

Analisis Sedimentologi Formasi Ngrayong Daerah Mulyoagung, Jawa Timur: Karakter Reservoar Hidrokarbon Ideal di Zona Cekungan Rembang

Jevon Albern Telaumbanua¹, Rian Cahya Rohmana², Carolus Prasetyadi³, Achmad Subandrio³

Institut Teknologi Bandung¹, Tanri Abeng University², UPN “Veteran” Yogyakarta³
Jevon.albern@gmail.com¹, rian@tau.ac.id²

Abstrak— Zona Rembang dikenal sebagai salah satu cekungan penghasil migas di Indonesia, terutama karena peran besar salah satu reservoirnya yang terkenal, yaitu Formasi Ngrayong. Penelitian yang di daerah Mulyoagung, Tuban, akan menggunakan data geologi, sedimentologi dan paleontologi. Analisis sedimentologi pada Formasi Ngrayong dilakukan agar mengetahui karakter reservoir hidrokarbon yang ideal dan dapat membantu menginterpretasi Formasi Ngrayong yang berada di bawah permukaan. Formasi Ngrayong di daerah penelitian didominasi oleh batupasir kuarsa, warna putih kekuningan hingga putih kemerahan, setempat berwarna merah karena mengandung mineral oksida. Ukuran butir pasir halus dan semakin ke atas pasir kasar, derajat pembundaran membulat tanggung-menyudut tanggung, terpilah baik-buruk, kemas terbuka, terdiri dari 90-100% kuarsa, silika. Setempat Batupasir kuarsanya bersifat gampingan dengan persentase karbonat 10-20% dan di beberapa tempat terdapat cerat karbon (karbonan). Berdasarkan karakteristik litologi, tekstur serta struktur sedimen, terdapat 8 (delapan) litofasies yakni, Planar Crossbedding Sandstone (Spc), Paralel Lamination Sandstone (Slm), Paralel Stratified Sandstone (Ss), Trough Crossbedding Sandstone (Stc), Planar Stratified Packstone (Ps), Paralel Laminated Packstone (Pl), Massive Sandstone (Ms), dan Paralel Stratified Claystone (Cs). Tebal lapisan 14 cm hingga 2,4 meter, sedangkan berdasarkan penampang geologi di peta geologi daerah penelitian, tebal formasi ini lebih dari 481,5 meter. Analisis profil, interpretasi litofasies serta didukung oleh aspek kimia dan biologi pada Formasi Ngrayong menunjukkan asosiasi batuan pada lingkungan shoreface (muka pantai), tepatnya pada middle shoreface. Kehadiran batugamping packstone, baik sebagai selingan maupun sisipan menandakan lingkungan middle shoreface yang berasosiasi dengan sub-lingkungan inner ramp pada lingkungan pengendapan batuan karbonat.

Keywords: Sedimentologi, Formasi Ngrayong, Zona Rembang

I. PENDAHULUAN

Daerah Mulyoagung dan sekitarnya, secara administratif terletak di Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Secara fisiografi termasuk ke dalam Zona atau Subcekungan Rembang (Gambar 1). Zona Rembang dikenal sebagai salah satu cekungan penghasil migas di Indonesia. Terutama karena peran besar salah satu reservoirnya yang terkenal, yaitu Formasi Ngrayong.

Formasi Ngrayong terdiri dari batupasir kuarsa, batulempung, batulanau, lignit, batugamping pasiran dan batugamping bioklastik (Pringgoprawiro 1983, Pringgoprawiro 1992, Situmorang et al 1992). Ragam batuan ini memberikan kita gambaran suatu cekungan pengendapan yang terdiri dari dua sistem, yaitu pada daerah transisi hingga laut dangkal. Tentu di dalamnya cukup banyak fasies yang berkembang yang dapat menjelaskan mekanisme dan jenis lingkungan pengendapannya.

Analisis sedimentologi pada Formasi Ngrayong dapat menjawab jenis litologi, sistem pengendapan sebaran fasies, dan mekanisme serta lingkungan pengendapannya, sehingga didapatkan karakter reservoir ideal di Zona Rembang ini.

II. REGIONAL GEOLOGI

Cekungan Jawa Timur Utara membentang dari barat ke timur mulai dari Semarang hingga Surabaya sepanjang 250 km dengan lebar 60 - 70 km. Zona Rembang yang berada pada cekungan ini, membentang dari batas utara Jawa dan pada bagian barat dipisahkan oleh Depresi Lusi dari Zona Randublatung. Zona ini dicirikan oleh adanya Antiklinorium Rembang berupa jalur antiklin yang saling bertampalan (superimposed). Litologi dominan pada zona ini adalah pasir dan sedimen karbonat dengan sisipan napal dan lempung. Litologi ini diperkirakan terendapkan pada daerah paparan kontinen (continental shelf). Zona Rembang memiliki kapasitas sedimen berbutir kasar lebih banyak dibandingkan sedimen berbutir halus, dengan laju pengendapan lebih lambat dari laju penurunan cekungan.

Formasi Ngrayong berumur Miosen Tengah (N11 - N12) Tersusun oleh batupasir kuarsa perselingan batulempung, lanau, lignit, dan batugamping bioklastik. Pada batupasir kuarsanya kadang-kadang mengandung cangkang moluska laut. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dangkal dekat pantai yang

makin keatas lingkungannya menjadi litoral, laguna, hingga sublitoral pinggir.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode pemetaan geologi lapangan permukaan yang sistematis dan didukung oleh analisa studio dan laboratorium Tahapan-tahapan dalam penelitian ini secara garis besar terdiri dari tahap persiapan, tahap pra-pemetaan, tahap pengambilan dan pengkajian lapangan, tahap pengolahan dan analisis data, dan menyimpulkan data serta hasil analisis.

Perekaman data sedimentologi terdiri deskripsi batuan berdasarkan tekstur, kondisi singkapan, geometri singkapan, struktur sedimen yang berkembang, perubahan variasi satuan batuan, kedudukan lapisan batuan, azimuth, slope, jarak terukur, pembuatan penampang stratigrafi terukur, pembuatan profil dan pengambilan conto batuan untuk analisis petrografi, dan mikropaleontologi.

IV. PEMBAHASAN

A. Dasar Penentuan Lingkungan Pengendapan

1. Elemen fisik

1.1. Elemen fisik statis meliputi geometri cekungan (basin); material yang diendapkan seperti kerakal silisiklastik, pasir, dan lumpur; kedalaman air; suhu; dan kelembapan.

1.2. Elemen fisik dinamik adalah faktor seperti energy dan arah aliran dari angin, air dan es; air hujan; dan hujan salju.

2. Parameter kimia termasuk kandungan mineral salinitas, pH, karbon dioksida dan oksigen yang merupakan bagian dari air yang terdapat pada lingkungan pengendapan.

3. Parameter biologi dari lingkungan pengendapan dapat dipertimbangkan untuk meliputi kedua-duanya dari aktifitas organisme, seperti pertumbuhan tanaman, penggalian, pengeboran, sedimen hasil pencernaan, dan pengambilan dari silica dan kalsium karbonat yang berbentuk material rangka. Dan kehadiran dari sisa organism disebut sebagai material pengendapan.

B. Litofasies

Litofasies merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengidentifikasi kumpulan lapisan atau satu lapisan batuan sehingga bisa memberi informasi litologi, perlapisan, struktur sedimen dan tekstur. Litofasies adalah suatu tubuh batuan yang memiliki karakteristik fisik (litologi, tekstur, struktur sedimen), kimia (unsur kimia dalam batuan) dan biologi (organisme) yang khas dan membedakannya dengan batuan yang lain. Selley (1970),

mendefinisikan fasies adalah suatu massa batuan yang dapat ditentukan dan dibedakan dengan lainnya oleh geometri, litologi, struktur sedimen, pola arus purba dan fosilnya.

Penggunaan litofasies akan mempermudah dalam menginterpretasi setiap lapisan batuan maupun kumpulan lapisan batuan yang ditemukan karena litofasies memuat informasi mengenai litologi, tekstur, serta struktur sedimen yang dapat digunakan sebagai data untuk mengelompokkan dan menginterpretasi fasies dan asosiasinya. Berdasarkan data yang dikumpulkan dari analisis profil yaitu litofasies serta urutan vertikal lapisan batuan akan menunjukkan proses yang bekerja pada endapan tersebut, serta mengacu terhadap model *succession* dari lingkungan pengendapan yang sesuai dengan daerah telitian, sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk menginterpretasi lingkungan pengendapannya. Dalam interpretasi lingkungan pengendapan Formasi Ngrayong, penulis menggunakan model menurut Reineck & Singh (1980), Boggs (2006), Walker & Plint (1992), untuk pembagian lingkungan pengendapan dan morfologi *shoreface*. Sedangkan untuk penentuan fasiesnya penulis menggunakan stratigrafi muka pantai oleh (Reineck & Singh 1980) dengan modifikasi oleh Boggs (2006). Di samping itu, penulis juga menggunakan pengertian dan parameter-parameter dari model Holloway & Gobday (1996), Clifton (dalam Middleton, 2003 & dalam Walker & Posamentier, 2006) dan Nichols (2009) sebagai tambahan pertimbangan dalam menentukan lingkungan pengendapan. Dalam penentuan litofasies yang pada daerah telitian, penulis mengacu pada metode penulisan litofasies yang dibuat oleh A.D. Miall (2006).

C. Analisis Fasies

Pada LP 28, daerah Gunung didapatkan litofasie Ss, Sl, Spc, Stc, dan Ls (Gambar 2). Fasies **Spc** sebagai hasil dari pengendapan selama proses migrasi dari *ripple*, *dune*, dan *sand-wave*. Migrasi dari *ripple* atau *dune* memicu bentukan *dipping foreset laminae* yang disebabkan oleh pelongsoran atau pengendapan suspensi dizona separasi pada *lee side* dari *bedform* yang dihasilkan pada kondisi rezim aliran bawah.

Kemudian di atasnya diendapkan fasies **Slm** yang dapat terbentuk oleh pengendapan dari arus yang kuat, sebagai *upper plane-bed phase lamination*, maupun oleh arus yang lemah sebagai *lower plane-bed phase lamination*. Laminasi pada fase *upper plane-bed* terjadi pada batupasir yang terbentuk selama pengendapan pada aliran dengan kecepatan tinggi di rezim aliran atas (*upper flow regime*). Pada fasies ini berkembang pada ukuran butir yang halus hingga sedang mengindikasikan bahwa pengendapannya dengan kondisi arus yang tidak stabil cenderung menguat.

Fasies **Ss** terbentuk oleh pengendapan dari arus yang kuat sebagai *upper plane (flat) bed*, maupun oleh arus yang lemah sebagai *lower plane (flat) bed*. Asosiasi fasies ini diantaranya adalah fasies **Spc**, yang menandakan adanya peningkatan kecepatan arus (gelombang), dimana fasies **Ss** (*upper plane (flat) bed*) mengerosi fasies **Spc** (*Sand waves & dune*) yang lebih awal terbentuk.

Fasies **Stc** terbentuk migrasi oleh *small current ripple*, yang menghasilkan kumpulan *cross bed* berskala kecil, atau oleh migrasi dari *trough-shaped dune* berskala besar, dimana memiliki alas yang tangensial dan pada *bedding-plane cross bed* tersebut terlihat kenampakan melengkung. Pada fasies **Ps** terbentuk oleh pengendapan dari arus yang kuat *upper plane (flat) bed*, pecahan cangkang menandakan ada arus (gelombang) yang kuat, dan membentuk perlapisan sejajar.

Berdasarkan karakteristik litofasies di atas, maka Satuan batupasir Ngrayong diendapkan pada lingkungan *middle shoreface* pada kondisi *fairweather wave base* berdasarkan pembagian Plint & Walker (1992) dan stratigrafi muka pantai Reineck & Singh (1980) dalam Boggs (2006).

D. Mekanisme Pengendapan dan Lingkungan Pengendapan

Untuk menentukan mekanisme & lingkungan Formasi Ngrayong secara utuh, maka penulis melibatkan tiga (3) parameter utama, yaitu parameter fisika, kimia, dan biologi.

- **Parameter fisika** ; Dilihat dari tekstur dan struktur sedimen yang berkembang penulis membaginya menjadi 8 (delapan) litofasies, yaitu **Spc** (*planar cross-bedding sandstone*), **Slm** (*paralel lamination sandstone*), **Ss** (*paralel stratified sandstone*), **Stc** (*trough cross-bedding sandstone*), **Ps** (*planar stratified packstone*), **Pl** (*paralel lamination packstone*), **Ms** (*massive sandstone*), dan **Cs** (*planar stratified claystone*). Kehadiran dari struktur sedimen *planar* dan *trough cross-bedding*, laminasi sejajar dan ukuran butir pasir halus hingga sedang menunjukkan lingkungan pengendapan *shoreface* (Reineck & Singh, 1980 dalam Boggs, 2006).

- **Parameter kimia** ; Seluruh batupasirnya disusun oleh kuarsa. Dari segi variasi warna batuan terdapat batupasir dengan warna putih bersih (*clean sand*). Warna kuning dan merah menandakan kehadiran dari mineral oksida seperti besi (*iron*) dan hematit. Selain itu terdapat unsur karbon yang tidak *in situ* tetapi berasal dari lingkungan pengendapan di belakangnya seperti *marsh* atau *lagoon*, dan juga kehadiran dari mineral dari gipsium yang merupakan mineral evaporasi, bukti dari lingkungan pantai.

- **Parameter biologi** ; terdapat fosil moluska golongan *gastropoda* dan *pelecypoda* dalam kondisi pecah sebagai penanda arus kuat. Terdapat fosil daun bersamaan dengan butiran halus hematit sebagai penanda endapan pantai. Kehadiran dari

fosil plangton pada LP 71 disebabkan oleh menjelang kontak dengan Satuan batugamping Bulu yang pengendapannya sedikit lebih dalam. Kehadiran foram bentos menunjukkan kedalaman pengendapan Neritik Tepi. Terdapat batugamping bioklastik yang disusun oleh rombakan terumbu dan foram besar dari golongan *Cyclocypeus*, *Lepidocyclina*, dan *Miogypsina* dengan fasies *packstone* menunjukkan asosiasi *shoreface* dengan lingkungan pengendapan karbonat *inner ramp* ((Tucker 2002, hal.104). Melimpahnya kehadiran fosil jejak atau ichnofosil *Skolithos* menunjukkan lingkungan pengendapan *middle shoreface* (Mangano & Buatois, 2011).

Berdasarkan penjelasan di atas maka secara umum bahwa Satuan batupasir Ngrayong diendapkan pada lingkungan pengendapan pantai hingga laut dangkal. Secara khusus berdasarkan analisis profil, Satuan batupasir Ngrayong diendapkan pada sub-lingkungan pengendapan *shoreface* (muka pantai) (Reineck & Singh, 1980 dalam Boggs, 2006) dan berasosiasi dengan lingkungan pengendapan batuan karbonat *inner ramp* (Tucker 2002, hal.104) ditandai cukup tingginya kehadiran batugamping, baik sebagai selingan maupun sebagai sisipan.

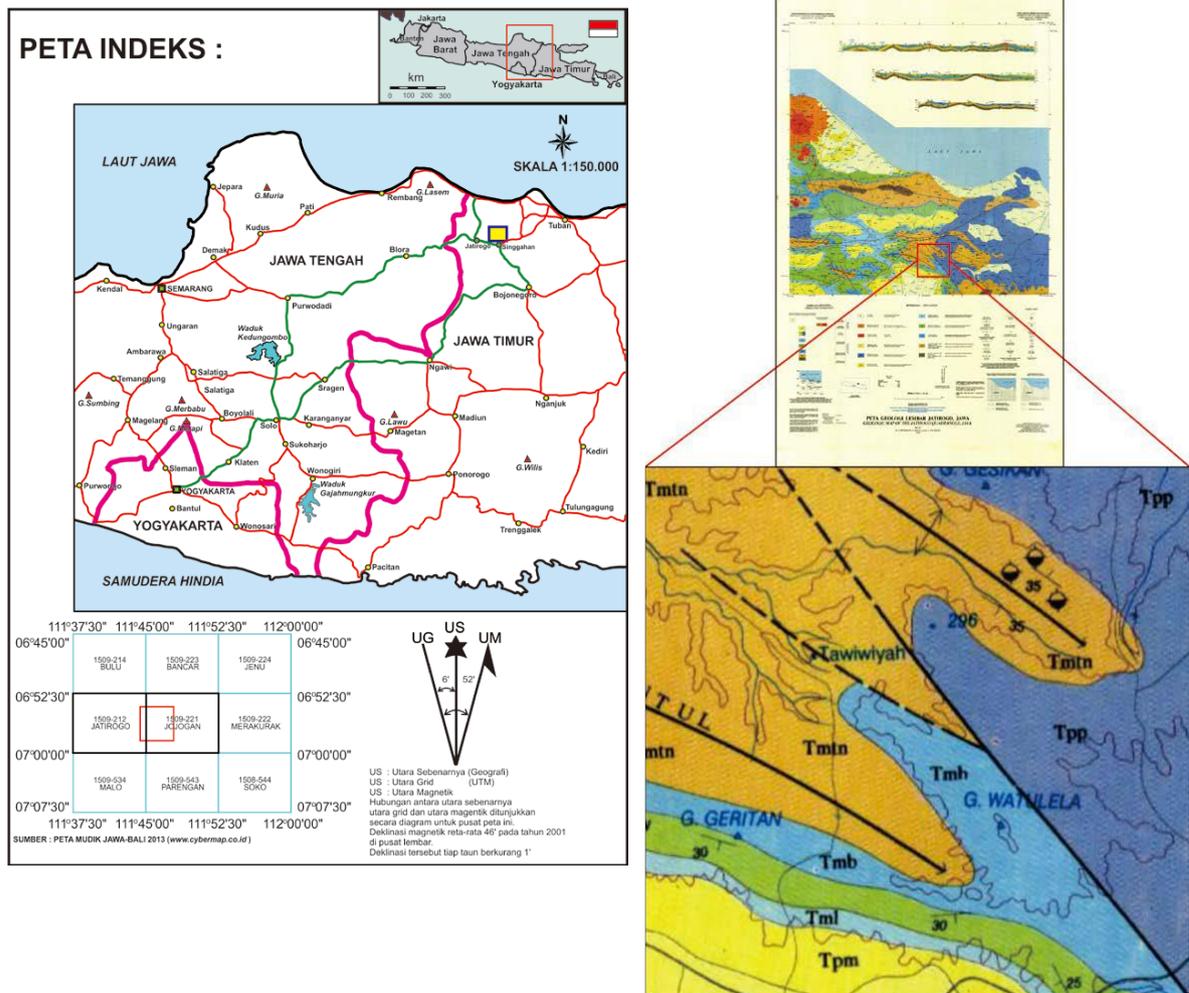
V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan lapangan mengenai tekstur batuan dan struktur sedimen yang berkembang (fisika), penulis membagi litologi Satuan batupasir Ngrayong menjadi delapan litofasies, yaitu Spc (*planar cross-bedding sandstone*), Slm (*paralel lamination sandstone*), Ss (*paralel stratified sandstone*), Stc (*trough cross bedding sandstone*), Ps (*planar stratified packstone*), Pl (*paralel lamination*

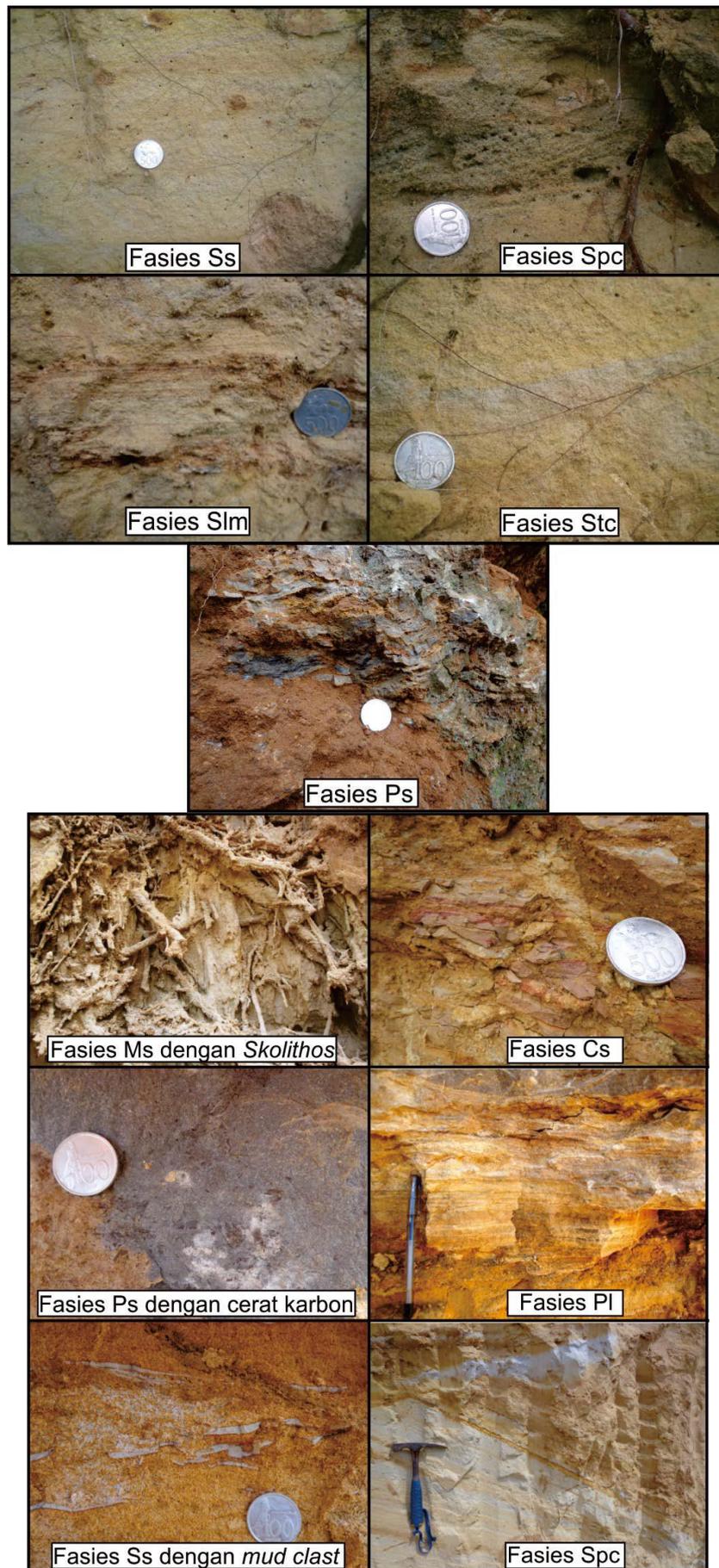
packstone), Ms (*massive sandstone*), dan Cs (*planar stratified claystone*). Berdasarkan karakter kimia, Satuan batupasir Ngrayong mengandung kuarsa, hematit, karbon, dan gipsum. Karakter biologi terdiri dari kehadiran gastropoda dan pelecypoda, pangton dan bentos, fosil daun, foram besar, dan fosil jejak. Berdasarkan keterdapatannya karakter-karakter di atas maka Satuan batupasir Ngrayong diendapkan pada lingkungan pantai hingga laut dangkal. Secara spesifik berdasarkan analisis profil, Satuan batupasir Ngrayong diendapkan pada lingkungan pantai tepatnya di *middle shoreface*. Adanya selingan ataupun sisipan batugamping Packstone di dalam setiap profil mengindikasikan asosiasi dengan lingkungan *inner ramp* pada lingkungan pengendapan batuan karbonat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pringgoprawiro, H., 1983, Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara, suatu pendekatan baru. Disertasi Doktor, ITB, Bandung
- [2] Pringgoprawiro, H., Sukido., 1992. Peta Geologi Lembar Bojonegoro, Jawa, skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [3] Situmorang, L.R, Smit, R., Vessem J.E.v., 1992, Peta Geologi Lembar Jatirogo, Jawa, skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [4] Boggs, S., 2006, Principles of Sedimentary and Stratigraphy, 4th edition, Pearson Prentice Hall, USA
- [5] Mangano, G.M., Buatois, A.L., 2011. *Ichnology ; Organism-Substrate Interactions in Space & Time*. Cambridge University. UK.
- [6] Miall, A.D., 2000, Principles of Sedimentary Basin Analysis, 3th edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.



Gambar 1. Peta indeks dan peta geologi daerah penelitian



Gambar 2. Fasies yang berkembang di lokasi penelitian.