

- Nichols, Gary, 1999, *Sedimentology and Stratigraphy*, Blackwell Publishing, Kanada.
- Parker, A. And Sellwood, B. W., 1983, *Sediment Diagenesis*. Sed.Rsch.
- Pettijohn F. J., 1957, *Sedimentary Rocks*, Harper and Row, Second Edition.
- Pringgoprawiro, H. (1983), *Stratigrafi cekungan Jawa Timur Utara dan Paleogeografinya: sebuah pendekatan baru*, Disertasi Doktor. ITB.
- Selley, R. H., 1976, *Applied Sedimentology*,
- Scholle, P. A., and Scholle, D. S. U., 2003, *A Color Guide To the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, Textures, Porosity, Diagenesis*, AAPG Memoir 77, The American Association of Petroleum Geologist, Oklahoma, USA
- Smyth, H., Hall, R., Hamilton, J., dan Kinny P., 2005, *East Java: Cenozoic Basins, Volcanoes and Ancient Basement*, Indonesian Petroleum Association, *Proceedings 30th Annual Convention*, hal. 251-266.
- van Bemmelen, R. W., 1949, *The Geology of Indonesia, Vol. IA: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, The Hague, Martinus Nijhoff, vol. 1A, Netherlands
- Walker, R. G., 1984, *Facies Models, second edition*, The Geological Association Canada, Kanada.

menyebabkan porositas sekunder akibat air hujan yang masuk ke dalam pori-pori batuan. Suhu dan tekanan yang berubah membuat proses pelarutan mudah terjadi terutama mineral-mineral yang tidak stabil setelah berada di permukaan.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian tentang batupasir Formasi Ngrayong daerah Tempuran dan sekitarnya adalah sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil pengamatan petrografi, *provenance* dari batupasir Ngrayong adalah batuan beku sedimen yang berasal dari *collision uplift* dengan setting tektonik *recycled orogen* (Dickinson dan Suczek, 1979) berdasarkan diagram segitiga Qt – F – Lt.
- Diagenesis batupasir Ngrayong pada tahap eogenesis terjadi pelarutan feldspar akibat air pori asam cenderung dengan lingkungan diagenesis air meteorik yang kemudian terjadi terpresipitasi menjadi mineral lempung. Selain itu pengaruh air pori meteorik yang banyak terdapat oksigen, terbentuk *red beds* hasil oksidasi dari mineral yang terdapat unsur Fe. Pada tahap mesogenesis terjadi *pressure dissolution* yang menyebabkan kompaksi antar butiran, neomorfisme pembentukan semen lempung dan kuarsa, serta terdapat dengan adanya kontak *suture* hasil dari *burial diagenesis*. Tahapan telogenesis terjadi *uplift* akibat kejadian tektonik yang membawa batuan yang terkubur di bawah naik ke permukaan dan mengalami deformasi dari bentuk awal.
- Berdasarkan data litologi, struktur sedimen dan analisis petrografi, lingkungan pengendapan dari batupasir Ngrayong daerah Tempuran adalah *deltaic – shallow marine* dan sekitarnya di bagi menjadi 4 fasies, yaitu :
 - Satuan Batulanau sisipan pasir diendapkan pada fasies *delta plain*.
 - Satuan Batupasir sisipan lanau (terdapat sisipan material karbon) diendapkan pada fasies *distributary mouth bar*.
 - Satuan Batupasir di endapkan fasies *backshore*
 - Satuan Batugamping klastik di endapkan di daerah laut dangkal.

SARAN

- Untuk analisis *provenance* sebaiknya dilengkapi dengan data analisis berat sehingga data yang dihasilkan lebih banyak dan informasi yang di dapat lebih akurat mengenai asal jenis batuan.
- Untuk analisis diagenesis, sangat dianjurkan untuk menggunakan SEM untuk mengetahui gejala-gejala diagenesis yang lebih rinci, terutama membedakan semen yang menunjukkan lingkungan diagenesis pada tahap eogenesis. Pada sayatan juga sebaiknya di beri *blue day* untuk mengetahui porositas yang lebih detail.

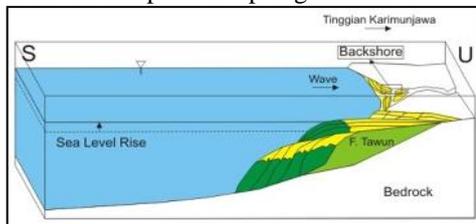
UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih yang mendalam penulis sampaikan kepada Bapak Yoga Aribowo, ST., MT. dan Bapak Dian Agus Widiarso, ST. MT.. atas segala bimbingan, sarannya kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, B. dan Sarjono, S. S., 2009, *Analisis Petrografi dan Morfologi Butir Untuk Studi Provenance Anggota Ngrayong di Daerah Jamprong, Tuban*, Teknik Geologi FT UGM, Yogyakarta
- Boogs, S., (1995), *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, Prentice-Hall, Inc.
- Burley, S. D., and Worden, R. H., 2003, *SANDSTONE DIAGENESIS: Recent and Ancient*, Blackwell Publishing, USA
- Catuneanu, O., 2006, *Principles Of Sequence Stratigraphy*, Departement Of Earth and Atmospheric Sciences, Kanada
- Danang, E. 2005, *Pengantar Geologi Dasar*, UNS Press, Solo
- Dickinson, W.R., and Suczek, C.A., 1979., *Plate Tectonic and Sandstone Composition*, AAPG Bull, Vol.63 No. 12, 2164 – 2182 p.
- Prasetyadi, C. 2009. *Tektonik dan Sedimentasi Pulau Jawa*. AAPG, Semarang
- Himayatillah, N. 2011. *Geologi dan Studi Batupasir Ngrayong Daerah Ngampel dan Sekitarnya, Kabupaten Blora, Jawa Tengah*, Tugas Akhir Program Studi Geologi ITB, Bandung
- Koesoemadinata, R. P., 1985a, *Prinsip-prinsip Sedimentasi*, Catatan Kuliah, Jurusan Teknik Geologi ITB.

lanau ukuran butir fragmen kembali mengecil sampai diendapkan satuan batupasir kuarsa. Terjadinya pengendapan batupasir sisipan lanau menyebabkan lapisan di bawahnya yaitu satuan batulanau sisipan batupasir berada dalam tahap mesogenesis yaitu *burial diagenesis*. Suhu dan tekanan yang bertambah menyebabkan terjadinya kompaksi dan *pressure dissolution* ditandai dengan adanya kontak *suture* pada kuarsa yang membentuk semen kuarsa dari pelarutan tersebut dan mengikat antar butir. Selain itu juga terbentuk semen mineral lempung dari proses neomorfisme antar matriks yang tertekan semakin dalam. Sedangkan pada satuan batupasir sisipan lanau berada pada tahap eogenesis.

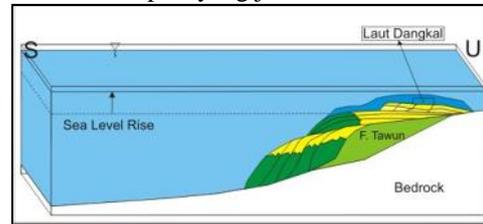


(C)

Tahapan selanjutnya terlihat pada gambar C. Terjadi pengendapan material pasir yang membentuk satuan batupasir kuarsa. Semen yang non karbonatan menandakan pembentukannya tidak di darat. Pada saat pengendapan satuan batupasir kuarsa yang terdapat sirkulasi air dan mengendapkan pasir setebal 1,2 m mengindikasikan proses pengendapan pantai. Berarti pada saat ini terjadi perubahan kenaikan muka air laut dari daerah *distributary mouth bar* menjadi daerah *backshore*.

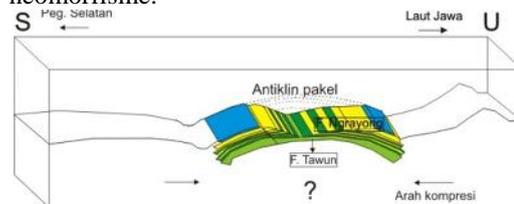
Pada gambar D terendapkan batugamping berlapis diatas satuan batupasir kuarsa. Pengendapan batugamping dengan banyaknya material foram besar *lepydocyclina Sp.* dan alga. Dari diagenesis pada sayatan S-01 yang mewakili satuan batugamping terdapat gejala semen *mikrit envelope* yang berkembang di sekitar tubuh fosil. Semen ini terbentuk akibat air pori yang masuk dan membentuk semen yang mengelilingi fosil. Air pori yang berkembang berasal dari laut yang jenuh kalsit kemudian terjadi mikritisasi dan pelarutan yang terjadi pada tubuh fosil. Ini mengindikasikan lingkungan diagenesis *marine*. Dengan kata lain pengendapan terjadi pada daerah laut dangkal yang

banyak berkembang *lepydocyclina Sp.* dan memiliki air pori yang jenuh kalsit.



(D)

Setelah proses pengendapan berlangsung dan telah terendapkan seluruh lapisan satuan batuan, semuanya semakin terkubur oleh sedimen yang terendapkan di atasnya. Dapat dilihat pada ilustrasi gambar (E) Semakin dalam terkubur maka akan memberikan tekanan yang semakin besar dan suhu pun semakin naik. Tahapan mesogenesis terjadi pada tahap ini dengan proses yang berlangsung sebagian besar adalah kompaksi kemudian terjadi pelarutan akibat *pressure dissolution* yang kemudian terpresipitasi mengisi pori kosong dan membentuk semen. Pada satuan batulanau sisipan batupasir, batupasir sisipan lanau dan batupasir kuarsa terbentuk semen lempung dan semen kuarsa dari mineral feldspar dan kuarsa. Sedangkan pada satuan batugamping berlapis terbentuk *equant calcite* dari *carbonate mud* yang semakin tertekan dan mengalami proses neomorfisme.



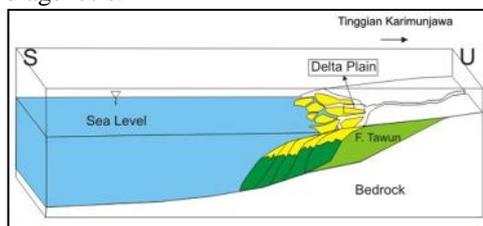
(E)

Setelah tahap mesogenesis berlangsung, tahapan berikutnya adalah tahap telogenesis. Pada rezim diagenesis Burnley dkk tahun 2003 telogenesis dikaitkan dengan aktivitas tektonik yang kemudian mengangkat singkapan yang sebelumnya pada tahap mesogenesis berada di bawah permukaan. Pengangkatan ini terjadi akibat kompresi tektonik pulau Jawa yang berarah utara – selatan. Aktivitas ini mengakibatkan terjadinya deformasi dari peralapisan batuan sedimen menjadi antiklin pakel sehingga terlihat seperti singkapan saat ini. Selain proses *uplift* juga terjadi proses erosi yang menyebabkan peralapisan batuan sedimen tersebut tersingkap. Setelah berada di permukaan (E), terjadi proses pelarutan yang

Pengendapan yang terjadi pada daerah Tempuran ini berawal pada daerah *delta plain*, karena naiknya muka air laut menyebabkan perubahan fasies pengendapan menjadi daerah *distybutary mouth bar*. Muka air laut Kembali naik dan memberikan pengaruh gelombang laut yang semakin besar sehingga terbentuk endapan pasir yang tebal. Daerah ini kemudian menjadi fasies *backshore*. Kemudian muka air laut kembali naik hingga menenggelamkan daerah ini dan merubah daerah Tempuran menjadi laut dangkal. Berdasarkan perubahan tersebut lingkungan pengendapan pada daerah ini merupakan *deltaic* sampai laut dangkal (lamp 8).

Model Pengendapan dan Lingkungan Diagenesis Batupasir Ngrayong

Pada titik pengamatan 11 yang terbagi menjadi 4 satuan batuan, analisis diagenesis membantu untuk menentukan lingkungan pengendapan. Model sederhana berikut akan menjelaskan pembentukan singkapan pada titik pengamatan 11 terkait dengan lingkungan pengendapan dan proses diagenesis.

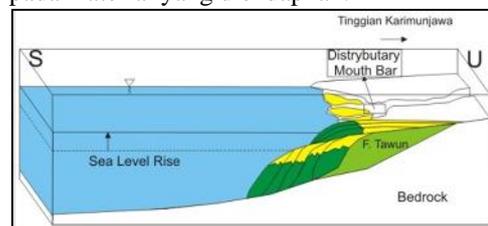


(A)

Gambar A menunjukkan proses pengendapan dari satuan batulanau sisipan batupasir. Berdasarkan gejala diagenesis yang ada terdapat proses oksidasi dari mineral opak sehingga menyebabkan dissolution pada mineral opak. Oksidasi ini akibat sirkulasi air yang terjadi. Pengendapan batulanau sisipan batupasir yang berada pada *delta plain* menyebabkan sirkulasi air terus terjadi. Air membawa oksigen yang selanjutnya akan bereaksi dengan unsur Fe menyebabkan oksidasi terjadi. Pengaruh air meteorik lebih besar dilihat dari pengendapan lanau yang lebih banyak dari pasir yang pada sayatan dicirikan dengan dominasi matriks dibanding fragmen. *Delta plain* yang merupakan daerah hilir atau muara dari sungai telah mentransport material dan menggerus sehingga menjadi ukuran butir

lanau. Seiring dengan bertambahnya deposit sedimen, endapan sedimen yang dibawah akan mengalami *shallow burial* dan menyebabkan kompaksi minor dan terbentuknya *quartz overgrowth* dari air pori yang masuk. Tahapan eogenesis pun terjadi seiring dengan proses pengendapan pada satuan ini.

Pada gambar B terjadi pengendapan satuan batupasir sisipan lanau di atas batulanau sisipan batupasir. Naiknya ukuran butir yang lebih kasar dibandingkan dengan satuan batulanau sisipan batupasir menandakan adanya deposit material yang lebih kasar pada daerah ini. Deposit material kasar terjadi akibat sistem pengendapan progradasi yang mengendapkan material yang lebih kasar terlebih dahulu kemudian setelah itu mengendapkan material yang lebih halus. Ukuran butir yang lebih kasar disebabkan turunnya muka air laut sehingga tempat ini semakin jauh dengan laut dan mengakibatkan material yang diendapkan lebih kasar. Proses pengendapan yang terjadi terus menerus akan membentuk pola *coarsening upward* pada hubungan vertikal pada material yang diendapkan.



(B)

Proses eogenesis dicirikan dengan pembentukan *red beds* dan pelarutan feldspar yang terjadi. Komposisi yang tidak jauh berbeda dengan satuan batulanau sisipan batupasir dan pengaruh air meteorik yang dominan akan menyebabkan pelarutan feldspar. Pada sayatan menunjukkan pelarutan feldspar yang belum terlarut sepenuhnya menunjukkan bahwa tingkat keasaman dari air tidak terlalu asam cenderung ke normal pada saat masuk ke pori batuan. Hal ini mencirikan lingkungan transisi yang berair payau. Pelarutan ini menyebabkan presipitasi dari feldspar yang terlarut dan membentuk semen lempung. Semakin ke atas, ukuran butir semakin kasar disebabkan muka air yang terus menurun dan deposit material pada daerah ini lebih besar dan berada pada *distributary mouth bar*. Di bagian atas satuan batupasir sisipan

biasanya mineral lempung akan mengisi sebagai semen. Oksidasi juga dapat terjadi jika sedimen tersebut banyak terdapat mineral dengan unsur Fe tinggi. Ketika air hujan yang cenderung asam masuk, akan terjadi reaksi oksidasi dan menyebabkan warna merah pada kenampakan fisik batuan.

Lingkungan pengendapan Formasi Ngrayong

Berdasarkan data stratigrafi yang dibahas sebelumnya, Formasi Ngrayong daerah Tempuran dan sekitarnya di bagi menjadi 4 satuan batuan, yaitu :

- Batulanau sisipan batupasir.
- Batupasir sisipan lanau (terdapat sisipan material karbon).
- Batupasir kuarsa
- Batugamping klastik berlapis.

Pada satuan batulanau sisipan batupasir (berumur paling tua) memiliki litologi batulanau dengan sisipan pasir. Batulanau memiliki ciri berwarna hitam keabu-abuan. Struktur yang ada pada satuan ini adalah perlapisan dan *ripple mark*. Pada sayatan tipis, ukuran butir rata-rata adalah 0,1 mm dengan jumlah matriks lebih banyak dibandingkan dengan fragmennya. Endapan lanau yang lebih dominan menandakan bahwa arus sungai lebih dominan dan banyak mengendapkan material halus. Pada daerah hilir material yang ditransport oleh arus sungai sudah berukuran lanau. Pada batulanau ini juga terdapat struktur sedimen *ripple* asimetrik yang menandakan pembentukan *ripple* di dominasi energi arus sungai.

Di lihat secara petrografi pada sayatan S-07 pada terdapat gejala oksidasi yang terlihat. Hal ini menandakan pada saat eogenesis ada sirkulasi air yang terus menerus sehingga menyebabkan air pori masuk ke dalam endapan sedimen dan menghasilkan oksidasi. Berdasarkan ciri di atas maka satuan batulanau sisipan batupasir diendapkan pada fasies *delta plain* dengan jenis *river dominated*.

Selaras di atas batulanau sisipan batupasir terdapat satuan batupasir sisipan lanau yang memiliki ukuran butir lebih besar. Ciri litologi ini adalah adanya perselingan antara pasir dan lanau dengan dominasi pasir berwarna coklat. Terdapat *red beds* hasil proses oksidasi pada bagian paling bawah yang berkontak dengan satuan

batulanau sisipan batupasir dan setelah itu terdapat sisipan material karbon berwarna hitam. Semakin ke atas semakin dominan pasir dengan lanau yang menyisip.

Perubahan ukuran butir yang terdeposit, juga komposisi fragmen berbanding matriks menunjukkan terjadi kenaikan muka air laut yang menyebabkan daerah ini semakin mengendapkan butiran yang lebih kasar. Berdasarkan ciri-ciri tersebut satuan ini diendapkan pada fasies *distributary mouth bar*. Daerah ini dicirikan perubahan ukuran butir yang mengkasar ke atas (*coarsening upwards*) dan membentuk pola *funnel shaped*.

Satuan yang diendapkan lebih muda selaras di atas satuan batupasir sisipan lanau adalah satuan Batupasir kuarsa halus. Ciri di lapangan berwarna coklat keputihan, ukuran butir halus (1/8-1/4 mm), sortasi baik dengan kemas tertutup, bentuk butir rounded, semen non karbonatan dan di beberapa bagian terdapat gejala oksidasi. Sifat dari batupasir ini *loose* dengan struktur perlapisan dan terdapat *cross lamination*.

Ketebalan batupasir pada singkapan lapangan sebesar 1,2 sampai 3 m. Secara petrografi ukuran butir sayatan S-02 yang mewakili satuan batupasir kuarsa lebih kasar dibandingkan dengan sayatan S-03. Terjadi kenaikan muka air laut sehingga daerah ini kembali menjadi daerah yang mendekati ke laut dan mengendapkan ukuran butir berukuran pasir. Berdasarkan ciri di atas pengendapan ini terjadi fasies *backshore*.

Di atas batupasir kuarsa terdapat satuan batugamping berlapis yang berumur paling muda. Kenampakan di lapangan berwarna coklat, berlubang, tekstur klastik dengan sortasi buruk dan kemas terbuka, ukuran butir pasir sedang (1/4 – 1/2 mm). Fragmen berupa fosil foram besar dan material karbonatan berukuran pasir. Semen berupa karbonatan dan terjadi pelapukan dengan tingkatan sedang sampai tinggi di permukaannya.

Batugamping ini terendapkan akibat naiknya air laut yang kemudian merendam dan menjadikan daerah ini laut dangkal. Di laut dangkal banyak fosil yang berkembang. Terdapat banyak fosil *lepidocyclina Sp.* dan juga *red algae* yang sudah tergantikan oleh semen karbonat hasil dari pelarutan air dan terpresipitasi menggantikan tubuh fosil.

memiliki jenis batuan beku asam, seperti granit (Smith, et al 2003).

Pada periode kapur terjadi subduksi antara lempeng Indo-Australia dengan Sundaland dengan pola meratus yang menyebabkan fase *rifting* dan terbentuknya serangkaian tinggian (*horst*) dan rendahan (*graben*) (Prasetyadi, 2007). Pada periode Eosen terjadi fase regangan yang mengisi cekungan utama (endapan *syn rift*) yang mengisi cekungan utama, termasuk tinggian Karimunjawa. Pada periode Oligosen sampai Miosen awal terjadi fase kompresi yang menyebabkan terjadinya kolisi antara lempeng Sundaland dan mikrokontinen Jawa Timur yang di dorong lempeng Australian yang bergerak ke utara (Prasetyadi, 2007). Lempeng Sundaland dan mikrokontinen Jawa Timur yang memiliki batuan dasar batuan beku plutonik asam dan batuan metamorf mengalami proses pelapukan dan terdeposisi pada *foreland basin* yaitu Tinggian Karimunjawa. Hasil kolisi lempeng Sundaland dengan mikrokontinen Jawa Timur menyebabkan *collision uplifted* dan menghasilkan tinggian Karimunjawa serta terangkatnya endapan *syn rift*.

Pada periode Miosen tengah batuan sedimen pada Tinggian Karimunjawa kembali mengalami pelapukan, tertransport dan terendapkan pada daerah penelitian (cekungan Jawa Timur Utara).

Diagenesis Batupasir Ngrayong

Diagenesis pada batupasir Ngrayong memiliki beberapa tahapan melalui gejala-gejala diagenesis yang terekam pada sayatan tipis (lamp 7). Tahap eogenesis (*shallow burial*) secara umum di pengaruhi oleh 2 faktor, yaitu air pori dan pembebanan oleh material sedimen yang tersedimentasikan di atasnya. Air pori sangat di pengaruhi oleh lingkungan diagenesis tempat endapan sedimen berada. Jika di lihat dari gejala-gejala yang ada, lingkungan diagenesis pada tahap eogenesis berada di lingkungan meteorik yang di pengaruhi oleh air meteorik. Hal ini di lihat dari adanya pelarutan pada feldspar dan membentuk semen mineral lempung. Parker dan Sellwood menjelaskan bahwa feldspar relatif lebih stabil pada air pori dari laut dan air meteorik yang memiliki konsentrasi alkali dan silika yang tinggi. Pelarutan feldspar yang terjadi akibat *hydrolysis* disebabkan

oleh air pori yang netral dan asam. Air hujan yang sedikit asam disebabkan CO₂ yang terlarutkan bersama kedalamnya akan melarutkan feldspar. Hal tersebut merupakan bagian dari pelapukan normal. Keasaman dan CO₂ yang diproduksi oleh tanaman juga dapat menurunkan kadar pH dari air meteorik dan meningkatkan pelarutan feldspar.

Selain itu juga terdapat *red-beds* (lapisan merah) pada kenampakan batupasir Ngrayong yang mencirikan proses oksidasi yang dihasilkan oleh adanya aliran air sehingga mineral berat juga mulai terlarutkan dan membentuk oksida besi (mineral goethit atau hematit). Oksidasi terjadi pada lingkungan yang terdapat aliran air secara kontinu, kemudian masuk sebagai air pori dan membentuk proses oksidasi. Air pori juga menyebabkan kuarsa ikut larut dan membentuk *quartz overgrowth*. Pembentukan *quartz overgrowth* merupakan hasil presipitasi dari kuarsa yang larut dan kemudian terbentuk mengelilingi fragmen kuarsa yang belum larut.

Tahapan mesogenesis pada batupasir Ngrayong, yaitu *burial diagenesis* dapat dilihat melalui kompaksi yang terjadi pada fragmen-fragmen di dalam batuan. Terjadi kontak yang berbagai macam, mulai dari *point* sampai *suture* kontak. Proses kompaksi ini menyebabkan porositas menurun. Selain itu pembebanan yang semakin berat akibat endapan sedimen di atasnya serta bertambahnya suhu seiring bertambahnya kedalaman akan menyebabkan *pressure dissolution* yang pada batupasir ini mengakibatkan *suture contact* dan kuarsa yang larut akan mengisi pori-pori dan menghasilkan semen berupa semen kuarsa.

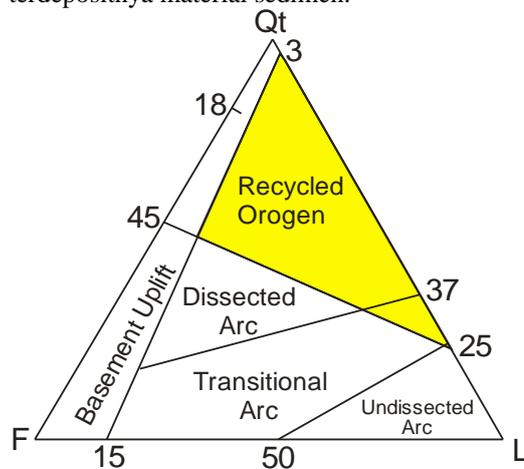
Tahapan terakhir adalah tahap telogenesis. Pada tahapan ini, sedimen yang berada di dalam naik akibat proses tektonik dan menyebabkan terangkatnya sedimen yang ada di bawah permukaan. Pada tahapan ini faktor yang mempengaruhi adalah suhu, tekanan, dan air hujan. Suhu dan tekanan saat berada di bawah permukaan yang tinggi kemudian berubah ketika normal kembali di permukaan. Air hujan yang ada akan masuk ke dalam sedimen lewat pori dan akan menciptakan porositas sekunder. Selain itu mineral – mineral akan bereaksi dengan air hujan kemudian larut dan mengisi rongga,

fragmen, matriks, semen dan porositas. Komposisi fragmen yang dominan terdiri dari mineral kuarsa yang terbagi menjadi 2 kuarsa yaitu gelap sempurna dan kuarsa gelap bergelombang. Fragmen lainnya adalah feldspar, mineral opak dan mineral mika. Selain mineral, pada batupasir juga terdapat fragmen berupa batuan (litik) yaitu kuarsa polikristalin dan fragmen batuan sedimen. Matriks pada batupasir berupa hancuran dari lempung. Semen terdiri dari mineral lempungan dan *quartz overgrowth* sebanyak. Sisanya adalah porositas berupa intergranular. Tekstur dan komposisi masing-masing dapat dilihat pada lampiran 6.

Batuan asal (*provenance*) Batupasir Ngrayong

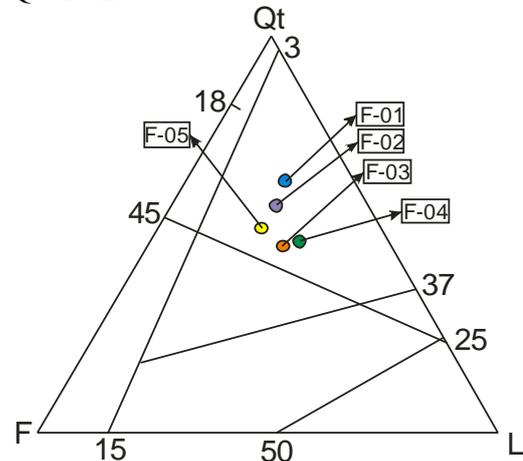
Pada lampiran 6 dapat dilihat distribusi tekstur dan komposisi mineral pada masing-masing sampel batupasir Ngrayong daerah Tempuran kabupaten Blora. Jika dilihat dari komposisi tersebut, batupasir Ngrayong di daerah tempuran berdasarkan pada klasifikasi pettijohn 1975 merupakan *quartz wacke*.

Melalui data komposisi pada tabel 4.1 dapat di lihat perbandingan antara Qt (total kuarsa), F (feldspar) dan L (fragmen batuan) yang ada pada setiap sayatan. Ketiga jenis fragmen tersebut lalu dimasukkan dalam diagram Qt - F - Lt Dickinson dan Suczek, 1979 (gambar 4). Diagram ini menunjukkan setting tektonik dari daerah asal batuan dan berasosiasi dengan tempat terdepositnya material sedimen.



Gambar 4. Diagram Dickinson dan Suczek 1979.

Pada gambar 5 dapat dilihat hasil pengeplotan masing - masing sayatan berdasarkan komposisi mineral kuarsa, feldspar, dan fragmen batuan pada diagram Qt - F - Lt.



Gambar 5. Hasil pengeplotan sayatan pada diagram Dickinson dan Suczek 1979.

Dari gambar 5 dapat diketahui bahwa hasil pengeplotan masing - masing sayatan terletak di daerah *recycled orogen*. *Recycled orogen* merupakan zona dari daerah tumbukan. Terjadi kolisi antar lempeng utama yang kemudian menyebabkan daerah asal sepanjang sabuk kolisi *uplifted*. Ketika dua lempeng utama saling menjam, daerah *collision uplift* terbentuk batuan sedimen dan metamorf di sepanjang batas lempeng kontinen. Detritus yang terbentuk pada daerah *recycled orogen* secara umum terdiri dari fragmen batuan sedimen dan metasedimen, dan kuarsa yang lebih banyak dari feldspar

Secara mikroskopis ciri - ciri tersebut dapat terlihat secara jelas. Melimpahnya kuarsa, ditambah terdapatnya fragmen batuan sedimen dan juga kuarsa polikristalin yang diindikasikan berasal dari batuan metamorf. Juga terdapat banyak feldspar yang mulai mengalami perubahan menjadi mineral lempung. Jika di lihat dari komposisi mineral tersebut, jenis batuan asal dari batuan ini adalah batuan sedimen yang mengisi cekungan hasil dari *collision uplift*. Batuan ini berasal dari lempeng benua yang mengalami kolisi. Seperti yang di ketahui, lempeng benua memiliki sifat magma yang asam. Lempeng yang berada di utara jawa yaitu kerak benua *sundaland*

Tahapan berikutnya adalah tahap analisis data. Pada tahap ini dilakukan analisis conto batuan terpilih secara petrografi meliputi analisis komposisi batuan, tekstur dan gejala diagenesis yang terekam pada sayatan tipis. Selain itu juga dilakukan interpretasi data yang didapatkan di lapangan untuk membantu analisa lingkungan pengendapan. Hasil akhir dari seluruh analisis adalah pembuatan model sederhana lingkungan pengendapan batupasir Formasi Ngrayong.

Tahapan terakhir adalah Tahap Pembuatan Hasil Penelitian. Pada tahapan ini dilakukan penulisan laporan terhadap penelitian yang dilakukan. Laporan berupa skripsi yang berisi penjelasan mengenai *provenance*, diagenesis dan lingkungan pengendapan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai batupasir Formasi Ngrayong ini dilakukan di daerah Tempuran dan sekitarnya, Kabupaten Blora Jawa Tengah. Proses pengambilan data lapangan berupa pengukuran penampang stratigrafi dan pengambilan conto batuan. Lokasi pengambilan data ini tersebar di 11 titik pengamatan (lamp. 2).

Stratigrafi Daerah Tempuran dan sekitarnya

Penampang stratigrafi di buat berdasarkan singkapan di titik stasiun pengamatan 2, 7 dan 11 yang memiliki singkapan dengan urutan batuan yang terlihat jelas. Berdasarkan singkapan yang ada di lapangan, litostratigrafi daerah Tempuran bagi menjadi 4 jenis satuan. Satuan ini di bagi berdasarkan kesamaan sifat fisik batuan, seperti tekstur, struktur dan ukuran butir dari batuan yang tersingkap ke permukaan.

Selain itu dilakukan pengambilan conto batuan pada titik stasiun pengamatan 11 secara vertikal dari muda ke tua untuk mengetahui perubahan pengendapan yang terjadi. Pengambilan conto batuan untuk analisis petrografi di ambil dari titik ini karena merupakan singkapan yang paling representatif untuk mewakili seluruh singkapan pada daerah Tempuran dan sekitarnya. Melalui analisis petrografi dapat memberikan informasi mengenai dinamika pengendapan yang terjadi di daerah ini.

Titik pertama adalah titik stasiun pengamatan 11. Titik stasiun pengamatan 11 berada pada sebelah timur daerah penelitian. Singkapan pada titik ini berupa perlapisan yang dibagi 4 jenis satuan batuan dari tua ke muda, yaitu satuan batulanau sisipan batupasir, satuan batupasir sisipan lanau, satuan Batupasir kuarsa dan satuan batugamping berlapis. (lamp. 3).

Titik kedua adalah titik stasiun pengamatan 7. Stasiun pengamatan 7 berada di sebelah barat stasiun pengamatan 11 dengan jarak kurang lebih 1,5 km. Pada stasiun ini juga terdapat singkapan berlapis yang terbagi 3 satuan, yaitu satuan batugamping berlapis, satuan batupasir sisipan lanau dan satuan batupasir kuarsa. (lamp. 4).

Titik ketiga adalah titik stasiun pengamatan 2. STA 2 terdapat di sebelah barat STA 7 dengan jarak kurang lebih 1,5 km. Pada stasiun ini juga terdapat singkapan berlapis yang terbagi 4 satuan seperti yang terlihat pada gambar 4 dengan satuan yang paling muda adalah satuan batulanau sisipan batupasir, satuan batupasir sisipan lanau, satuan batupasir kuarsa, dan satuan batugamping berlapis (lamp. 5).

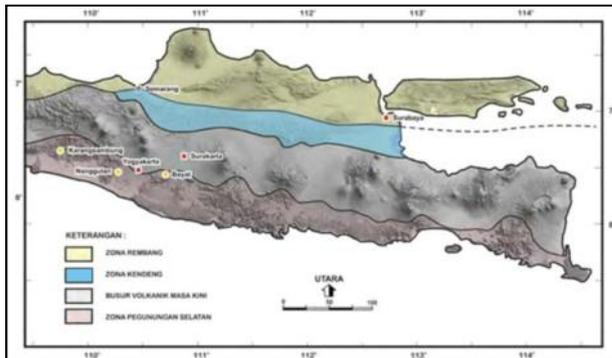
Komposisi Batupasir Ngrayong

Pada penelitian ini juga dilakukan pengambilan conto untuk analisis *provenance*. Conto batuan yang di ambil berupa batupasir kuarsa yang tersebar di daerah Tempuran secara acak di daerah Tempuran, Kabupaten Blora. Conto tersebut selanjutnya juga di sayat untuk mengetahui komposisi fragmen pada batupasir Ngrayong. Pengambilan batupasir titik stasiun pengamatan 1, 2, 7, 8 dan 10 (lamp 2).

Berdasarkan hasil pengamatan petrografi, secara umum batupasir Formasi Ngrayong memiliki tekstur klastik dengan fragmen lebih dominan dibandingkan dengan matriksnya batupasir memiliki besar ukuran butir berkisar 0,1 – 0,6 mm dengan rata-rata ukuran butir 0,3 mm. Derajat kebundaran *subangular – subrounded* dan kontak antar butirnya berupa *planar – suture contact*. Sortasi pada sayatan ini sedang karena ukuran butir yang cukup bervariasi dan matriks pada sayatan ini cukup banyak.

Untuk komposisi mineral, batupasir dari 5 titik pengamatan rata-rata tersusun atas

depresi diantaranya. Cekungan Jawa Timur merupakan zona pertemuan lempeng-lempeng Eurasian (*Sunda Craton*) dan Indo-Australian dan saat ini merupakan *back-arc basin*.



Gambar 3. Peta pembagian Fisiografi Cekungan Jawa Timur (Van Bemellen, 1949 dengan modifikasi)

Tatanan Struktur Cekungan Jawa Timur

Jawa bagian timur berdasarkan pola struktur utamanya merupakan daerah yang unik karena wilayah ini merupakan tempat perpotongan dua struktur utama, yakni antara struktur arah Meratus yang berarah timurlaut-baratdaya dan struktur arah Sakala yang berarah timur-barat (Sribudiyani dkk., 2003; dalam Prasetyadi, 2007). Cekungan Jawa Timur adalah cekungan back-arc pada ujung tenggara Paparan Sunda yang dibatasi oleh Busur Karimunjawa dan Paparan Sunda di bagian barat, ke utara oleh Tinggian Meratus, ke arah timur oleh Tinggian Masalembo-Doang dan ke selatan oleh jalur vulkanik Jawa (Sribudiyani, 2003).

Cekungan Jawa Timur dipisahkan menjadi tiga mandala struktur (*structural provinces*) (Satyana, 2005) dari utara ke selatan, yaitu :

- Paparan Utara yang terdiri dari Busur Bawean, Paparan Madura Utara dan Paparan Kangean Utara.
- Bagian tengah yaitu Tinggian Sentral yang terdiri dari Jawa Barat Laut (Kujung) – Madura – Kangean – Tinggian Lombok
- Bagian selatan dikenal sebagai Cekungan Selatan yang terdiri dari Zona Rembang – Selat Madura – Sub-Cekungan Lombok.

Stratigrafi Regional Zona Rembang

Berdasarkan pembagian zona fisiografi Pulau Jawa menurut Van Bemmelen dan letaknya, daerah penelitian termasuk pada Zona Rembang. Menurut Sutarso dan Suyitno (1976), secara Zona Rembang merupakan bagian dari cekungan sedimentasi Jawa Timur bagian Utara (*East Java Geosyncline*). Cekungan ini terbentuk pada Oligosen Akhir yang berarah Timur – Barat hampir sejajar dengan Pulau Jawa (Van Bemmelen, 1949).

Mandala Rembang memperlihatkan batuan dengan kadar pasir yang tinggi disamping meningkatnya kadar karbonat serta menghilangnya endapan piroklastik (Pringgoprawiro, 1983). Sedimen-sedimen Mandala Rembang memberi kesan berupa endapan laut dangkal yang tidak jauh dari pantai dengan kedalaman dasar laut yang tidak seragam. Hal ini disebabkan oleh adanya sesar-sesar bongkah (*Block faulting*) yang mengakibatkan perubahan-perubahan fasies serta membentuk daerah tinggian atau rendahan. Daerah lepas pantai laut Jawa pada umumnya ditempati oleh endapan paparan yang hampir seluruhnya terdiri dari endapan karbonat.

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi survei lapangan, pengamatan lapangan, pengambilan data lapangan, analisis data lapangan, dan interpretasi berdasarkan data lapangan berdasarkan hasil analisa dari laboratorium.

Tahapan persiapan meliputi persiapan data sekunder meliputi peta topografi dan peta rupa bumi (didapatkan dari BAKOSURTANAL), peta geologi regional, citra satelit (*google earth*), literatur dan segala kelengkapan yang berkaitan dengan daerah penelitian.

Langkah selanjutnya adalah tahapan pengambilan data lapangan untuk melakukan pengumpulan data-data primer di lapangan, seperti pengukuran penampang statigrafi, identifikasi sifat fisik batuan dan pengambilan conto batuan serta Dokumentasi lapangan berupa foto, sketsa dan catatan lapangan dibutuhkan agar didapatkan pendataan yang menyeluruh dan rinci.

dissolusi dan juga proses ini juga akan berpengaruh kuat pada tahapan diagenesis berikutnya di penimbunan yang lebih dalam.

Tahap Mesogenesis (*Burial diagenesis*)

Merupakan tahap tengah dari proses diagenesis yang terjadi setelah penimbunan. Pada tahap ini terjadi proses – proses berikut :

- **Kompaksi**
Kompaksi adalah proses yang menyebabkan volume sedimen berkurang.
- **Sementasi**
Sementasi adalah proses di mana terjadi presipitasi kimia pada pembentukan kristal baru, terbentuk didalam pori-pori sedimen atau batuan yang mengikat satu butir dengan butir lainnya.
- **Pelarutan**
Hal yang penting yaitu tekanan pelarutan (*pressure dissolution*), yaitu suatu proses di mana tekanan terkonsentrasi pada satu titik antara dua butir yang menyebabkan pelarutan dan migrasi ion atau molekul yang menjauhi titik itu.
- **Replacement (penggantian)**
Replacement yaitu proses yang mana mineral baru menggantikan (secara kimia dan fisika) in situ pada endapan mineral.
- **Authigenesis**
Authigenesis (*neocrystalitiation*) adalah proses yang mana fase mineral baru mengalami kristalisasi didalam sediment atau batuan selama proses diagenesis ataupun setelahnya.

Tahap Telogenesis

Merupakan tahap akhir dari proses diagenesis. Batuan sedimen yang telah tertimbun dan mengalami *burial diagenesis* setelah itu dapat terangkat akibat aktivitas pembentukan gunung dan mengalami erosi. Proses ini membawa mineral-mineral, termasuk mineral baru yang terbentuk selama tahap mesogenesis,

Lingkungan Pengendapan.

Lingkungan pengendapan adalah bagian dari permukaan bumi yang terkait proses fisik, kimia dan biologi berbeda dengan daerah yang berbatasan dengannya (Selley, 1988). Sedangkan menurut Boggs (1995) lingkungan pengendapan adalah karakteristik dari suatu tatanan geomorfik

dimana proses fisik, kimia dan biologi berlangsung yang menghasilkan suatu jenis endapan sedimen tertentu. Nichols (1999) menambahkan yang dimaksud dengan proses tersebut adalah proses yang berlangsung selama proses pembentukan, transportasi dan pengendapan sedimen.

Permukaan bumi mempunyai morfologi yang sangat beragam, mulai dari pegunungan, lembah sungai, dataran, padang pasir (*desert*), delta sampai ke laut. Dengan analogi pembagian ini, lingkungan pengendapan secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yakni lingkungan pengendapan darat misalnya sungai, danau dan gurun, lingkungan pengendapan peralihan atau daerah transisi antara darat dan laut seperti delta, lagun dan daerah pasang surut dan lingkungan pengendapan laut.

Selley (1988) misalnya, membagi lingkungan pengendapan menjadi 3 bagian besar yaitu darat, peralihan dan laut (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi Lingkungan Pengendapan (Selley 1988)

Darat	Terrestrial	<ul style="list-style-type: none"> - Padang pasir (<i>desert</i>) - Glacial
	Subaqueous	<ul style="list-style-type: none"> - Sungai - Rawa - Lakustrin
Peralihan		<ul style="list-style-type: none"> - Delta - Estuarin - Lagun - Litoral (<i>Intertidal</i>)
Laut		<ul style="list-style-type: none"> - Reef - Neritik (kedalaman 0-200 m) - Batial (kedalaman 200-2000 m) - Abisal (kedalaman >2000 m)

Analisis lingkungan pengendapan harus ditinjau mengenai struktur sedimen, ukuran butir (*grain size*), komposisi fosil yang meliputi bentuk dan jejaknya, komposisi mineral, runtunan vertikal dan hubungan lateralnya, geometri serta distribusi batuannya.

Geologi Regional Cekungan Jawa Timur Utara

Cekungan Jawa Timur Utara secara fisiografi yang terletak di antara pantai Laut Jawa dan sederetan gunung api yang berarah Barat-Timur di sebelah selatannya. Cekungan ini terdiri dari dua buah pegunungan yang berjalan sejajar dengan arah Barat-Timur dan dipisahkan oleh suatu

batupasir Formasi Ngrayong di daerah Tempuran dan sekitarnya, Kabupaten Blora, Jawa Tengah dengan tujuan :

- Mengetahui *provenance* (batuan asal) dari batupasir Formasi Ngrayong.
- Mengetahui proses dan perkembangan diagenesis pada batupasir Formasi Ngrayong.
- Mengetahui lingkungan pengendapan batupasir Formasi Ngrayong.

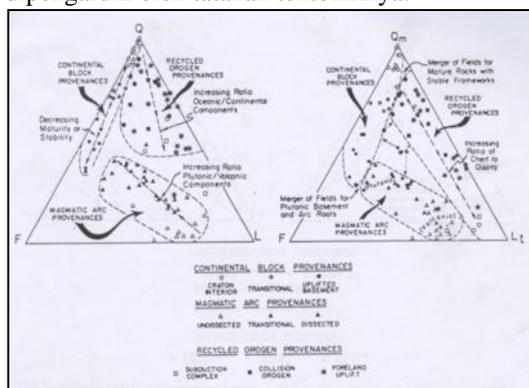
Lokasi daerah penelitian berada di daerah Tempuran dan sekitarnya. Secara administratif masuk ke dalam Kecamatan Blora Kota, Kabupaten Blora, Jawa Tengah (Lamp. 1). Secara geografis terletak pada 9241000 – 9235000 dan 548000 – 555000. Daerah penelitian dapat di tempuh dengan kendaraan bermotor lebih kurang 4 jam perjalanan darat dari Semarang.

TINJAUAN PUSTAKA

Provenance

Provenance berasal dari bahasa Prancis yaitu *provenir*, yang berarti asal atau tempat diendapkan (Pettijohn et al., 1987, 254). Istilah ini telah dikembangkan menjadi cakupan yang lebih besar yaitu daerah sumber batuan, ukuran atau volume, litologi batuan induk, kerangka tektonik, iklim dan relief dari daerah sumber.

Dickinson dan Suczek (1979) mengemukakan metode penentuan asal batupasir. Metode yang dicetuskannya membahas tentang hubungan antar komposisi batupasir dengan sumber sedimen. Penyebaran dari jenis batupasir yang berbeda satu dengan yang lainnya dipengaruhi oleh tatanan tektoniknya.



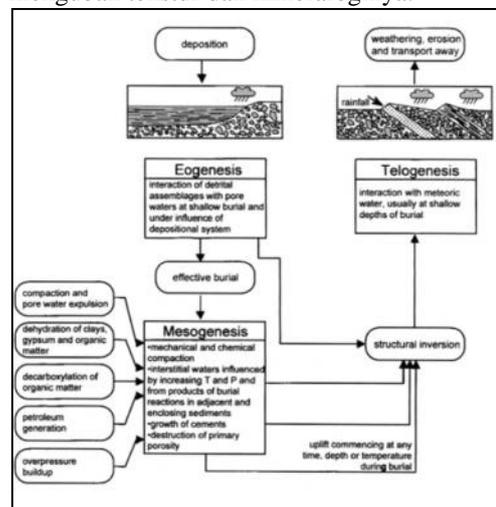
Gambar 1. Diagram tatanan tektonik Dickinson dan Suczek (1979)

Konsep ini disempurnakan dengan memisahkan berbagai komposisi batupasir

ke dalam tiga tipe *provenance* umum (gambar 1), yaitu *continental blocks provenance*, *recycled orogen provenance* dan *magmatic arc provenance*.

Diagenesis

Pada batuan sedimen klastik, diagenesis sangat berpengaruh terhadap proses pembentukan batuan. Diagenesis merupakan proses fisika, kimia dan biologi yang secara umum mengubah sedimen menjadi batuan sedimen. Diagenesis kemungkinan berlanjut bekerja setelah sedimen menjadi batuan, mengubah tekstur dan mineraloginya.



Gambar 2 Diagram alir yang menunjukkan rezim diagenesis (Burley 2003)

Diagenesis biasanya dibagi menjadi tiga tahap yang disebut rezim diagenesis. Pada tahap tersebut memiliki masing-masing proses diagenesis dan efek yang dihasilkan pada masing-masing tahapan. Konsep rezim diagenesis adalah suatu kerangka luas yang menghubungkan proses diagenesis pada evolusi cekungan sedimen.

Tahap Eogenesis (*Shallow burial*)

Prinsip perubahan akibat diagenesis pada tahap eogenesis meliputi proses bioturbasi, kompaksi minor, penyusunan ulang fragmen batuan, dan perubahan mineralogi sedimen. Proses awal diagenesis yang terdapat di antara endapan dan timbunan, atau dekat permukaan. Diagenesis awal meliputi semua proses reaksi mineral pada batupasir dan air pori dari deposisi penimbunan rata - rata sebelum temperatur naik di atas temperatur permukaan. Diagenesis awal sangat penting karena pada tahap ini porositas akan berubah secara signifikan oleh sementasi awal atau

Studi Batuan Asal (*Provenance*) dan Diagenesis Batupasir Formasi Ngrayong Daerah Tempuran dan Sekitarnya, Kecamatan Medang, Kabupaten Blora, Jawa Tengah

Faizal Abdillah
faizalabdillah@hotmail.com

ABSTRACT

Geographically, the study area is at 9241000 mN - mE 9235000 mN and 548 000 - 555 000 mE (UTM WGS 84, Zone 49S) and administratively located in Tempuran Regional, District Medang, Blora regency, West Java Province. Based on physiographic zones Van Bemmelen (1949) study area into zones Antiklinorium Rembang - Madura.

The research was conducted to determine rock origins (*provenance*) and the process that occurs in sandstone diagenesis Ngrayong formation, and to investigate the depositional environment Ngrayong formations that exist in the study area.

The form of field data that collected in is stratigraphic cross-section measurements, the identification of the physical properties of rock and rock samples from observation stations scattered in research sites. Petrographic analyzes performed on thin section based on the rock samples.

Based on the analysis of the mineral composition of sandstones quartz, feldspar and lithic fragments at Dickinson and Suzcek QFL diagram, 1979, Sandstones study area is estimated to come from recycled orogen of height karimunjawa formed by the collisions. While symptoms of diagenesis recorded from petrographic analysis showed sandstones having eogenesis stages in the meteoric environment based on *red beds* forming. Sandstone also experienced mesogenesis stages with symptoms such as compaction diagenesis with sutures contact, dissolving feldspar, quartz overgrowth and cementation. Stages telogenesis indicated by deformation of outcrop in the study area. Ngrayong Formation depositional environment on the area of research is in deltaic to a shallow sea with river-dominated type.

Keywords: *rock origin (provenance), petrographic analysis, recycled orogen, Ngrayong Formation*

PENDAHULUAN

Daerah Blora merupakan salah satu bagian dari cekungan Jawa Timur utara yang di Indonesia sudah di kenal sebagai cekungan penghasil minyak dan gas bumi. Dalam fisiografi pulau Jawa (Bemmelen,1949) cekungan Jawa Timur utara masuk ke dalam Zona Rembang yang terdiri dari endapan silisiklastik dan karbonat. Tatanan stratigrafi zona rembang terdiri dari 12 formasi yang berumur Oligosen sampai Pleistosen (Harsono Pringgoprawiro,1981).

Sebagai salah satu reservoir minyak dan gas bumi pada cekungan Jawa Timur utara, sampai saat ini masih banyak perdebatan mengenai Formasi Ngrayong ini baik dalam hal batuan asal (*provenance*), lingkungan pengendapan, maupun kepastian Formasi Ngrayong sebagai sebuah formasi atau hanya anggota dari formasi lainnya. Beberapa peneliti memiliki pendapat masing-masing mengenai Formasi

Ngrayong, Ardhana (1993) menyimpulkan bahwa sebagian besar Ngrayong diendapkan di lingkungan laut dalam di wilayah lereng cekungan bagian atas (*upper slope*) sampai lantai cekungan (*basin floor*). Berdasarkan publikasi Johnstone dkk (2006) berpendapat bahwa Ngrayong adalah endapan delta dan laut dangkal, dan bukan endapan laut dalam.

Oleh karena itu, penelitian pada batupasir Formasi Ngrayong ini dilakukan sebagai upaya untuk memperkaya informasi mengenai batupasir Formasi Ngrayong berdasarkan data primer di lapangan.

Penelitian ini dikhususkan pada studi *provenance*, lingkungan pengendapan dan proses diagenesis yang terjadi pada batupasir ngrayong berdasarkan sifat fisik batupasir pada singkapan di lapangan dan analisa petrografi. Data lapangan diperoleh di daerah Tempuran dan sekitarnya, Kabupaten Blora.

Maksud dari penelitian tugas akhir ini adalah melakukan studi tentang kondisi