

# **Analisis Porositas Dan Permeabilitas Batupasir Gampingan Formasi Ngrayong Untuk Penentuan Potensi Batuan *Reservoir* Di Kecamatan Bangilan Dan Sekitarnya, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur**

Korneles Maranata Arbol<sup>1</sup>, dan Hendra Bahar<sup>1</sup>  
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya<sup>1</sup>  
e-mail: [hendrabahar@itats.ac.id](mailto:hendrabahar@itats.ac.id)

## **ABSTRACT**

*The research area is located in Bangilan District and its surroundings, Tuban Regency, East Java Province. In this area there is the Ngrayong Formation which is a formation composed of orbitoid limestone and claystone at the bottom, then gradually changes to sandstone with orbitoid limestone insertions at the top. Regionally, this formation was deposited in tidal areas that have transgressed into a middle to outer exposure environment, with lithology dominant in the form of clean sand. This formation is the main reservoir of hydrocarbons in the Cepu and Tuban areas. This study uses physical core analysis of rock to determine the value of porosity and permeability. In the analysis of the physical rock core, the methods used are the weighing method to find the porosity value and the Permeameter method to determine the permeability value. Potential Limestone Sandstone of the Ngrayong Formation as a reservoir rock based on the results of porosity and permeability analysis, Limestone Sandstone of the Ngrayong Formation has an average porosity value of 20.8125% and an average permeability value of 24.734 mD and so based on the Koesoemadinata classification [1], Limestone Sandstone The Ngrayong Formation has very good porosity and good permeability. With the results of excellent porosity and good permeability, the limestone sandstone of the Ngrayong Formation has the potential as a good reservoir rock.*

**Keywords:** *porosity, permeability, reservoir, formation.*

## **ABSTRAK**

Daerah penelitian berada di Kecamatan Bangilan dan sekitarnya, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur. Pada daerah ini terdapat Formasi Ngrayong yang merupakan formasi tersusun oleh batugamping *orbitoid* dan batulempung di bagian bawah, kemudian berubah secara gradual menjadi batupasir dengan sisipan batugamping *orbitoid* di bagian atas. Secara regional formasi ini diendapkan pada daerah pasang-surut yang mengalami transgresi menjadi lingkungan paparan tengah hingga luar, dengan dominasi litologi berupa *clean sand*. Formasi ini menjadi *reservoir* utama hidrokarbon di daerah Cepu dan Tuban. Penelitian ini menggunakan analisis inti fisik batuan untuk mengetahui nilai porositas dan permeabilitas. Pada analisis inti fisik batuan, metode yang digunakan yaitu, metode penimbangan untuk mencari nilai porositas dan metode alat Permeameter untuk mengetahui nilai permeabilitas. Potensi Batupasir Gampingan Formasi Ngrayong sebagai batuan *reservoir* berdasarkan hasil analisis porositas dan permeabilitas, Batupasir Gampingan Formasi Ngrayong mempunyai nilai porositas rata-rata sebesar 20,8125% dan nilai rata-rata permeabilitas sebesar 24,734 mD dan sehingga berdasarkan klasifikasi Koesoemadinata [1], Batupasir Gampingan Formasi Ngrayong mempunyai porositas sangat baik dan permeabilitas yang baik. Dengan hasil porositas sangat baik dan permeabilitas yang baik, maka Batupasir Gampingan Formasi Ngrayong berpotensi sebagai batuan *reservoir* yang baik.

**Kata kunci:** porositas, permeabilitas, *reservoir*, formasi.

## **PENDAHULUAN**

Daerah penelitian berada di Kecamatan Bangilan dan sekitarnya, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur. Pada daerah ini terdapat Formasi Ngrayong yang merupakan formasi tersusun oleh batugamping *orbitoid* dan batulempung di bagian bawah, kemudian berubah secara gradual menjadi batupasir dengan sisipan batugamping *orbitoid* di bagian atas. Secara regional formasi ini diendapkan pada daerah pasang-surut yang mengalami transgresi menjadi lingkungan paparan tengah hingga luar, dengan dominasi litologi berupa *clean sand*. Formasi ini menjadi *reservoir* utama hidrokarbon di daerah Cepu dan Tuban.

Daerah penelitian dianggap menarik untuk diteliti karena rembesan minyak dan bukti-bukti pengeboran minyak bumi yang teramati secara jelas dikarenakan pada daerah penelitian terdapat pengeboran minyak secara modern dan tradisional, sehingga perlu dilakukan penelitian terkait porositas dan permeabilitas batupasir gampingan di daerah penelitian untuk mengetahui potensi *reservoir* sebagai daerah penghasil minyak.

## TINJAUAN PUSTAKA

Secara fisiografi daerah penelitian termasuk fisiografi Lembar Jatirogo [3] dan termasuk dalam Lajur Rembang [4]. Lajur ini merupakan pegunungan terlipat dan membentuk *anticlinorium* yang memanjang dari barat ke timur, dan merupakan perbukitan bergelombang hingga perbukitan berlereng terjal, dengan ketinggian dari 0-800 m, dengan puncak tertinggi adalah Gunung Lasem (806 m).

### Porositas

Porositas adalah perbandingan antara volume pori/rongga dalam suatu masa atau pengertian lain adalah bagian dari volume batuan yang tidak terisi oleh benda padat.

$$(\phi)\% = \frac{V_b - V_s}{V_b} = \frac{V_p}{V_b} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

$V_b$  = Volume batuan total (*bulk volume*)

$V_s$  = Volume padatan batuan total (*grain volume*)

$V_p$  = Volume ruang pori-pori batuan

$(\phi)$  = Porositas

### Klasifikasi Porositas Batuan

Ada beberapa klasifikasi mengenai porositas batuan, baik secara deskriptif, genetik, geometri pori dan lain-lain. Jenis porositas batuan secara deskriptif yaitu:

- Porositas absolut/total adalah frasi/prosen volume pori-pori total (ruang kosong yang tidak diisi oleh benda padat) terhadap volume batuan total.

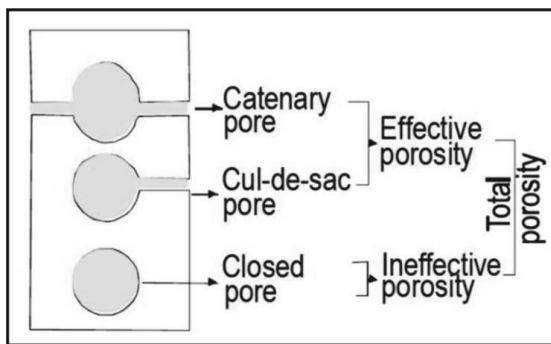
$$\phi = \frac{\text{Volume pori-pori total}}{\text{Volume batuan total}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

- Porositas efektif adalah frasi/prosen volume pori-pori yang saling berhubungan (dapat dialiri fluida bebas) terhadap volume batuan total.

$$\phi = \frac{\text{Volume pori yang berhubungan}}{\text{Volume batuan total}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Porositas tidak memiliki dimensi biasanya dinyatakan sebagai angka desimal atau dikalikan dengan 100 dalam %, atau satuan porositas ( $pu$  = persen unit). Porositas efektif ini sering digunakan dalam perhitungan-perhitungan karena dianggap sebagai porositas yang produktif. Berdasarkan tipe morfologi pori (gambar 1), terpadat tiga jenis tipe pori yaitu:

1. Tipe pori *Cartenary*, di mana pori tersebut dihubungkan oleh dua atau lebih celah.
2. Tipe pori *Cul-de-sac*, di mana pori tersebut hanya berhubungan dengan pori lainnya oleh satu celah.
3. Tipe pori *Closed*, di mana pori tersebut tidak berhubungan dengan pori lainnya.



Gambar 1. Tipe morfologi pori [2]

**Permeabilitas**

Permeabilitas adalah sifat fisik batuan *reservoir* untuk dapat mengalirkan fluida melalui pori-pori yang saling berhubungan tanpa merusak partikel pembentukan tersebut. Permeabilitas didefinisikan sebagai suatu angka yang menunjukkan kemampuan dari suatu batuan untuk mengalirkan fluida. Permeabilitas dapat dinyatakan dalam bentuk angka dengan menggunakan Formula Hukum Darcy. Permeabilitas menurut Darcy (1856) dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$q = -\frac{kA dp}{\mu dL} \text{ atau } k = -\frac{q\mu dL}{A dp} \dots\dots\dots(4)$$

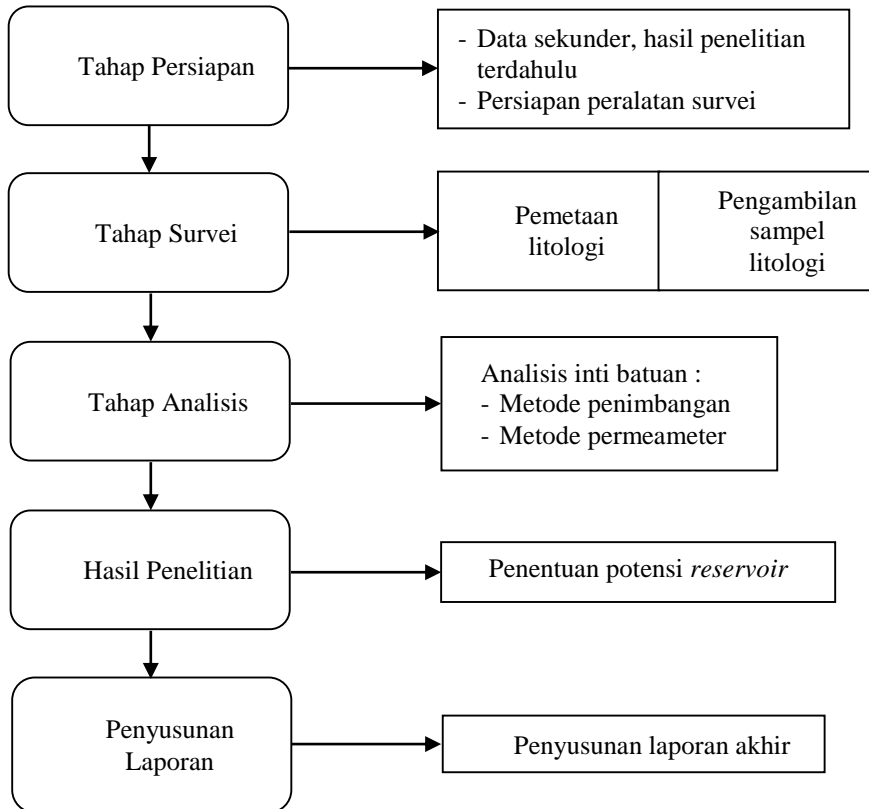
Dengan q adalah laju rata-rata aliran melalui media pori (cm<sup>3</sup>/dt), k adalah permeabilitas (Darcy), A adalah luas alas benda yang dilalui aliran (cm<sup>2</sup>), μ adalah viskositas fluida yang mengalir (*sentipoise*) dan dL/dp adalah tekanan per panjang benda (atm/cm).

Penentuan nilai permeabilitas hanya dapat dilakukan di laboratorium. Kondisi ini menyebabkan perlunya diketahui hubungan antara porositas dan permeabilitas melalui pengukuran di laboratorium sehingga dapat diperkirakan nilai permeabilitas dari nilai porositas. Pada bagian dalam batuan *reservoir*, fluida yang mengalir biasanya lebih dari satu macam, sehingga permeabilitas dapat dibagi menjadi:

- Permeabilitas Absolut, merupakan harga permeabilitas suatu batuan apabila fluida yang mengalir melalui pori-pori batuan hanya terdiri dari satu fase, contoh yang mengalir hanya gas, atau minyak.
- Permeabilitas Efektif, merupakan permeabilitas bila fluida yang mengalir lebih dari satu macam, contoh yang mengalir pada batuan reservoir yaitu minyak, gas dan air.
- Permeabilitas Relatif, merupakan perbandingan antara permeabilitas efektif dengan permeabilitas absolut.

**METODE**

Penelitian ini menggunakan analisis inti fisik batuan untuk mengetahui nilai porositas dan permeabilitas. Pada analisis inti fisik batuan, metode yang digunakan yaitu, metode penimbangan untuk mencari nilai porositas dan metode alat Permeameter untuk mengetahui nilai permeabilitas.



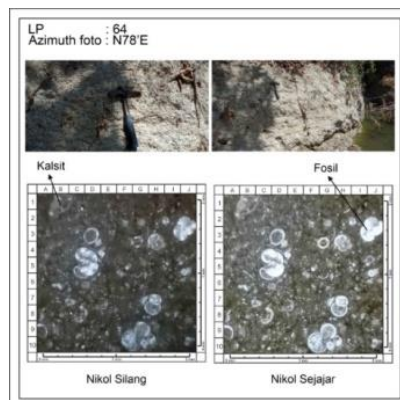
Gambar 2. Diagram alir metode penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

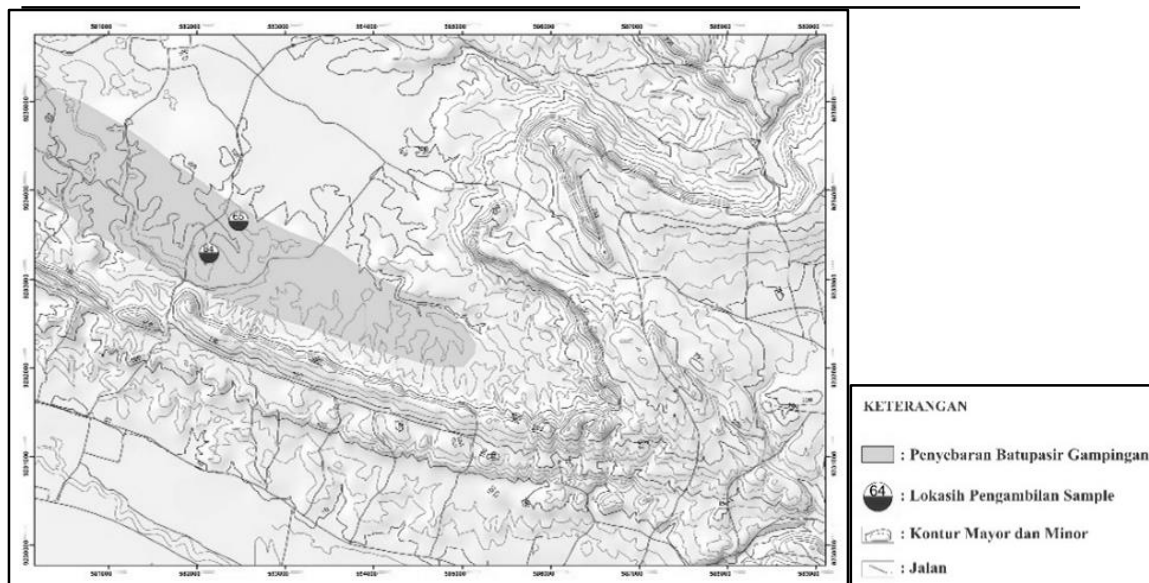
### Batupasir Gampingan

Ciri litologi Batupasir Gampingan: berwarna abu-abu kekuning-kuningan, ukuran butir pasir halus – pasir sedang, bentuk butir membundar – membundar tanggung, derajat pemilahan baik, kemas tertutup, sortasi sedang, struktur masif, semen karbonat.

Luas pelampiran satuan ini kurang lebih 8% dari luas total daerah penelitian. Tebal satuan ini pada daerah penelitian kurang lebih 20 meter. Satuan ini tersebar di tengah dan ke barat laut daerah penelitian (gambar 4).



Gambar 3. Foto kenampakan Batupasir Gampingan secara megaskopis dan mikroskopis (nikol silang dan nikol sejajar)



Gambar 4. Peta Penyebaran Batupasir Gampingan Formasi Ngrayong pada daerah penelitian dan lokasi pengambilan sampel uji laboratorium

## Nilai Porositas

### Sampel Lokasi Pengamatan (LP) 64

Metode Penimbangan

Setelah melakukan penimbangan maka hasil yang didapatkan sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Penimbangan Sampel LP 64

Lokasi Pengamatan	Wdry (gr)	Wsat (gr)	Wsif (gr)	Densitas Air (gr/Cm3)
LP 64	21,18	22,479	13,20	1

Tabel 2. Hasil Perhitungan Metode Penimbangan LP 64

Vb (Cm3)	Vp (Cm3)	Ø (%)
9,279	1,299	13,99

Berdasarkan perhitungan dari analisa porositas pada lokasi pengamatan 64, didapatkan nilai porositas sebesar 13,99%.

### Sampel Lokasi Pengamatan (LP) 65

Metode Penimbangan

Setelah melakukan penimbangan maka hasil yang didapatkan sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Penimbangan Sampel LP 65

Lokasi Pengamatan	Wdry (gr)	Wsat (gr)	Wsif (gr)	Densitas Air (gr/Cm3)
LP 65	20,078	21,979	15,1	1

Tabel 4. Hasil Perhitungan Metode Penimbangan LP 65

Vb (Cm3)	Vp (Cm3)	Ø (%)
6,879	1,901	27,635

Berdasarkan perhitungan dari analisa porositas pada lokasi pengamatan 65, didapatkan nilai porositas sebesar 27,635%.

Setelah mendapatkan nilai porositas dari metode penimbangan kemudian dicari rata-rata porositas dari dua sampel yang uji dan dilakukan perhitungan dan mengplot nilai rata-rata ke dalam tabel Porositas *Reservoir* [1].

Tabel 5. Nilai rata-rata porositas pada LP 64 dan 65

Kode Sampel	Porositas	
	Penimbangan (%)	Sayatan Tipis (%)
64	13,99	22
65	27,635	32
Rata-rata :	20,8125	27

Tabel 6. Pengeplotan Nilai rata-rata porositas pada Tabel Porositas *Reservoir* [1]

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

Rata-rata nilai Porositas LP 64 dan 65 adalah 20,8125% (**sangat baik**).

### Nilai Permeabilitas

#### Sampel Lokasi Pengamatan (LP) 64

Nilai sampel lokasi pengamatan 64 yang di uji pada alat Permeameter adalah sebagai berikut:

Panjang Core : 2,5 cm

Luas Penampang Core : 4 cm

Viskositas Gas ( $\mu g$ ) : 1 cp

Tabel 7. Hasil pengukuran pada alat permeameter LP 64

$\Delta P$ (atm)	Skala	Flow Reading (mm)	Qg (cc/detik)
0,25	Medium	25	1,2
0,5	Medium	32	2
1	Medium	41	1,9

Setelah itu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai permeabilitas total. Berdasarkan hasil perhitungan permeabilitas pada sampel 64 batuan maka diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil perhitungan metode pengukuran dengan alat permeameter LP 64

Kode Sampel	Permeabilitas	
	mD	Darcy
64	44,556	0,04456

### Sampel Lokasi Pengamatan (LP) 65

Nilai sampel lokasi pengamatan 65 yang di uji pada alat Permeameter adalah sebagai berikut:

Panjang Core : 2,5 cm  
 Luas Penampang Core : 4 cm  
 Viskositas Gas ( $\mu g$ ) : 1 cp

Tabel 9. Hasil pengukuran pada alat permeameter LP 65

$\Delta P$ (atm)	Skala	Flow Reading (mm)	Qg (cc/detik)
0,25	Medium	14	0,11
0,5	Medium	33	0,24
1	Medium	43	0,36

Setelah itu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai permeabilitas total. Berdasarkan hasil perhitungan permeabilitas pada sampel LP 65 batuan maka diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil perhitungan metode pengukuran dengan alat permeameter LP 65

Kode Sampel	Permeabilitas	
	mD	Darcy
65	4,912	0,004912

Setelah mendapatkan nilai permeabilitas dari metode alat permeameter, kemudian dicari rata-rata permeabilitas dari dua sampel yang uji dan dilakukan perhitungan dan mengplot nilai rata-rata ke dalam tabel Permeabilitas *Reservoir* [1].

Tabel 11. Nilai rata-rata permeabilitas pada LP 64 dan 65

Kode Sampel	Permeabilitas	
	mD	Darcy
64	44,556	0,04456
65	4,912	0,004912
Rata-rata :	24,734	0,024736

Tabel 12. Pengeplotan Nilai rata-rata permeabilitas pada  
 Tabel 13. Porositas *Reservoir* [1]

No.	Istilah	Permeabilitas (mD)
1	Ketat ( <i>tight</i> )	<5
2	Cukup ( <i>fair</i> )	5 – 10
3	Baik ( <i>good</i> )	10 – 100
4	Baik sekali ( <i>Very good</i> )	– 1000

Rata-rata nilai Permeabilitas LP 64 dan 65 adalah 24,734mD (**baik**).

### KESIMPULAN

Potensi Batupasir Gampingan Formasi Ngrayong sebagai batuan *reservoir* berdasarkan hasil analisis porositas dan permeabilitas:

1. Batupasir Gampingan Formasi Ngrayong mempunyai nilai porositas rata-rata sebesar 20,8125% dan nilai rata-rata permeabilitas sebesar 24,734 mD dan sehingga

- berdasarkan klasifikasi Koesoemadinata [1], Batupasir Gampingan Formasi Ngrayong mempunyai porositas sangat baik dan permeabilitas yang baik.
2. Dengan hasil porositas sangat baik dan permeabilitas yang baik, maka Batupasir Gampingan Formasi Ngrayong berpotensi sebagai batuan reservoir yang baik.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Koesoemadinata, R. P., 1980, *Geologi Minyak dan Gas Bumi*, Jilid 1 dan 2, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [2] Selley, R.C., 1985, *Ancient Sedimentary Environment and Their Sub-surface Diagnosis*, Cornell University Press, Ithaca, New York.
- [3] Situmorang, R. L., Smit R., and Van Vessem, E. J., 1992, *Geology Map of The Jatirogo Quadrangle, Jawa*, skala 1:100.000, Pusat Survey Geologi, Bandung.
- [4] Van Bemmelen, R.W. 1949, *The Geology of Indonesia*, Martinus Nyhoff, Netherland: The Haque.