

Analisis Porositas Dan Permeabilitas Batupasir Halang Sebagai Potensi Batuan Reservoir di Daerah Suru dan Sekitarnya, Kecamatan, Bantarbolang, Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah

Indri Dwi Uthami¹, Amara Nugrahini², Hering Dyah Kusuma Wijayanti²

^{1,2,3} Program Studi Teknik Geologi Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : amara@itny.ac.id.

ABSTRAK

Daerah penelitian berada di daerah Suru dan sekitarnya, Kecamatan Bantarbolang, Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah yang merupakan bagian dari Zona Serayu Utara yang diketahui memiliki potensi adanya petroleum system yang aktif. Penelitian dilakukan untuk mengetahui potensi batupasir Halang sebagai batuan reservoir dengan menggunakan analisis porositas dan permeabilitas batuan. Setelah perhitungan nilai porositas dan permeabilitas didapat selanjutnya dihubungkan dengan klasifikasi Koesoemadinata (1980). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa perbedaan nilai porositas dan permeabilitas disebabkan oleh tekstur batuan, seperti ukuran butir, bentuk butir, sortasi / pemilahan, kemas, komposisi mineral, dan lain-lain. Sampel yang mempunyai nilai porositas dan permeabilitas paling baik adalah sampel LP 42, dimana pada sampel tersebut terdapat struktur spheroidal weathering yang menyebabkan terbentuknya rekahan pada batuan yang dapat terisi oleh fluida.

Kata kunci: Suru, Batupasir Halang, Porositas, Permeabilitas

ABSTRACT

The research area is located in Suru and surrounding areas, Bantarbolang District, Pemalang Regency, Central Java Province, which is part of the North Serayu Zone which is known to have the potential for an active petroleum system. The research was conducted to determine the potential of Halang sandstone as a reservoir rock using porosity and permeability analysis. After the calculation of porosity and permeability values is obtained, it is then related to the classification of Koesoemadinata (1980). The results obtained show that differences in porosity and permeability values are caused by rock texture, such as grain size, grain shape, sorting, packing, mineral composition, and others. The sample that has the best porosity and permeability value is the LP 42 sample, where there is a spheroidal weathering structure that causes the formation of fractures in the rock that can be filled by fluid.

Keyword : *Suru, Halang Sandstone, Porosity, Permeability*

PENDAHULUAN

Keberadaan minyak dan gas bumi di alam yang dapat dimanfaatkan secara geologi berada dalam suatu sistem yang disebut sistem perminyakan (petroleum system), merupakan suatu sistem yang terdiri dari ruang yang mengandung batuan induk (source rock), lapisan pembawa fluida (carrier beds), reservoir, dan lapisan penutup (Einsle, 2000).

Salah satu petroleum system aktif di Jawa Tengah adalah Cekungan Serayu Utara. Cekungan Serayu Utara (North Serayu Basin) secara regional merupakan lanjutan dari Cekungan Bogor di Jawa Barat dan Zona Kendeng di Jawa Timur. Jalur ini membentang di Pulau Jawa disebut Bogor – North Serayu – Kendeng Anticlinorium (Van Bemmelen, 1949). Rembesan minyak yang dijumpai di Cekungan Serayu Utara salah satunya berada di Watukumpul, yang mempunyai jarak ± 30 km dari daerah penelitian.

Dalam eksplorasi bidang perminyakan maupun air tanah, porositas dan permeabilitas merupakan parameter yang 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 (Koesoemadinata, 1978).

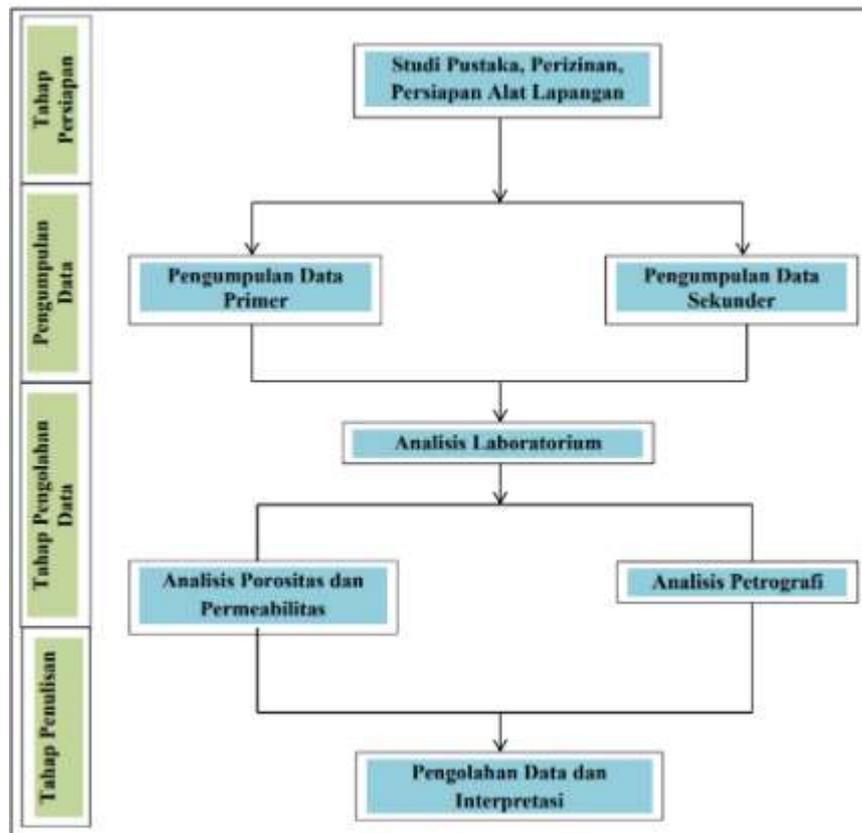
Pada batupasir, porositas dan permeabilitas ditentukan oleh ukuran butir dan distribusinya, sortasi (pemilahan), bentuk butir, roundness (kebundaran) butir, penyusunan butir, kompaksi dan sementasi. Menurut Koesoemadinata (1978), porositas yang berada pada batupasir bersifat intergranular. Pori-pori yang terdapat

diantara butir-butir batuan terjadi secara primer, dimana pada waktu pengendapan akan menghasilkan rongga atau ruang. Jika bentuk butir semakin membulat maka porositas dan permeabilitasnya akan lebih tinggi. Permeabilitas kemungkinan dipengaruhi oleh diameter, rata-rata sebesar 10% dari butiran pasir paling halus. Pemilahan (sorting) merupakan keseragaman dari ukuran besar butir penyusun batuan sedimen. Jika pemilahan sangat buruk, batuan akan terdiri dari batuan yang berbeda ukuran, rongga yang terbentuk diantara butiran yang lebih besar akan diisi oleh butiran yang lebih kecil lagi sehingga porositas dan permeabilitasnya berkurang.

Batupasir merupakan reservoir yang paling penting, dimana sekitar 60% dari semua batuan reservoir adalah batupasir. Daerah penelitian merupakan salah satu lokasi yang memiliki litologi batupasir yang berada pada formasi Halang. Potensi batupasir Formasi Halang sebagai reservoir hidrokarbon dikemukakan oleh Tobing (2002). Berdasarkan penelitian Tobing (2002), terdapat rekahan dan butiran pada batupasir Formasi Halang dengan penemuan rembesan hidrokarbon. Studi mengenai formasi Halang menjadi hal yang penting untuk diteliti akibat keterdapatan potensi reservoir di formasi tersebut.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri dari 4 tahap yaitu pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data dan tahap penulisan. Pada tahap pengumpulan data meliputi data sekunder dan data primer, sedangkan tahap pengolahan data merupakan tahap analisis laboratorium dan pengolahan data dari hasil penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pendahuluan

Pada tahap ini merupakan persiapan untuk melakukan penelitian, berupa penentuan lokasi penelitian, studi pustaka, perizinan, dan persiapan alat lapangan.

Tahap Pengumpulan Data

1. Pada tahap ini terbagi menjadi 2 yaitu teknik pengumpulan data primer dan teknik pengumpulan data sekunder. 1. Teknik pengumpulan data primer Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengambilan data langsung di lapangan dengan mengambil sampel batuan.

2. Teknik pengumpulan data sekunder Data sekunder yang digunakan berupa data geologi regional daerah penelitian, studi pustaka tentang analisis porositas dan permeabilitas dari peneliti terdahulu, maupun referensi lain yang berkaitan dengan hal tersebut.

Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan analisis porositas dan permeabilitas batuan dengan uji laboratorium menggunakan uji gas porosimeter dan gas permeameter, serta sayatan tipis petrografi.

Tahap Penulisan

Tahap penulisan merupakan tahapan akhir yang dilakukan dalam penelitian, meliputi pengolahan data dan interpretasi tentang porositas dan permeabilitas batuan sebagai potensi reservoir di daerah penelitian. Pada tahap penulisan ini dapat menghasilkan hasil penelitian berupa naskah skripsi.

HASIL DAN ANALISIS

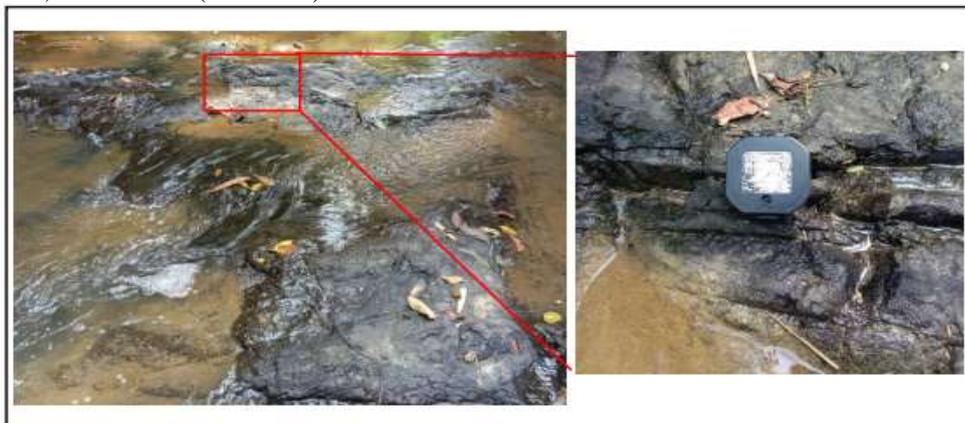
Pada daerah penelitian dijumpai batupasir yang dapat diindikasikan sebagai reservoir, sehingga perlu adanya dilakukan analisis yang berkaitan dengan kemampuan batupasir tersebut sebagai potensi batuan reservoir dengan mengetahui nilai porositas dan permeabilitas batupasir tersebut dalam menentukan skala potensi porositas dan permeabilitas serta skala potensi reservoir berdasarkan penilaian menurut Koesoemadinata (1980).

Dalam pengujian porositas dan permeabilitas pada batupasir Halang peneliti menguji 4 sampel batuan yang diambil pada LP 39, LP 51, LP 63, dan LP 42 satuan batupasir Halang daerah Suru dan sekitarnya, Kecamatan Bantarbolang, Kabupaten Pemalang, Provinsi Jawa Tengah. Sampel pertama pada lokasi pengamatan 39 secara megaskopis batuan mempunyai warna lapuk abu-abu kecoklatan dan warna segar abu-abu kehitaman, tekstur ukuran butir pasir sedang – pasir halus, bentuk butir subrounded, kemas tertutup, sortasi/pemilahan baik, struktur berlapis, komposisi piroksen, feldspar, litik, semen silika (Gambar 1).



Gambar 1. Kenampakan batupasir pada LP 39, arah kamera N 213° E

Sampel kedua pada lokasi pengamatan 51 secara megaskopis batuan mempunyai warna lapuk abu-abu kecoklatan dan warna segar abu-abu kehitaman, tekstur ukuran butir pasir sedang – pasir kasar, bentuk butir subrounded, kemas tertutup, sortasi/pemilahan baik, struktur berlapis, komposisi piroksen, hornblende, feldspar, litik, semen silika (Gambar 2).



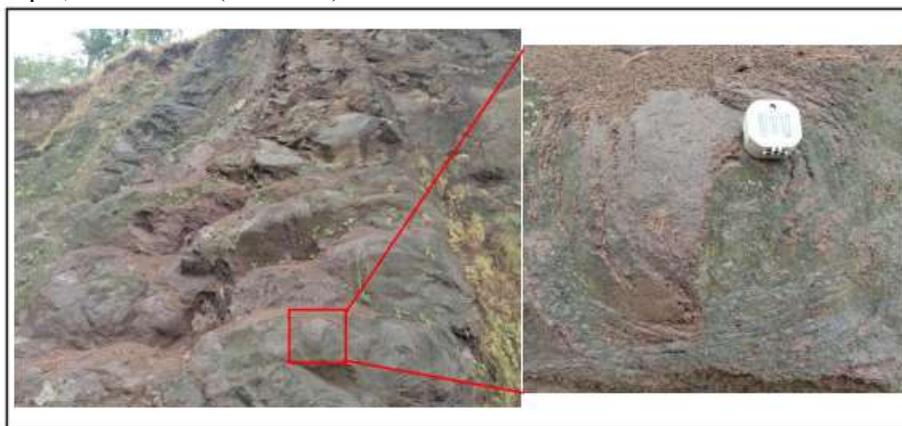
Gambar 2. Kenampakan batupasir pada LP 51, arah kamera N 72° E

Sampel ketiga pada lokasi pengamatan 63 secara megaskopis batuan mempunyai warna lapuk abu-abu kecoklatan dan warna segar abu-abu kehitaman, tekstur ukuran butir pasir sedang, bentuk butir subrounded, kemas tertutup, sortasi/pemilahan baik, struktur masif, komposisi piroksen, kuarsa, feldspar, semen silika (Foto 3).



Gambar 3. Kenampakan batupasir pada LP 63, arah kamera N 324° E

Sampel keempat pada lokasi pengamatan 42 secara megaskopis lapuk abu-abu kehitaman sampai kecoklatan dan warna segar coklat, tekstur ukuran butir pasir kasar, bentuk butir subrounded, kemas terbuka, sortasi/pemilahan buruk, struktur pelapukan membola / spheroidal weathering, komposisi litik, kuarsa, piroksen, feldspar, semen silika (Gambar 4).



Gambar 4. Kenampakan batupasir pada LP 42, arah kamera N 22° E

Hasil Analisis Porositas dan Permeabilitas

Berdasarkan hasil pengukuran porositas pada 4 sampel batuan diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 3 Hasil perhitungan porositas dan permeabilitas sampel batupasir

No	LP	Sampel	Porositas (%)	Permeabilitas	
				Darcy	mD
1	39	Batupasir sedang	3,189	0,012642	12,642
2	51	Batupasir sedang	2,341	0,011921	11,921
3	63	Batupasir sedang	2,905	0,005487	5,487
4	42	Batupasir kasar	11,270	0,470820	470,820

Potensi Reservoir

Penentuan potensi reservoir pada umumnya dilakukan dengan menggunakan pendekatan klasifikasi Koeseomadinata (1980) berdasarkan nilai porositas dan permeabilitas batuan. Berdasarkan hasil analisis laboratorium terhadap nilai porositas dan permeabilitas didapatkan kualitas besaran porositas dan permeabilitas menurut Koeseomadinata (1980) untuk mengetahui potensi reservoir pada batupasir Formasi Halang (Tabel 4 dan Tabel 5).

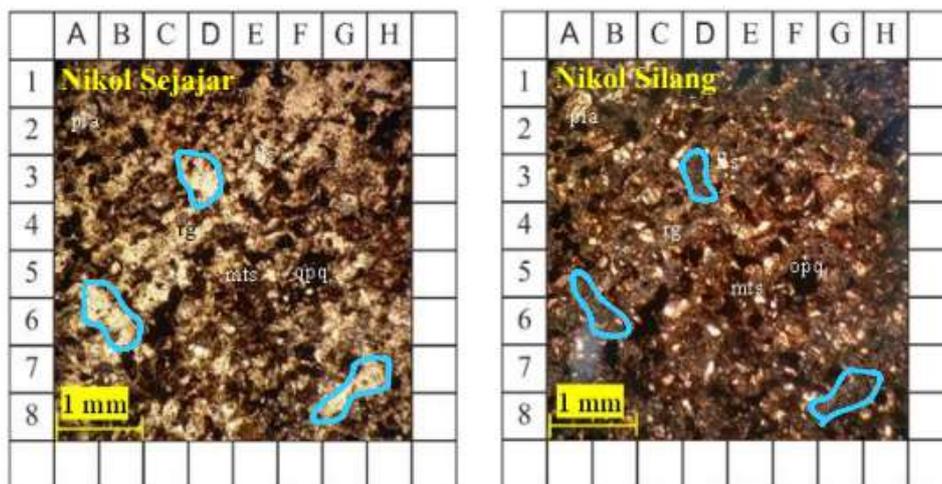
Tabel 4 Kualitas porositas batuan berdasarkan klasifikasi Koeseomadinata (1980)

No	LP	Litologi	Porositas (%)	Kualitas
1	39	Batupasir sedang	3,189	<i>Negligible</i>
2	51	Batupasir sedang	2,341	<i>Negligible</i>
3	63	Batupasir sedang	2,905	<i>Negligible</i>
4	42	Batupasir kasar	11,270	<i>Cukup (fair)</i>

Tabel 5 Kualitas permeabilitas batuan berdasarkan klasifikasi Koeseomadinata (1980)

No	LP	Litologi	Permeabilitas (mD)	Kualitas
1	39	Batupasir sedang	12,642	Baik (<i>good</i>)
2	51	Batupasir sedang	11,921	Baik (<i>good</i>)
3	63	Batupasir sedang	5,847	<i>Cukup (fair)</i>
4	42	Batupasir kasar	470,820	Baik sekali (<i>very good</i>)

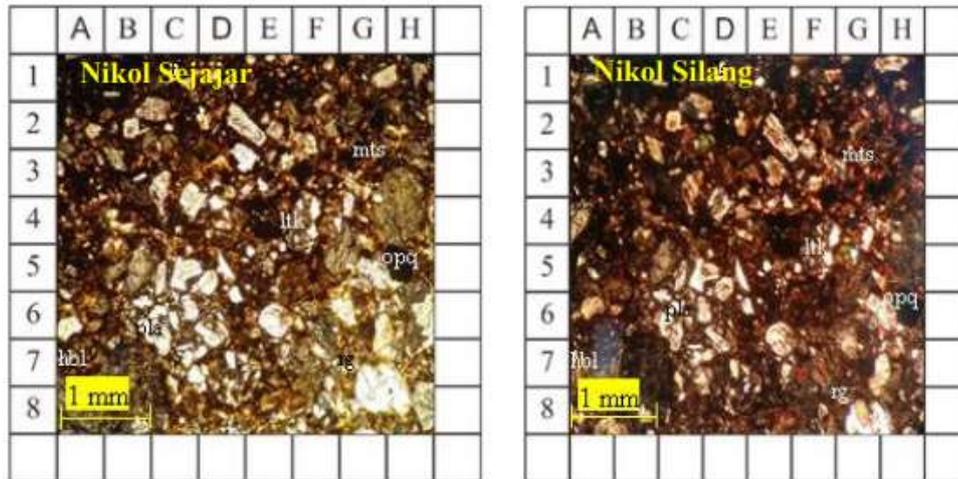
Selain menggunakan uji laboratorium analisis porositas dan permeabilitas dengan gas permeameter, analisis sayatan tipis pada batuan juga dapat digunakan untuk memperkuat data analisis porositas dan permeabilitas. Pengamatan sayatan tipis pada LP 39 dilakukan dalam perbesaran total 40x (lensa okuler 10x dan lensa objektif 4x). Memiliki warna coklat ke abu-abuan, didominasi oleh matriks supported berukuran butir lempung – pasir halus, sortasi/pemilahan sedang, kemas terbuka, bentuk butir sub angular, komposisi tersusun oleh mineral opa (33%), feldspar (26%), matriks (25%), rongga (7%) dan plagioklas (9%) (Gambar 2). Berdasarkan perhitungan persentase dari kenampakan sayatan petrografi, memiliki nilai porositas sebesar 7%, menurut klasifikasi Koeseomadinata (1980) porositas termasuk buruk (poor). Tipe porositas batuan menurut klasifikasi porositas batuan (Choquette & Pray, 1970) termasuk dalam fabric selective interparticle, terlihat dari rongga yang mengisi celah antar butir.



Gambar 5. Sayatan tipis pada batupasir LP 39

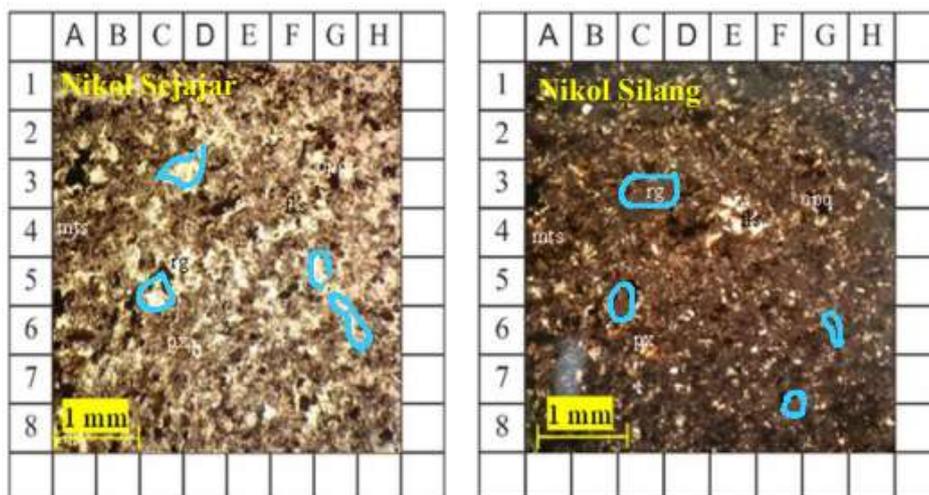


Pengamatan sayatan tipis pada LP 51 dilakukan dalam perbesaran total 40x (lensa okuler 10x dan lensa objektif 4x). Mempunyai warna coklat kehitaman didominasi oleh mineral dan matriks supported, berukuran butir lempung – pasir sedang dengan ukuran butir 0,5 – 1 mm, bentuk butir sub angular – subhedral, sortasi/pemilahan buruk, kemas terbuka, komposisi tersusun oleh matriks (30%), plagioklas (21%), hornblende (16%), litik (12%), mineral opa (10%), feldspar (7%), dan rongga (3%) (Gambar 3). Berdasarkan perhitungan persentase dari kenampakan sayatan petrografi, memiliki nilai porositas sebesar 6,06%, menurut klasifikasi Koesoemadinata (1980) porositas termasuk buruk (*poor*). Tipe porositas batuan menurut klasifikasi porositas batuan (Choquette & Pray, 1970) termasuk dalam fabric selective intercrystalline, terlihat dari pori-pori yang terdapat di antara kristal-kristal yang mempunyai ukuran relatif sama.



Gambar 6. Sayatan tipis pada batupasir LP 51

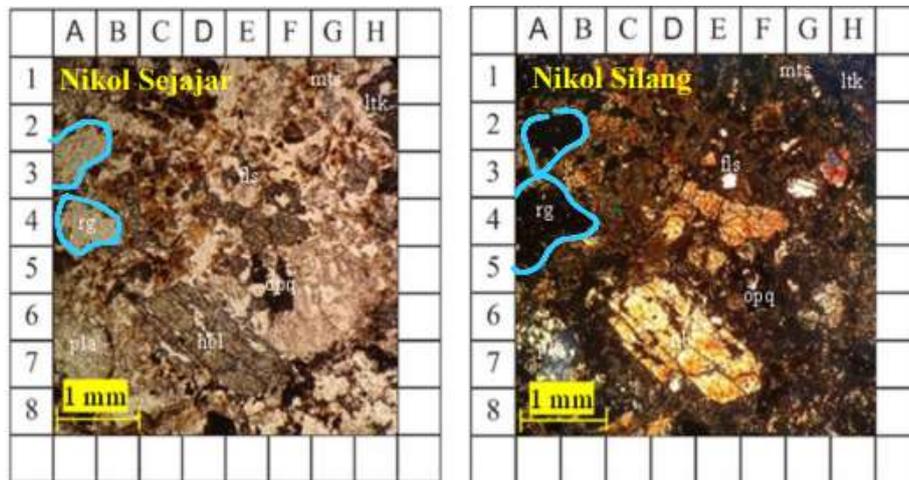
Pengamatan sayatan tipis pada LP 63 dilakukan dalam perbesaran total 40x (lensa okuler 10x dan lensa objektif 4x). Memiliki warna coklat, didominasi oleh matriks supported berukuran butir lempung – pasir halus, sortasi/pemilahan sedang, kemas terbuka, bentuk butir sub angular komposisi tersusun oleh matriks (48%), feldspar (18%), mineral opa (17%), rongga (9%) dan piroksen (8%) (Gambar 4). Berdasarkan perhitungan persentase dari kenampakan sayatan petrografi, memiliki nilai porositas sebesar 9%, menurut klasifikasi Koesoemadinata (1980) porositas termasuk buruk (*poor*). Tipe porositas batuan menurut klasifikasi porositas batuan (Choquette & Pray, 1970) termasuk dalam fabric selective interparticle, terlihat dari rongga yang mengisi celah antar butir.



Gambar 7. Sayatan tipis pada batupasir LP 63

Pengamatan sayatan tipis pada LP 42 dilakukan dalam perbesaran total 40x (lensa okuler 10x dan lensa objektif 4x). Mempunyai warna coklat keabu-abuan didominasi oleh mineral, berukuran butir kasar dengan

ukuran butir 1 – 2 mm, bentuk butir sub angular – subhedral, sortasi/pemilahan buruk, kemas terbuka, komposisi tersusun oleh hornblende (30%), rongga (18%), matriks (15%), mineral opa (12%), mineral lepas (8%), feldspar (7%), plagioklas (6%), dan litik (4%) (Gambar 5). Berdasarkan perhitungan persentase dari kenampakan sayatan petrografi, memiliki nilai porositas sebesar 18%, menurut klasifikasi Koesoemadinata (1980) porositas termasuk baik (good). Tipe porositas batuan menurut klasifikasi porositas batuan (Choquette & Pray, 1970) termasuk dalam fabric selective interparticle, terlihat dari rongga yang mengisi celah antar butir.



Gambar 8. Sayatan tipis pada LP 42

Berdasarkan hasil analisis porositas dan permeabilitas pada batupasir LP 39, LP 51, LP 63 dan LP 42 didapatkan nilai porositas dan permeabilitas yang berbeda, hal ini dapat diakibatkan oleh adanya faktor yang mempengaruhi batuan tersebut seperti ukuran butir, bentuk butir, susunan butir, sortasi/pemilahan, kemas, komposisi mineral, dll. Pada sampel batupasir LP 39 berdasarkan uji laboratorium memiliki porositas sebesar 3,189% dan permeabilitas 12,642 mD. Batuan tersebut dapat dikatakan mempunyai porositas yang negligible (dapat diabaikan) dan permeabilitas baik (good). Dari pengamatan sayatan tipis didapatkan bahwa batupasir LP 39 mempunyai porositas sebesar 7% yang dapat dikategorikan porositas buruk (poor). Nilai porositas dan permeabilitas yang kurang signifikan dikarenakan beberapa sifat fisik yang dimilikinya, yaitu berbutir sedang, bentuk butir yang menyudut tanggung, kemas terbuka karena antar butir tidak bersentuhan serta matriks supported. Pada sampel batupasir LP 51 berdasarkan uji laboratorium memiliki porositas sebesar 2,206% dan permeabilitas 11,921 mD. Batuan tersebut dapat dikatakan mempunyai porositas yang negligible (dapat diabaikan) dan permeabilitas baik (good). Dari pengamatan sayatan tipis didapatkan bahwa batupasir LP 51 mempunyai porositas sebesar 6,06% yang dapat dikategorikan porositas buruk (poor). Nilai porositas dan permeabilitas yang buruk dikarenakan beberapa sifat fisik yang dimilikinya, yaitu berbutir lempung – pasir sedang, bentuk butir yang menyudut tanggung sampai membundar tanggung, sortasi/pemilahan buruk, kemas terbuka karena antar butir tidak bersentuhan, kurangnya rongga serta matriks supported menyebabkan batuan mempunyai porositas dan permeabilitas yang kurang signifikan.

Pada sampel batupasir LP 63 berdasarkan uji laboratorium memiliki porositas sebesar 2,905% dan permeabilitas 5,487 mD. Batuan tersebut dapat dikatakan mempunyai porositas yang negligible (dapat diabaikan) dan permeabilitas cukup (fair). Dari pengamatan sayatan tipis didapatkan bahwa batupasir LP 63 mempunyai porositas sebesar 9% yang dapat dikategorikan porositas buruk (poor). Nilai porositas dan permeabilitas yang kurang signifikan dikarenakan beberapa sifat fisik yang dimilikinya, yaitu ukuran butir lempung – pasir halus, bentuk butir yang menyudut tanggung, kemas terbuka karena antar butir tidak bersentuhan, sortasi/pemilahan sedang serta matriks supported.

Pada sampel batupasir LP 42 berdasarkan uji laboratorium memiliki porositas sebesar 11,270% dan permeabilitas 470,820 mD. Batuan tersebut dapat dikatakan mempunyai porositas yang cukup (fair) dan permeabilitas baik sekali (very good). Dari pengamatan sayatan tipis didapatkan bahwa batupasir LP 42 mempunyai porositas sebesar 18% yang dapat dikategorikan porositas baik (good). Nilai porositas dan permeabilitas yang baik dikarenakan beberapa sifat fisik yang dimilikinya, yaitu berbutir kasar dengan ukuran 0,5 – 1 mm, bentuk butir yang menyudut tanggung sampai membundar tanggung, banyaknya rongga serta grain supported menyebabkan batuan mempunyai porositas dan permeabilitas yang signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji laboratorium mengenai porositas dan permeabilitas batuan sebagai potensi reservoir didapatkan hasil pada LP 39 dengan nilai porositas 3,189% dan permeabilitas 12,642 mD, batuan tersebut mempunyai porositas yang negligible (dapat diabaikan) dan permeabilitas baik (good), dari pengamatan sayatan tipis mempunyai nilai porositas 7% yang termasuk buruk (poor). LP 51 mempunyai nilai porositas 2,206% dan permeabilitas 11,921 mD, batuan mempunyai porositas yang negligible (dapat diabaikan) dan permeabilitas yang baik (good), berdasarkan pengamatan sayatan tipis mempunyai nilai porositas 6,06% yang termasuk buruk (poor). LP 63 dengan nilai porositas 2,905% dan permeabilitas 5,487 mD, batuan mempunyai porositas yang negligible (dapat diabaikan) dan permeabilitas yang cukup (fair), berdasarkan pengamatan sayatan tipis mempunyai nilai porositas 9% yang termasuk porositas sangat buruk (poor). LP 42 mempunyai nilai porositas 11,270% dan permeabilitas 470,820 mD, batuan mempunyai porositas yang baik (good) dan permeabilitas yang baik sekali (very good), sedangkan berdasarkan pengamatan sayatan tipis batuan mempunyai nilai porositas 18% dan termasuk porositas baik (good).

Dari keempat sampel batuan, yang memiliki potensi sebagai batuan reservoir yang baik adalah LP 42. Dimana pada sampel tersebut terdapat porositas primer fabric selective interparticle yang merupakan pori-pori yang terdapat di antara partikel yang biasanya dipengaruhi oleh sortasi, kemas dan ukuran butir, serta berdasarkan penamaan petrografi sampel tersebut menunjukkan kelompok arenite, dimana hal ini berarti terdapat banyak butiran daripada matriks pada batuan, sehingga membuat porositas menjadi besar. Selain itu, berdasarkan kenampakan batuan secara megaskopis menunjukkan adanya struktur spheroidal weathering, dimana struktur tersebut menyebabkan terbentuknya rekahan pada batuan yang dapat terisi oleh fluida.

Dari keempat sampel batuan, yang memiliki potensi sebagai batuan reservoir yang baik adalah LP 42. Dimana pada sampel tersebut terdapat porositas primer fabric selective interparticle yang merupakan pori-pori yang terdapat di antara partikel yang biasanya dipengaruhi oleh sortasi, kemas dan ukuran butir, serta berdasarkan penamaan petrografi sampel tersebut menunjukkan kelompok arenite, dimana hal ini berarti terdapat banyak butiran daripada matriks pada batuan, sehingga membuat porositas menjadi besar. Selain itu, berdasarkan kenampakan batuan secara megaskopis menunjukkan adanya struktur *spheroidal weathering*, dimana struktur tersebut menyebabkan terbentuknya rekahan pada batuan yang dapat terisi oleh fluida.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa porositas dan permeabilitas batuan memiliki potensi yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi nilai porositas dan permeabilitas batuan, misalnya ukuran butir, derajat kebundaran butir, kemas, sortasi / pemilahan, komposisi, sementasi, dan kompaksi. Namun hal ini masih dalam kesimpulan sementara yang didasarkan data hasil uji sifat fisik batuan (porositas dan permeabilitas) saja dan masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan metode yang lain guna memastikan potensi batuan sebagai reservoir yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta sebagai institusi penulis berasal. Penulis juga mengucapkan terima kasih banyak kepada dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Choquette, P. W., and L. C. Pray. 1970. Geologic Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonates: Bulletin American Association Petroleum Geologists, v. 54, p. 207-250.
- [2]. Einsele, G. 2000. Sedimentary Basins: Evolution, Facies, and sediment Budget. 2nd ed. Verlag, Berlin: Springer.
- [3]. Koesoemadinata, R.P. 1978. Geologi Minyak dan Gas Bumi, Penerbit ITB, Bandung.
- [4]. Koesoemadinata, R.P. 1980. Geologi Minyak dan Gas Bumi. Jilid 1 edisi kedua, Bandung. Penerbit ITB. Tobing, S.M. 2002. Inventarisasi Endapan Bitumen Padat Daerah Wangon dan Sekitarnya, Kabupaten Banyuman dan Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung.
- [5]. Van Bemmelen, R.W. 1949. The Geology of Indonesia Vol. IA, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelago, Government Printing Office, The Hague