

POROSITAS RESERVOIR KARBONAT FORMASI MANUSELA BERDASARKAN ANALISIS PETROFISIKA

Rizq Abi Rafdy^{1*}, Yusi Firmansyah¹, Joko Wahyudiono², Edy Sunardi¹

Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jatinangor¹

Pusat Survei Geologi, Bandung²

*abirafdy@gmail.com

ABSTRAK

Formasi Manusela terdiri dari batugamping mengandung foraminifera dan ganggang berumur Triassic-Jurassic. Lingkungan pengendapan formasi ini yaitu pada laut dangkal. Karakteristik formasi ini yang berupa batuan karbonat sangat berpotensi sebagai reservoir karena memiliki keberagaman porositas yang relatif besar disebabkan oleh pengaruh diagenesa yang dialami. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai porositas reservoir karbonat pada Formasi Manusela ini berdasarkan analisis petrofisika. Terdapat beberapa litofasies penyusun formasi ini yang ditentukan berdasarkan jenis butir, komposisi butir, dan biota penyusun. Di antaranya adalah fasies Oolitic Grainstone, Crystalline, Peloid Packstone- Dolomitic Wackestone, Intraclast-Peloid Packstone dan Wackestone.

Kata kunci: porositas, Formasi Manusela, litofasies, petrofisika

ABSTRACT

Manusela Formation consist of limestone containing foraminifera and algae Triassic-Jurassic age. Its depositional environment is in shallow marine. Characteristics of this formation, that are carbonate rock, is very potential as a reservoir because of its heterogeneity of porosity caused by diagenesis process. Therefore, this research would discuss the porosity of carbonate reservoir in Manusela Formation based on petrophysical analysis. There are several lithofacies composing this formation determined by grain type, grain composition, and biota. The facies are Oolitic Grainstone, Crystalline, Peloid Packstone- Dolomitic Wackestone, Intraclast-Peloid Packstone, and Wackestone.

Keywords: porosity, Manusela Formation, lithofacies, petrophysics

1. PENDAHULUAN

Reservoir karbonat dicirikan dengan keberagaman porositas dan permeabilitas yang sangat tinggi. Hal ini

berkaitan dengan kompleksnya lingkungan pengendapan aslinya dan pengaruh diagenesa yang dapat mengubah tekstur aslinya (Jardine dkk,

1977). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan pada Formasi Manusela yang berlitologi batuan karbonat karena keberagaman jenis porositasnya. Dapat diketahui juga pentingnya analisis petrofisika dalam menghitung nilai porositas dengan pembacaan log yang dapat memberikan gambaran detail bawah permukaan. Objek penelitian berupa dua sumur eksplorasi yang dinamakan dengan Sumur RA-1 dan Sumur RA-2 berlokasi di Pulau Seram bagian timur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fasies apa saja yang berada pada Formasi Manusela serta pada fasies manakah porositas yang tergolong Baik hingga Istimewa berada.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Formasi Manusela

Formasi Manusela terdiri dari batugamping berwarna putih kotor sampai kelabu, berlapis baik di bagian bawah. Terdapat fosil foraminifera dan ganggang berumur Trias-Jura, terendapkan di lingkungan laut dangkal (Shell, 1977 dalam Gafoer dkk, 1984). Tebal formasi ini mencapai 700 m, sebagian menjemari dan kontak selaras di atas Formasi Kanikeh (Gafoer dkk, 1984).

2.2 Porositas

Porositas pada batuan karbonat dibagi menjadi tiga sistem menurut (Choquette dan Pray, 1970), yaitu:

A. Fabric Selective

- Interpartikel
- Intrapartikel
- Interkristal
- Mouldic
- Fenestral
- Shelter
- Growth Framework

B. Not Fabric Selective

- Fracture
- Channel
- Vug
- Cavern

C. Fabric Selective or Not

- Breccia
- Boring
- Burrow
- Shrinkage

Besar porositas diklasifikasikan menggunakan klasifikasi Koesoemadinata (1980) (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi porositas (Koesoemadinata, 1980)

Klasifikasi Porositas (Koesoemadinata, 1980)	
0-5 %	Dapat diabaikan
5-10 %	Buruk
10-15 %	Cukup
15-20 %	Baik
20-25 %	Sangat Baik
>25 %	Istimewa

2.3 Petrofisika

Petrofisika adalah studi mengenai sifat fisik dan kimia batuan dan kandungan fluida di dalamnya (Tiab, 2015). Salah satu fungsi dari analisis petrofisika adalah untuk penentuan nilai porositas. Porositas dapat dihitung dengan beberapa jenis log (density, neutron, dan sonic) dan dikombinasikan dengan data RCAL (*routine core analysis*).

a. Log Density

$$\Phi_{\text{den}} = \frac{\rho_{\text{ma}} - \rho_{\text{b}}}{\rho_{\text{ma}} - \rho_{\text{f}}}$$

Di mana:

Φ_{den} = porositas log density

ρ_{ma} = densitas matrix

ρ_{b} = *bulk density*

ρ_{f} = densitas fluida

b. Log Density- Neutron

$$\emptyset_{\text{dc}} = \emptyset_{\text{d}} - (V_{\text{sh}} \cdot \emptyset_{\text{dsh}})$$

Di mana:

$\emptyset_{\text{dc}}$ = Porositas koreksi densitas (v/v)

$\emptyset_{\text{d}}$ = Porositas densitas (v/v)

$\emptyset_{\text{dsh}}$ = Porositas densitas shale (v/v)

$$\emptyset_{\text{Nc}} = \emptyset_{\text{N}} - (V_{\text{sh}} \cdot \emptyset_{\text{Nsh}})$$

Di mana:

$\emptyset_{\text{Nc}}$ = Porositas koreksi neutron (v/v)

$\emptyset_{\text{N}}$ = Porositas neutron (v/v)

$\emptyset_{\text{Nsh}}$ = Porositas neutron shale (v/v)

V_{sh} = Volume shale (v/v)

Porositas efektif

$$\emptyset_e = \sqrt{[(\emptyset_{\text{dc}}^2 + \emptyset_{\text{Nc}}^2)/2]}$$

Di mana:

$\emptyset_e$ = Porositas efektif (v/v)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Penentuan Litofasies

Litofasies ditentukan berdasarkan klasifikasi Dunham (1962) yang dikombinasikan dengan kandungan butiran karbonat atau biota dari data analisis petrografi dan batuan inti.

3.2 Analisis Petrofisika

Pada tahap ini dilakukan dua perhitungan, yaitu dengan metode Density dan Density-Neutron untuk membandingkan metode manakah yang paling mendekati porositas RCAL. Dilakukan perhitungan terhadap dua sumur yaitu Sumur RA-1 dan RA-2 dengan menginput data dari *wireline logging*.

3.3 Analisis Hubungan Antara Litofasies dengan Nilai Porositas

Nilai porositas yang telah dihitung kemudian dianalisis mengenai hubungannya dengan litofasies.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Litofasies

Pada Sumur RA-1 terdapat dua litofasies, yaitu:

a. Fasies Oolitic Grainstone

Fasies ini berada pada kedalaman 5352-5500 ft, 5700-5779 ft, dan 6260-6390 ft. Karakter litologi pada umumnya berupa batugamping berwarna krem, berbutir halus, kekerasannya keras, mengandung dolomit. Porositasnya dapat diabaikan hingga cukup berupa rekahan, intergranular, dan moldic. Biota didominasi oleh echinodermata. Sedangkan butiran non-skeletal didominasi oleh ooid.

b. Fasies Crystalline

Fasies ini berada pada kedalaman 5500-5700 ft, 5780- 6260 ft, dan 6390-6600 ft. Karakter litologi pada umumnya berupa batugamping *crystalline* berwarna krem, beberapa litologi yang berbutir memiliki ukuran butir halus hingga sedang, kekerasannya keras, pori berupa vug dan rekahan, beberapa memiliki struktur *stylolite*.

Pada Sumur RA-2 terdapat empat litofasies, yaitu:

a. Fasies Peloid Packstone- Dolomitic Wackestone

Fasies ini berada pada kedalaman 6685-6813,5 ft dan 6879,3-7010,4 ft. Pada fasies ini terdapat dua litologi yang saling berselingan, yaitu Packstone dan Wackestone (Dunham, 1962).

Karakteristik litologi packstone secara umum memiliki ukuran butir 0,06-6 mm, butiran didominasi oleh

peloid, butiran lain terdiri dari biota, ooid, dan peloid, porositas 0-5,2 % yang umumnya berupa intergranular dan rekahan.

Karakteristik litologi dolomitic wackestone secara umum memiliki ukuran butir 0,06-2,7 mm, butiran terdiri dari biota dan peloid, porositas 0,4-0,8 % yang umumnya berupa rekahan.

b. Fasies Wackestone

Fasies ini berada pada kedalaman 6813,5-6837,4 ft; 6856,9-6879,33 ft ; 7396 -7407 ft. Karakter litologi secara umum memiliki ukuran butir 0,06-3 mm, butiran terdiri dari biota dan peloid, porositas 1,2-8,4 % yang umumnya berupa rekahan, sebagian moldic dan *intercrystalline*. Biota yang terdapat dalam fasies ini umumnya adalah ostracoda, bivalvia, gastropoda, foraminifera bentonik kecil, koral, dan echinodermata.

c. Fasies Intraklas-Peloid Packstone

Fasies ini berada pada kedalaman 6837- 6856,9 ft. Karakteristik litologi secara umum memiliki ukuran butir 0,06-6 mm, butiran didominasi oleh intraklas dan peloid dan mengandung sedikit biota dan ooid, porositas 0,4-6% yang umumnya berupa rekahan dan sebagian moldic dan intergranular.

d. Fasies Oolitic Grainstone

Fasies ini berada pada kedalaman 7010,4-7396 ft. Karakter litologi secara umum memiliki ukuran butir 0,06-5,1 mm, butiran 12-66 % yang terdiri dari biota, ooid, dan peloid, namun didominasi oleh ooid, porositas 0,4-12 % yang umumnya berupa rekahan, disolusi, dan intergranular. Biota yang terdapat dalam fasies ini umumnya adalah bivalvia, debris moluska, koral, alga hijau, dan echinodermata.

4.2 Analisis Petrofisika

Pertama dilakukan Prekalkulasi dan Koreksi Lingkungan untuk mengurangi kesalahan akibat faktor lingkungan saat proses pengeboran. Kemudian dilakukan perhitungan *volume shale* dengan memasukkan data log Gamma Ray, yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan porositas.

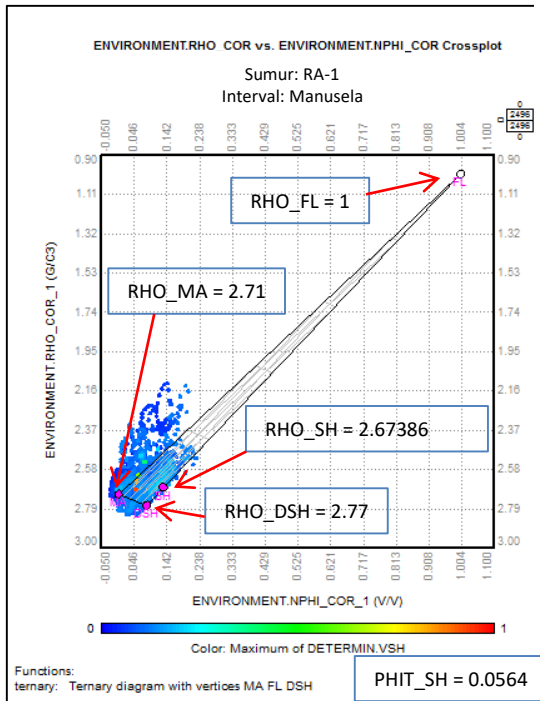
Metode yang digunakan dalam perhitungan *Volume Shale* adalah persamaan Stieber. Dari hasil penggambaran grafik pada histogram gamma ray, didapatkan nilai GR max sebesar 168,3 GAPI dan GR min sebesar 3,5 GAPI untuk Sumur RA-1. GR max sebesar 115,6 GAPI dan GR min sebesar 1,9 GAPI untuk Sumur RA-2. Hasil yang didapat adalah sebagai berikut (Tabel 2).

Tabel 2. *Volume shale* pada Sumur RA-1 dan RA-2

SUMUR RA-1	
FASIES	Vsh
Oolitic Grainstone	2.66%
Crystalline	3.73%
Oolitic Grainstone	2.19%
Crystalline	3.89%
Oolitic Grainstone	4.22%
Crystalline	1.06%
Rata-rata	3.12%

SUMUR RA-2	
FASIES	Vsh
Peloid Packstone	2.71%
Wackestone	1.62%
Intraklas Packstone	1.62%
Wackestone	1.11%
Peloid Packstone	2.66%
Oolitic Grainstone	2.24%
Wackestone	1.12%
Rata-rata	1.94%

Perhitungan porositas dalam penelitian ini membandingkan dua metode yaitu metode Density dan Density-Neutron. Untuk mengetahui besar porositas efektif dari suatu batuan dengan menggunakan kedua metode ini, dibutuhkan besaran nilai densitas dari *shale*, *dry shale*, matriks dan fluida.



Gambar 1. Crossplot RHO, NPHI, dan VSH Sumur RA-1

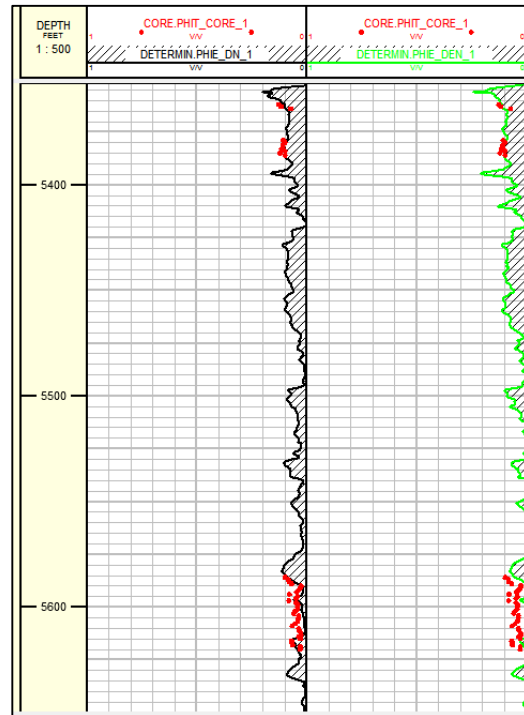
Diketahui matriks yang dominan berupa calcite dan *dry shale* berupa illite. Sedangkan nilai densitas *shale* sebesar 2.67386 didapat dari *crossplot* RHO, NPHI, dan VSH (Gambar 1).

a. Metode Density

Perhitungan porositas dengan Metode Density hanya menggunakan log RHOB dan *Volume Shale*.

b. Metode Density-Neutron

Perhitungan porositas dengan Metode Density-Neutron menggunakan kombinasi log NPHI dan log RHOB. Log NPHI mengukur jumlah ion H^+ yang tertangkap oleh formasi sedangkan log RHOB mengukur *bulk density* dari formasi.



Gambar 2. Log porositas dengan metode Density-Neutron (kiri) dan metode Density (kanan)

Dari perbandingan kedua metode di atas, didapatkan metode Density-Neutron lebih mendekati hasil dari RCAL dengan akurasi 85%, sedangkan metode Density memiliki akurasi 83% (Gambar 2). Hasil perhitungan porositas Density-Neutron adalah sebagai berikut (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai dan klasifikasi Porositas efektif pada Sumur RA-1 (atas) dan RA-2 (bawah)

FASIES	PHIE	Klasifikasi (Koesoemadinata, 1980)
1.Oolitic Grainstone	0.0695	Buruk
2. Crystalline	0.0386	Dapat Dibaikan
3. Oolitic Grainstone	0.0934	Buruk
4. Crystalline	0.0738	Buruk
5. Oolitic Grainstone	0.0464	Dapat Dibaikan
6. Crystalline	0.0391	Dapat Dibaikan
Rata-rata	0.0688	Buruk

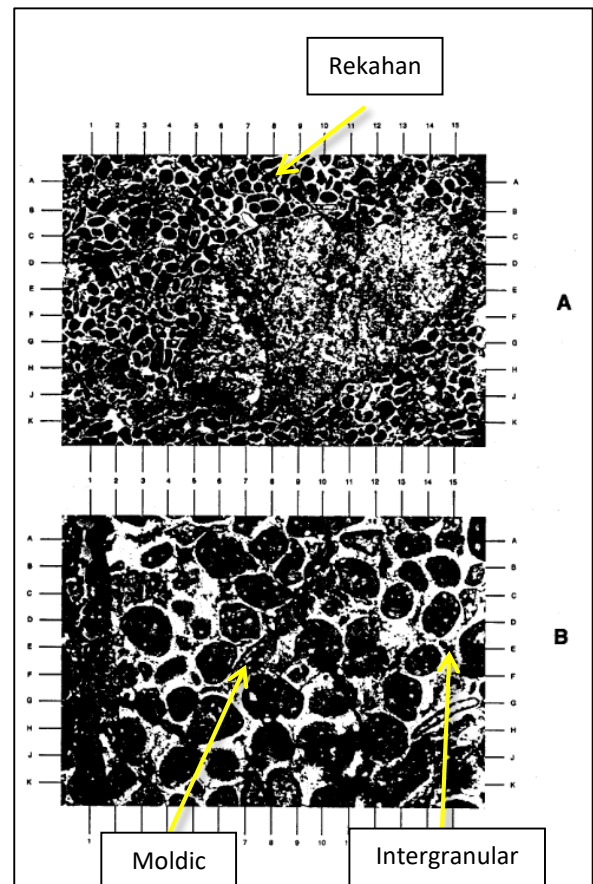
FASIES	PHIE	Klasifikasi (Koesoemadinata, 1980)
1.Peloid Packstone	0.0196	Dapat Dibaikan
2.Wackestone	0.0069	Dapat Dibaikan
3.Intraklas Packstone	0.0172	Dapat Dibaikan
4.Wackestone	0.0030	Dapat Dibaikan
5.Peloid Packstone	0.0067	Dapat Dibaikan
6.Oolitic Grainstone	0.0204	Dapat Dibaikan
7.Wackestone	0.0469	Dapat Dibaikan
Rata-Rata	0.0172	Dapat Dibaikan

4.3 Hubungan Antara Litofasies dengan Nilai Porositas

Secara umum, porositas Formasi Manusela pada Sumur RA-1 dan RA-2 memiliki porositas tergolong Dapat Diabaikan hingga Buruk, sebagaimana yang tercantum pada Tabel 3. Namun pada interval tertentu terdapat porositas yang tergolong Cukup, Baik, Sangat Baik, bahkan Istimewa (Tabel 4).

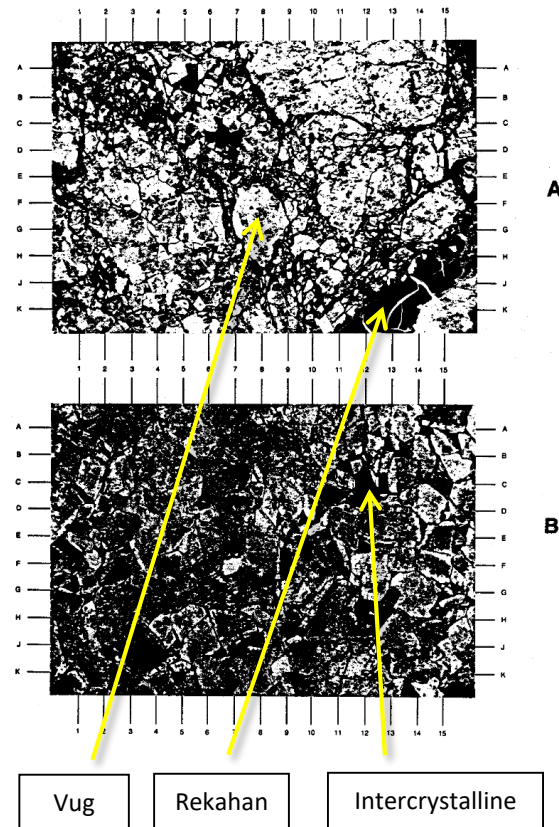
Pada Sumur RA-1, Fasies yang memiliki interval porositas Baik hingga Istimewa terdapat pada Fasies Oolitic Grainstone. Porositas pada fasies ini berupa porositas *Fabric Selective* yaitu

intergranular dan moldic, di mana tidak selalu dijumpai pada fasies lainnya. porositas intergranular dihasilkan dari hubungan antar butiran ooid yang memiliki ukuran butir relatif hampir seragam atau sortasi sangat baik sehingga menghasilkan ruang yang berperan sebagai pori. Sedangkan porositas moldic dihasilkan dari pelarutan biota atau fragmen cangkang yang terkandung dalam batuan. Porositas *Not-Fabric Selective* berupa rekahan juga berperan menambah volume pori (Gambar 3).



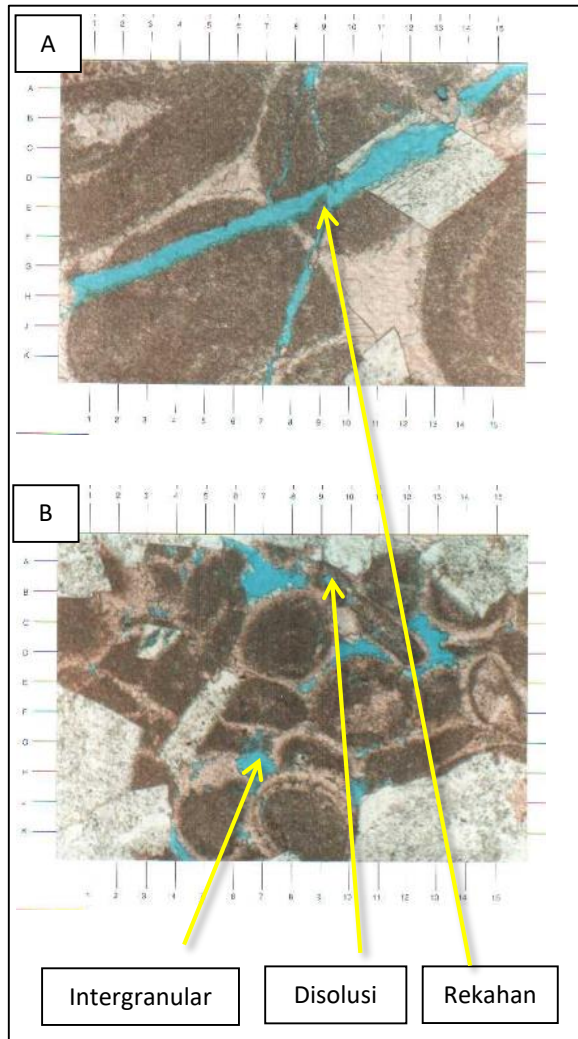
Gambar 3. Sayatan tipis sampel batuan inti (laporan sumur) pada kedalaman 5760 ft Sumur RA-1 perbesaran 15x (A) dan 49x (B)

Selain terdapat pada Fasies Oolitic Grainstone, porositas yang terklasifikasi Baik hingga Istimewa juga banyak terdapat pada Fasies Crystalline. Secara bentuk kristalnya, dikenal ada dua jenis pada dolomit. Planar (idiotopic) dolomit mengandung kristal berbentuk rhombic, euhedral sampai anhedral. Non-Planar (xenotopic) dolomit umumnya tersusun dari kristal anhedral (Boggs, 2006). Pada sumur ini bentuk kristalnya yang dominan adalah subhedral sampai euhedral, sehingga memungkinkan terdapatnya pori intercrystalline. Walaupun litologinya berupa batugamping crystalline yang cenderung minim akan porositas *Fabric Selective*, namun mayoritas dari sampel yang ada menunjukkan terdapat porositas *Not-Fabric Selective* seperti vug dan rekahan yang berperan dalam membentuk pori yang cukup besar (Gambar 4).



Gambar 4. Sayatan tipis sampel batuan inti (laporan sumur) pada kedalaman 5780 ft Sumur RA-1 perbesaran 15x (A) dan 49x (B)

Pada Sumur RA-2, seluruh porositas dengan klasifikasi Baik hingga Istimewa berada pada Fasies Oolitic Grainstone. Jenis porositasnya pun tidak jauh berbeda dengan porositas pada Fasies Oolitic Grainstone Sumur RA-1, yaitu berupa porositas intergranular, disolusi, dan rekahan (Gambar 5).



Gambar 5. Sayatan tipis sampel batuan inti (laporan sumur) pada kedalaman 7204 ft (A) dan 7208 ft (B) Sumur RA-2 skala 1000:8

Tabel 4. Interval porositas dengan klasifikasi Cukup hingga Istimewa pada Sumur RA-1 (atas) dan RA-2 (bawah)

Sumur RA-1

No	FASIES	KEDALAMAN (FT)	POROSITAS
1	Oolitic Grainstone	5354	Cukup
2	Oolitic Grainstone	5354.5-5358.5	Baik
3	Oolitic Grainstone	5359-5363	Cukup
4	Oolitic Grainstone	5382-5382.5	Cukup
5	Oolitic Grainstone	5393-5393.5	Cukup
6	Oolitic Grainstone	5394-5394.5	Cukup
7	Oolitic Grainstone	5395-5395.5	Cukup
8	Crystalline	5580-5584	Cukup
9	Oolitic Grainstone	5744.5-5745	Cukup
10	Oolitic Grainstone	5745.5-571.5	Baik
11	Oolitic Grainstone	5752-5752.5	Cukup
12	Oolitic Grainstone	5753-5773.5	Baik
13	Oolitic Grainstone	5774-5778	Sangat baik-Istimewa
14	Oolitic Grainstone	5778.5-5779	Baik
15	Crystalline	5779.5-5782.5	Sangat baik
16	Crystalline	5783-5784.5	Baik
17	Crystalline	5785-5788	Cukup
18	Crystalline	5918-5925	Cukup
19	Crystalline	5929.5-5932.5	Cukup
20	Crystalline	5935-5945	Cukup
21	Crystalline	5951-5954	Cukup
22	Crystalline	6021-6025	Cukup
23	Crystalline	6027-6032	Cukup
24	Crystalline	6079-6080	Cukup
25	Crystalline	6081.5-6083	Sangat baik-Istimewa
26	Crystalline	6083.5-6097.5	Cukup
27	Crystalline	6141-6143.5	Baik
28	Crystalline	6144-6145.5	Cukup
29	Crystalline	6146-6148.5	Baik
30	Crystalline	6149-6151	Cukup
31	Crystalline	6155-6156	Cukup
32	Crystalline	6395.5-6399.5	Cukup
33	Crystalline	6447-6449.5	Cukup

Sumur RA-2

No	FASIES	KEDALAMAN (FT)	POROSITAS
1	Oolitic Grainstone	7302	Cukup
2	Oolitic Grainstone	7302.5-7303	Baik
3	Oolitic Grainstone	7303.5	Cukup
4	Oolitic Grainstone	7307.5	Baik
5	Oolitic Grainstone	7308-7309	Sangat baik-Istimewa
6	Oolitic Grainstone	7309.5	Cukup

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini, fasies yang berada pada Formasi Manusela dapat dibagi menjadi dua fasies pada Sumur RA-1, yaitu Oolitic Grainstone dan Crystalline, serta empat fasies pada

Sumur RA-2, yaitu Peloid Packstone-Dolomitic Wackestone, Intraclast-Peloid Packstone, Wackestone, dan Oolitic Grainstone.

Porositas Formasi Manusela pada Sumur RA-1 dan RA-2 secara umum memiliki porositas yang tergolong Dapat Diabaikan hingga Buruk. Namun terdapat beberapa interval ketebalan yang memiliki porositas yang tergolong Cukup, Baik, Sangat Baik, bahkan Istimewa. Terdapat 33 interval pada Sumur RA-1 dengan ketebalan dari 0,5 ft hingga 14 ft dan 6 interval pada Sumur RA-2 dengan ketebalan dari 0,5 ft hingga 1 ft.

Pada Sumur RA-1, Fasies yang memiliki interval porositas Baik hingga Istimewa terdapat pada Fasies Oolitic Grainstone dan Fasies Crystalline. Pada Fasies Oolitic Grainstone, jenis porositasnya berupa porositas intergranular, moldic, dan rekahan. Sedangkan pada Fasies Crystalline jenis porositasnya berupa porositas intercrystalline, vug, dan rekahan.

Pada Sumur RA-2, seluruh porositas dengan klasifikasi Baik hingga Istimewa berada pada Fasies Oolitic Grainstone. Jenis porositasnya berupa porositas intergranular, disolusi, dan rekahan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak Pusat Survei Geologi, terutama Pak Joko Wahyudiono sebagai pembimbing teknis, yang telah memberikan akses data dan fasilitas. Kemudian, penulis juga berterima kasih kepada Prof. Edy Sunardi dan Pak Yusi sebagai pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu, saran, dan masukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Boggs, S., 2006, *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Choquette, P.W. dan Pray, L.C., 1970, *Geologic Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonates*, The American Association of Petroleum Geologists Bulletin v.54, hal. 207-250.
- Dunham, R. J., 1962, *Classification of Carbonate Rocks according to depositional texture*, Association Petroleum Geologist Mem.1, hal.108-121.
- Gafoer, S., Suwitodirdjo, K., and Suharsono, 1984, *Laporan*

*Geologi Lembar Bula dan
Kepulauan Watubela, skala 1 :
250.000, Bandung: Puslitbang
Geologi.*

Jardine, D. et al., 1977, *Distribution and
Continuity of Carbonate
Reservoirs*. Journal of Petroleum
Technology vol. 29.

Koesoemadinata, 1980, *Geologi Minyak
dan Gas Bumi. Jilid 1 Edisi
Kedua*, Bandung: ITB.

Tiab, Djebbar and Donaldson, E. C.
2015. *Petrophysics: Theory and
Practice of Measuring Reservoir
Rock and Fluid Transport
Properties*. Gulf Professional
Publishing.