

## ESTIMASI HUBUNGAN POROSITAS DAN PERMEABILITAS PADA BATUPASIR (Study kasus FORMASI KEREK, LEDOK, SELOREJO)

M. Irham Nurwidyanto<sup>1</sup>, Ita Noviyanti<sup>1</sup>, Sugeng Widodo

<sup>1</sup>Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Jurusan ilmu kelautan FPIK UNDIP

### ABSTRACT

The research to know the relation of porosity and permeability on sandstone from Kerek, Ledok, and Selorejo formation is carried out. Permeability is measured using Ruska Gas Permeameter, and the porosity is measured using Helium Porosimeter. The relation between porosity and permeability on sandstone taken by linear regression method. The result of linear correlation analysis shows that there is a positive relation between porosity and permeability on sandstone samples. Data was processed by using linear regression and the result is  $\log k = 0,06\phi + 0,34$  with  $r = 0,95$ . where  $k$  in mD and  $\phi$  in percent.

Key Words: porosity, permeability, sandstone.

### INTISARI

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui hubungan porositas dan permeabilitas pada batupasir dari formasi Kerek, Ledok, dan Selorejo. Permeabilitas diukur dengan Ruska Gas Permeameter, sedangkan porositas diukur dengan Helium Porosimeter. Hubungan antara permeabilitas dan porositas pada batupasir diperoleh dari analisa regresi linear. Pengamatan sayatan tipis juga dilakukan untuk mendukung hasil pengukuran. Hasil analisis korelasi linear menunjukkan adanya hubungan yang bersifat positif antara porositas dan permeabilitas pada sampel batupasir. Hubungan antara porositas dan permeabilitas dinyatakan oleh persamaan.  $\log k = 0,06\phi + 0,34$  dengan  $r = 0,95$ , sedangkan  $k$  dalam mD dan  $\phi$  dalam persen.

Kata kunci: porositas, permeabilitas, batupasir,

### PENDAHULUAN

Batuan reservoir adalah wadah di bawah permukaan bumi yang mengandung minyak dan gas, sedangkan bila berisi air disebut aquifer. Batupasir merupakan batuan yang penting pada reservoir maupun aquifer. Sekitar 60 % dari reservoir minyak terdiri atas batupasir dan 30 % terdiri atas batugamping dan sisanya batuan lain. Porositas adalah kemampuan untuk menyimpan, sedangkan permeabilitas atau kelulusan yaitu kemampuan untuk melepaskan fluida tanpa merusak partikel pembentuk atau kerangka batuan. Porositas dan permeabilitas sangat erat hubungannya sehingga dapat dikatakan bahwa permeabilitas tidak mungkin ada tanpa adanya porositas, walaupun sebaliknya belum tentu demikian.

Penentuan porositas langsung di lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Well Log*, sedangkan penentuan nilai permeabilitas hanya dapat dilakukan di laboratorium [1]. Kondisi ini menyebabkan perlunya diketahui hubungan antara porositas dan permeabilitas melalui

pengukuran di laboratorium sehingga dapat diperkirakan nilai permeabilitas dari nilai porositas.

Dalam eksplorasi minyak dan gas bumi maupun dalam eksplorasi air tanah informasi hubungan porositas dan permeabilitas sangat diperlukan karena untuk mengetahui seberapa besar kandungan dan seberapa besar fluida yang dapat diambil dari suatu reservoir.

### DASAR TEORI

Batupasir adalah batu-batu yang renggang (*loose*) tapi padat (*compact*), yang terdiri dari fragmen-fragmen dengan diameter berkisar antara 0,05 mm sampai 0,2 mm, dan fragmen-fragmen tersebut menyatu dan mengeras (*cemented*) [2].

Perbandingan antara volume total ruang pori dan volume total batuan disebut porositas total atau absolut. Perbandingan antara ruang pori yang saling berhubungan dan volume total batuan disebut porositas efektif.

Porositas menurut Levorsen [1] adalah:

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

Sedangkan porositas efektif didefinisikan sebagai [3]:

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

Porositas beberapa reservoir menurut Koesoemadinata [4] dikelompokkan menjadi:

Diabaikan ( <i>negligible</i> )	0 - 5 %
Buruk ( <i>poor</i> )	5 - 10 %
Cukup ( <i>fair</i> )	10 - 15 %
Baik ( <i>good</i> )	15 - 20 %
Sangat baik ( <i>very good</i> )	20 - 25 %
Istimewa ( <i>excellent</i> )	> 25 %

Permeabilitas menurut Darcy [4] dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$q = -\frac{kA}{\mu} \frac{dp}{dL} \quad \text{atau} \quad k = -\frac{q\mu}{A} \frac{dL}{dp}$$

dengan  $q$  adalah laju rata-rata aliran melalui media pori ( $\text{cm}^3/\text{dt}$ ),  $k$  adalah permeabilitas (Darcy),  $A$  adalah luas alas benda yang dilalui aliran ( $\text{cm}^2$ ),  $\mu$  adalah viskositas fluida yang mengalir (sentipoise) dan  $\frac{dp}{dL}$  adalah tekanan

per panjang benda (atm/cm).

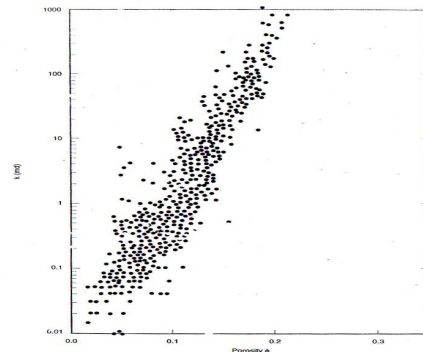
Permeabilitas beberapa reservoir menurut Koesoemadinata [4] dikelompokkan sebagai berikut:

Ketat ( <i>tight</i> )	< 5 mD
Cukup ( <i>fair</i> )	5 - 10 mD
Baik ( <i>good</i> )	10 - 100 mD
Baik sekali	100 - 1000 mD
( <i>very good</i> )	>1000 mD

Permeabilitas pada suatu batuan tergantung pada : Porositas, ukuran pori, bentuk pori, morfologi permukaan pori bagian dalam, susunan pori dan batang pori (topologi dari jaringan pori), ukuran butir dan distribusinya serta kompaksi dan sementasi [5].

Porositas cenderung berhubungan secara linier terhadap logaritma permeabilitas. Contoh hasil penelitian hubungan antara log permeabilitas terhadap porositas pada batupasir *carboniferous* ditunjukkan pada gambar 1. [6]. Dalam beberapa kondisi, hubungan antara porositas dan log ( $k$ ) adalah lemah. Sebagai tambahan untuk porositas, permeabilitas juga tergantung pada *sorting* (pemilahan), ukuran butir dan litologi (contoh pasir vs lempung). Peningkatan permeabilitas

dengan peningkatan porositas sangat dipengaruhi oleh jenis batuan [6].



Gambar 1. Log<sub>10</sub> permeabilitas vs porositas untuk lapisan atas batupasir *Carboniferous* [6].

Menurut Koesoemadinata [4] porositas yang terdapat pada batupasir bersifat intergranuler. Pori-pori yang terdapat antara butir-butir dan khususnya terjadi secara primer, jadi rongga-rongga terjadi pada waktu pengendapan. Jika bentuk butiran mendekati bentuk bola maka permeabilitas dan porositasnya akan lebih meningkat. Segala bentuk yang menyudut biasanya memperkecil rongga, karena masing-masing sudutnya akan mengisi rongga yang ada, dan karenanya akan memberikan kemas yang lebih ketat.

Permeabilitas kemungkinan dipengaruhi oleh diameter, rata-rata sebesar 10% dari butiran paling halus. Pada batupasir yang tidak tersemen, ada kecenderungan bahwa permeabilitas kemungkinan sebanding dengan hasil perkalian dari diameter butir [7].

Pemilahan (*sorting*) adalah cara penyebaran berbagai macam besar butir. Jika pemilahan sangat buruk, batuan akan terdiri dari butiran berbagai ukuran. Dengan demikian rongga yang terdapat diantara butiran besar akan diisi butiran yang lebih kecil lagi sehingga porositas dan permeabilitasnya berkurang.

## METODE PENELITIAN

Sampel batupasir diambil dari formasi Kerek, Ledok, dan Selorejo pada bulan Desember 2004. Batuan yang diambil dari lapangan diekstraksi kemudian dilakukan perendaman dengan larutan metanol untuk selanjutnya di bentuk silinder (core) dan sebagian dibuat sayatan tipis.

Porositas batuan diukur dengan Helium Porosimeter sedangkan permeabilitas diukur dengan Ruska Gas Permeameter. Pengukuran

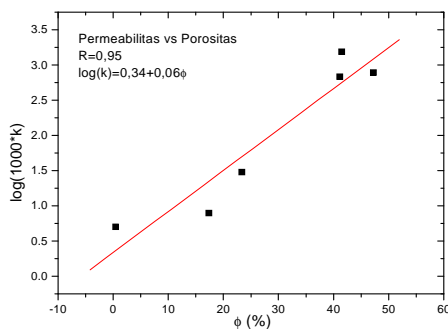
permeabilitas dan porositas batuan dilakukan di Laboratorium Produksi dan Laboratorium Geologi Pusdiklat Migas Cepu.

Data yang didapatkan dari pengukuran porositas dan permeabilitas dianalisis dengan menggunakan uji korelasi. Jika dari uji korelasi terdapat hubungan antara dua variabel, maka data kemudian diolah dengan regresi linear.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan uji korelasi linear pada sampel batupasir diperoleh  $t = 6,069$  lebih besar daripada  $t_{0,05/2; 6-2} = 2,776$ , sehingga  $t$  berada dalam daerah kritis. Sesuai dengan aturan pengujian hipotesis statistik, berarti  $H_0$  ditolak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi atau hubungan yang nyata dan bersifat positif antara variabel porositas dan permeabilitas

Gambar 2 merupakan grafik hasil pengolahan data pengukuran porositas dan permeabilitas pada batupasir dengan analisis regresi linear menggunakan software origin



Gambar 2 Grafik hubungan Porositas vs Log Permeabilitas Batupasir

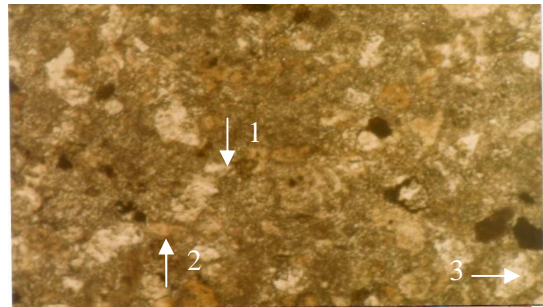
Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa hubungan antara porositas dan log permeabilitas pada batupasir menghasilkan persamaan linier:

$$\log k = 0,06\phi + 0,34 \text{ dengan } r = 0,95,$$

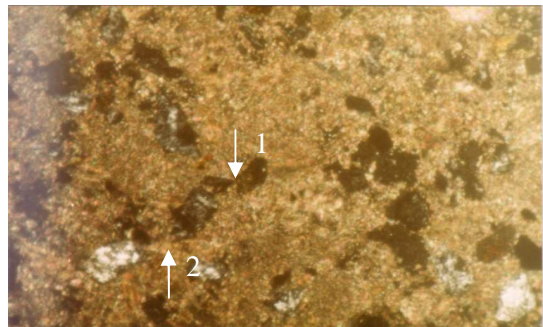
sedangkan  $k$  dalam mD dan  $\phi$  dalam persen.

Nilai  $r = 0,95$  menunjukkan hubungan yang kuat antara log permeabilitas dan porositas pada sampel batupasir. Hal ini diperkuat oleh hasil dari uji korelasi.

Berdasarkan sayatan tipis pada sampel yang diambil (lihat gambar 3 dan 4) dapat diuraikan sebagai berikut



Gambar 3, citra sayatan tipis dengan nikol sejajar



Gambar 4, citra sayatan tipis dengan nikol silang. Keterangan gambar:

- 1. vug 2. interparticle 3. bentuk butir angular

Batupasir formasi Kerek, ledok dan selorejo mempunyai porositas rata-rata 17,39 % dan permeabilitas rata-rata 7,87 mD. Batuan tersebut dapat dikatakan bahwa mempunyai porositas yang baik (*good*) dan permeabilitas cukup (*fair*). Dari pengamatan sayatan tipis didapatkan bahwa batupasir dari formasi Kerek mempunyai bentuk butir *angular* sampai *sub angular*. Bentuk butir yang tidak mendekati bentuk bola, besar butir yang nilainya berkisar antara 0,05 sampai 0,1 mm (*very fine sand*) dan sortasi yang *poorly sorted* seharusnya memberikan nilai porositas dan permeabilitas yang kecil, tetapi adanya porositas sekunder pada batuan yaitu porositas *vug* dan porositas primer *interparticle* ditambah tidak adanya semen menyebabkan nilai porositas dan permeabilitas batuan cukup signifikan.

Berdasarkan uji korelasi linear dan grafik log permeabilitas vs porositas pada batupasir terlihat hubungan yang kuat. Hal ini disebabkan oleh adanya pori-pori pada sampel batupasir merupakan pori intergranuler yang saling berhubungan

### KESIMPULAN

Hubungan porositas dan permeabilitas pada batupasir formasi Kerek, Ledok dan Selorejo adalah  $\log k = 0,06\phi + 0,34$  dengan  $r = 0,95$ , sedangkan k dalam mD dan  $\phi$  dalam persen. Hal ini disebabkan karena pori-pori pada sampel batupasir merupakan pori intergranuler yang saling berhubungan.

### SARAN

Agar relasi antara log permeabilitas dan porositas yang diperoleh diperoleh dapat berlaku lebih umum maka disarankan untuk menambah sampel batupasir dan diambil dari formasi yang berlainan

### UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih pada bapak Ir Hazuardi dari Laboratorium Produksi dan Laboratorium Geologi Pusdiklat Migas Cepu, atas perkenannya menggunakan fasilitas peralatan dan bimbingannya selama melakukan pengukuran sampel batuan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Levorsen, A.I. 1954. *Geology Of Petroleum*. San Fransisco. W.H. Freeman & Company.
- [2]. Lange, O., Ivanova, M., dan Lebedeva, N. 1991. *Geologi Umum*. Jakarta. Gaya Media Pratama.
- [3]. Judson, S. Kauffman, M.E. Leet, L.D. 1987. *Physical Geology*. Seventh Edition, New Jersey. Prentice-Hall, Inc.
- [4]. Koesoemadinata, R.P. 1978. *Geologi Minyak Bumi*. Bandung. Penerbit ITB.
- [5]. Cole, F.W. 1983. *Reservoir Engineering Manual*. Gulf Publishing Company. Texas.
- [6]. Schoen, J.H. 1996. *Physical Property of Rocks: Fundamental and Principles of Petrophysics*. Pergamon Press.
- [7]. Deming, D. 2002, *Introduction to Hydrogeology*. New York. Mc Graw Hill.
- [8]. Scholle, P.A. 1977. *Chalk Diagenesis and Its Relation to Petroleum Exploration: Oil from Chalk, a Modern Miracle?*. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. Volume 61. No. 7. July. hal 982-1009