

KARAKTERISTIK BATUAN KARBONAT SEBAGAI POTENSI BATUAN RESERVOIR BERDASARKAN ANALISIS POROSITAS DAN PETROGRAFI PADA FORMASI PRUPUH, LAMONGAN, JAWA TIMUR

Muhammad Rus Dody Alfayed¹, Siti Nuraini², Al Hussein Flowers Rizqi³

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

Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman

e-mail: Rusdodyalfayed12@gmail.com, sitinuraini@itny.ac.id, alhussein@sttnas.ac.id

Abstrak

Diagenesa merupakan suatu proses yang terjadi pada batuan umumnya, salah satunya batuan karbonat. Proses ini akan dapat menyebabkan nilai porositas dapat mengalami peningkatan dan penurunan tergantung pada proses diagenesa yang terjadi pada batuan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui model fasies, diagenesa dan hubungan fasies diagenesa terhadap nilai porositas pada Formasi Prupuh. Lokasi penelitian berada pada Solokuro, Lamongan, Jawa Timur. Metode yang digunakan pengukuran stratigrafi, deskripsi litologi secara megaskopis, analisa petrografi untuk mengidentifikasi fasies dan produk diagenesa dan uji laboratorium untuk mengetahui nilai porositas dan menggunakan cairan blue dye dalam penentuan nilai porositas. Formasi Prupuh yang terukur dengan ketebalan 15 m secara vertikal pada fasies zone 7 dan fasies zone 8. Asosiasi fasies meliputi packstone abundant foraminifera, fasies wackstone, fasies aggregate grainstone dan fasies grainstone with abundant foraminifera. Proses diagenesis berupa pelarutan yang intensif dan sementasi kalsit, mikritisasi dan recrystalisasi. Tipe pori yang terbentuk channel dan vuggy, intrapartikel dan intercrystall. Nilai porositas mengalami peningkatan pada proses diagenesa pelarutan dan recrystalisasi, sedangkan nilai porositas yang mengalami penurunan diakibatkan diagenesa sementasi dan mikritisasi.

Kata kunci—fasies, diagenesa, porositas, Solokuro, Prupuh

Abstract

Diagenesis is a process occurred in several rock, included in carbonate rocks. This process caused the porosity value is increase and decrease based on each rock diagenesis process. The aim of this research is to identify of facies model, diagenesis, and relationship of diagenesis facies and porosity value in Prupuh Formation. The research area is located in Solokuro, Lamongan, East Java. The method used in this study such as stratigraphical measuring section, lithology description, petrographical thin section is used to facies identification and diagenesis product. The laboratory analysis is used to determine of porosity rock value. The Prupuh Formation is vertically measured in 15 metres within facies zone 7 and facies zone 8. The facies association in research area were packstone abundant foraminifera, wackstone facies, fasies aggregate grainstone facies and grainstone facies with abundant foraminiferal. The diagenesis process such as intensively rock leaching and calcite cementation, micritization, and recrystallization. The rock porosity was formed in channel and vuggy, intraparticle, and intercrystall. The rock porosity value had been increased for rock leaching diagenesis and recrystallization. The rock porosity value had been decreased due to cementation diagenesis and micritization.

Keywords—facies, diagenesis, porosity, Solokuro, Prupuh

1. PENDAHULUAN

Dalam kegiatan eksplorasi minyak dan gas bumi (migas) batuan karbonat kerap kali menjadi target untuk reservoir. Menurut Knebel dan Rodriguez (1956) dalam Kosoemadinata [1] 59% lapangan migas terdapat dalam batuan reservoir batupasir dan 40% terdapat pada batuan karbonat. Besar atau kecilnya nilai suatu porositas dipengaruhi akibat dari evolusi dari porositas

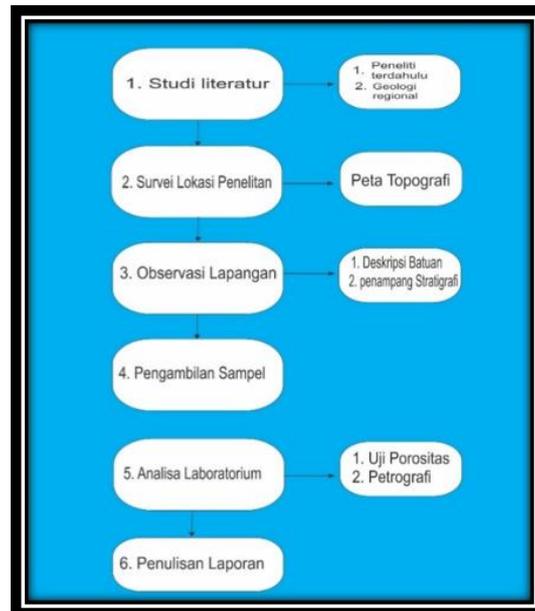
tersebut ketika batuan mengalami proses deposisi. Suatu perubahan nilai porositas pada batuan karbonat dikontrol oleh adanya proses dari diagenesis, proses diagenesis dapat disebabkan oleh proses fisika, kimia, dan biologi.

Maksud dari penelitian ini adalah pengambilan data kolom penampang stratigrafi, analisa petrografi dan uji lab porositas, dengan tujuan agar dapat memahami karakteristik batuan reservoir, mengetahui bagaimana kualitas porositas reservoir batuan karbonat dan juga bagaimana hubungan kualitas porositas reservoir batuan karbonat terhadap fasies dan diagenesa pada daerah penelitian.

Pada daerah penelitian kita ketahui terletak pada zona fisografi rembang dan termasuk pada cekungan jawa timur utara yang mana cekungan ini termasuk pada cekungan back arc basin, cekungan ini menghasilkan sumber daya minyak dan gas bumi yang di eksploitasi. Pada cekungan jawa timur utara bahwa formasi kujung I, Kujung II, Kujung III sebagai source rock dan reservoir, dimana lokasi penelitian termasuk pada formasi prupuh ekuivalen dengan formasi Kujung unit III. Berdasarkan penjelasan diatas maka sangat menarik untuk dibahas untuk batuan reservoir formasi sebagai potensi batuan reservoir dalam minyak dan gas bumi.

2. METODE PENELITIAN

Metode dilakukan untuk mendapat data dilakukan dengan cara data berupa lapangan dan data analisis laboratorium (Gambar 1). Data lapangan berupa pengukuran stratigrafi dengan skala 1:50. Pada saat pengukuran dilakukan identifikasi batuan secara megaskopis dan pengambilan sampel batuan pada zona yang mewakili sampel diambil 4 bagian bawah, tengah dan atas. Analisis laboratorium dilakukan pada sayatan petrografi dan uji porositas.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

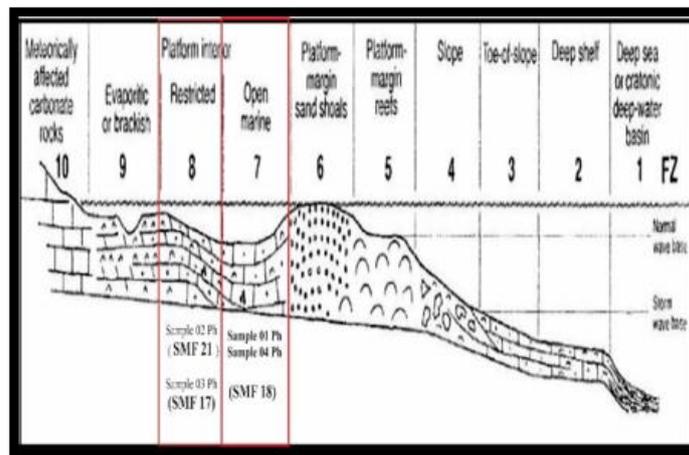
Analisa sayatan petrografi dilakukan untuk mengidentifikasi ciri fisik batuan dan tipe pori, fasies dan produk-produk diagenesa yang terbentuk sehingga dapat memudahkan dalam penamaan dan penentuan proses diagenesa. Uji nilai porositas dilakukan guna mengetahui nilai porositas secara kuantitatif dari sampel yang diambil di Formasi Prupuh. Data data yang telah di dapat guna dalam membantu interpretasi fasies, proses diagenesa, lingkungan diagenesa dan fasies dan hubungan fasies, diagenesa terhadap nilai porositas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Fasies

Fasies Packstone abundant foraminifera Karakteristik batuan ini secara megaskopis warna segar abu-abu keputihan, warna lapuk kuning kecoklatan, struktur sedimen berlapis tekstur klastik dengan ukuran butir pasir sedang dengan ketebalan 70 cm dengan komposisi mineral kalsit. Fasies packstone abundant foraminifera yang berada pada bagian paling bawah dari penampang terukur stratigrafi ini dicirikan dengan penjelasan diatas maka berada pada daerah energy pengendapannya yang rendah dicirikan kehadiran mikrit dan sementasi yang melimpah pada kenampakan sayatan petrografi, terdapat cangkang fosil foraminifera yang melimpah dalam jumlah banyak, dari karakteristik secara megaskopis dan sayatan petrografi maka daerah pada sample ph 01 berada pada fasies ini terendapkan pada shelf lagoon open circulation/ open marine menurut Wilson (1975) (Gambar 2).

Fasies Wackstone Karakteristik batuan ini secara megaskopis warna segar putih kekuningan, warna lapuk coklat kemerahan, struktur sedimen berlapis dan masif dengan ukuran butir kasar dengan ketebalan 120 cm dengan komposisi mineral kalsit. Pada fasies sampel PH 02 pada sayatan petrografi adalah wackstone. Fasies ini berada pada bagian tengah dari penampang terukur stratigrafi daerah penelitian dengan penjelasan diatas maka sampel PH 02 dicirikan adanya pengendapan dengan energi yang rendah sehingga pada proses ini terendapkannya tidak dijumpai foraminifera maupun alga ataupun *organic* dengan didominasi *low-calcite* yang mengalami rekristalisasi dari berukuran mikrit menjadi kristal, karakteristik ini berdasarkan megaskopis dan petrografi maka pada sample bagian pH 02 menunjukkan pada pengendapan *Restricted Circulation Shelf & Tidal Flat*.



Gambar 2. Lingkungan fasies daerah penelitian menurut Wilson (1975)

Fasies *Aggregat Grainstone* karakteristik batuan ini secara megaskopis warna segara putih keabuaban, warna lapuk kuning kecoklatan, struktur sedimen berlapis tekstur klastik dengan berukuran pasir halus dengan sifat telah kompak dengan ketebalan 50m Fasies berada pada bagian tengah dari penampang terukur stratigrafi daerah penelitian dengan penjelasan di atas maka sample ph 03 dicirikan adanya pengendapan dengan energy yang rendah sehingga pada proses ini terendapkannya tidak dijumpai foraminifera maupun alga ataupun *organic* dengan didominasi *low-calcite* yang mengalami rekristalisasi dari bioclastik menjadi kristalisasi terdapat pelarutan vuggy skala besar dan terdapat lumpur karbonatan berwarna hitam dari karakteristik ini berdasarkan megaskopis dan petrografi maka pada sample bagian ph 03 menunjukkan pada pengendapan *Restricted Circulation Shelf & Tidal Flat*.

Fasies Bioclastik Grainstone abundant foraminifera, karakteristik batuan ini secara megaskopis warna segara putih kekuningan, warna lapuk kuning kecoklatan, struktur sedimen masif tekstur klastik dengan berukuran pasir kasar - sangat kasar dengan sifat telah kompak

dengan ketebalan 220 cm dengan komposisi mineral kalsit. Fasies ini berada pada bagian paling atas dari penampang terukur stratigrafi daerah penelitian dengan penjelasan diatas maka sample Ph 04 Top dicirikan adanya pengendapan energi yang kuat sehingga pada proses ini terendapkan bioclast-bioclast dan foraminifera planktonik mulai agak melimpah dengan didominasi semen pada ukuran butir, terdapat pelarutan dari *vuggy* tapi tidak intensif pelarutan, dari karakteristik ini berdasarkan megaskopis dan petrografi. maka pada sampel ini fasies ini terendapkan pada *shelf lagoon open circulation/ open marine*.

3.2 Pembagian Diagenesa

Karakteristik di daerah penelitian berdasarkan pengamatan secara petrografi memiliki proses diagenesa 4 model. Pembagian proses diagenesa ini berdasarkan produk-produk diagenesa, mineralogi dan tekstur batuan sehingga diketahui proses diagenesa terjadi pada batuan karbonat di daerah penelitian.

Fasies *Packstone abundant foraminifera* dari karakteristik secara megaskopis dan petrografi/ sayatan tipis bahwa batuan ini namanya adalah *Packstone* [2] dengan ciri – ciri litologi warna putih dan kuning kecoklatan, dengan komposisi fosil yang melimpah sebagai *skeletal grains*, *micrite*, *sparite* menempel di fosil dan mineral kalsit melimpah menjadi semen, terdapat pori sekunder *channel* dan *vuggy*. Penciri diagenesa pada sampel 01 Ph bottom yaitu adanya mikritisasi menempel di organisme merusak organisme dalam berkembang menunjukkan lingkungan berada pada *freatik air laut* dan proses pelarutan terjadi dimana ditunjukkan adanya pori sekunder *vuggy* dan *channel* lingkungan berada pada *meteoric vadose*, dan sementara ditunjukkan adanya semen *sparit* dan semen *isopachous* berada lingkungan diagenesa zona *freatik air laut*.

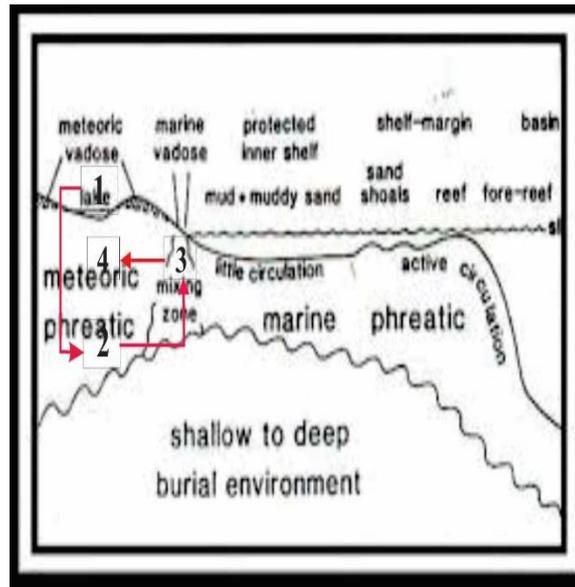
Dari karakteristik fasies *wackstone* secara megaskopis dan petrografi / sayatan tipis bahwa batuan ini namanya adalah *Wackstone* [2], dengan ciri – ciri litologi warna putih cerah, dengan komposisi fosil susah dijumpai akibat dari *presipitasi* dari kalsit mineral dari air *meteoric* dan mineral kalsit melimpah menjadi padat menutup pori sekunder terbentuk terdapat pori primer terbentuk pada sampel ini. Penciri diagenesa pada sampel 02 Ph yaitu adanya mikritisasi pada matriks butiran, proses ini juga menunjukkan adanya *rekristalisasi* perubahan ukuran mikrit menjadi kalsit yang melimpah. Lingkungan pengendapan ini ditunjukkan pada *freatik air laut* pada mikritisasi dan zona *rekristalisasi* pada zona *meteoric vadose*.

Fasies *Aggregat Grainstone* dari karakteristik secara megaskopis dan petrografi / sayatan tipis bahwa batuan ini namanya adalah *Grainstone* [2], dengan ciri – ciri litologi warna putih cerah, dengan komposisi fosil susah dijumpai akibat dari *presipitasi* dari kalsit mineral dari air *meteoric* dan mineral kalsit melimpah menjadi padat menutup pori sekunder terbentuk, pori primer terbentuk pada sampel ini. Penciri diagenesa pada sampel 03 Ph yaitu adanya pelarutan mulai terjadi cukup banyak ditandai adanya pori sekunder *vuggy* dan *micritic* melimpah, proses ini juga menunjukkan adanya *rekristalisasi* perubahan ukuran butir klastik menjadi kalsit yang melimpah dan terbentuk pori primer yaitu *intercrystall* dan *intraparticle*. Lingkungan pengendapan sampel Ph 03 berada pada zona *meteoric vadose* dan *freatik air laut* ditandai proses dua diagenesis pelarutan dan *rekristalisasi*

Fasies *bioclastik grainstone abundant foraminifera* dari karakteristik secara megaskopis dan petrografi / sayatan tipis bahwa batuan ini namanya adalah *grainstone* [2], dengan ciri – ciri litologi warna putih dan kuning kecoklatan, dengan komposisi fosil yang melimpah sebagai *skeletal grains*, *micrite*, *sparite* menempel di fosil dan mineral kalsit melimpah menjadi semen, terdapat pori sekunder *vuggy*. Penciri diagenesa pada sampel 04 Ph top yaitu adanya mikritisasi menempel di organisme merusak organisme dalam berkembang menunjukkan lingkungan berada pada *freatik air laut* dan proses pelarutan terjadi dimana ditunjukkan adanya pori sekunder *vuggy* lingkungan berada pada *freatik air laut*, dan sementara ditunjukkan adanya semen *sparit* dan semen *isopachous* dan semen *blocky calcite* berada lingkungan diagenesa zona *freatik air laut*

3.3 Lingkungan Diagenesa

Dari sayatan petrografi yang dilakukan, diagenesis batugamping Formasi Prupuh pada daerah dadapan, lamongan, terdapat pada lingkungan diagenesis *meteoric phreatic* ditandai oleh proses diagenesa pelarutan dan *meteoric vadoze zone* ditandai nya proses diagenesa sementasi kalsit, dan zona mixing zone terdapatnya recrystalisasi pada mineral kalsit yang melimpah pada Pada awal nya lingkungan diagenesis mengalami 3 kali perubahan lingkungan diakibatkan dari produk-produk diagenesa nya terdapat perbedaan disetiap sample pada daerah penelitian. Pertama lingkungan diagenesis dekat dengan permukaan yaitu *meteoric vadoze zone*, mengalami perubahan menuju *phreatic air laut* dan menuju pada *mixing zone* dan kembali lagi pada *phreatic air laut* (Gambar 3).



Gambar 3. Lingkungan diagenesis daerah penelitian menurut Tucker dan Wright [3]

3.4 Hubungan Fasies, Diagenesa dan Porositas

Menurut Ahr [4], bahwa nilai porositas dapat meningkat dan menurun diakibatkan adanya proses diagenesa tersebut. Daerah penelitian telah diketahui memiliki dua model diagenesis yang terjadi.

Pada sampel 01 Ph batuan packstone dengan banyak bioclast dan pori yang ditandai cairan *blue dye*, dengan ciri ciri fisik batuan secara megaskopis ukuran butir sedang dan struktur sedimen berlapis maka pada sampel ini telah dijelaskan berada pada fasies *packstone abundant foraminifera* pada lingkungan shelf lagoon open circulation ditandai nya melimpah foraminifera, diagenesa yang dicirikan sementasi meniscus dan semen isopachous, mikritisasi dan diagenesa pelarutan dicirikan *Vuggy* dan *Channel* maka diagenesa ini berada pada lingkungan diagenesa freatik air laut dan zona *meteoric vadoze*. Pada lingkungan fasies *shelf lagoon open circulation* dan lingkungan diagenesa zona *meteoric vadoze* dapat meningkat porositas akibat kontak dengan air meteoric dan sementasi dan mikritisasi mengakibatkan adanya penurunan diakibat sudah di isi semen maka pori tidak dapat terlarutkan

Pada sampel Pada sampel 02 Ph batuan wackstone dengan banyak calcite dan mikrite yang melimpah pada sampel ini dan pori yang terbentuk pori primer ditandai oleh cairan *blue dye*, dengan ciri ciri fisik batuan ukuran butir sedang - kasar dan struktur sedimen berlapis maka pada sampel ini telah dijelaskan berada pada fasies wackstone pada lingkungan *Restricted Circulation Shelf and Tidal Flat* ditandai tidak dijumpai suatu organik yang melimpah baik foraminifera maupun coral. Proses selanjutnya diagenesa yaitu mikritisasi mulai melimpah mengurangi ukuran mikrit (degradating), proses ini juga menunjukkan adanya rekristalisasi perubahan ukuran mikrit menjadi kalsit yang melimpah, pori terbentuk pada sampel ini berupa primer intraparticel dan intercrystall and fracturing menunjukkan pada lingkungan diagenesa freatik air laut. Pada lingkungan fasies *Restricted Circulation Shelf and Tidal Flat* dan lingkungan diagenesa freatik air laut juga dapat meningkat porositas akibat kontak dengan air meteoric dan pada diagenesa mikritisasi mengakibatkan adanya penurunan disebabkan oleh di isi semen mikrit, maka pori tidak dapat terlarutkan.

Pada sampel pada sampel 03 Ph batuan *grainstone* dengan banyak *low-calcite* yang melimpah pada sampel ini dan pori yang banyak ditandai dengan cairan blue dye dengan ciri ciri fisik ukuran butir halus dan struktur sedimen berlapis maka pada sampel ini telah dijelaskan berada pada fasies *Restricted Circulation Shelf & Tidal Flat* dicirikan adanya pengendapan dengan energy yang rendah sehingga pada proses ini terendapkannya tidak dijumpai foraminifera maupun alga ataupun oraganic dengan didominasi kalsit dan terdapat lumpur karbonat berwarna hitam pada XPL (yang mengalami rekristalisasi dari bioclastik menjadi kristal, pori terbentuk pada sampel ini berupa primer intraparticel dan intercrystall menunjukkan pada lingkungan diagenesa freatik air laut. Pada lingkungan *fasies Restricted Circulation Shelf and Tidal Flat* dan lingkungan diagenesa freatik air laut juga dapat meningkat porositas akibat kontak dengan air meteorik dan pada diagenesa rekristalisasi pada lingkungan diagenesa *zone mixing* mengakibatkan adanya penurunan diakibat sudah di isi kalsit yang melimpah, maka pori tidak dapat terlarutkan dan hanya pori primer yang dapat terbentuk.

Pada sampel 04 Ph Top batuan *Wackstone* dengan banyak bioclast dan pori yang sedikit ditandai dengan cairan blue dye dengan ciri ciri fisik ukuran butir kasar – sangat kasar dan struktur sedimen masif maka pada sampel ini telah dijelaskan berada pada fasies *shelf lagoon open circulation*, diagenesa yang dicirikan sementasi meniscus dan semen isopachous, mikritisasi dan diagenesa pelarutan dicirikan Vuggy maka diagenesa ini berada pada lingkungan diagenesa freatik air laut dan zona *meteoric vadose*. Pada lingkungan *fasies shelf lagoon open circulation* dan lingkungan juga terdapat di zona *meteoric vadose* dapat meningkat porositas akibat kontak dengan air meteoric dan sementasi dan mikritisasi mengakibatkan adanya penurunan diakibat sudah di isi semen maka pori tidak dapat terlarutkan (Tabel 1).

Tabel 1. Hubungan proses antara fasies (Wilson, 1975), diagenesa [4] terhadap nilai porositas

No. Sampel	FASIES WILSON 1975		DIAGENESIS (Tucker 1991)		POROSITAS	
	FZ	Lingkungan	Produk diagenesa	Lingkungan menurut (Tucker and wright 1991)	Inti Batuan	Sayatan Tipis
Sample 01 Ph	FZ 7	Open Marine	Pelarutan dan Sementasi	Meteoric Vadose dan Phreatic Zone	2,70%	45 %
Sample 02 Ph	FZ 8	Restricted Circulation Shelf & Tidal Flat	Rekristalisasi dan Mikritisasi	Meteoric Vadose dan Phreatic Zone	1,82 %	31, 25%
Sample 03 Ph	FZ 8	Restricted Circulation Shelf & Tidal Flat	Rekristalisasi	Meteoric Vadose Zone	1,43 %	29, 75%
Sample 04 Ph	FZ 7	Open Marine	Pelarutan dan Sementasi	Meteoric Vadose dan Phreatic Zone	1,23 %	2, 75%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari beberapa uraian sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut, pada daerah penelitian menjelaskan tentang studi karakteristik batuan karbonat sebagai batuan reservoir, didaerah penelitian dilakukan analisa *Measuring Stratigraphic* untuk dapat melakukan pendekatan untuk mengetahui perubahan karakteristik disetiap perlapisan, dilakukan analisis 4 sampel batuan untuk dianalisa nilai porositas dan permeabilitas didaerah penelitian menggunakan petrografi dan analisa inti batuan, karakteristik batuan karbonat banyak sekali

yang akan dikaji yaitu porositas, diagenesa dan fasies. Pada sampel 01 Ph pada fasies Packstone with abundant foraminifera pada lingkungan *lagoon open circulation*, diagenesa sementasi dan pelarutan, nilai porositas 1,83% pada thin section 45 % dan permeabilitas 962 mD. Pada sampel 02 Ph, sampel ini fasies Wackstone dengan tidak melimpah lagi organik maupun foraminifera, terdapat pada *Restricted Circulation Shelf and Tidal Flat*, diagenesa mikritisasi dan kristalisasi, nilai porositas 1,83%, pada thin section 31,25 % dan permeabilitas 969 mD. Pada sampel 03 Ph, sampel ini fasies aggregate grainstone dengan tidak melimpah lagi organik maupun foraminifera, terdapat pada *Restricted Circulation Shelf and Tidal Flat*, diagenesa mikritisasi dan kristalisasi, nilai porositas 1,43%, pada thin section 29,75 % dan permeabilitas 544 mD. Pada sampel 04 Ph pada fasies *grainstone with abundant foraminifera* pada lingkungan *lagoon open circulation*, diagenesa sementasi dan pelarutan, nilai porositas 1,83%, pada thin section 2,95 % dan permeabilitas 113 mD. Berdasarkan hasil analisis dari porositas dan permeabilitas dari inti batuan dan thin section maka batuan karbonat satuan kalkarenit Formasi Prupuh sangat baik – istimewa dalam menjadi reservoir minyak dan gasbumi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ITNY dan Program Studi Teknik Geologi yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Koesoemadinata R.P., 1980. Geologi Minyak dan Gas Bumi: Edisi 1-2. Jurusan Teknik Geologi ITB. Bandung
- [2] Dunham, R. J. 1962. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Memoir I, v. 43, hal. 108 –123.
- [3] Tucker, M. 1991. Sedimentary Petrology. Oxford: Blackwell Scientific Publications
- [4] Ahr, W. M. 2008. *Geology of Carbonate Reservoirs: The Identification, Description, and Characterization of Hydrocarbon Reservoirs in Carbonate Rocks*. Hoboken, New Jersey: A John Wiley & Sons, Inc.