

FASIES PENGENDAPAN DAN POROSITAS BATUAN KARBONAT FORMASI KUJUNG I CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA LAPANGAN "TENGAH"

Atha Khawarizmy^{1*}, Iyan Haryanto¹, Reza Moh. Ganjar¹, Yusi Firmansyah¹

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: atha14001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Lapangan "TENGAH" merupakan lapangan yang terletak pada formasi Kujung I pada Cekungan Jawa Timur Utara. Formasi Kujung I yang didominasi oleh serpih serta batuan karbonat terbentuk selaras dengan Kujung II yang kemudian diikuti dengan sedimen klastik yang diendapkan saat siklus besar transgresi-regresi. Penelitian dilakukan untuk mengetahui jenis serta fasies pengendapan batuan karbonat dengan menggunakan data 4 sumur pada lapangan "TENGAH". Data yang digunakan berupa *core*, sayatan tipis petrografi, log sumur, dan *basemap*. Metode yang digunakan dalam penelitian meliputi analisis litofasies, elektrofases, korelasi antar sumur, fasies pengendapan, dan perhitungan nilai porositas. Terdapat 4 litofasies yang terbentuk serta satu fasies pengendapan yaitu pada *foreslope* yang dibedakan berdasarkan energi tinggi dan energi rendah. Porositas yang didapat dari sayatan tipis memiliki rata-rata baik dengan fasies *benthic foraminifera grainstone* yang memiliki porositas tertinggi.

Kata Kunci: Batuan Karbonat, Transgresi-regresi, Litofasies, *Foreslope*, Porositas.

ABSTRACT

"TENGAH" field is located on Kujung I formation in North East Java Basin. Formation Kujung I dominated by shale and carbonate rock formed in aligned with Kujung II then followed by clastic sediments and deposited during massif regression-transgression cycle. This research was conducted to find out the types and facies of carbonate precipitation using four well data in "TENGAH" field. Data used in this research consist of cores, petrography thin section, log wells, and *basemap*. Methods used in this research include analysis of lithofacies, electrofacies, well to well correlation, depositional facies and porosity calculations. There are four lithofacies formed as well as one deposition facies which is in *foreslope* based on high energy and low energy. Porosity obtained from thin section has a good average with *benthic foraminifera grainstone* facies that have the highest porosity.

Keywords: Carbonate Rocks, Regression-transgression, Lithofacies, *foreslope*, porosity.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi fosil (minyak dan gas) semakin meningkat seiring dengan perkembangan zaman. Energi tersebut tersimpan dalam batuan reservoir yang sebagian besar merupakan batuan karbonat yang meliputi sekitar 70% dari total keseluruhan karbonat. Batuan karbonat sendiri memiliki ciri yang berbeda dan unik dibandingkan batuan lainnya terlebih lagi jika batuan tersebut menjadi reservoir migas.

Batuan karbonat adalah batuan yang memiliki kadar CaCO_3 lebih dari 50% (Boggs, 2006). Batuan karbonat memiliki beberapa karakteristik yang unik dan berbeda dari batuan sedimen pada umumnya. Hal ini disebabkan karena komposisi yang berbeda secara kimiawi dan biologis antara batuan karbonat dan batuan sedimen klastik yang menyebabkan kecenderungan lebih banyak pada batuan karbonat untuk mengalami proses-proses lain yang terjadi setelah pengendapan. Hal itu akan mempengaruhi sifat fisik yang dimiliki batuan karbonat itu sendiri.

Oleh karena keunikan dari karakteristik batuan karbonat tersebut, dilakukan penelitian lebih lanjut meliputi fasies batuan karbonat serta fasies pengendapan dan juga porositasnya pada lapangan “TENGAH”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Lapangan “TENGAH” terletak di Cekungan Jawa Timur Utara tepatnya di ujung Paparan Madura lebih tepatnya formasi Kujung I. Cekungan Jawa Timur modern merupakan cekungan belakang busur yang berada di baas tenggara paparan stabil Sundaland. Pada bagian Barat dibatasi dengan Busur Karimunjawa dan Paparan Sunda, bagian Utara oleh tinggian Meratus, dan bagian Timur oleh tinggian Masalembu-Doang, serta batas Selatan merupakan jalur Vulkanik Jawa (Sribudiyani dkk., 2003).

Menurut Bransden & Matthews (1992) formasi Kujung I memiliki umur Miosen Awal memiliki litologi berupa batugamping yang massif dan menerus diendapkan secara selaras diatas unit Kujung II. Batuan karbonat adalah batuan dengan kandungan material karbonat lebih dari 50% yang tersusun atas partikel karbonat klastik yang tesemenkan atau karbonat kristalin hasil presipitasi langsung (Reijers & Hsu, 1986). Klasifikasi batugamping menggunakan klasifikasi Dunham (1962) yang membedakan berdasarkan tekstur deposisi batugamping.

Porositas ditandai dengan Φ merupakan bagian dari volume total yang berpori. Yang berarti perbandingan dari volume rongga dengan volume keseluruhan dari suatu zat. Klasifikasi porositas berdasarkan Choquette & Pray (1970). Klasifikasi ini mencoba menghubungkan ukuran pori, bentuk dengan kemas dari batuan tersebut.

Lingkungan pengendapan dibatasi secara geografis pada permukaan bumi yang secara mudah dapat dibedakan dari batas-batas area oleh kondisi fisika, kimia, dan biologi, serta pengaruh kekuatan dari tempat dimana material sedimen tersebut terakumulasi. Terdapat 9 sabuk fasies atau

zona fasies yang melambangkan lingkungan pengendapan karbonat utama menurut Wilson (1975).

Wireline logging biasanya dilakukan setelah operasi pemboran selesai yaitu untuk mengukur parameter petrofisika pada setiap kedalaman secara tepat dan berkesinambungan dari formasi yang telah ditembus lubang pemboran (Harsono, 1997)

Isi tinjauan pustaka adalah uraian/landasan teori-teori ilmiah yang berkaitan dengan pokok bahasan kajian/penelitian, ditulis fonta Times New Roman 11. Seluruh sumber teori yang dikutip dalam bab ini harus ada di dalam daftar rujukan/pustaka.

3. METODE

Secara garis besar penelitian ini dapat dibagi menjadi empat tahap yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan dan analisis data, dan tahap kesimpulan serta penyusunan laporan.

Tahap persiapan dilakukan berupa penentuan tema serta metode yang akan digunakan dalam melakukan penelitian serta pembelajaran literatur maupun geologi regional daerah penelitian serta pengenalan dan penggunaan perangkat lunak yang dilakukan dalam penelitian ini. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Petrel – Schlumberger*.

Tahap pengumpulan data meliputi data primer maupun sekunder yang dapat digunakan dalam penelitian ini yang meliputi data batuan inti, data log sumur. Data batuan inti digunakan sebagai data primer untuk mengetahui litologi serta karakteristik batuan melalui sayatan tipis yang digunakan untuk interpretasi fasies dan lingkungan pengendapan batuan tersebut. Data log sumur digunakan untuk mengetahui perkiraan keberadaan hidrokarbon pada sumur penelitian serta dapat mengetahui kuantitas hidrokarbon.

Tahap Pengolahan dan Analisis Data
Analisis batuan inti dilakukan dengan cara mendeskripsikan data batuan inti baik secara megaskopis (batuan inti) ataupun secara mikroskopis (sayatan tipis). Dengan memperhatikan aspek jenis litologi,

tekstur, struktur, kandungan fosil, kandungan mineral, besar porositas dan lainnya yang dapat di deskripsi lebih lanjut.

Analisis data log sumur digunakan untuk mendapatkan analisis secara kuantitatif dan dapat menentukan elektrofases dari sumur daerah penelitian. Data log sumur meliputi pembacaan log *Gamma Ray*, log *Spontaneous Potential*, log Resistivitas, log Densitas, log Neutron, dan log Sonic melalui interpretasi singkat. Serta melalui perhitungan kandungan shale, nilai porositas, saturasi air.

Tahap ini merupakan tahap penyajian dari tahap-tahap sebelumnya menjadi suatu laporan terpadu. Dengan sistematis laporan ini dibentuk yang terdiri dari Bab I yaitu Pendahuluan, Bab II mengenai Tinjauan Pustaka daerah penelitian, Bab III membahas Metode Penelitian, Bab IV Pembahasan Penelitian, serta Bab V berisi Kesimpulan dan Saran dari penelitian.

Isi metode kajian adalah teknik pengumpulan data, sumber data, cara analisis data, uji korelasi, dan sebagainya, ditulis dengan fonta Times New Roman 11. Dalam bab ini dapat juga dicantumkan rumus ilmiah yang digunakan untuk analisis data/uji korelasi.

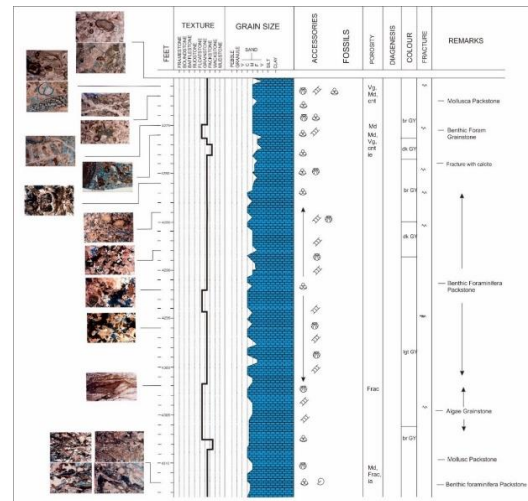
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Litofasies

Analisis fasies ini berdasarkan data *core* pada sumur AK29-B pada kedalaman 4270 ft hingga 4313 ft yang merupakan batugamping. Namun secara spesifik batuan karbonat pada wilayah ini dibagi berdasarkan 4 fasies berdasarkan keterdapatan sayatan tipis sepanjang 43 ft yang telah di deskripsi. Pembagian ini berdasarkan klasifikasi menurut Dunham tahun 1962 dan melihat kandungan fosil pada sayatan tipis ataupun langsung untuk menentukan lingkungan pengendapannya.

Terdapat 4 fasies yang ditentukan dalam analisis batuan inti, yaitu *Mollusc Packstone*, *Benthic Foraminifera*

Grainstone, *Benthic Foraminifera Packstone*, *Algae Grainstone* (gambar 4.1).



Gambar 4.1 Ringkasan litofasies sumur AK29-B

4.2 Elektrofases

Penentuan keadaan geologi bawah permukaan juga dapat dilakukan melalui pengamatan terhadap data log sumur. Pola log gamma ray dari log sumur dapat digunakan untuk mengetahui kondisi pengendapan sebuah batuan pada saat diendapkan. Pola respon umum gamma ray ini digunakan dalam analisis elektrofases untuk menentukan pola perubahan keadaan energi pengendapan pada seluruh sumur yang terdapat di lapangan "TENGAH".

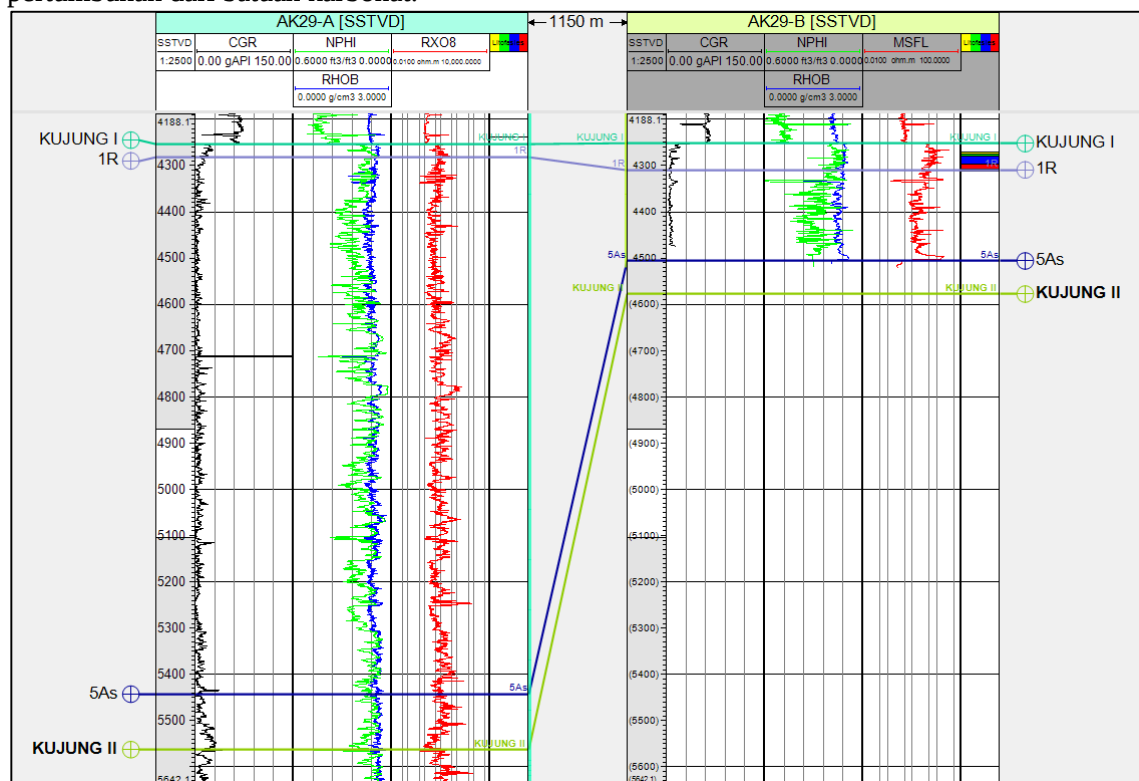
Pada respon log sumur memiliki 3 macam respon dari bawah ke atas yaitu *funnel*, *cylindrical*, dan *bell* (gambar 4.2). Pola *Funnel* menunjukkan adanya perubahan energi pengendapan yang terjadi dari rendah hingga tinggi. Yang membuat pertumbuhan batuan karbonat menjadid lebih maksimal dan berkurangnya silisiklastik yang menghasilkan batuan karbonat yang bersih.

Pola *cylindrical* menunjukkan tingkat energi selama proses pengendapan cenderung sama. Pola ini pula menunjukkan litologi tebal bersifat non-radioaktif. Sifat non-radioaktif ini dapat disebabkan oleh batuan yang tersusun dari material organik

seperti koral, fragmen fosil dan lain sebagainya sehingga tidak memiliki nilai radioaktif.

Pola *bell* menunjukkan perubahan energi pengendapan dari tinggi hingga rendah yang mencirikan telah berakhirnya pertumbuhan dari batuan karbonat.

Grainstone . Keterdapatannya fasies tersebut dapat dikelompokkan ke dalam satu asosiasi fasies pengendapan batuan karbonat yaitu *foreslope* (gambar 4.11) yang dibedakan menjadi dua macam, yaitu: (1) low energy foreslope dan (2)



Gambar 4.2 Korelasi sumur lapangan “TENGAH”

4.3 Fasies Pengendapan

Asosiasi fasies mencerminkan suatu proses mekanisme pengendapan tertentu yang dipengaruhi banyak faktor yang bekerja secara serentak. Dalam suatu asosiasi fasies mungkin terdapat beberapa fasies atau kombinasi beberapa fasies yang membentuk suatu tubuh batuan (Walker & James, 1992). Berdasarkan analisis fasies batuan karbonat dari data batuan inti, didapatkan empat jenis fasies berbeda, yaitu: (1) *Mollusc Packstone*, (2) *Benthic Foram Grainstone*, (3) *benthic foram packstone*, dan (4) *Algae*

high energy foreslope. Low energy foreslope diisi dengan fasies packstone dikarenakan pada saat proses terbentuknya didominasi oleh matriks yang menandakan arus air pada saat tersebut lemah sehingga kandungan bioklastik lebih sedikit dibandingkan matriksnya. Sedangkan untuk high energy foreslope memiliki fasies berupa grainstone yang dimana pada saat proses pengendapan memiliki arus yang kuat yang menghasilkan pendominasi bioklastik dibandingkan matriks saat sudah terlitifikasi (Dunham, 1962). Formasi Kujung I pada Lapangan “TENGAH” merupakan batuan karbonat yang terbentuk pada lingkungan shelf edge barrier reef yang dicirikan oleh endapan berenergi tinggi akibat dari sapuan ombak (Satyana

dkk., 2003). Setelah menentukan fasies pada data batuan inti didapatkan bahwa data inti memiliki lingkungan pengendapan yang berada pada *foreslope* (gambar 4.11) menurut Wilson tahun 1975 yang ditandai dengan Grainstone hingga Packstone dan memiliki kandungan bioklastik didominasi oleh bentik foraminifera dan alga dan sedikitnya jumlah koral yang terdapat pada data batuan inti.

Gambar 4.3 Penentuan fasies belt berdasarkan Wilson, 1975

Tekstur tersebut menunjukkan bahwa proses pengendapan karbonat di Lapangan "TENGAH" ini bukan merupakan karbonat yang tumbuh melainkan hasil transportasi dari karbonat tumbuh atau karbonat paparan disekitarnya.

Terdapat dua tekstur utama pembentuk karbonat Formasi Kujung Atas di

Idealized sequence of Standard Facies Belts (from Wilson, 1975)
re-drawn by Nassir Alajaji (2002)

Belt	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	BASIN	OPEN SEA SHELF	DEEP SHELF MARGIN	FORE-SLOPE	ORGANIC BUILD UP	WINNOWNED EDGE SANDS	SHELF LAGOON OPEN CIRCULATION	RESTRICTED CIRCULATION SHELF & TIDAL FLATS	EVAPORITES ON SABKHAS - SALINAS
Diagrammatic cross section & Facies Number									
Facies	a) Fine Clastics b) Carbonates c) Evaporites	a) Carbonates b) Shale	Toe of Slope carbonates	Bedded fine grain slumps b) Foreset debris & lime sands c) Lime mudstones	a) Boundstone b) Crust on accumulations of debris lime mud, bindstone c) Bafflestone	a) Shoal lime sands b) Islands w. dune sands	a) Lime sand bodies b) Wackestone-mudstone areas, bioherms c) Areas of clastics	a) Bioclastic wackestone, lagoons and bays b) litho-bioclasic sands in tidal channels c) Lime mud-tide flats d) Fine clastic units	a) Nodular anhydrite & dolomite on salt flats b) Laminated evaporites in ponds
Lithology	Dark shale or silt, thin limestones (starved basin); evaporite fill w. salt	Very fossiliferous limestone interbedded with marls; well segregated beds.	Fine grain limestone; cherty in some cases.	Variable, depending on water energy; sedimentary breccia and lime sands	Massive limestone-dolomite	Calcarenitic-oolite lime sand or dolomite	Variable carbonate and clastics	Generally dolomite and dolomitic limestone	Irregularly laminated dolomite and anhydrite, may grade to red beds
Color	Dark brown, black, red	Gray, green, red, brown	Dark to light	Dark to light	Light	Light	Dark to light	Light	Red, yellow, brown
Grain type and depositional texture	Lime mudstone; fine calcisiltites	Bioclastic and whole fossil wackestone; some calcisiltites	Mostly lime mudstone with some calcisiltites	Lime silt and wackestone; rhoclastics of varying sizes	Boundstones and pockets of grainstone; packstone	Grainstones well sorted rounded	Great variety of textures; grainstone to mudstone	Clotted, pelleted mudstone & grainstone; laminated mudstone; coarse lithoclastic wackestone in channels	
Bedding and sedimentary structure	Very even mm laminations; rhythmic bedding; ripple cross lamination	Thoroughly burrowed; thin to medium; wavy to nodular beds; bedding surfaces show diastems	Lamination may be minor; often massive beds; lenses of graded sediment; lithoclasts & exotic blocks. Rhythmic beds	Jump in sediment; soft bedding; slope bioherms; exotic blocks	Massive org. structure with roofof cavities; lamination contrary to gravity	Medium to large scale crossbedding; festoons common	Burrowing traces very prominent	Birdseye, stromatolites, mm lamination, graded bedding, dolomite crusts on flats. Cross-bedded sand in channels	Anhydrite after gypsum; nodular, rosettes, chickenwire, and blades; irregular lamination; carbonate caliche
Terrigenous clastics admixed or interbedded	Quartz silt & shale; fine grain siltstone; cherty	Quartz silt, siltstone, & shale; well segregated beds	Some shales, silt & fine grained siltstone	Some shale silt, & fine grained siltstone	None	Only some quartz sand admixed	Clastics and carbonates in well segregated beds	Clastics and carbonates in well segregated beds	Windblown, land derived admixtures; clastics may be very important units
Biota	Exclusively nektonic-pelagic fauna preserved in abundance on bedding planes	Very diverse shelly fauna preserving both infauna & epifauna	Bioclastic detritus derived principally from upslope	colonies of whole fossil organisms & bioclastic debris	Major frame building colonies with ramose forms in pockets; in situ communities dwelling in certain niches	Worn and abraded coquinas of forms living at or on slope; few indigenous organisms	Open marine fauna lacking; mollusca, sponges, forams, algae abundant; patch reefs present	Very limited fauna, mainly gastropods, algae, certain foraminifera & ostracods	Almost no indigenous fauna, except for stromatolitic algae

lapangan ini yaitu karbonat bertekstur mud-supported dan karbonat bertekstur grain-supported, hal ini menunjukan ada dua rezim aliran yang memengaruhi proses pengendapannya yaitu rezim energi tinggi dan rezim energi rendah. Berdasarkan kriteria tersebut maka fasies batuan yang telah dideskripsikan sebelumnya dapat dikelompokkan kedalam suatu asosiasi fasies yang menunjukkan lingkungan pengendapan tertentu.

4.4 Nilai Porositas

Analisis porositas yang dilakukan dalam penelitian berupa perhitungan secara kuantitatif dari kenampakan pada sayatan tipis dengan menggunakan parameter grid dalam mengetahui besaran porositas yang akan dibagi dengan jumlah seluruh grid yang ada.

Tabel 4.1 Porositas tiap fasies klasifikasi Koesoemadinata (1980)

Fasies	Persentase	Kualitas
<i>Mollusc Packstone</i>	6.5%	<i>Poor</i>
<i>Benthic Foraminifera Grainstone</i>	43.7%	<i>Excellent</i>
<i>Benthic Foraminifera Packstone</i>	14%	<i>Good</i>
<i>Algae Grainstone</i>	11.1%	<i>Good</i>
Jumlah rata-rata	18.83%	

5. KESIMPULAN

Pada lapangan “TENGAH” memiliki 4 litofasies yaitu *Mollusc Packstone* pada kedalaman 4270-4274 ft dan 4307-4310 ft, *Benthic Foraminifera Grainstone* pada kedalaman 4275-4287 ft, *Benthic Foraminifera Packstone* pada kedalaman 4278-4302 ft dan 4310-4312 ft, *Algae Grainstone* pada kedalaman 4302-4307 ft. Elektrofases dari penelitian berupa *funnel* sebagai penanda bahwa muka air laut sedang turun sehingga memasuki pertumbuhan karbonat *catch up*, kemudian *cylindrical* yang menandakan bahwa muka air laut mengalami kenaikan yang stabil sehingga pertumbuhan karbonat *keep up*, dan *bell* yang menandakan kenaikan muka

air laut yang tidak dapat diikuti oleh pertumbuhan karbonat sehingga mengalami fase *give up*. Termasuk kedalam lingkungan pengendapan *Foreslope* berdasarkan Wilson, 1975. yang kemudian dibedakan *foreslope* berenergi tinggi dan *foreslope* berenergi rendah. *Foreslope* berenergi tinggi memiliki fasies berupa *grainstone* sedangkan *foreslope* berenergi rendah memiliki fasies berupa *packstone* (Dunham, 1962). Dalam perhitungan porositas berdasarkan sayatan tipis di dapat nilai porositas dari 6,5% hingga 44,9%. Dengan nilai porositas tertinggi terdapat pada fasies *Benthic Foraminifera Grainstone*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan terselesaikannya artikel ilmiah ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada bapak Dr. Ir. Iyan Haryanto M.T serta bapak Reza Moh. Ganjar Gani S.T, M.T. sebagai dosen pembimbing pada artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Boggs, Sam. 2006. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. New Jersey : Pearson Prentice Hall.
- Brandsen, P., and Matthews, S., 1992. *Structural and Stratigraphic Evolution of The East Java Sea Indonesia*. Proceedings of the IPA 21st Annual Coonvention, p.417-453.
- Choquette, Phillips W. And Lloyd C. Pray. 1970. *Geologic Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonate*. Colorado: AAPG Bulletin.
- Dunham, Robert J. 1962. *Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Textures*. AAPG Memoir 1.
- Harsono, Adi. 1997. Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log, Revisi kedelapan, Jakarta.
- Kendall. 2003. *Carbonate and Relatives Change in Sea Level*. Mar. Geol. 44.

- Koesoemadinata, R.P. 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. Edisi kedua, Jilid 2. ITB.
- Lucia, F. J. 1999. *Carbonate Reservoir Characterization*. New York : Springer Verlag.
- Moore, C. H. and Wilson, J.L. 1985. Carbonate Platforms, in J.E. Warme and K.W. Shanley, eds., *Carbonate Depositional Environments, Modern and Ancient*, Part 2: Carbonate Platforms: Colorado School of Mines Quarterly, v. 80, no. 4, h. 31-60.
- Peter A. Scholle & Dana S. Ulmer-Scholle. 2003. A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis. Oklahoma, AAPG
- Reijers, T.J.A and Hsu K.J. 1986. *Manual of Carbonate Sedimentology A Lexicographical Approach*. Academic Press, Inc.
- Satyana, A.H., Djumlati, M. (2003): *Oligo-Miocene Carbonates of the East Java Basin, Indonesia: Facies Definition Leading to Recent Significant Discoveries*, AAPG International Conference, Barcelona.
- Sribudiyani, M., N., Ryacudu, R., Kunto, T., Astono, P., Prasetya, I., Sapiie, B., Asikin, S., Harsolumakso, A.H., dan Yulianto, I. (2003): *The Collision of the East Java Microplate and Its Implications for Hydrocarbon Occurrences in the East Java Basin*, Indonesian Petroleum Association, Proceedings 29th Annual Convention, p. 335-346.
- Tucker, M.E., Wright, V.P. (1990) *Carbonate sedimentology*, Blackwell Scientific, Oxford.
- UGM. Modul Praktikum Acara Batuan Sedimen Karbonat. Laboratorium Geologi Teknik Fakultas Teknik Geologi UGM, Yogyakarta.
- Walker R. G., dan James N. P. (1992): *Facies Models, Response to Sea Level Change*. Canada.
- Wilson, J. L. 1975. *Carbonate Facies in Geologic Time*. New York: Springer-Verlag, 471p.