

PENGARUH UKURAN BUTIR TERHADAP POROSITAS DAN PERMEABILITAS PADA BATUPASIR

(Studi Kasus: Formasi Ngrayong, Kerek, Ledok dan Selorejo)

M. Irham Nurwidyanto¹, Meida Yustiana¹, Sugeng Widada²

1). Laboratorim Geofisika Jurusan Fisika Universitas Diponegoro Semarang

2). Laboratorium Oseanografi Fakultas Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro Semarang

ABSTRACT

It has been done a research to know the influence of grain size to permeability and porosity on sandstones from Ngrayong Formation, Ledok Formation, Kerek Formation and Selorejo Formation. The Permeability is measured by RUSKA Permeameter Gas, while the porosity is measured by Porosimeter Gas A-9756 series. The grain size is then determined using grain size analysis method. After the calculation, the grain size is attributed to permeability and porosity of sandstones with the analysis regresi method. Results obtained indicate that the influence of grain size significant at six sandstones. Based on the statistic calculation it has been obtained the relation with Linear regression equation $\text{Log } k = -5.7 \text{ Log } d + 15$ with $r^2=0.7$, for the grain size to permeability and $\phi = -1.9 \times 10^2 d + 75$ with $r^2=0.7$, for the relation of grain size to porosity.

Key Word: sandstone, grain size, porosity, permeability

INTI SARI

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh ukuran butir terhadap permeabilitas dan porositas batupasir pada Formasi Ngrayong, Formasi Ledok, Formasi Kerek, dan Formasi Selorejo. Permeabilitas diukur menggunakan RUSKA Permeameter Gas, sedangkan porositas diukur dengan menggunakan Porosimeter Gas seri A-9756. Kemudian ukuran butir ditentukan menggunakan metode analisis granulometri. Setelah perhitungan ukuran rata-rata butir didapat selanjutnya dihubungkan dengan permeabilitas dan porositas batupasir dengan metode analisis regresi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pengaruh ukuran butir signifikan pada enam batupasir yang digunakan. Berdasarkan perhitungan statistik diperoleh persamaan regresi linear $\text{Log } k = -5,7 \text{ Log } d + 15$ dengan $r^2 = 0,7$ untuk ukuran butir terhadap permeabilitas dan didapatkan persamaan $\phi = -1,9 \times 10^2 d + 75$ dengan $r^2=0,7$ untuk ukuran butir terhadap porositas.

Kata Kunci: batupasir, ukuran butir, porositas, permeabilitas

PENDAHULUAN

Dalam eksplorasi baik dalam bidang peminyakan maupun air tanah, parameter porositas dan permeabilitas sangat penting. Hal ini dikarenakan porositas merupakan variabel utama untuk menentukan besarnya cadangan fluida yang terdapat dalam suatu massa batuan, sedangkan permeabilitas merupakan variabel yang menentukan seberapa besar kemampuan batuan untuk melepaskan minyak^[1].

Porositas dan permeabilitas pada batupasir ditentukan oleh ukuran butir dan distribusinya, sortasi (pemilahan), bentuk

dan kebulatan butir, penyusunan butir, serta kompaksi dan sementasi. Penelitian mengenai porositas dan permeabilitas masih jarang dilakukan, terutama di Formasi Ngrayong, Kerek, Ledok dan Selorejo. Karena batupasir antara formasi yang satu dengan yang lainnya berbeda, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang porositas dan permeabilitas serta hubungannya dengan ukuran butir dan sortasi pada formasi-formasi tersebut.

Batupasir merupakan salah satu dari batuan sedimen klastik yang mempunyai porositas cukup baik dan biasanya

berfungsi sebagai reservoir atau akuifer, sedangkan butirannya yang dominan berukuran pasir. Batupasir memiliki beberapa kenampakan fisik yang dapat dibedakan dari batuan jenis lainnya, yaitu struktur, tekstur dan komposisi. Dari tekstur batupasir dapat diturunkan menjadi tiga parameter empiris yaitu ukuran butir, bentuk butir (pembundaran dan pembulatan) dan sortasi.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Krumbein dan Monk (1942) telah mendapatkan relasi empiris antara permeabilitas dengan ukuran butir dengan persamaan $k = cd^2 \exp(-1,35\sigma)$, sedangkan Engelhardt dan Schopper dari analisis regresi yang diperoleh dari batupasir asal Bentheim, Jerman menghasilkan relasi empiris $\log k = -2,1007 + 2,211 \log d$ [2]. Penelitian tentang penentuan porositas satuan batupasir tufan yang terletak di daerah Kragilan, Wuryantoro, Wonogiri yang dilakukan oleh Prayogo dalam Warmada (1993) menghasilkan persamaan empiris untuk ukuran butir terhadap porositas adalah $y = 179,901x - 35,636$, $r^2 = 0,92$ sedangkan sortasi terhadap porositas dihasilkan persamaan $y = 7,97811x - 29,1445$, $r^2 = 0,95$ [3].

DASAR TEORI

Batupasir merupakan reservoir yang paling penting dan yang paling banyak di dunia ini, 60% dari semua batuan reservoir adalah batupasir. Batupasir adalah batubatu yang renggang (*loose*) tapi padat (*compact*), yang terdiri dari fragmen-fragmen yang menyatu dan mengeras (*cemented*) dengan diameter berkisar antara 0,05 mm sampai 0,2 mm. Di antara fragmen-fragmen batupasir dan pasir, selalu terdapat fragmen-fragmen yang komposisinya adalah quartz. Butiran-butiran mineral feldspar, mika, glaukonit, karbonat dan mineral-mineral lainnya kadang-kadang terdapat di antara butiran mineral quartz [4].

Porositas (ϕ) adalah perbandingan volume rongga-rongga pori terhadap

volume total seluruh batuan. Perbandingan ini biasanya dinyatakan dalam persen [5]:

$$\phi = \frac{\text{volume pori} - \text{pori}}{\text{volume keseluruhan batuan}} \times 100 \%$$

Pori merupakan ruang di dalam batuan yang selalu terisi oleh fluida, seperti air tawar/asin, udara atau gas bumi. Porositas efektif yaitu apabila bagian rongga pori-pori di dalam batuan berhubungan. Porositas efektif biasanya lebih kecil daripada rongga pori-pori total yang biasanya berkisar dari 10% sampai 15%. Porositas efektif dinyatakan sebagai berikut [5]:

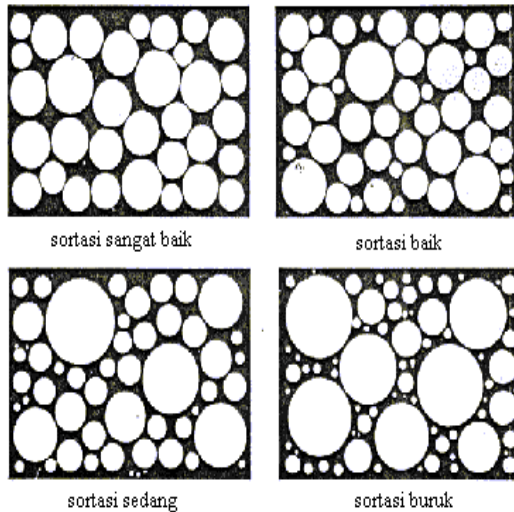
$$\phi_e = \frac{\text{volume pori} - \text{pori bersambungan}}{\text{volume keseluruhan batuan}} \times 100 \%$$

Porositas batupasir dihasilkan dari proses-proses geologi yang berpengaruh terhadap proses sedimentasi. Proses-proses ini dapat dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu proses pada saat pengendapan dan proses setelah pengendapan. Kontrol pada saat pengendapan menyangkut tekstur batupasir (ukuran butir dan sortasi). Proses setelah pengendapan yang berpengaruh terhadap porositas diakibatkan oleh pengaruh fisika dan kimia, yang merupakan fungsi dari temperatur, tekanan efektif dan waktu. Ada dua jenis porositas yaitu porositas primer dan porositas sekunder. Porositas primer merupakan porositas yang terjadi bersamaan batuan menjadi sedimen, sedangkan porositas sekunder merupakan porositas yang terjadi sesudah batuan menjadi sedimen bisa berupa larutan (*dissolution*)

Permeabilitas (k) adalah kemampuan medium berpori untuk meluluskan/mengalirkan fluida. Permeabilitas sangat penting untuk menentukan besarnya cadangan fluida yang dapat diproduksi.

Pemilahan (*sorting*) adalah cara penyebaran berbagai macam besar butir. Dengan demikian rongga yang terdapat di antara butiran besar akan diisi butiran yang lebih kecil lagi sehingga porositasnya berkurang [1]. Gambar-1 berikut ini

menunjukkan perkiraan visual dari tingkat pemilahan butir/sortasi.



Gambar-1, perkiraan visual dari tingkat pemilahan butir/sortasi.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel batuan dilakukan pada bulan Desember 2004. Batuan diambil dari empat formasi yang berbeda, yaitu Formasi Ngrayong, Formasi Kerek, Formasi Ledok dan Formasi Selorejo. Pembentukan sampel batuan menjadi *core*, pengukuran porositas, pengukuran permeabilitas dilakukan di Laboratorium Produksi Pusdiklat Migas Cepu, sedangkan penentuan ukuran butir dilakukan di Laboratorium Geologi Pusdiklat Migas Cepu.

Batuan yang telah dibentuk menjadi *core* diekstraksi dengan menggunakan labu destilasi berisi larutan methanol yang kemudian dipanaskan di atas kompor sampai larutan methanol dalam labu destilasi menjadi jernih. Setelah proses ekstraksi selesai, batuan kemudian direndam dalam larutan methanol selama 24 jam. Setelah direndam selama 24 jam, batuan kemudian dimasukkan ke dalam oven dan dikeringkan selama 24 jam dengan suhu 90° C. Setelah proses pengeringan selesai, batuan siap untuk diuji porositas dan permeabilitasnya^[6].

Pengukuran Permeabilitas dilakukan dengan menggunakan permeameter gas dengan memasukkan *core* yang telah diukur panjang dan diameternya ke dalam *rubber stopper*. Setelah itu dipasang pada *core holder sleeve*, dan *selector valve* diarahkan dari *flowmeter* pada *large*, *pressure regulating valve* dibuka perlahan-lahan sampai *pressure gage* menunjukkan angka 0,25 atm. *Range* yang baik pada *flow tube* adalah antara 20 dan 140 mm. Jadi apabila bola dalam pipa besar berada di atas angka 20 mm, pembacaan dapat dilakukan. Tetapi kalau berada di bawah 20 mm, *pressure regulating valve* ditutup dan pengukuran dipindah ke *flowmeter* berikutnya, yaitu dengan mengarahkan *selector valve* ke *medium* dan menaikkan tekanan perlahan-lahan sampai 0,5 atm. Kalau bola masih tetap berada di bawah angka 20, *regulating valve* ke *small* ditutup dan tekanan dinaikkan sampai 1 atm. Apabila pemilihan *flowmeter selector valve* telah didapat (dengan prosedur diatas), angka yang dibaca yaitu yang ditunjukkan oleh garis tengah bola^[6].

Porositas batuan diukur menggunakan porosimeter gas dengan melakukan pengukuran panjang dan diameter setiap *core*. Setelah itu *core* dimasukkan pada *steel plugs out*. *Regulator* pada tabung gas diatur, tuas *supply, source* dinaikkan dan jarum diset pada angka 1000. Setelah itu mengembalikan tuas *supply, source, regulator* ke posisi semula. Setelah semua proses di atas dilakukan selanjutnya tuas *core holder* dibuka dan jarum pada alat akan menunjukkan nilai *gauge reading*. Langkah terakhir adalah membuang gas dengan menaikkan tuas *exhaust* dan menurunkannya kembali^[6].

Dalam penelitian ini penentuan ukuran butir dilakukan dengan metode analisis granulometri. Metode ini menggunakan konsep ketepatan atau dengan pendekatan pengukuran ukuran butiran yang sebenarnya dan penyebarannya.

Data yang didapatkan dari pengukuran porositas, permeabilitas, ukuran butir dan sortasi dianalisis dengan menggunakan uji korelasi. Jika dari uji korelasi terdapat hubungan antara dua variabel, maka data kemudian diolah menjadi grafik dengan metode statistik regresi linear atau nonlinear [7].

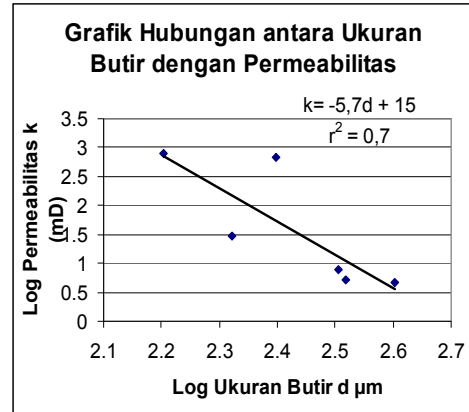
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan uji korelasi linear pada sampel batupasir untuk hubungan ukuran butir dengan permeabilitas diperoleh kesimpulan bahwa kedua variabel (ukuran butir dan permeabilitas) mempunyai hubungan linear yang kuat dan berkorelasi negatif. Dari hasil perhitungan didapat nilai $r = -0,88$, tanda minus (-) pada nilai r (koefisien korelasi) menunjukkan hubungan yang berlawanan arah. Artinya, apabila nilai ukuran butir naik maka nilai permeabilitas turun.

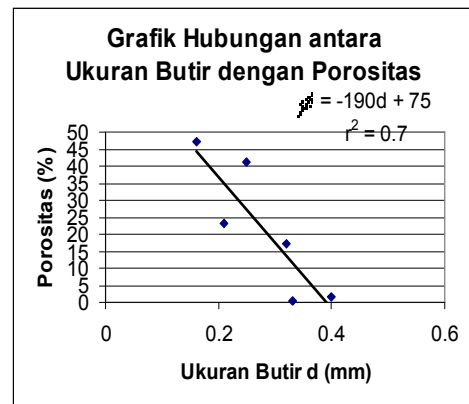
Uji korelasi linear pada sampel batupasir untuk hubungan ukuran butir dengan porositas diperoleh kesimpulan bahwa kedua variabel (ukuran butir dan porositas) mempunyai hubungan linear yang kuat dan berkorelasi negatif. Dari hasil perhitungan didapat nilai $r = -0,90$. Nilai r (koefisien korelasi) menunjukkan hubungan yang berlawanan arah yaitu apabila nilai ukuran butir naik maka nilai porositas turun.

Setelah dilakukan uji korelasi baik secara linear maupun nonlinear untuk hubungan antara sortasi dengan permeabilitas diperoleh kesimpulan bahwa kedua variabel (sortasi dan permeabilitas) tidak mempunyai hubungan baik secara linear maupun nonlinear. Untuk uji korelasi baik secara linear maupun nonlinear pada hubungan antara sortasi dengan porositas diperoleh kesimpulan bahwa kedua variabel (sortasi dan porositas) tidak mempunyai hubungan baik secara linear maupun nonlinear.

Gambar-2, berikut ini adalah grafik hubungan antara ukuran butir dengan permeabilitas.



Gambar-2, Grafik hubungan antara ukuran butir dengan permeabilitas



Gambar-3, Grafik hubungan antara ukuran butir dengan porositas

Berdasarkan perhitungan statistik dengan metode regresi diperoleh hubungan dengan persamaan sebagai berikut:

1. Hubungan ukuran butir (d) dengan permeabilitas (k) adalah;
 $\text{Log } k = -5,7 \text{ Log } d + 15$ dengan $r^2 = 0,7$
2. Hubungan ukuran butir (d) dengan porositas ϕ adalah;
 $\phi = -1,9 \times 10^2 d + 75$ dengan $r^2 = 0,7$

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa; Pengaruh ukuran butir terhadap porositas dan permeabilitas pada Batupasir Formasi Ngrayong, Kerek, Ledok dan Selorejo adalah signifikan. Ukuran butir dengan porositas dan

permeabilitas mempunyai hubungan linear yang kuat dan berkorelasi negatif yaitu semakin besar ukuran butirnya maka semakin kecil porositas dan permeabilitasnya.

SARAN

Untuk mendapatkan relasi yang lebih baik perlu dilakukan pengujian pada lebih banyak sampel batu pasir dari satu formasi yang sama tetapi dengan litologi yang berbeda-beda atau dari beberapa formasi yang berbeda-beda. Karena keterbatasan waktu dan biaya hal itu tidak bisa penulis lakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih pada kepala Laboratorium Produksi Pusdiklat Migas Cepu, dan kepala Laboratorium Geologi Pusdiklat Migas Cepu yang memberi kesempatan penulis untuk menguji porositas dan permeabilitas batu pasir yang digunakan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Koesoemadinata, R.P., 1978, *Geologi Minyak Bumi*, Penerbit ITB, Bandung
- [2]. Schoen, J.H., 1996, *Physical Property of Rocks: Fundamental and Principles of Petrophysics*, Pergamon Press, Pergamon
- [3]. Warmada, I.W., 1993, *Porositas Batupasir dan Parameter Empiris Yang Berpengaruh*, <http://www.geopanged.or.id/kliping/1.shtml>
- [4]. Lange, O., Ivanova, M., Lebedeva, N., 1991, *Geologi Umum*, Gaya Media Pratama, Jakarta
- [5]. Gueguen, Y. dan Palciauskaus, 1994, *Introduction to the Physics of Rocks*, Princeton University Press, Princeton New York.
- [6]. Anonim, *Operator Manual Helium Porosimeter*, 1985, Core Laboratories, Inc., Dallas
- [7]. Algifari, 1997, *Analisis Regresi Teori, Kasus dan Solusi*, BPFE, Yogyakarta