dan bulk) serta membatasi laju alir fluida.
Orisinalitas/nilai – Berdasarkan parameter fisik yang diukur, interval kedalaman tersebut pada sumur "XN" diindikasikan memiliki karakteristik kualitas reservoir yang terbatas (*poor reservoir quality*).
Kata Kunci: *Sorting Coefficient*, Permeabilitas, Porositas, *Sieve Analysis*, Karakteristik Reservoir

Analysis of the Effect of Grain Size Distribution on the Permeability of Reservoir Rock in Well XN: A Laboratory Study

Abstract

Background - *The petrophysical characteristics of reservoir rocks are a crucial factor in determining their storage capacity and the flowability of hydrocarbon fluids.*
Purpose - *This study aims to analyze grain size distribution characteristics, measure permeability and porosity values, and evaluate the relationship between grain size and petrophysical properties in rock samples from the "XN" well formation at the 760.00–800.00 ft interval.*
Design/methodology/approach *- This laboratory study utilized two sample masses of loose aggregate (composite) totaling 300 grams and 400 grams. Permeability testing was conducted using the Constant Head Permeability Test (based on Darcy's Law for single-phase fluid flow), while grain size analysis was performed using the sieve analysis method with an electric sieve shaker.*
Results - *The test results showed that the average permeability value for the 300-gram sample was 1.35 mD and for the 400-gram sample was 0.84 mD, which are categorized as low (tight) permeability. Particle size analysis showed that the 300-gram sample exhibited moderate sorting characteristics, while the 400-gram sample exhibited poor to very poor sorting. The presence of grain size variation and the proportion of fine*

fractions causes pore throat constriction, which reduces porosity values (ranging from 34% to 41% based on pore volume and bulk calculations) and restricts fluid flow rates.
Originality/value *– Based on the measured physical parameters, this depth interval in the "XN" well is indicated to have limited reservoir quality characteristics*
Keywords: *Sorting Coefficient, Permeability, Porosity, Sieve Analysis, Reservoir Characteristic*

1. Pendahuluan

Dalam kegiatan eksplorasi dan ekstraksi sumber daya hidrokarbon, pemahaman mengenai karakteristik petrofisika bawah permukaan merupakan tahap fundamental untuk menilai potensi ekonomi suatu formasi (Sugeng et al., 2022). Porositas dan permeabilitas adalah dua parameter utama penentu kualitas reservoir. Porositas merepresentasikan kapasitas penyimpanan fluida, sementara permeabilitas mencerminkan kemudahan fluida bergerak melalui jaringan pori yang saling terhubung (Koesoemadinata, 1980; Nurwidyanto et al., 2005).

Kualitas petrofisika suatu batuan sangat dikendalikan oleh tekstur sedimennya, meliputi ukuran butir rata-rata (*mean grain size*), derajat pemilahan (*sorting*), bentuk butir, dan packing (Boggs, 1987; Sugeng & Surjono, 2017). Batuan dengan pemilahan yang seragam (*well-sorted*) umumnya memiliki rongga pori yang lebih terbuka, menghasilkan porositas efektif dan permeabilitas yang relatif tinggi (Folk & Ward, 1957). Sebaliknya, keberadaan fraksi butiran halus (seperti lanau atau lempung) pada pemilahan yang buruk (*poorly sorted*) akan mengisi celah antarbutir, memperkecil ukuran *pore throat*, dan menghambat mobilitas fluida (Aulia et al., 2021; Basuki et al., 2021).

Meskipun hubungan teoretis antara tekstur sedimen dan sifat petrofisika telah banyak dibahas pada batupasir bersih (*clean sandstone*), evaluasi eksperimental laboratorium pada sampel batuan berbutir halus atau sedimen klastik dengan variasi agregat masih memerlukan dokumentasi data empiris yang mendalam, terutama dalam mengkaji respons aliran fluida satu fasa di laboratorium (Nurwidyanto et al., 2006). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi ukuran butir melalui *sieve analysis*, mengukur parameter permeabilitas dan porositas menggunakan metode *Constant Head* pada sampel agregat komposit dari sumur "XN" interval 760,00 – 800,00 ft, serta mendeskripsikan korelasi antara ukuran butir terhadap parameter petrofisika sebagai evaluasi pendahuluan karakteristik reservoir (Wentworth, 1922; Zulhan et al., 2015; Georgy et al., 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi ukuran butir dan tingkat sortasinya menggunakan metode *sieve analysis*, mengukur nilai permeabilitas batuan melalui uji *Constant Head Permeability Test*, serta menguji hubungan antara koefisien sortasi dengan permeabilitas batuan. Melalui pendekatan kuantitatif laboratorium pada interval kedalaman 760–800 ft sumur "XN", hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman kuantitatif mengenai hubungan tekstur batuan terhadap permeabilitas serta menjadi dasar pertimbangan dalam mengevaluasi kualitas formasi reservoir pada tahap eksplorasi dan pengembangan lapangan.

2. Metode Penelitian

2.1. Objek, waktu dan Tempat

Objek penelitian ini adalah sampel batuan formasi (analisis agregat komposit dari interval *cutting*/ sampel kedalaman) sumur "XN" pada interval kedalaman 760,00 hingga 800,00 ft. Seluruh rangkaian pengujian laboratorium dilaksanakan pada tanggal 26–30 Mei 2025 di Laboratorium STT Migas Balikpapan, Kalimantan Timur.

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis eksperimen laboratorium untuk memperoleh data primer karakteristik sifat fisik batuan reservoir. Data yang digunakan diperoleh dari pengujian sampel batuan (*core*/*cutting*) sumur "XN" pada interval kedalaman 760,00 hingga 800,00 ft di Laboratorium STT Migas Balikpapan. Data operasional laboratorium mencakup parameter fisik batuan seperti berat awal dan berat akhir sampel (300 gram dan 400 gram), laju alir fluida (Q), waktu pengujian (t), panjang sampel (L), diameter sampel (D), serta beda tekanan (ΔP). Selain itu, data distribusi ukuran butir diperoleh melalui pengujian saringan menggunakan mesin *Electric Sieve Shaker* dengan mengukur berat butiran yang tertahan di setiap ayakan *mesh* (mulai dari ukuran 0,850 mm hingga 0,075 mm dan *pan*) (Boggs et al., 1987; Chen et al., 2023; Harlen et al., 2022)

CITIZEN: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia
Vol 6, No. 5, 2026
ISSN: 2807-5994
https://journal.das-institute.com/index.php/citizen-journal

2.3. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengolah data eksperimen laboratorium untuk mengevaluasi hubungan antara *sorting coefficient*, ukuran butir, dan sifat petrofisika batuan (porositas dan permeabilitas).

a. Uji Permeabilitas (*Constant Head Permeability Test*)
Pengujian dilakukan dengan mengalirkan fluida cair (air dengan viskositas $\mu \approx 1\ mPa\,.s$ pada kondisi tekanan standar $\Delta P = 1\ atm$) melalui tabung *core holder* berpenampang A = 28,26 cm^2. Nilai koefisien permeabilitas intrinsik (k dalam milidarcy, mD) dihitung berdasarkan modifikasi Hukum Darcy:

$$k = \frac{\mu \times Q \times L}{A \times \Delta P}$$

dengan Q adalah laju alir fluida (cm^3/s), L adalah panjang/tinggi sampel (cm), dan μ adalah viskositas fluida (cp). Pengujian dicatat pada interval waktu tertentu (60 detik, 360 detik, dan 900 detik) untuk mengamati kestabilan aliran (*steady-state*).

b. Analisis Porositas
Porositas efektif (ϕ) dihitung berdasarkan perbandingan volume pori (V_p) terhadap volume total bulk (V_{bulk}):

$$\phi = \frac{Vp}{Vbulk} \times 100\%$$

Dimana volume pori diperoleh dari selisih berat jenuh (W_{sat}) dan kering (W_{dry}) dibagi densitas fluida (ρ_f), dan volume *bulk* dihitung dari dimensi silinder tabung ($\pi \cdot (d/2)^2 \cdot h$). Nilai numerik hasil perhitungan dinyatakan dalam bentuk persentase (%).

c. Analisis Ukuran Butir dan Pemilahan (*Sieve Analysis*)
Sebanyak 300 gram dan 400 gram sampel kering dipersiapkan menggunakan *mortar and pestle*, kemudian diayak menggunakan mesin *Electric Sieve Shaker* dengan variasi bukaan mesh (dari 0,850 mm hingga 0,075 mm dan *pan*) selama 10 menit. Data berat tertahan pada masing-masing saringan dihitung persentasenya terhadap berat total untuk menyusun kurva distribusi kumulatif.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh dari pengolahan data uji laboratorium pada sampel batuan sumur "XN" interval kedalaman 760,00 hingga 800,00 ft. Data yang telah dikumpulkan dianalisis untuk mengevaluasi pengaruh *sorting coefficient* (koefisien sortasi) dan distribusi ukuran butir terhadap nilai permeabilitas dan porositas batuan, serta menilai efisiensi dan kualitas formasi reservoir. Hasil penelitian disajikan secara sistematis yang meliputi pemaparan temuan penelitian, analisis hasil yang diperoleh, serta keterkaitannya dengan tujuan penelitian yang telah dirumuskan sebelumnya.

3.1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian diperoleh dari pengolahan data uji fisik laboratorium menggunakan *Permeameter Constant Head* dan *Electric Sieve Shaker* pada sampel batuan sumur "XN". Parameter yang diuji meliputi laju alir fluida (Q), nilai permeabilitas (k), persentase porositas (ϕ), serta distribusi persentase berat butiran tertahan pada setiap ukuran *mesh* saringan.

Berdasarkan pengujian laboratorium terhadap sampel komposit sumur "XN" pada variasi massa 300 gram dan 400 gram menghasilkan data parameter petrofisika sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Permeabilitas dan Porositas Sampel Batuan Sumur "XN"

No	Massa Sampel (gr)	Waktu Uji (detik)	Porositas (%)	Permeabilitas (mD)
1	300	60	0,35	2,84
2	300	360	0,34	0,92
No	**Massa Sampel (gr)**	**Waktu Uji (detik)**	**Porositas (%)**	**Permeabilitas (mD)**

3	300	900	0,34	0,24
4	400	60	0,41	1,91
5	400	360	0,41	0,43
6	400	900	0,39	0,17

Catatan: Pengukuran dilakukan pada fluida 1 fasa (air, μ = 1 mPa.s, ΔP = 1 atm, A = 28,26 cm^2)

Berdasarkan Tabel 1 penurunan nilai permeabilitas seiring bertambahnya durasi pengujian (dari 60 detik hingga 900 detik) menunjukkan adanya penyesuaian aliran menuju kondisi *quasi-steady state* serta potensi migrasi partikel halus (*fines migration*) atau penutupan jalur pori akibat pembebanan hidrolik fluida satu fasa. Berdasarkan klasifikasi baku petrofisika, nilai permeabilitas rata-rata pada sampel 300 gram (1,35 mD) dan sampel 400 gram (0,84 mD) termasuk dalam kategori permeabilitas rendah / ketat (< 5 mD) (Nurwidyanto et al., 2005).

Selain itu, dilakukan pengujian distribusi ukuran butir (*sieve analysis*) untuk menentukan *sorting coefficient* pada masing-masing sampel. Distribusi berat tertahan dan persentase kumulatif dari pengujian *sieve analysis* untuk sampel 300 gram dan 400 gram dirangkum pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Data Distribusi Sieve Analysis Sampel 300 gram

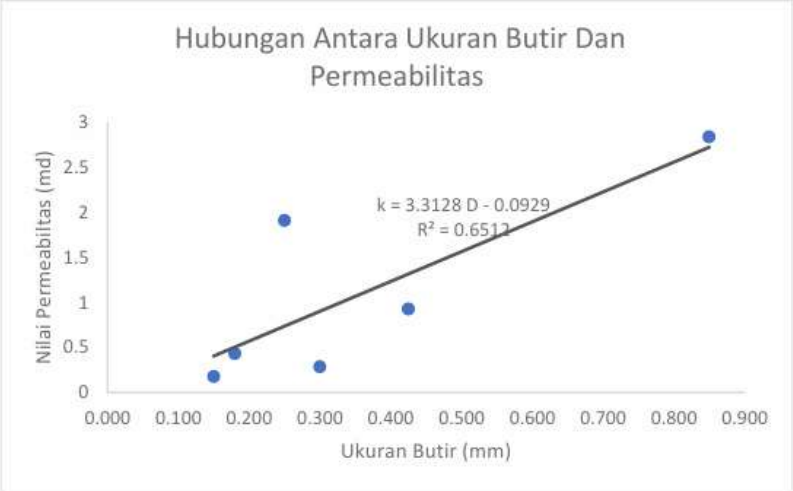
Sieve Mesh	Opening Diameter (mm)	Berat Tertahan (gr)	Persentase Berat (%)	Persentase Kumulatif (%)
20	0,850	50,91	16,97	16,97
40	0,425	76,33	25,44	42,41
50	0,300	14,22	4,74	47,15
60	0,250	14,25	4,75	51,90
80	0,180	19,34	6,45	58,35
100	0,150	26,02	8,67	67,02
120	0,125	13,03	4,34	71,37
170	0,090	29,02	9,67	81,04
200	0,075	34,58	11,53	92,57
Pan	-	22,30	7,43	100,00

Tabel 3. Data Distribusi Sieve Analysis Sampel 400 gram

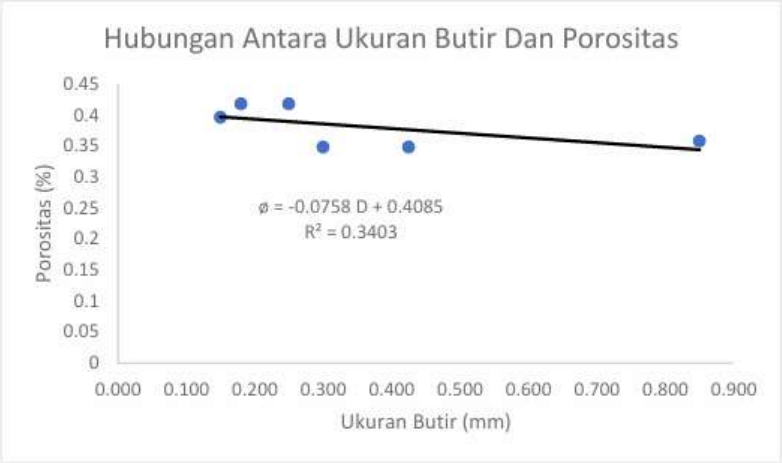
Sieve Mesh	Opening Diameter (mm)	Berat Tertahan (gr)	Persentase Berat (%)	Persentase Kumulatif (%)
20	0,850	71,17	17,79	17,79
40	0,425	102,45	25,61	43,41
50	0,300	17,84	4,46	47,87
60	0,250	20,41	5,10	52,97
80	0,180	29,50	7,38	60,34
100	0,150	40,45	10,11	70,46
120	0,125	11,47	2,87	73,32
170	0,090	8,30	2,07	75,40
200	0,075	36,29	9,07	84,47
Pan	-	62,12	15,53	100,00

Untuk mengevaluasi keterkaitan antara diameter bukaan ayakan (representasi ukuran butir) terhadap parameter petrofisika, dilakukan analisis regresi linier sederhana berdasarkan kumpulan data observasi uji laboratorium. Hubungan korelasi antara bukaan ayakan (D) terhadap nilai permeabilitas (k) dan porositas (Ø) ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Gambar 1. Grafik Hubungan Ukuran Butir Terhadap Permeabilitas Batuan



Gambar 2. Grafik Hubungan Ukuran Butir Terhadap Porositas



Berdasarkan grafik korelasi di atas, diperoleh koefisien determinasi $R^2 = 0{,}6512$ untuk hubungan ukuran butir terhadap permeabilitas, yang menunjukkan adanya kecenderungan linier positif di mana ukuran butir yang lebih besar berasosiasi dengan peningkatan nilai permeabilitas. Sebaliknya, hubungan antara ukuran butir dan porositas menunjukkan tren negatif ($R^2 = 0{,}3403$), mengindikasikan bahwa keberadaan fraksi butiran yang lebih halus dalam porsi tertentu meningkatkan ruang pori total (melalui tingginya porositas batuan lempungan/lanuan), namun gagal membentuk saluran pori yang efektif bagi pergerakan fluida akibat buruknya konektivitas pori (*pore connectivity*).

3.2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *sorting coefficient* (koefisien sortasi) dan distribusi ukuran butir memiliki hubungan yang sangat erat dengan performa permeabilitas batuan reservoir. Secara teoritis, sortasi menggambarkan tingkat keseragaman ukuran butiran penyusun batuan sedimen. Konsep ini menyatakan bahwa batuan dengan sortasi sangat baik (*well-sorted*) memiliki ukuran butir yang seragam sehingga ruang antarbutir terbuka dan menghasilkan porositas serta permeabilitas yang tinggi. Sebaliknya, sortasi yang buruk (*poorly sorted*) mengindikasikan keberadaan variasi ukuran butir yang lebar, di mana butiran berukuran kecil menyumbat pori-pori di antara butiran besar (Firsandi et al., 2018; Zhang et al., 2023).

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium pada interval kedalaman 760,00 hingga 800,00 ft sumur "XN", karakteristik fisik batuan menunjukkan nilai permeabilitas yang sangat kecil (< 2 mD) serta tingkat pemilahan agregat yang kurang baik. Hal ini mengonfirmasi bahwa formasi pada interval tersebut dikategorikan sebagai kualitas reservoir yang buruk (*poor reservoir quality*), di mana batuan memiliki hambatan alir yang tinggi dan kurang ekonomis untuk produksi fluida secara alami tanpa adanya rekayasa stimulasi formasi lanjutan.

Temuan ini sejalan dengan konsep petrofisika reservoir yang menyatakan bahwa tingginya nilai porositas tidak selalu menjamin tinggi rendahnya permeabilitas apabila rongga pori bersifat terisolasi dan tidak saling terhubung (porositas tidak efektif). Fenomena penurunan nilai permeabilitas seiring bertambahnya waktu pengaliran fluida (dari 2,84 mD menjadi 0,24 mD) juga dipengaruhi oleh karakteristik *swelling* atau migrasi partikel halus (*fines migration*) akibat terbasahi oleh fluida uji (Dandekar, 2013)

Selain itu, grafik korelasi positif ($R^2 = 0{,}6512$) mengonfirmasi bahwa penurunan ukuran butir secara langsung menurunkan kapasitas permeabilitas batuan. Sebaliknya, tren negatif pada hubungan ukuran butir dan porositas ($R^2 = 0{,}3403$) menunjukkan bahwa keberadaan butiran halus dapat mengisi volume ruang kosong tanpa memberikan kontribusi terhadap keterhubungan saluran aliran.

Implikasi dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengukuran *sorting coefficient* dan pengujian permeabilitas laboratorium dapat digunakan sebagai alat evaluasi yang efektif dalam mengkarakterisasi formasi reservoir. Secara praktis, hasil ini menegaskan bahwa interval kedalaman 760,00 hingga 800,00 ft pada sumur "XN" dikategorikan sebagai formasi dengan kualitas reservoir yang buruk (*poor reservoir quality*), sehingga memerlukan penanganan khusus atau teknik stimulasi apabila ingin dikembangkan lebih lanjut.

3.3. Kaitan dengan Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis pengaruh *sorting coefficient* terhadap permeabilitas batuan serta mengevaluasi kualitas formasi reservoir pada interval kedalaman 760,00 hingga 800,00 ft di sumur "XN". Berdasarkan hasil pengujian laboratorium yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa koefisien sortasi yang buruk merupakan faktor utama yang menyebabkan rendahnya permeabilitas batuan pada formasi tersebut.

Melalui analisis laboratorium menggunakan *sieve shaker* dan *permeameter*, penelitian ini berhasil mengkuantifikasi nilai permeabilitas (1,35 mD dan 0,84 mD) serta koefisien sortasi (0,97883 mm dan 2,65999 mm) secara presisi. Dengan demikian, hasil penelitian ini secara langsung menjawab seluruh tujuan penelitian, yaitu membuktikan keterkaitan erat antara tekstur penyortiran batuan dengan permeabilitas serta mengonfirmasi bahwa formasi pada kedalaman tersebut tergolong kualitas reservoir yang buruk.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan analisis data pada sampel formasi sumur "XN" interval kedalaman 760,00 hingga 800,00 ft, dapat disimpulkan bahwa nilai permeabilitas rata-rata pada sampel 300 gram adalah 1,35 mD dan pada sampel 400 gram adalah 0,84 mD, yang dikategorikan sebagai permeabilitas rendah atau ketat dan untuk analisis distribusi ukuran butir menunjukkan adanya variasi fraksi kasar hingga halus dengan proporsi *pan* yang signifikan, mencerminkan karakteristik pemilahan batuan yang kurang seragam. Analisis regresi menunjukkan korelasi positif antara ukuran butir dan permeabilitas ($R^2 = 0{,}6512$), serta korelasi negatif terhadap porositas ($R^2 = 0{,}3403$), yang membuktikan bahwa kehadiran partikel halus memperkecil *pore throat* dan menghambat laju alir fluida. Berdasarkan parameter petrofisika yang diukur, interval kedalaman 760,00 hingga 800,00 ft pada sumur "XN" diklasifikasikan sebagai formasi dengan kualitas reservoir yang buruk (*poor reservoir quality*).

Pernyataan Pengungkapan AI

-

Pernyataan Ketersediaan Data

Data dan materi suplemen yang mendukung hasil penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi apabila diminta untuk kepentingan akademik yang dapat dipertanggungjawabkan**.**

Konflik Kepentingan
Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan terkait dengan penelitian ini.

Ucapan Terimakasih
Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium STT Migas Balikpapan Kalimantan Timur, serta pihak-pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian dan penyusunan penelitian ini.

Pendanaan
Penelitian ini didanai sendiri oleh para penulis. Tidak ada dukungan atau bantuan eksternal yang diterima.

Bibliografi
Aulia, H., Bandi, S., & Moehammad, A. (2021). Pemetaan sedimen perairan dangkal menggunakan data multibeam echosounder (Studi kasus: Pantai Kartini, Jepara). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(1), 1–10.

Basuki, R., Muchamad, O. B. N., Sugeng, S., Muhamad, G. R., Rahmat, A. A. H., & Muhamad, I. A. F. (2021). *GeoMS sedimentologi & stratigrafi dalam grafis*. Gadjah Mada University Press.

Boggs, S. Jr. (1987). *Principles of sedimentology and stratigraphy*. Merrill Publishing Co.

Chen, Y., Yang, J., Talha, M., Xia, Y., Tang, M., & Xie, R. (2023). Sequence stratigraphy of the Jurassic strata and occurrences of potential sandstone reservoirs in the ST Gas Field, Northern West Siberia Basin. *Applied Sciences*, 13(22), 12096. https://doi.org/10.3390/app132212096

Dandekar, A. Y. (2013). *Petroleum reservoir rock and fluid properties* (2nd ed.). CRC Press.

Darcy, H. (1856). *Les fontaines publiques de la ville de Dijon*. Victor Dalmont.

Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1), 3–26. https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D

Georgy, A., Idris, M., & Rahmiati. (2021). Studi karakteristik sedimen di estuari Delta Mahakam Kalimantan Timur. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 4(1), 12–20.

Harlen, S., Aprilianto, & Marsudi. (2022). Studi perbandingan nilai koefisien permeabilitas (hydraulic conductivity) (K) yang diperoleh dari percobaan lapangan dan laboratorium. *Jurnal Geoteknik*, 5(2), 45–52.

Koesoemadinata, R. P. (1980). *Geologi minyak dan gasbumi*. Penerbit ITB.

Levorsen, A. I. (1955). Geology of petroleum. *Journal of Geological Education*, 3(1), 31–34.

Li, X., Zhang, Y., Wang, H., & Liu, J. (2023). Impacts of sedimentology and diagenesis on pore structure and reservoir quality in tight sandstones: A case study from the Upper Triassic Yanchang Formation, Ordos Basin, China. *Marine and Petroleum Geology*, 152, 106024. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2023.106024

Nurwidyanto, M. I., Noviyanti, I., & Widodo, S. (2005). Estimasi hubungan porositas dan permeabilitas pada batupasir (Studi kasus Formasi Kerek, Ledok, Selorejo). *Berkala Fisika*, 8(3), 87–90.

Nurwidyanto, M. I., Yustiana, M., & Widada, S. (2006). Pengaruh ukuran butir terhadap porositas dan permeabilitas pada batupasir. *Berkala Fisika*, 9(4), 191–195.

Rohima, S. A., Karmila, & Nuruddin, K. E. (2021). Kajian material sedimen Pantai Balikpapan untuk mengetahui variasi ukuran butir partikel pasir (sand) sedimen. *Info Teknik*, 22(2), 173–184.

Schön, J. H. (2015). *Physical properties of rocks: Fundamentals and principles of petrophysics* (2nd ed.). Elsevier.

Sugeng, S., & Surjono, D. H. (2017). *Sedimentologi*. Gadjah Mada University Press.

Sugeng, W., Aga, R., & Alden, S. Y. (2022). Studi kualitas batuan reservoar Formasi Kalibiuk daerah Purbalingga Sub-Cekungan Banyumas. *Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 6(2), 53–60.

Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377–392. https://doi.org/10.1086/622910

Zhang, L. Q., Li, J. J., Wang, W., Li, C. Y., Zhang, Y. J., & Jiang, S. (2022). Diagenetic facies characteristics and quantitative prediction via wireline logs based on machine learning: A case of Lianggaoshan tight sandstone, Fuling area, Southeastern Sichuan Basin, Southwest China. *Frontiers in Earth Science*, 10, 1018442. https://doi.org/10.3389/feart.2022.1018442

Zulhan, E., & Suprapto, D. (2015). Analisis ukuran butir sedimen untuk identifikasi lingkungan pengendapan daerah Muara Sungai Bogowonto dan sekitarnya. *Jurnal Kelautan*, 8(1), 25–34.