

Studi Kualitas Batuan Reservoir Formasi Ngrayong Menggunakan Metode Petrofisik

Mohammad Al Afif^{1,*}, Muhammad Firsandi²,

¹Balai Informasi dan Konservasi Kebumian, LIPI, Jl. Karangsembung KM 19, Kebumen 54353; ²Jurusan Teknik Geologi, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Mayjen Sungkono KM 5, Purbalingga 53371.

*E-mail korespondensi: moha064@lipi.go.id

Abstrak. Salah satu unsur penting dari sistem minyak dan gas bumi (petroleum system) adalah reservoir, yaitu batuan yang mempunyai kapasitas penyimpanan dan kemampuan untuk mengalirkan fluida (cadangan minyak dan gas bumi). Kualitas reservoir umumnya dihubungkan dengan jenis tekstur dan diagenesa batuan yang digunakan sebagai studi awal kegiatan produksi. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kualitas batuan reservoir di daerah Todanan, Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah. Wilayah penelitian termasuk dalam lapangan migas Blok Cepu yang memiliki potensi migas yang menjanjikan. Fokus penelitian pada Formasi Ngrayong yang tersusun dari batuan batupasir dan batugamping yang merupakan batuan reservoir. Uji kualitas batuan reservoir tersebut difokuskan pada uji sifat fisik batuan, yaitu porositas dan permeabilitas. Dalam penelitian ini pengujian porositas menggunakan tiga metode, yaitu pengamatan petrografi, pengamatan SEM dan saturasi fluida sedangkan pengujian permeabilitas menggunakan alat Gas Permeameter. Dari hasil pengujian didapatkan urutan kualitas reservoir, yaitu batupasir Ngrayong atas dengan porositas petrografi 19,8% (baik), SEM 16,85% (baik) dan penjuhan fluida 18,78% (baik) dengan permeabilitas 399,625 mD (baik sekali); batupasir Ngrayong tengah dengan porositas petrografi 15,39% (baik), SEM 16,28% (baik) dan saturasi 11,83% (cukup) dengan permeabilitas 157,4 mD (baik sekali); lalu batupasir ngrayong bawah dengan porositas petrografi 13,3% (cukup), SEM 10,69 (cukup) dan saturasi 10,10% (cukup), dengan permeabilitas 1370,64 mD (istimewa).

Kata kunci: Kualitas Reservoir, Porositas, Permeabilitas, Formasi Ngrayong

PENDAHULUAN

Batuan reservoir adalah batuan bawah permukaan berpori dan permeabel yang memiliki kapasitas penyimpanan dan kemampuan untuk mengalirkan fluida (Halliburton, 2001). Dua sifat fisik penting yang harus dimiliki oleh batuan reservoir adalah mempunyai porositas yang memberikan kemampuan untuk menyimpan dalam hal ini pori-pori dalam batuan dan permeabilitas yaitu kemampuan meluluskan fluida. Porositas dan permeabilitas sangat erat hubungannya, sehingga dapat dikatakan permeabilitas tidak mungkin tanpa adanya porositas, walaupun sebaliknya belum tentu demikian. Batuan dapat bersifat porous tetapi tidak permeabel (Koesoemadinata, 1980). Karakteristik reservoir dapat diketahui berdasarkan jenis batuan, tekstur batuan dan diagenesa batuan. Satuan batuan Formasi Ngrayong terdiri atas batupasir, serpih, batulempung, batulanau, dan sisipan batugamping atau terkadang dapat ditemukan pula sisipan batubara dan lignit. Batupasir pada umumnya terdiri atas batupasir kuarsa dengan butiran menyudut sampai menyudut tanggung. Serpih sering sekali mengandung sisa tumbuhan berwarna hitam (*carbonaceous*), sedangkan batulempung kadang-kadang mengandung banyak foraminifera plankton yang menunjukkan umur Miosen Awal hingga Miosen Tengah, Zona N8-N12 (Kadar D. 1993).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik batuan reservoir Formasi Ngrayong berdasarkan sifat petrofisiknya. Parameter sifat fisik batuan yang diuji adalah porositas dan permeabilitas difokuskan pada batupasir dan batugamping Formasi Ngrayong yang secara stratigrafis memiliki penyebaran relatif luas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membagi nilai permeabilitas dan porositas pada Formasi Ngrayong berdasarkan karakteristiknya.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel batuan (batupasir dan batugamping) di lapangan dilakukan pada bagian lapisan atas, tengah dan bawah di satuan batuan Formasi Ngrayong. Pada setiap lapisan batuan diambil contoh batupasir (kode sampel untuk batupasir Bps MF 7.2, Bps MF 2.2a dan Bps MF 3.3) dan contoh batugamping (kode sampel Bgp MF 2.8, Bgp MF 3.2 dan Bgp MF 2.2b). Pada contoh batuan tersebut dilakukan analisis porositas dan permeabilitas. Analisis porositas menggunakan 3 metode, yaitu (1) analisis petrografi yaitu menghitung pori antar butir (intergranular) dan pori didalam butir (intragranular) (Gambar 1), (2) pengamatan optis dengan SEM (*scanning electron microscope*) di Universitas Jenderal Soedirman dengan menghitung luasan pori yang kemudian dibagi dengan luasan keseluruhan permukaan SEM batuan dan (3) penjuhan fluida (air suling) yaitu dengan menghitung selisih berat basah dengan berat kering kemudian dibandingkan dengan berat total.

Nilai permeabilitas diperoleh dengan menggunakan alat gas Permeameter di Laboratorium Analisis Inti Batuan UPN Veteran, Yogyakarta. Permeabilitas dihitung untuk masing-masing lapisan, yaitu lapisan Ngrayong Atas, lapisan Ngrayong Tengah dan lapisan Ngrayong Bawah dengan tiap-tiap lapisan digunakan tiga gradien tekanan, yaitu 0,25 atm; 0,5 atm dan 1 atm berdasarkan rumus:

$$K = \frac{\mu QL}{AP}$$

Dimana; K = Permeabilitas (Darcy); μ = Viscositas yang digunakan, ($c_p = 0,895$); Q = Flow rate rata-rata cc/dt pada tekanan rata-rata, ditentukan dari grafik kalibrasi; L = Panjang sample (cm); A = Luas penampang dari sample (cm²); P = Pressure gradient (atm) (0,25 ; 0,5 atm).

Hasil perhitungan permeabilitas kemudian dikoreksi dengan metode Klikenberg (Klikenberg, 1941). Koreksi tersebut diperlukan karena adanya *Klikenberg gas slippage effect* (efek yang menimbulkan suatu titik temu yang disebut permeabilitas liquid ekivalen (kL) dan dihasilkan dari perpotongan regresi linear dalam grafik permeabilitas terhadap tekanan pada gas H₂, N₂, dan CO₂), karena dalam alat gas permeameter digunakan gas N₂, yang berfungsi untuk mengkalibrasi data permeabilitas yang diperoleh dari perangkat permeameter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan porositas batuan dari hasil penjenjuran fluida dapat dilihat pada Tabel 1. Urut-urutan nilai porositas batupasir dari yang terbesar, yaitu pada Bps MF 7.2 (18,78%), Bps MF 2.2a (11,83%) dan Bps MF 3.3 (10,10%), sedangkan urutan porositas batugamping dari nilai yang terbesar, yaitu pada Bgp MF 2.8 (5,73%), Bgp MF 3.2 (5,04%) dan Bgp MF 2.2b (3,04%). Rata-rata nilai porositas batupasir yang didapatkan lebih besar daripada porositas batugamping.

Tabel 1. Hasil perhitungan porositas batuan dengan metode penjenjuran fluida (Koesoemadinata, 1980)

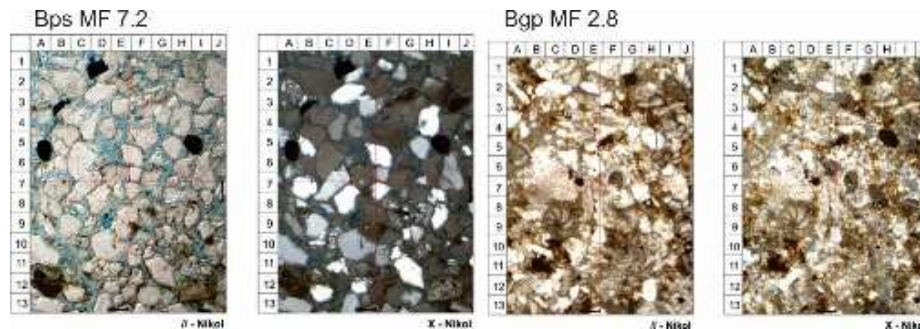
Percobaan	Hasil Perhitungan Porositas Batuan Dengan Metode Penjenjuran Fluida					
	Ngrayong Atas		Ngrayong Tengah		Ngrayong Bawah	
	Bps MF 7.2	Bgp MF 2.8	Bps MF 2.2a	Bgp MF 2.2b	Bps MF 3.3	Bgp MF 3.2
1	17,11%	4,20%	12,25%	2,69%	10,08%	3,66%
2	15,54%	5,20%	11,50%	5,34%	10,16%	4,03%
3	23,70%	7,81%	11,75%	1,09%	10,08%	7,44%
Rata-rata	18,78%	5,73%	11,83%	3,04%	10,10%	5,04%
Kualitas	Baik	Buruk	Cukup	Diabaikan	Cukup	Buruk

Dari hasil perhitungan porositas batuan dengan menggunakan metode sayatan tipis (petrografi) dapat dilihat pada Tabel 2. Rata-rata nilai porositas batupasir lebih besar daripada porositas batugamping. Urutan nilai porositas batupasir dari yang terbesar, yaitu pada Bps MF 7.2 (19,8%), Bps MF 2.2a (15,39%) dan MF 3.3 (13,3%). Sedangkan urutan porositas batugamping terbesar, yaitu pada Bgp MF 3.2 (9,06%), Bgp MF 2.8 (7,7%) dan Bgp MF 2.2b (7,65%).

Tabel 2. Hasil perhitungan porositas batuan dengan metode sayatan tipis (petrografi)

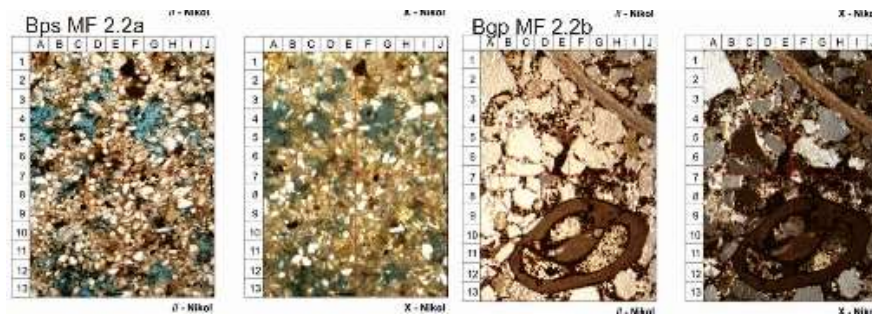
No	Hasil Perhitungan Porositas Batuan Dengan Metode Sayatan Petrografi					
	Ngrayong Atas		Ngrayong Tengah		Ngrayong Bawah	
	Bps MF 7.2	Bgp MF 2.8	Bps MF 2.2a	Bgp MF 2.2b	Bps MF 3.3	Bgp MF 3.2
1	19.80%	7.70%	15.39%	7.65%	13.33%	9.06%
Kualitas	Baik	Buruk	Baik	Buruk	Cukup	Buruk

Hasil pengamatan sayatan tipis (petrografi) batupasir Formasi Ngrayong Atas untuk sampel Bps MF 7.2 (Gambar 1) memperlihatkan batupasir warna keabu-abuan adalah Quartz arenite menurut penamaan batuan Pettijohn (1975). Secara petrografi sampel Bgp MF 2.8 (Gambar 1) merupakan batugamping warna keabu-abuan, butiran terpilahan baik adalah Packstone sesuai penamaan batuan Dunham (1962).



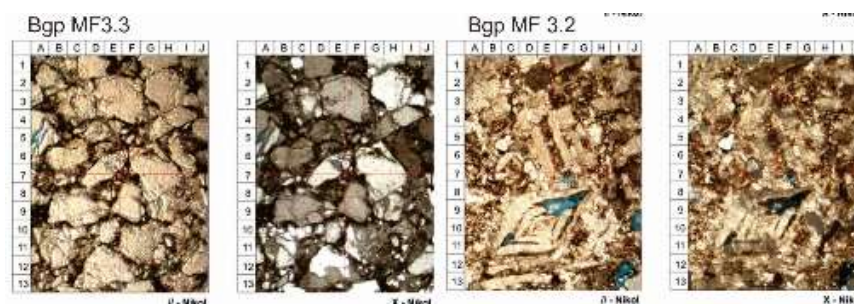
Gambar 1. Sayatan petrografi sampel Bps MF 7.2 (Quartz arenite); Bgp MF 2.8 (Packstone), warna biru menunjukkan pori-pori batuan yang dihasilkan oleh larutan blue dye

Pada sampel Formasi Ngrayong Tengah (Gambar 2) analisis sayatan tipis Bps MF 2.2a merupakan batupasir abu-abu kecoklatan dengan bentuk butir menyudut hingga membulat tanggung komposisi mineral 77% terdiri dari Kuarsa 75 %, dan litik 2 %. Matriks sejumlah 17% (mineral lempung 12% hadir tersebar dan mengisi ruang antar butir, oksida besi 2%, mineral opaq 3%). Nama batuan adalah Quartz wacke (Pettijohn, 1975). Hasil analisis sayatan tipis Bgp MF 2.2b merupakan batugamping warna keabu-abuan, komposisi penyusun batuan terdiri dari mikrit 30%, sparit 20 %, fosil 15 % dan kuarsa 15% diklasifikasikan sebagai Grainstone (Dunham, 1962).



Gambar 2. Sayatan petrografi sampel Bps MF 2.2a (Quartz wacke); Bgp MF 2.2b (Grainstone), warna biru menunjukkan pori-pori batuan yang dihasilkan oleh larutan blue dye

Analisis sayatan tipis Formasi Ngrayong bawah (Gambar 3) pada sampel Bps MF 3.3 merupakan batupasir abu-abu kecoklatan dengan komposisi berupa butiran 85% (Kuarsa 81%, dan litik 4%). Matriks sejumlah 10% dan semen 5% berupa mineral lempung yang hadir tersebar dalam batuan dan mengisi ruang antar butir diklasifikasikan sebagai Quartz arenite (Pettijohn, 1975), sedangkan sampel Bgp MF 3.2 merupakan batugamping keabu-abuan dengan komposisi penyusun batuan terdiri dari mikrit 43%, sparit 25%, fosil 25%, kuarsa 5% dan oksida besi 2 % dikenal sebagai Packstone (Dunham, 1962).



Gambar 3. Sayatan petrografi sampel Bps MF 3.3 (Quartz arenite); Bgp MF 3.2 (Packstone), warna biru menunjukkan pori-pori batuan yang dihasilkan oleh larutan blue dye

Pada hasil perhitungan porositas batuan dengan menggunakan metode pengamatan SEM terlihat pada Tabel 3. Porositas rata-rata batupasir lebih besar daripada porositas rata-rata batugamping.

Urutan porositas batupasir terbesar, yaitu pada Bps MF 7.2 (16,85%), Bps MF 2.2a (16,28%) dan MF 3.3 (10,69%). Sedangkan urutan porositas batugamping terbesar, yaitu pada Bgp MF 3.2 (10,71%), Bgp MF 2.8 (8,15%) dan Bgp MF 2.2b (5,4%).

Hasil perhitungan permeabilitas batuan dengan menggunakan alat gas permeameter dapat dilihat pada Tabel 4. Kualitas rata-rata permeabilitas batupasir 510,67 mD (miliDarcy) lebih besar daripada permeabilitas batugamping (100.672 mD)

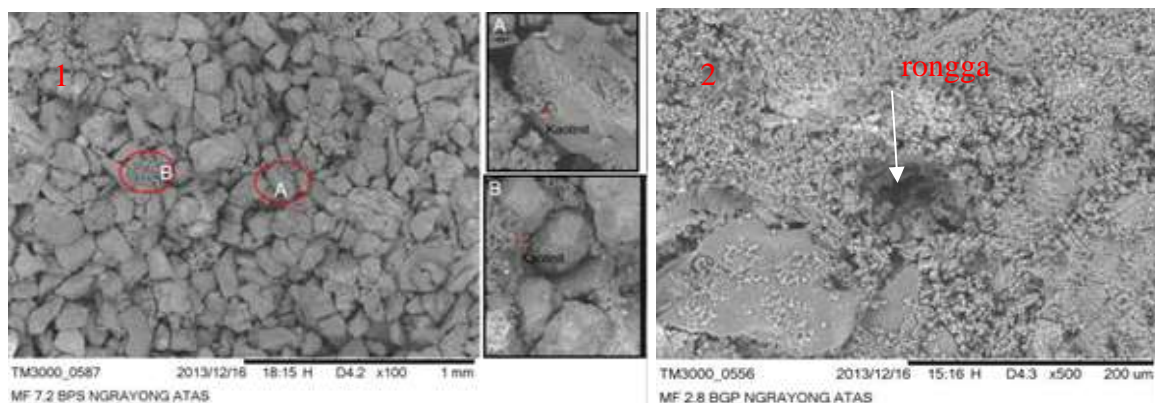
Tabel 3. Hasil perhitungan porositas batuan dengan metode SEM (Koesoemadinata, 1980)

No	Hasil Perhitungan Porositas Batuan Dengan Metode SEM					
	Ngrayong Atas		Ngrayong Tengah		Ngrayong Bawah	
	BpsMF 7.2	BgpMF 2.8	BpsMF2.2a	BgpMF2.2b	BpsMF3.3	BgpMF3.2
1	16.85%	8.15%	16.28%	5.40%	10.69%	10.71%
Kualitas	baik	Buruk	Baik	Buruk	Cukup	Cukup

Tabel 4. Hasil perhitungan permeabilitas batuan dengan gas permeameter (Koesoemadinata, 1980)

No	Hasil Perhitungan Permeabilita Batuan Dengan Gas Permeameter					
	Ngrayong Atas		Ngrayong Tengah		Ngrayong Bawah	
	Bps MF 7.2	Bgp MF 2.8	Bps MF 2.2a	Bgp MF 2.2b	Bps MF 3.3	Bgp MF 3.2
1	399.625 mD	86.879 mD	157.4 mD	80.637 Md	1370.64 mD	134.52 mD
Kualitas	Baik sekali	Baik	Baik sekali	Baik	Istimewa	Baik sekali

Kualitas reservoir batuan batupasir dan batugamping lapisan Formasi Ngrayong Atas didasarkan pada hasil analisis porositas dan permeabilitas pada sampel Bps MF 7.2 dan Bgp MF 2.8 menunjukkan nilai porositas sampel tersebut tergolong berkualitas yang baik dengan kisaran nilai Φ 19,8% (baik), 16,85 % (baik) dan 18,78 % (baik), sedangkan nilai permeabilitas sebesar 399.625 mD termasuk berkualitas baik sekali (Koesoemadinata, 1980). Nilai porositas dan permeabilitas yang cukup tinggi dikarenakan beberapa sifat fisik yang dimilikinya, yaitu berbutir kasar, distribusi ukuran penyusun batuan tampak seragam dengan derajat kebundaran butir yang menyudut tanggung sampai membulat tanggung (Gambar 1). Selain itu derajat pemilahan butir tergolong sangat baik dengan hubungan antar butir tipe *grain-supported fabric* yang berarti kemasnya tertutup karena butirnya saling bersentuhan namun menimbulkan banyak pori. Ukuran butir dan sortasi batupasir juga mengontrol perkembangan porositas dan permeabilitas. Semakin besar ukuran butir dan semakin baik pemilahan butir akan meningkatkan nilai permeabilitas. Kehadiran semen sebagai pengikat antar butir terlihat cukup jarang pada pengamatan sampel MF 7.2 melalui SEM (Gambar 4).

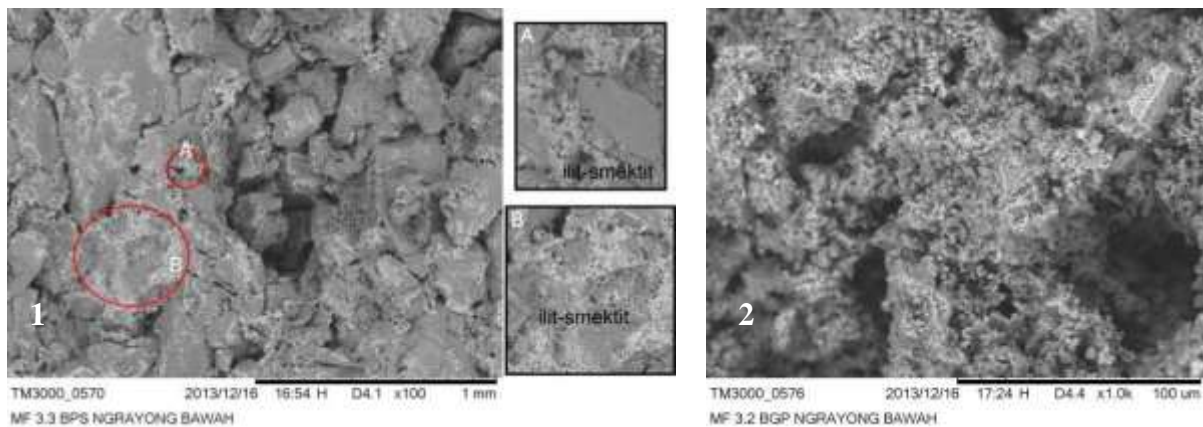


Gambar 4. 1). Pengamatan SEM sampel MF 7.2 Batupasir Ngrayong Atas menunjukkan kehadiran kaolinit sebagai pengikat antar butir terlihat cukup jarang , A & B adalah perbesaran dari kaolinit (lingkaran merah) 2). Pengamatan SEM Bgp MF 2.8 dimana rongga-rongga melebihi besar butir.

Nilai kualitas porositas Batupasir Ngrayong Tengah (MF 2.2a) tergolong berkualitas baik dengan kisaran nilai Φ 18,47% (baik), 19,535% (baik) dan 14,20% (cukup), sedangkan nilai permeabilitas sebesar 188,918 mD termasuk berkualitas baik sekali (Koesoemadinata, 1980). Nilai porositas dan permeabilitas yang baik tersebut dikarenakan beberapa sifat fisik yang dimiliki sampel MF 2.2a yaitu memiliki besar butir antara 0,2 – 0,4 mm tergolong butiran sedang. Derajat pemilahan butir tergolong baik dengan hubungan antar butir butirnya saling bersentuhan namun menimbulkan banyak pori. Pada sampel Bps MF2.2a ini disusun butiran yang lebih halus daripada sampel Bps MF 7.2 yakni 0,2 - 0,4 mm, sehingga nilai porositas menjadi berkurang.

Nilai porositas sampel MF 3.3 Batupasir Ngrayong Bawah tergolong berkualitas cukup dengan kisaran nilai Φ 13,33% (cukup), 10,69% (cukup) dan 10,10% (cukup), sedangkan nilai permeabilitas sebesar 1370,64 mD termasuk berkualitas istimewa (Koesoemadinata, 1980). Nilai porositas yang cukup dan permeabilitas yang istimewa tersebut dikarenakan sampel MF 3.3 memiliki besar butir berkisar antara 1 – 2 mm tergolong butiran sangat kasar. Derajat kebundaran butir yang menyudut sampai menyudut tanggung. Selain itu derajat pemilahan butirnya tergolong buruk

dengan hubungan antar butir tipe *grain supported*. Kehadiran semen sebagai pengikat antar butir terlihat cukup dominan melalui pengamatan SEM (Gambar 4). Pengaruh pelarutan sangat terlihat pada pengamatan sampel MF 3.2 Bgo Ngrayong Bawah melalui SEM dengan munculnya rongga-rongga besar melebihi besar butirnya (Gambar 4).



Gambar 5. 1) Pengamatan SEM sampel MF 3.3 Batupasir Ngrayong Bawah dengan hadirnya mineral lempung yang cukup dominan, A & B adalah perbesaran dari illit-smektit (lingkaran merah), 2) Hasil foto SEM sampel MF 3.2 Batugamping Ngrayong Bawah

Tabel 5. Perbandingan kualitas reservoir Batupasir Formasi Ngrayong

Keterangan	Batupasir Ngrayong Atas	Batupasir Ngrayong Tengah	Batupasir Ngrayong Bawah
Besar butir	0,5 - 1 mm	0,2 - 0,4 mm	1 - 2 mm
Sortasi	sangat baik	Baik	buruk
Sementasi	kurang dominan	Dominan	dominan
Bentuk butir	menyudut tanggung-membulat tanggung	menyudut - membulat	menyudut - menyudut tanggung
Kompaksi	kurang kompak	cukup kompak	amat kompak
Porositas (saturasi)	18,78%	11,83%	10,10%
Porositas (petrografi)	19,8%	15,39%	13,3%
Porositas (SEM)	16,85%	16,28%	10,69%
permeabilitas	399,625 mD	157,4 mD	1370,64 mD

KESIMPULAN

Kualitas Reservoir Formasi Ngrayong terbagi tiga berdasarkan kualitas dan sifat fisiknya, yaitu Formasi Ngrayong atas, Formasi Ngrayong tengah dan Formasi Ngrayong bawah. Berdasarkan ulasan hasil pengujian porositas dan permeabilitas, maka diketahui bahwa batuan yang berpotensi menjadi reservoir pada daerah penelitian adalah Batupasir dan Batugamping Formasi Ngrayong Atas karena mempunyai nilai porositas berkisar antara 12-23 % tergolong sangat baik dan permeabilitas yang baik sampai baik sekali.

Nilai kualitas dipengaruhi oleh faktor fisik berupa porositas dan permeabilitas. Porositas dipengaruhi oleh sortasi (pemilahan), sedangkan permeabilitas lebih dipengaruhi oleh besar butir. Semakin baik sortasi, maka semakin besar pula porositas yang dihasilkan seperti pada sampel batupasir ngrayong atas. Semakin besar besar butir maka akan semakin besar permeabilitasnya seperti pada sampel batupasir ngrayong bawah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada Eko Bayu Purwasatrya dari Universitas Jenderal Soedirman, para peneliti Balai Informasi dan Konservasi Kebumian, LIPI, serta berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Dunham, R.J. (1962) *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. In: *Classification of Carbonate Rocks* (Ed. W.E. Ham), Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 1, 108-121.
 Halliburton, (2001) *Basic Petroleum Geology and Log Analysis*, Halliburton Company, Houston-Texas, hal. 24



- Kadar, D. (1993) *Peta Geologi Bersistem Indonesia Lembar Rembang 1509-1 & 4 Skala 1:100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Indonesia.
- Klinkenberg, L. J. (1941) *The permeability of porous media to liquids and gases, Drilling and Production Practice*, American Petroleum Inst., pp. 200–213.
- Koesoemadinata, (1980) *Geologi Minyak dan Gas Bumi*, Penerbit ITB : Bandung
- Pettijohn, F.J. (1975) *Sedimentary Rock*. Third Edition. Harper & Row Publishers, New York-Evanston-San Fransisco-London.
- Smyth, H., Hall, R., Hamilton, J., dan Kinny P., 2005. *East Java: Cenozoic Basins, Volcanoes and Ancient Basement*, Indonesian Petroleum Association, Proceedings 30th Annual Convention, hal. 251-266
- Tipword, H. L., F. M. Setzer, and F. L. Smith, Jr., (1966) *Interpretation of depositional environment in Gulf Coast petroleum exploration from paleoecology and related stratigraphy*: Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies, vol. 16, p. 119–130.
- Zaim, Dr, Ir, Yahdi., (1995) Studi Mineral Lempung Dalam Peningkatan Produksi Minyak Bumi, *Jurnal Teknologi Mineral ITB No.2, Vol.II/1995* : Bandung