

PENENTUAN KLASIFIKASI DIAMETER PORI BATUAN DENGAN UJI SAMPEL BATUAN INTI (CORE) SKALA LABORATORIUM

Arief Rahman

Institut Teknologi Petroleum Balongan (ITPB) Indramayu, Jawa Barat, Indonesia
* Email untuk Korespondensi: arief1rahman@gmail.com

ABSTRAK

Porositas, permeabilitas, saturation, merupakan sifat fisik penting yang dimiliki suatu batuan reservoir migas. Sifat fisik batuan tersebut dipengaruhi oleh ukuran diameter pori batuan. Klasifikasi ukuran diameter pori batuan dilakukan dalam lingkup analisis tekanan kapiler yang dilakukan dalam lingkup SCAL (Special Core Analysis). Metode untuk menentukan tekanan kapiler ini yaitu MICP (Mercury Intrusion Capillary Pressure) dengan alat Autopore iv 9500. Beberapa tahapan penelitian ini diantaranya pengumpulan data, yaitu: porositas, permeabilitas, Pd (Displacement Pressure), hasil analisis kurva imbibisi dan drainage, kemudian analisis data untuk menentukan klasifikasi pori. Bahan yang digunakan yaitu dua sampel core (Sampel-1 dan Sampel-2). Dari hasil Core Analysis dengan alat Automated Porosimeter-Permeameter, nilai porositas Sampel-1 yaitu 26%, porositas Sampel-2 yaitu 31,98% yang mana berbanding terbalik dengan nilai permeabilitasnya. Permeabilitas Sampel-1 yaitu 705 mD permeabilitas Sampel-2 yaitu 40,36 mD. Nilai Swc Sampel-1 yaitu 8,49%, dengan nilai Pd yaitu 7,4607 psi. Pada sampel-2 nilai Swc yaitu 9,58%, dengan nilai Pd yaitu 988,0975 psi. Kurva drainase Sampel-1 pada zona transisi lebih mendatar / landai dibanding Sampel-2. Hasil kesimpulan yang didapat yaitu Klasifikasi ukuran diameter pori batuan pada Sampel-1 adalah Macro Pori dan pada Sampel-2 adalah Micro pori. Besarnya kecilnya ukuran pori berbanding lurus dengan permeabilitasnya

Kata kunci:

Batuan Inti
Meso
Micro
Pori
Laboratorium.

Keywords:

Core
Meso
Micro
Pore
Laboratory

Porosity, permeability, saturation, are important physical properties of an oil and gas reservoir rock. The physical properties of the rock are influenced by the diameter of the rock pores. Classification of rock pore diameter sizes is carried out within the scope of capillary pressure analysis carried out within the scope of SCAL (Special Core Analysis). The method for determining capillary pressure is MICP (Mercury Intrusion Capillary Pressure) with the Autopore IV 9500 tool. Several stages of this research include data collection, namely: porosity, permeability, Pd (Displacement Pressure), results of imbibition and drainage curve analysis, then data analysis. to determine the pore classification. The materials used were two core samples (Sample-1 and Sample-2). From the results of Core Analysis using the Automated Porosimeter-Permeameter tool, the porosity value of Sample-1 is 26%, the porosity of Sample-2 is 31.98% which is inversely proportional to the permeability value. The permeability of Sample-1 is 705 mD, the permeability of Sample-2 is 40.36 mD. The Swc value of Sample-1 is 8.49%, with a Pd value of 7.4607 psi. In sample-2 the Swc value is 9.58%, with the Pd value being 988.0975 psi. The drainage curve of Sample-1 in the transition zone is flatter than Sample-2. The conclusion obtained is that the classification of rock pore diameter size in Sample-1 is Macro Pore and in Sample-2 is Micro pore. The size of the pore size is directly proportional to the permeability.

*Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).
This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.*

PENDAHULUAN

Porositas, permeabilitas, saturation, merupakan sifat fisik penting yang dimiliki suatu batuan reservoir migas. Sifat fisik batuan tersebut dipengaruhi oleh ukuran diameter pori batuan. Klasifikasi ukuran diameter pori batuan dilakukan dalam lingkup analisis tekanan kapiler yang dilakukan dalam lingkup SCAL (Special Core Analysis). Dalam Rukmana, dkk (2011: 87) Pengaruh tekanan kapiler (capillary pressure) dalam sistem reservoir diantaranya: mengontrol distribusi saturasi di dalam reservoir, dilihat dari kurva distribusi fluida (grafik tekanan kapiler terhadap saturasi air), dan mekanisme pendorong minyak dan gas untuk bergerak mengalir secara vertikal.

Analisis tekanan kapiler termasuk dalam lingkup SCAL (Special Core Analysis). Beberapa metode untuk menentukan tekanan kapiler, diantaranya adalah MICP (Mercury Injection Capillary Pressure). Tujuan dari penelitian ini yaitu: menentukan ukuran diameter pori batuan (r) untuk dibandingkan dengan nilai porositas dan permeabilitas.

Dirangkum menurut Koesoemadinata (1980: 80), suatu "porositas" (ϕ) adalah perbandingan volume rongga pori (PV) terhadap volume total seluruh batuan (BV). Satuan porositas yaitu 0 - 1 atau dalam persen (%). Dirangkum dari Yu (2013: 9), porositas batuan didapat melalui hasil uji laboratorium analisis batuan inti atau core, atau logging sumur (well logging), hingga uji sumur (well testing). Berdasarkan Widarsono (2008), nilai porositas suatu batuan reservoir (khusus pada batupasir) akan semakin kecil sebanding dengan bertambahnya kedalaman batuan. Dalam uji laboratorium pada core, nilai PV (Pore Volume) didapat dari BV (Bulk Volume) dikurang GV (Grain Volume). Rumus untuk porositas yaitu: Porositas (ϕ) = $((BV - GV)/BV) * 100\%$, dimana $BV - GV = PV$, maka Porositas (ϕ) = $(PV / BV) * 100\%$. Dalam Sukandarrumidi (2013: 151), porositas dibagi dalam beberapa tingkatan 0 – 5% (dapat diabaikan / negligible), 5 – 10% (buruk / poor), 10 - 15% (cukup / fair), 15 – 20% (baik / good), 20 – 25% (sangat baik / very good), dan > 25% (istimewa / excellent).

Dirangkum dari Rukmana, dkk (2011: 89), permeabilitas batuan (k) merupakan nilai suatu batuan porous yaitu kemampuan untuk mengalirkan fluida pada batuan reservoir. Permeabilitas ini pertama kali diujikan oleh Henry Darcy (1856). Satuan permeabilitas yaitu Darcy. Definisi batuan 1 Darcy menurut hasil percobaannya adalah apabila suatu batuan mampu mengalirkan fluida dengan laju 1 cm³/s, yang mempunyai viskositas 1 cp, mengalir sejauh 1 cm, dan berpenampang seluas 1 cm², kemudian perbedaan tekanannya adalah 1 atm. Klasifikasi nilai permeabilitas ditulis dalam milli darcy atau mD, dengan rentang nilai 1 – 10 mD adalah cukup (fair), 10 – 100 mD adalah baik (good), 100 - 1000 mD sangat baik (very good).

Menurut Crain 2012, dalam Dwiyono dan Sarju, (2014), saturasi (kejenuhan cairan) yang dalam pori-pori batuan adalah perbandingan antara volume cairan dengan volume pori-porinya. Jika saturasi air suatu batuan adalah 10%, sama halnya 1/10 dari ruang pori yang tersisi air, sisanya, akan terisi fluida lain (misalnya minyak, gas, dan lain-lain). Pori/rongga batuan (reservoir) selalu terisi oleh fluida. Satuan saturasi adalah persen (%) atau dalam desimal 0-1.

Menurut PERM. Inc (2022), saturasi diartikan sebagai fraksi atau prosentasi volume pori terhadap fluida utama (minyak, gas, atau air). Secara persamaan dapat ditulis, Saturasi Fluida = Volume Total fluida / Volume Pori.

Sampel core (batuan inti) sampel batuan berbentuk tabung silinder, hasil dari sumur pengeboran migas. Dari wiki.aapg.org (2022), analisis data core dapat dilakukan pada beberapa jenis, yaitu; Analisis core konvensional atau core plug, analisis core keseluruhan (whole core analysis), dan analisis core dinding lubang pengeboran (sidewall core analysis).

Dirangkum dari SLB Energy Glossary (2023). Whole core atau conventional core (batuan inti konvensional) merupakan batuan inti (core) yang dibor secara konvensional (ditengah operasi pengeboran) dalam bentuk utuh. Selanjutnya, core plug adalah suatu sampel plug, didapat dari conventional core untuk keperluan analisis batuan. Ukuran core plug yang biasanya diambil yaitu diameter 1 inci hingga 1 1/2 inci (2,5 hingga 3,8 cm) dengan panjang 1 inci hingga 2 inci (5 cm). Sesuai keperluan, core plug dapat diambil secara tegak lurus dengan sumbu core atau juga sejajar (horisontal) yang disebut core plug horisontal, dan jika dipotong dari lubang sumur vertikal disebut core plug vertikal.

Dirangkum dari Torsaeter dan Abtahi (2000:1) dan website Orogenic Resources Sdn Bhd (2022), Routine Core Analysis (RCAL) yaitu analisis paling fundamental untuk properti batuan. Analisis ini mencakup porositas, permeabilitas, saturasi (isi dan jenis fluida), dan litologi (jenis batuan). Sementara SCAL (Special core analysis) yaitu analisis untuk tingkat lanjut setelah dilakukan RCAL. Jenis SCAL diantaranya: Tekanan Kapiler, Permeabilitas relatif, Steady-state and Unsteady state, penentuan wettabilitas, dan lain-lain (Intertek Group plc, 2023).

Bahan yang biasa digunakan dalam analisis core khususnya dalam analisis tekanan kapiler adalah mercury. Menurut Peng, et al. (2017), Mercury Intrusion Capillary Pressure (MICP) merupakan teknik yang biasa digunakan dalam pengukuran porositas, distribusi ukuran tenggorokan pori, hingga tekanan injeksi terhadap saturasi merkuri untuk banyak jenis batuan.

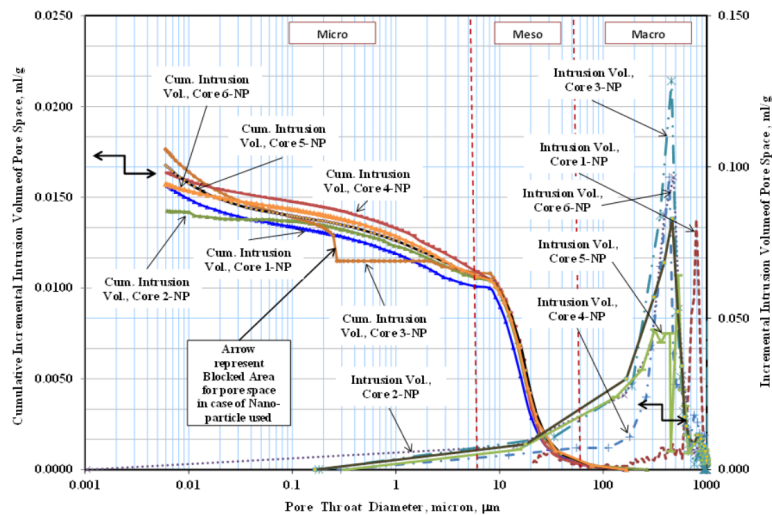
Analisis MICP dilihat berdasarkan kondisi imbibisi dan drainase. Dalam SLB Energy Glossary, (2023) imbibisi (imbibition) yaitu proses menyerap fase pembasahan (wetting phase) ke dalam batuan berpori, sedangkan drainase (drainage) yaitu proses memaksa fase nonwetting menjadi batuan berpori. Minyak bermigrasi terhadap sebagian besar reservoir sebagai fase non-wetting, sehingga pengisian awal reservoir merupakan proses drainase (SLB Energy Glossary, 2023).

Menurut Gad-Allah (2017), sebagian besar penelitian menyampaikan bahwa intrusi merkuri untuk pengukuran porositas adalah teknik prinsip untuk menentukan Incremental Intrusion, cumulative incremental intrusion, dan perbedaan rentang distribusi untuk pori makro, pori meso dan mikro-pori.

$$\Delta P = \frac{2 \gamma \cos \theta}{r_{pore}}$$

ΔP adalah perbedaan tekanan (Psi) antara r_1 dan r_2 , yang mana r adalah ukuran pori, γ adalah gaya molekular merkuri yang bernilai 485 dyne/cm, sedangkan θ adalah sudut kontak.

Untuk menentukan klasifikasi pori, pertama-tama dibuat grafik antara Incremental Intrusion terhadap pore entry diameter (r), dan cumulative incremental intrusion terhadap pore entry diameter (r), kemudian dilihat nilai tertinggi pada cumulative incremental intrusion apakah muncul pada rentang pori makro, pori meso dan mikro-pori.



Gambar 1. Klasifikasi Pori dari beberapa sampel batuan inti (Gad-Allah, 2017)

METODE

Pengambilan data dilakukan di laboratorium milik PPPTMGB “LEMIGAS” dalam kurun waktu November 2019 hingga Februari 2020. Beberapa tahapan dari penelitian ini diantaranya pengumpulan data, perhitungan dan analisis data.

Data sampel terdiri dari dua yaitu: sampel-1 dan sampel-2. Informasi mengenai litologi, asal lapangan, dan nama sumur, tidak tersedia. Hasil pengukuran awal (basic data) meliputi pengukuran PV, GD, Ø, k, BV, GV, W, D, dan L.

Tabel 1. Hasil pengukuran basic data

Nama sampel	PV (cc)	GD (gr/cc)	Ø (%)	k (mD)	BV (cc)	GV (gr/cc)	W (gr)	D (mm)	L (mm)
Sampel-1	2,32	2,65	26,19	705,41	8,87	6,54	17,38	25,25	17,72
Sampel-2	3,26	2,66	31,98	40,36	10,19	6,93	18,519	25,06	20,65

Hasil pengukuran data hasil MICP yaitu sudut kontak $\theta = 130$ derajat, $\gamma = 485$ dyne/cm, kemudian ΔP perbedaan tekanan (Psi), mercury reading (cc/g), wetting phase saturation saat imbibisi dan drainase, yang ditampilkan dalam lampiran.

Sedangkan data keterangan hasil analisis MICP yaitu nilai Swc Sampel-1 yaitu 8,49%, dengan nilai Pd yaitu 7,4607 psi. Pada sampel-2 nilai Swc yaitu 9,58%, dengan nilai Pd yaitu 988,0975 psi. hasil kurva drainase Sampel-1 pada zona transisi lebih mendatar / landai dibanding Sampel-2.

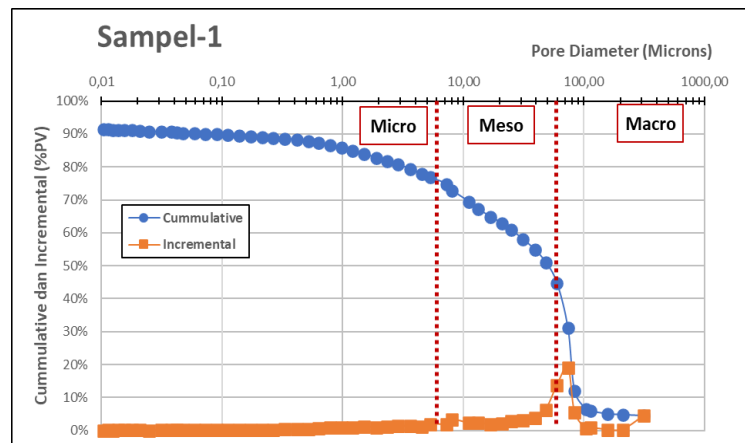
Data yang dihitung yaitu Incremental Intrusion, cumulative incremental intrusion, dan pore entry diameter (r). Incremental Intrusion diambil dari selisih antar nilai Wetting Phase Saturation pada saat drainase, sehingga satuannya dalam persen (%), sedangkan cumulative incremental intrusion nilai pertambahan

Incremental Intrusion-nya. Kemudian, data hasil perhitungan tersebut dibuat grafik antara Incremental Intrusion terhadap pore entry diameter (r), dan cumulative incremental intrusion terhadap pore entry diameter (r). Penentuan atau analisis dilakukan nilai tertinggi pada cumulative incremental intrusion apakah muncul pada rentang pori makro, pori meso dan mikro-pori, berdasarkan tulisan Gad-Allah (2017). Kemudian dibandingkan dengan porositas dan permeabilitas

HASIL DAN PEMBAHASAN

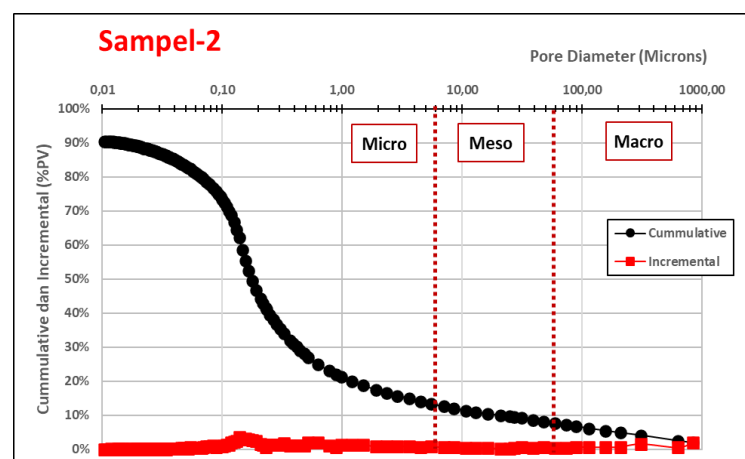
Hasil perhitungan Incremental Intrusion, cumulative incremental intrusion, dan pore entry diameter (r), untuk kedua sampel dalam bentuk tabel, ditampilkan dalam lampiran, bersama dengan nilai ΔP perbedaan tekanan (Psi), mercury reading (cc/g), wetting phase saturation saat imbibisi dan drainase. Masing-masing untuk tabel Sampel-1, dan Sampel-2, secara terpisah.

Grafik antara Cummulative dan Incremental (Intrusion Mercury, dalam %PV) terhadap Pore Diammeter (microns), pada sampel-1, ditampilkan pada Gambar 2. Pada gambar tersebut, terlihat puncak kurva incremental intrusion (kurva warna jingga) tertinggi berada pada rentang Pori Macro.



Gambar 2. Grafik Cummulative dan Incremental (Intrusion Mercury, dalam %PV) terhadap Pore Diammeter (microns), pada sampel-1

Grafik antara Cummulative dan Incremental (Intrusion Mercury, dalam %PV) terhadap Pore Diammeter (microns), pada sampel-2, ditampilkan pada Gambar 3. Pada gambar tersebut, terlihat puncak kurva incremental intrusion (kurva warna merah) tertinggi (meskipun tidak terlalu tinggi dibanding sekitarnya) berada pada rentang Pori Micro



Gambar 3. Grafik Cummulative dan Incremental (Intrusion Mercury, dalam %PV) terhadap Pore Diammeter (microns), pada sampel-1

Hasil klasifikasi pori kedua sampel tersebut, kemudian dibandingkan dengan nilai hasil pengukuran lain, khususnya nilai permeabilitas dan porositasnya, seperti ditampilkan dalam Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Perbandingan nilai Permeabilitas (k), Porositas (Ø), Saturasi (Swc), dan displacement pressure (Pd)

Sampel	Perm (mD)	Por (%)	Swc (%)	Pd (Psi)	Klasifikasi Pori
Sampel-1	705,41	26,19	8,49	7,46	Macro
Sampel-2	40,36	31,98	9,58	998,09	Micro

Dari tabel tersebut, pada Sampel-1, Pori Macro, mempunyai nilai permeabilitas lebih tinggi dibanding Sampel-2, Pori Micro yang memiliki nilai permeabilitas lebih rendah. Namun berkebalikan untuk porositasnya. Hal ini dapat disimpulkan bahwa besar kecil ukuran pori relatif lebih mempengaruhi nilai permeabilitas, dibanding mempengaruhi porositasnya.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu klasifikasi ukuran diameter pori batuan pada Sampel-1 adalah Macro Pore dan pada Sampel-2 adalah Micro Pore. Besarnya kecilnya ukuran pori berbanding lurus dengan permeabilitasnya

REFERENSI

- AAPG Wiki. (2022). Overview of Routine Core Analysis. https://wiki.aapg.org/Overview_of_routine_core_analysis, diakses tanggal 1 November 2022
- AAPG Wiki. (2014). Displacement pressure. [https://wiki.aapg.org/Displacement_pressure#:~:text=The%20pressure%20at%20which%20mercury,displacement%20pressure%20\(Pd\)](https://wiki.aapg.org/Displacement_pressure#:~:text=The%20pressure%20at%20which%20mercury,displacement%20pressure%20(Pd).). diakses tanggal 5 Mei 2023.
- Ahmed, Tarek. 2006. Reservoir Engineering Hand Book Third Edition. Elsevier Inc: Oxford.
- Dwiyono, Imam Fajri., dan Sarju Winardi. (2014). Kompilasi Metode Water Saturation Dalam Evaluasi Formasi. Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-7, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 30 – 31 Oktober 2014. <https://repository.ugm.ac.id/135147/1/420-437%20M2P-03.pdf>, diakses tanggal 8 Juni 2022
- Gad-Allah, El-Abbas Moustafa. 2017. Influence of Nano-Particle on Pore Throat Distribution in Micro-Porous Using High Intrusion Mercury Porosimetry in Sandstone Reservoir. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 22 (2017) pp.12256-12271 ©Research India Publications. <http://www.ripublication.com>
- Halliburton. (2001). Basic Petroleum Geology and Log Analysis. Halliburton: USA
- IHS Harmony. (2020). Capillary pressure. IHS Markit Ltd. https://www.ihsenergy.ca/support/documentation_ca/Harmony/content/html_files/reference_material/general_concepts/capillary_pressur e.htm. Diakses tanggal 5 Mei 2023
- Intertek Group plc. (2023). Special Core Analysis (SCAL). <https://www.intertek.com/energy/upstream/scal-special-core-analysis/>. Diakses tanggal 5 Mei 2023
- Koesoemadinata, R P. (1980). Geologi Minyak dan Gas Bumi. ITB: Bandung
- Orogenic Resources Sdn Bhd. (2022). Core Storage & Core Analysis: Routine Core Analysis. <https://orogenic.com.my/our-services/core-storage-core-analysis/routine-core-analysis#:~:text=Routine%20core%20analysis%20is%20the%20most%20fundamental%20rock,of%20rock%20using%20Dean%20Stark%20or%20Soxhlet%20Extraction> Diakses tanggal 5 Mei 2021
- Peng, Sheng., Tongwei Zhang, Robert G. Loucks, and James Shultz. 2017. Application of mercury injection capillary pressure to mudrocks: Conformance and compression corrections. Marine and Petroleum Geology, Volume 88, December 2017, Pages 30-40. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2017.08.00>. Diakses tanggal 5 Mei 2023
- PERM Inc. (2022). Saturation. [https://perminc.com/resources/fundamentals-of-fluid-flow-in-porous-media/chapter-2-the-porous-medium/saturation#:~:text=Saturation%20is%20defined%20as%20that%20fraction%2C%20or%20percent%2C,pore%20volume%20not%20gross%20volume%20of%20the%20reservoir](https://perminc.com/resources/fundamentals-of-fluid-flow-in-porous-media/chapter-2-the-porous-medium/saturation#:~:text=Saturation%20is%20defined%20as%20that%20fraction%2C%20or%20percent%2C,pore%20volume%20not%20gross%20volume%20of%20the%20reservoir.). Diakses tanggal 5 Mei 2022
- Rukmana, Dadang., Dedy K., V Dedi Cahyoko A. (2011). Teknik Reservoir – Teori dan Aplikasi. Pohon Cahaya: Yogyakarta
- SLB Energy Glossary. (2023). Core plug. https://glossary.oilfield.slb.com/en/terms/c/core_plug Diakses tanggal 5 Mei 2023
- SLB Energy Glossary. (2023). Connate Water. https://glossary.slb.com/en/terms/c/connate_water Diakses tanggal 5 Mei 2023
- SLB Energy Glossary. (2023). Whole Core. https://glossary.oilfield.slb.com/en/terms/w/whole_core Diakses tanggal 5 Mei 2023

- Sukandarrumidi. (2013). Geologi Minyak dan Gas Bumi untuk Geologist Pemula. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta
- Torsaeter, Ole, and Manoochehr Abtahi. (2000). Experimental Reservoir Engineering Laboratory Work Book. Departemen of Petroleum Engineering and Applied Geophysics of Norwegian University of science and Technology. <http://www.ipt.ntnu.no/~oletor/kompendium4015.pdf>, diakses tanggal 8 Juni 2022
- Widarsono, Bambang. (2008). Hubungan antara Porositas dengan Kedalaman untuk Reservoir-Reservoir Batupasir di Indonesia Barat. Lembaran Publikasi Lemigas Vol. 42. NO. 3. <http://journal.lemigas.esdm.go.id/index.php/LPMGB/article/view/116/102>
Diakses tanggal 5 Mei 2021
- Yu, Yang. (2013). An Experimental Method to Measure the Porosity from Cuttings: Evaluation and Error Analysis (Thesis). Texas Tech University: Texas. <https://ttu-ir.tdl.org/bitstream/handle/2346/48848/YU-THESIS.pdf?sequence=1>Diakses tanggal 5 Mei 2022