

ANALISA FASIES DAN STUDI PALEOGEOGRAFI FORMASI NGRAYONG LAPANGAN 'STARK' CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA MENGGUNAKAN SIKUEN STRATIGRAFI BERDASARKAN DATA WIRELINE LOG, CUTTING, SWC, BIOSTRATIGRAFI DAN PETROGRAFI

Muhammad Rabbani^{*)}, Pontjomojono Kundanurdono^{*)}, Sugeng Widada^{*)}
^{*)}Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral
 Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
 Jl. SWK 104, Condong Catur 55283, Yogyakarta, Indonesia
 Fax/Phone : 0274-487816;0274-486403

ABSTRACT - The researches area are located in one of the PT. Pertamina exploration field in North East Java Basin. Fields "STARK" included in the North East Java Basin, Central Java, where the focus of the research was the determination of facies and depositional environment Ngrayong Formation. The study was conducted using data owned by PT. Pertamina EP., Including seismic and well log data as the main data and *Sidewall Core* data, *mud log*, petrographic section, and biostratigraphy as additional data. The well data that we used for this research is well M-001 445-771 TVD, well M-002 860-1253 TVD and well M-003 1584 – 1835 TVD. Stratigraphic features of this researches are the top Ngrayong Formation above by an unconformity underlying the Bulu Formation and the bottom of Ngrayong Formation unconformably the Tawun Formation. The geological structure is evolving STARK Field anticline and inversion fault. Based on data biostratigraphic age Ngrayong Formations are N9-N13. Lithology in Ngrayong Formation comprises predominantly by clastic limestone wackestone - packstone, shale, calcareous sandstone, and siltstone. Facies and depositional environment that developed in Ngrayong Formation, Fields "STARK" consists of carbonate mixture of sediments onshore or mix carbonate terrigenous shoreline facies which is Skeletal Limestone, laminated limestone and interlaminated limestone facies and the paleoenvironment that develops is lagoon, tidal flats, tidal channels, offshore bars. Ngrayong Formation through 3 sequences phases. The first sequence developed LST 1, TST 1 and HST 1. Second, developing TST 2 and HST 2. And final phase LST3, TST3 and HST 3.

Keywords : sequence stratigraphy, wireline log, biostratigraphy, Ngrayong Formation

PENDAHULUAN

Latar belakang

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 atau hanya anggota dari formasi lainnya. Beberapa peneliti memiliki pendapat masing – masing mengenai Formasi Ngrayong, Ardhana (1993) menyimpulkan bahwa sebagian besar Formasi Ngrayong diendapkan di lingkungan laut dalam di wilayah lereng cekungan bagian atas (*upper slope*) sampai lantai cekungan (*basin floor*). Sebaliknya berdasarkan publikasi Johnstone dkk. (2006) berpendapat bahwa Ngrayong adalah endapan delta dan laut dangkal, dan bukan endapan laut dalam.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Bagaimana variasi litologi bawah permukaan yang berkembang pada Formasi Ngrayong berdasarkan data *log* dari tiap-tiap sumur pada daerah telitian ?
2. Apa saja fasies yang berkembang dan bagaimana distribusinya di daerah telitian ?
3. Apa lingkungan pengendapan dari Formasi Ngrayong yang terdapat di daerah telitian ?
4. Struktur geologi apa yang mempengaruhi dan terjadi bersamaan atau setelah pengendapan daerah telitian ?
5. Bagaimana paleogeografi dan sejarah sedimentasi Formasi Ngrayong dengan pendekatan metode sikuen stratigrafi di daerah telitian ?
6. Bagaimana sikuen pengendapan pada daerah telitian ?

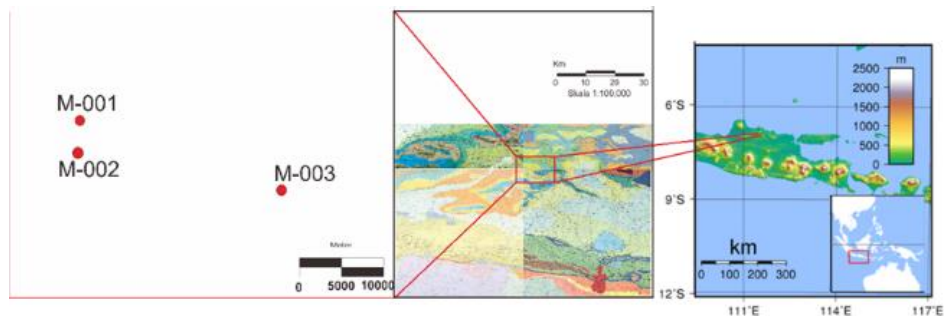
Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan analisa fasies pada Formasi Ngrayong, Cekungan Jawa Timur Utara dengan pendekatan – pendekatan data log sumur, *cutting*, *mudlog*, *SWC*, biostratigrafi dan petrografi. Dan tujuan dibuatnya skripsi ini adalah :

1. Menentukan Varietas Litologi yang terdapat pada Formasi Ngrayong berdasarkan *log sumur*.
2. Menentukan Fasies serta distribusinya pada Formasi Ngrayong Lapangan “Stark”.
3. Menentukan lingkungan pengendapan Formasi Ngrayong Lapangan “Stark”.
4. Mengidentifikasi struktur geologi yang berkembang di daerah telitian.
5. Menghubungkan sejarah sedimentasi Formasi Ngrayong dengan pendekatan pemodelan sikuen pengendapan di daerah telitian.
6. Membuat gambaran paleogeografi Formasi Ngrayong di daerah telitian.

Lokasi Penelitian

Lokasi daerah penelitian yang bersangkutan terletak di lapangan “STARK”, Formasi Ngrayong Cekungan Jawa Timur Utara, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Blora, Jawa Tengah, yang dikelola oleh PT. Pertamina EP (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Lapangan STARK

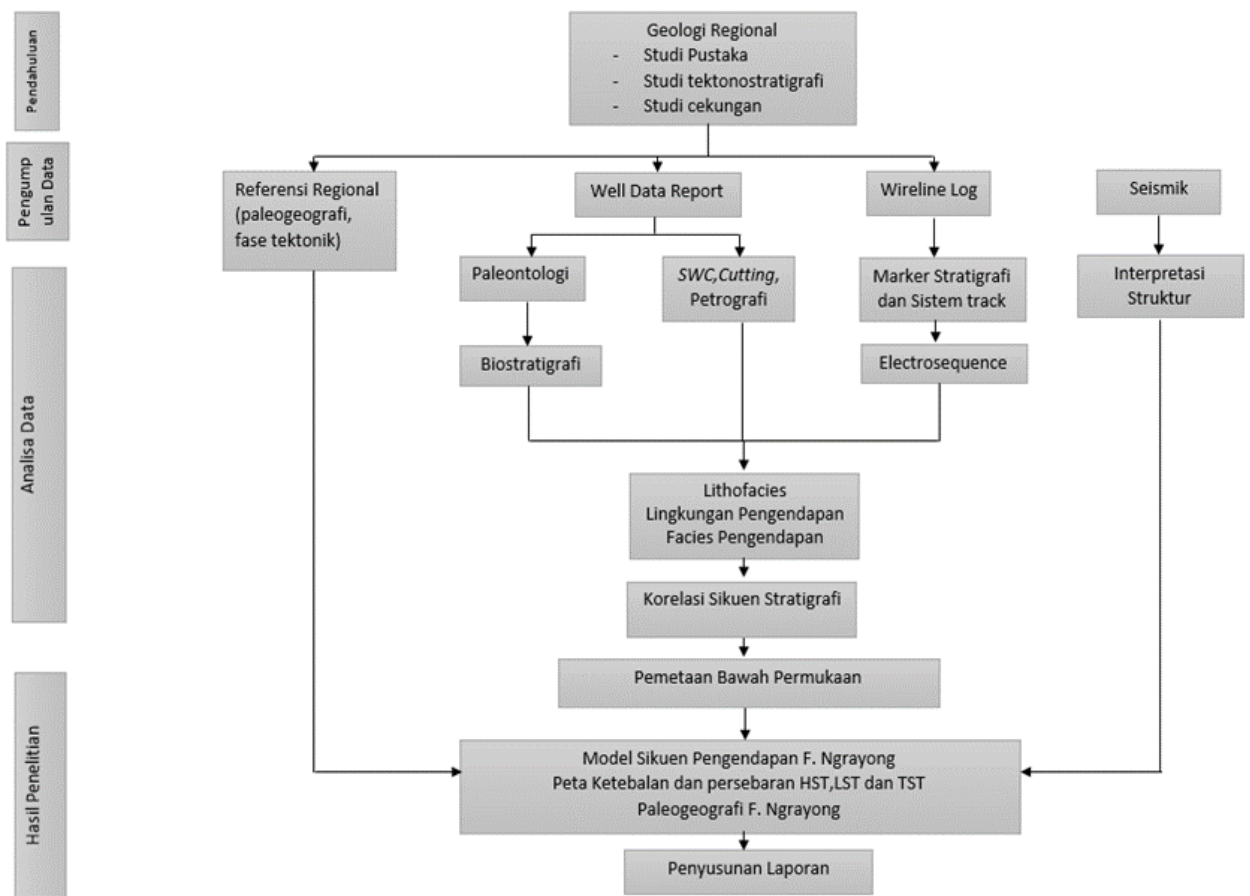
Hasil Penelitian

1. Peta persebaran system track masing – masing sumur.
2. Model perkembangan paleogeografi Formasi Ngrayong pada masing – masing sekuen.
3. Korelasi sekuen stratigrafi Lapangan STARK.
4. Laporan penelitian.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan oleh peneliti dengan metode interpretasi deskriptif analitis dengan mengolah data-data *mudlog*, data log sumur serta ditambah dengan data seismik dan studi-studi pustaka mengenai daerah telitian baik yang sudah di publikasikan atau tidak dipublikasikan (Gambar 2).

Data-data tersebut kemudian diintegrasikan untuk mendapatkan informasi tentang fasies dan lingkungan pengendapan dari Formasi Ngrayong di Lapangan “Stark” yang nantinya menghasilkan sejarah geologi dari segi ilmu sikuen stratigrafi hingga membentuk sejarah geologinya dan peta paleogeografinya.



Gambar 2. Diagram Alir Pengerjaan Penelitian

TINJAUAN PUSTAKA

Tatanan Tektonik Cekungan Jawa Timur Utara

Pada awal zaman Kapur Awal, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik bergerak ke arah utara dan barat secara bertahap dan mengalami subduksi lempeng terhadap lempeng Eurasia (Daly *et al.*, 1991 di dalam PERTAMINA volume IV). Pada zaman Kapur Akhir, cekungan oleh gaya *tensional* lokal terbentuk atau terbentuknya fase *rifting* dan mempengaruhi komponen struktur *wrenching lateral*. *Extension* dari belakang busur pada kala Paleosen – Eosen membentuk pola struktur arah barat – timur. Pada Kala Miosen Awal daerah ini mengalami proses *uplift*, sehingga disebut apa yang namanya *central high* (PERTAMINA vol. IV, 1995). Kala Miosen Akhir terjadi fase tektonik *compresional* arah utara – selatan, menyebabkan terjadinya *uplift* dan inversi sepanjang batas sesar dari *half – grabens*, membentuk struktur antiklin. Hingga sekarang proses *uplift* masih berjalan.

Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara

Stratigrafi di Cekungan Jawa Timur Utara terdiri dari tua menuju muda adalah :

1. Formasi Kujung

Susunan napal abu-abu kehijauan dan lempung napalan kuning kecoklatan dengan sisipan batugamping bioklastik (Pringgoprawiro, 1983). Umur Formasi Kujung adalah Oligosen Atas atau Zonasi Blow P19 – N1 (Pringgoprawiro, 1983).

2. Formasi Prupuh

Disusun oleh perselingan antara batugamping berwarna putih kotor dengan batugamping bioklastik putih abu-abu muda (Pringgoprawiro, 1983). Umur dari Formasi Prupuh ini adalah Oligosen Atas – Miosen Bawah atau Zonasi Blow N3 – N5 (Pringgoprawiro, 1983).

3. Formasi Tuban

tersusun atas napal pasiran berwarna putih abu-abu, semakin ke atas berubah menjadi endapan batulempung biru kehijauan dengan sisipan batugamping berwarna abu-abu kecoklatan yang kaya akan foraminifera orbitoid, koral

dan algae. Semakin ke atas lagi berubah menjadi batugamping pasiran berwarna putih kekuningan hingga coklat kekuningan (Pringgoprawiro, 1983). Umur dari Formasi Tuban ini adalah Miosen Awal bagian tengah atau Zonasi Blow N5 – N6 (Pringgoprawiro, 1983).

4. Formasi Tawun

Formasi Tawun tersusun atas serpih pasiran berwarna abu-abu hingga coklat abu-abu, kemudian disusul dengan perselingan antara batupasir coklat kemerahan, serpih pasiran dan batugamping kekuningan hingga kecoklatan, dimana makin ke atas batugamping menjadi lebih dominan dan mengandung fosil orbitoid yang besar-besar (Pringgoprawiro, 1983). Umur dari Formasi Tawun adalah Miosen Awal bagian tengah – Miosen Tengah atau Zonasi Blow N8 – N12.

5. Formasi Ngrayong

Pada sumur M-001, M-002 dan M-003 litologi yang terdapat pada formasi ini adalah berupa batupasir karbonatan sisipan batugamping bioklastik, semakin ke bawah dijumpai batuserpih dengan material karbonan. Umur Formasi Ngrayong pada sumur ini adalah Miosen Tengah atau Zonasi Blow (N9 – N12) . Lingkungan pengendapannya adalah littoral(transisi) – laut dangkal outter neritic (0 – 100 meter).

6. Formasi Bulu

Terdiri dari batugamping putih kekuningan dan batugamping pasiran berwarna putih kelabu hingga kuning keabuan, terdapat sisipan napal berwarna abu-abu, kaya akan foram besar dan kecil, koral, ganggang (Pringgoprawiro, 1983). Ketebalan satuan ini 54 m – 248 m. Umur Formasi Bulu adalah Miosen Akhir bagian bawah atau Zonasi Blow N14 – N15 (Pringgoprawiro, 1983).

7. Formasi Wonocolo

Tersusun oleh napal, napal lempungan, hingga napal pasiran, yang kaya akan foram plankton, terdapat sisipan kalkarenit dengan tebal lapisan 5 – 20 cm (Pringgoprawiro, 1983). Formasi Wonocolo memiliki tebal 89 – 600 meter, diendapkan pada Miosen Akhir bagian bawah - Miosen Akhir bagian tengah atau pada Zonasi Blow N15 – N16 (Pringgoprawiro, 1983).

8. Formasi Ledok

Tersusun atas perulangan napal pasiran dan kalkarenit, dengan napal dan batupasir. Bagian atas dari satuan ini dicirikan batupasir dengan konsentrasi glaukonit. Kalakarenitnya sering memperlihatkan perlapisan silang-siur (Pringgoprawiro, 1983). Berdasarkan fosil foram planktonik *Globorotalia pleistumida* yang ditemukan, umur Formasi Ledok adalah Miosen Akhir bagian atas atau pada Zonasi Blow N17 – N18 16 (Pringgoprawiro, 1983).

9. Formasi Mundu

Terdiri dari perselingan batugamping pasiran dan napal pasiran (Pringgoprawiro, 1983). Penyebarannya cukup luas, dengan ketebalan 75m – 342m. Berdasarkan fosil foraminifera planktonik yang ditemukan, umur Anggota Selorejo adalah Pliosen atau pada Zonasi Blow N18 – N20 (Pringgoprawiro, 1983).

10. Formasi Lidah

Formasi Lidah terdiri atas satuan batulempung biru tua, masiv, tidak berlapis. Satuan ini dapat dipisahkan menjadi bagian atas, tengah, bawah. Pada bagian bawah Formasi Lidah merupakan satuan batulempung berwarna biru (Anggota Tambakromo).

STRATIGRAFI DAERAH PENELITIAN

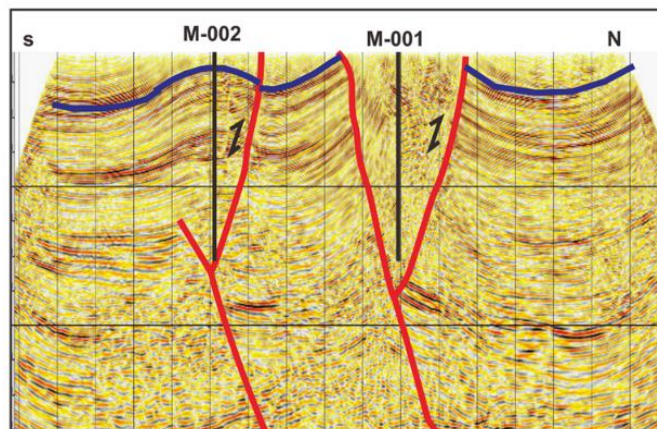
Adapun formasi batuan yang terdapat pada Lapangan Stark pada masing-masing log sumur M-001, M-002, dan M-003 di dalamnya yaitu dari tua ke muda adalah Formasi Tawun, dengan tersusun atas satuan batuan serpih yang litologinya berupa serpih dengan sisipan batugamping Formasi Tawun. Umur Formasi Tawun Lapangan Stark berkisar antara (N9 – N10). Serpih tawun memiliki warna abu – abu gelap, mengandung fosil foraminifera, memiliki semen karbonata dan kaya akan mineral lempung. Secara tidak selaras di atasnya diendapkan Formasi Ngrayong pada Lapangan Stark memiliki kisaran umur (N9 – N11) Miosen Tengah dengan ciri litologi batuan batupasir karbonatan, serpih, dan batugamping klastik packestone dan wackestone. Satuan batupasir Ngrayong memiliki ciri-ciri warna abu-abu cerah, ukuran butir halus hingga sangat halus, terpilah sedang-baik, menyudut tanggung hingga membundar tanggung, kebanyakan didominasi oleh semen karbonat seperti kalsit. Kemudian secara tidak selaras di atas Formasi Ngrayong di endapkan Formasi Bulu. Secara umum Formasi ini terdiri dari satuan batugamping klastik packestone - wakestone, batugamping pasiran dan serpih. Umur Formasi Bulu pada Lapangan Stark berkisar antara (N12 - N13) misosen tengah. Litologi disini berwarna putih hingga abu - abu, mengandung foraminifera plankton dan foraminifera benthos, alga merah, mineral glaukonit, kuarsa dan kaya akan material karbonan (organik). Sebagian batugampingnya mengandung semen dolomit dan kalsit, lapisan batugamping pada Formasi Bulu memiliki porositas yang buruk (Gambar 3).

| UMUR | ZONASI BLOW, 69 | LITHOSTRATIGRAFI |
|---------------|-----------------|------------------|
| MIOSEN TENGAH | N 13 | F. BULU |
| | N 12 | |
| | N 11 | F. NGRAYONG |
| | N 10 | |
| | N 9 | |
| | | F. TAWUN |

Gambar 3. Kolom stratigrafi Lapangan Stark

STRUKTUR GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Pada Lapangan Stark berdasarkan analisa seismik line A didapatkan suatu citra bawah permukaan yang tampak memiliki struktur geologi yang kompleks. Dibuktikan dengan adanya sesar – sesar yang melewati sumur M-001 dan M-002 berupa, sesar inversi yaitu sesar yang berumur oligosen yang teraktivasi kembali oleh kondisi tektonik pada umur Miosen akhir. Kemudian dilanjutkan dengan tektonik *compressional* pada umur Pliosen – Plistosen. Pada masing – masing sumur yaitu, M-001 dan M-002 tepat di bawahnya memiliki struktur antiklin. Peneliti menyebutnya struktur antiklin Stark (**Gambar 4**).

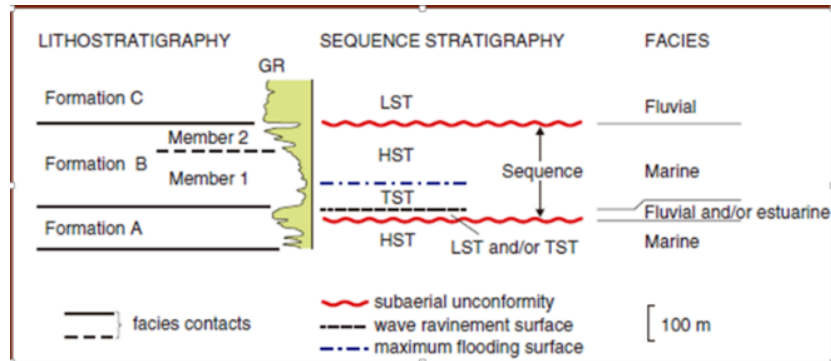


Gambar 4. kenampakan struktur antiklin STARK (garis biru) dan sesar inversi (garis merah)

DASAR TEORI

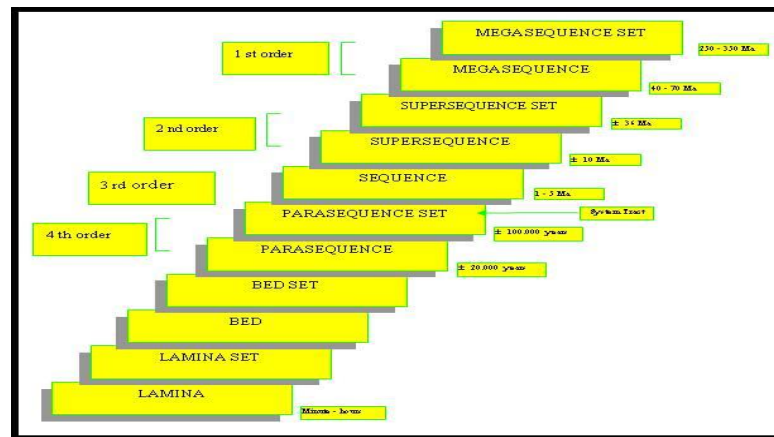
Sikuen Stratigrafi

Secara sederhana sikuen stratigrafi dapat diartikan sebagai suatu ilmu tentang hubungan perulangan batuan di dalam suatu kerangka waktu stratigrafi yang mana lapisan-lapisan yang terhubung secara genetik dibatasi oleh suatu bidang erosi atau periode dimana tidak terjadi pengendapan, atau adanya hubungan keselarasan (**Gambar 5**).



Gambar 5. Berdasarkan log gambar ray (modifikasi Posamentier dan Allen, 1999 dalam Catuneanu, 2006)

Berdasarkan kronostratigrafinya, secara garis besar sikuen stratigrafi dapat dikelompokkan menjadi beberapa orde sikuen pengendapan (**Gambar 6**)



Gambar 6. Orde sikuen pengendapan (Van Wagoner, et.al, 1990)

Pola penumpukan adalah ragam gambaran dimana *parasequences* atau *parasequence sets* yang semakin lebih muda berlapis satu di atas yang lainnya (Gambar 7)

1. Progradasi

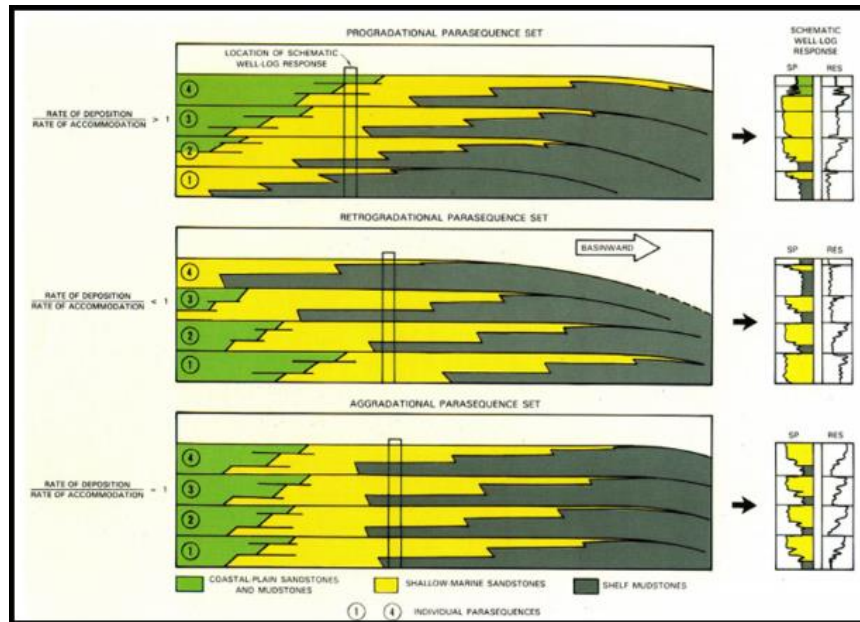
Terjadi ketika *rate of sediment supply* lebih besar ketimbang *rate of subsidence* (pembentukan akomodasi), umumnya akan menunjukkan pola pengkasaran keatas pada log gamma ray (*funnel shaped*).

2. Agradasi

Terjadi ketika *rate of sedimentation* seimbang dengan *rate of subsidence*, pada keadaan ini material sedimen akan memiliki susunan yang bertumpuk vertikal tanpa adanya variasi-variasi tertentu. Pada umumnya akan menunjukkan pola blocky pada log gamma ray (*blocky shaped*).

3. Retrogradasi

Terjadi ketika *rate of subsidence* (pembentukan akomodasi) lebih besar ketimbang *rate of sedimentation*, endapan-endapan shoreface akan menumpuk diatas endapan foreshore, dan seterusnya, umumnya akan menunjukkan pola penghalusan ke atas pada *log gamma ray* (*bell shaped*).



Gambar 7 Ekspresi log dan penampang dari pola *stacking pattern* (Van Wagoner, et.al, 1990)

Sikuen dapat dibagi lagi kedalam suatu wilayah sistem yang disebut *systems tract* yang terdiri dari seluruh sistem-sistem pengendapan yang sama umurnya, yang terjadi berdekatan satu sama lain, dan diendapkan selama satu segmen *sea-level curve* tertentu.

1. Lowstand System Tract

Lowstand systems tract membentuk susunan regresi berisi endapan sedimen selama penurunan muka air laut relatif, terus *stillstand*, dan hingga kenaikan perlahan muka air laut relatif selama regresi pada *shoreline* masih dapat dipertahankan.

2. Transgressive System Tract

Transgressive systems tract berisi endapan sedimen ketika muka air laut relatif naik dengan cepat dibandingkan dengan kecepatan pengendapan.

3. Highstand System Tract

Highstand systems tract merupakan urutan endapan ketika kenaikan muka air laut relatif berkurang sampai lebih kecil daripada kecepatan pengendapan. *Highstand systems tract* dibatasi oleh *maximum flooding surface* dibawahnya dan batas sikuen di atasnya.

KORELASI

Korelasi merupakan langkah penentuan unit stratigrafi dan struktur yang mempunyai persamaan waktu, umur dan posisi stratigrafi.

LOG SUMUR (Gambar 8)

1. Log SP

Kurva SP adalah rekaman perbedaan potensial antara elektroda yang bergerak di dalam lubang bor dengan elektroda di permukaan. Satuannya adalah millivolt.

2. Log Gamma Ray (GR)

Prinsip log GR adalah perekaman radioaktivitas alami bumi. Radioaktivitas GR berasal dari 3 unsur radioaktif yang ada dalam batuan. Tingkat radiasi serpih lebih tinggi dibandingkan batuan lain karena unsur –unsur radioaktif cenderung mengendap di lapisan serpih yang tidak permeabel, karena itu GR log mampu memisahkan dengan baik antara lapisan serpih dari lapisan permeabel.

3. Log Densitas

Log densitas merupakan suatu tipe log porositas yang mengukur densitas elektron suatu formasi.

4. Log Neutron

Log neutron merupakan tipe log porositas yang mengukur konsentrasi ion hidrogen dalam suatu formasi.

5. Log Sonik

Log sonik merupakan suatu log yang mengukur interval waktu lewat dari suatu gelombang suara kompresional untuk melalui suatu feet formasi.

6. Log Resistivitas

Log Resistivitas berguna untuk mengukur besarnya daya hambat formasi terhadap arus listrik, yang besarnya bergantung pada : jenis kandungan fluida, porositas baruan, kandungan mineral, dll.

ELEKTROFACIES

1. Cylindrical

Bentuk silinder pada log GR atau SP dapat menunjukkan sedimen tebal dan homogen yang dibatasi oleh pengisian channel (*channel-fills*) dengan kontak yang tajam..

2. Irregular

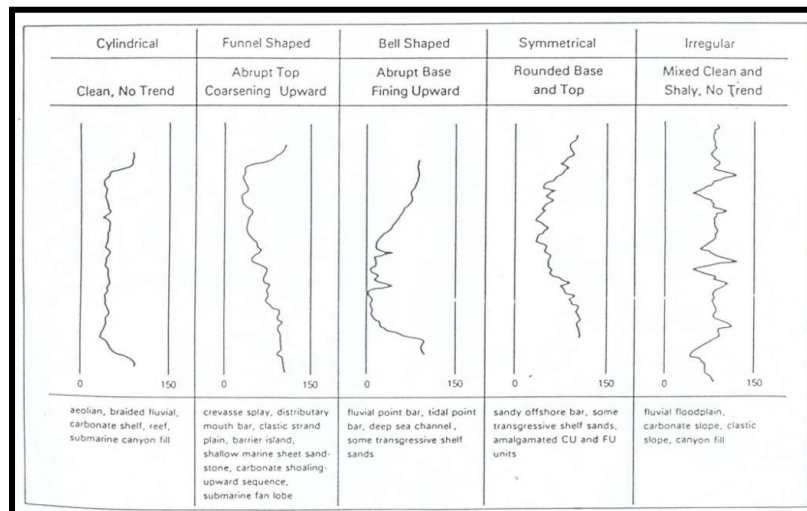
Bentuk ini merupakan dasar untuk mewakili heterogenitas batuan reservoir. Bentuk *irregular* diasosiasikan dengan sedimen *alluvial plain, floodplain, tidal sands, shelf* atau *back barriers*.

3. Bell Shaped

Profil berbentuk *bell* menunjukkan penghalusan ke arah atas, kemungkinan akibat pengisian channel (*channel fills*).

4. Funnel Shaped

Profil berbentuk corong (*funnel*) menunjukkan pengkasaran ke arah atas yang merupakan bentuk kebalikan dari bentuk *bell*.



Gambar 8. Indikasi Lingkungan Pengendapan dari kurva log GR/SP (Walker,1992)

5. Symmetrical-Asymmetrical Shapped.

Bentuk *symmetrical* merupakan kombinasi antara bentuk *bell-funnel*. Kombinasi *coarsening-fining upward* ini dapat dihasilkan oleh proses bioturbasi, selain tatanan secara geologi yang merupakan ciri dari *shelf sand bodies, submarine fans and sandy offshore bars*.

FASIES

Fasies sedimen adalah massa dari suatu batuan yang dapat ditentukan dan dibedakan dengan yang lainnya berdasarkan geometri, lithologi, struktur sedimen, arus purba dan fosil. (R. C. Selley, 1985) Sedangkan lingkungan sedimentasi merupakan bagian dari roman muka bumi yang secara fisika, kimia, dan biologi berbeda dengan roman lainnya misalnya gurun, sungai lembah, dan delta (SelleyR.C., 1985), dan dalam penentuan roman muka bumi tersebut ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu : geologi, geomorfologi, iklim, cuaca, kedalaman, temperatur, dan salinitas serta sistem aliran termasuk juga flora dan fauna yang terdapat dalam lingkungan sedimentasinya.

Mixed Terrigenous : Carbonate Shoreline

Sedimen karbonat campuran klastik diartikan sebagai batuan karbonat yang terbentuk dekat dengan daratan dan terpengaruh oleh keadaan sekitar lingkungan darat, tak hanya fasies lautan terbuka, tetapi juga fasies dari pantai itu sendiri, kondisi ini bisa dibawa oleh sekitar 3 faktor yang bertindak sendiri atau bersamaan.

Fasies *mix carbonate* dan sedimen terigenit dapat dibagi menjadi 5 fasies yaitu :

1. *Skeletal Limestone*
2. *Laminated Shales*
3. *Interlaminated sand and shale*
4. *Cross-bedded sand and shale*
5. *Calcareous sandstone channel*

PENYAJIAN DATA

Pengolahan data ini mencakup data – data primer ataupun data sekunder.

Data Primer berupa ,

1. *Wireline Log*
2. Data seismik

Data Sekunder berupa,

1. Data *Mudlog*
2. Data Petrografi
3. Data Biostratigrafi (Paleontologi)
4. Data *Sidewall core*

ANALISIS DAN PEMBAHASAN**ANALISA LITOLOGI**

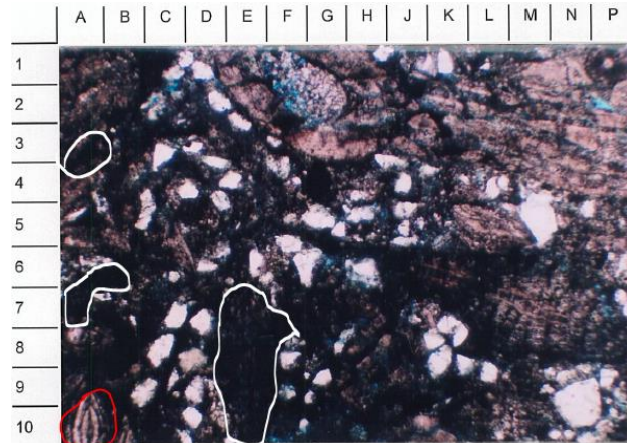
Pada sumur M-001 dan M-002 dilakukan interpretasi litologi dengan mengintegrasikan data log sumur, data *cutting* dan data petrografi.

1. **Batupasir karbonatan**
2. **Batugamping klastik**
3. ***Dolostone***
4. ***Shale / Serpih***
5. ***Siltstone / Batulanau***
6. ***Marlstone / Napal***

ANALISA PETROGRAFI

Berdasarkan hasil analisa petrografi dari 20 sampel petrografi sumur M-001 yang ada terdapat variasi batuan, yaitu batupasir karbonatan, *lithick wacke* (Folk, 1974), *sublitharenite* (Folk, 1974), batugamping *packestone*, batugamping *wackestone*, dan *dolostone*. Dan berdasarkan analisa petrografi dari 25 sampel petrografi sumur M-002 yang ada terdapat variasi batuan, yaitu serpih lanauan, batugamping *wackestone*, batugamping *packestone*, batugamping dolomitan, batugamping pasiran, batupasir lempungan berfosil dan dolomit karbonatan.

Selain itu keterdapatannya material karbonan (organic matter) yang tersebar pada petrografi pada setiap lapisan pada sumur M-001 dan M-002 semakin memperkuat interpretasi bahwa lapisan Ngrayong sumur M-001 dan M-002 diendapkan pada daerah dengan kondisi energy yang rendah. Selain itu pada sample petrografinya pada sumur M-001 dan M-002 mengandung mineral *pyrite*, kuarsa dan mineral mika. Sedangkan untuk fosil terutama pada batugamping terdapat banyak fosil foraminifera plankton, foraminifera benthos, alga merah, fosil ekinodermata dan pecahan cangkang baik berupa fosil utuh ataupun hanya jejak (trace) (Gambar 9).



Gambar 9. kenampakan petrografi pada sample SWC sumur M-002 kedalaman 906 m

ANALISA BIOSTRATIGRAFI

Sumur M-001 (Formasi Ngrayong)

- Foraminifera Plankton yang hadir di antaranya :
Orbulina universa, Globigerina venezuelana, Globoquadrina altispira dan Gq. Dehiscens.
- Foraminifera Benthos yang hadir di antaranya :
Pseudorotalia, Amphistegina, Operculina, Lepidocyclina, Miogypsina, Cycloclypeus

Berdasarkan analisa fosil foraminifera plankton dan benthos maka didapat kisaran umur pada Formasi Ngrayong sumur M-001 interval 445 – 790 m adalah berumur N9 – N13. Dan berdasarkan kelimpahan fosil foraminifera plankton dan Jenis foraminifera benthos maka didapat lingkungan pengendapan *inner neritic – shallow middle neritic*.

Sumur M-002 (Formasi Ngrayong)

- Foraminifera Plankton pada kedalaman 862 -1440 sangat sulit ditemui fosil , maka hanya hadir di antaranya :
Globorotalia praefohsi fohsi dan Sphaeroidinellopsis subdehiscens
- Foraminifera Benthos yang hadir di antaranya :
Amphistegina, Operculina, Lepidocyclina, Miogypsina kotoi, Cycloclypeus, Cibicides spp., Ammonia cf.

Berdasarkan analisa fosil foraminifera plankton dan benthos maka didapat kisaran umur pada Formasi Ngrayong sumur M-002 interval 850 – 1230 m adalah berkisar N9 – N12. Dan berdasarkan kelimpahan fosil foraminifera plankton dan Jenis foraminifera benthos maka didapat lingkungan pengendapan *inner neritic – shallow middle neritic*.

Sumur M-003 (Formasi Ngrayong)

- Foraminifera Plankton hanya hadir di antaranya :
Globorotalia siakensis, globorotalia siakensis,
- Foraminifera Benthos yang hadir di antaranya :
Amphistegina spp., Operculina ammonoides, Lepidocyclina, Miogypsina kotoi, Cycloclypeus, Cibicides spp., Ammonia cf.

Berdasarkan analisa fosil foraminifera plankton dan benthos maka didapat kisaran umur pada Formasi Ngrayong sumur M-003 interval 1584 – 1835 m adalah berkisar N9 – N13. Dan berdasarkan kelimpahan fosil foraminifera plankton dan Jenis foraminifera benthos maka didapat lingkungan pengendapan *littoral – shallow middle neritic*.

Analisis Sikuen Stratigrafi

Dalam menganalisa sikuen stratigrafi perlu diawali dengan menentukan bidang pembatas sikuen berupa *Sequence Boundary (SB), Transgressive Surface (TS), dan Maximum Flooding Surface (MFS)*.

Pada daerah penelitian Lapangan STARK khususnya Formasi Ngrayong, didapatkan hasil analisa sikuen stratigrafi dari tiap – tiap sumur yaitu terdapat 3 sikuen dengan sumur kunci yaitu sumur M-002 di karenakan Formasi Ngrayong pada sumur ini memiliki ketebalan yang tebal yaitu 280 meter, dan memiliki kelengkapan

data yang baik. Kemudian untuk menentukan marker stratigrafi sumur lainnya penulis melakukan korelasi sikuen stratigrafi dari sumur M-002 dengan M-001 dan M-002 dengan M-003.

Sequence Boundary

Setelah dilakukannya analisa sikuen stratigrafi berdasarkan data bawah permukaan dengan menggunakan log sumur, didapatkan 4 SB pada sumur M-001 yaitu SB 1 yang merupakan batas kontak antara Formasi Ngrayong dengan Formasi Tawun pada kedalaman 763m, SB 2 630m, SB 3 507m dan SB 4 yang merupakan batas antara Formasi Ngrayong dengan di atasnya berupa Formasi Bulu yaitu pada kedalaman 445m.

Sumur M-002 yaitu SB 1 yang merupakan batas kontak antara Formasi Ngrayong dengan Formasi Tawun pada kedalaman 1238m, SB 2 1137m, SB 3 904m dan SB 4 yang merupakan batas antara Formasi Ngrayong dengan di atasnya berupa Formasi Bulu yaitu pada kedalaman 863m.

Sumur M-003 yaitu SB 1 yang merupakan batas kontak antara Formasi Ngrayong dengan Formasi Tawun pada kedalaman 1835m, SB 2 1754m, SB 3 1698m dan SB 4 yang merupakan batas antara Formasi Ngrayong dengan di atasnya berupa Formasi Bulu yaitu pada kedalaman 1584m.

Maximum Flooding Surface

Berdasarkan data log sumur ditemukan adanya tiga bidang maximum flooding surface , yaitu MFS 1, MFS 2 dan MFS 3. Bidang ini merupakan kondisi muka air laut (base level) berada pada kondisi transgresi maksimum. Saat kondisi transgresi maksimal, ketersediaan ruang akomodasi sangat besar sehingga dapat memuat sedimen lebih banyak di dalamnya. Maximum flooding surface merupakan fase yang menunjukkan adanya perubahan retrograding (fining upward) menjadi kondisi prograding (coarsening - upward) di dalam paket sedimentasi. Hal ini juga ditandai dengan respon log GR karena adanya penambahan organic matter.

Dari data log sumur M-001 di Lapangan STARK, sumur ini memiliki 2 MFS dan satu MFS yang berhimpit dengan SB 4. MFS 1 yaitu terletak pada kedalaman 701m, MFS 2 yaitu terletak pada kedalaman 580m. Sedangkan MFS 3 berhimpit dengan SB 4.

Dari data log sumur M-002 di Lapangan STARK, sumur ini memiliki 3 MFS. MFS 1 yaitu terletak pada kedalaman 1188m, MFS 2 yaitu terletak pada kedalaman 1098m dan MFS 3 pada kedalaman 836m.

Dari data log sumur M-003 di Lapangan STARK, sumur ini memiliki 2 MFS dan satu MFS yang berhimpit dengan SB 4. MFS 1 yaitu terletak pada kedalaman 1891m, MFS 2 yaitu terletak pada kedalaman 1780m. Sedangkan MFS 3 berhimpit dengan SB 4.

Transgressive Surface

Berdasarkan hasil pengamatan di sumur kunci yaitu sumur M-002 pada Formasi Ngrayong Lapangan STARK tidak didapatkan *transgressive system track* yaitu, dikarenakan fase LST pada sumur ini tidak berkembang atau kemungkinan terjadi adanya erosi pada lapisan LST.

Transgressive System Tract (TST)

Pada bagian bawah system track ini dibatasi oleh (TS) dan pada bagian atasnya dibatasi oleh MFS. Pada lapangan STARK hanya terdapat 3 paket TST yaitu TST 1, TST 2 dan TST 3. Karakteristik yang muncul dari data bawah permukaan terutama pada log sumur dengan menggunakan analisa *electrosequence* yang menunjukkan pola pernglusan keas dan jika dilihat dari *electrofacies*nya berupa *bell shaped*.

Highstand System Tract (HST)

Pada bagian bawah *system track* ini dibatasi oleh (TS) dan pada bagian atasnya dibatasi oleh MFS. Pada Lapangan STARK hanya terdapat 3 paket HST yaitu HST 1, TST 2 dan HST 3. Karakteristik yang muncul dari data bawah permukaan terutama pada log sumur dengan menggunakan analisa *electrosequence* yang menunjukkan pola pernglusan keas dan jika dilihat dari *electrofacies*nya berupa *funnel shaped*.

ANALISA FASIES DAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN

Sumur M-001

Pada sumur M-001 didapatkan 3 fasies mix –carbonat silisiclastic Yaitu diantaranya adalah pada sikuen pertama berkembangnya fasies skeletal *limestone* pada lingkungan *offshore bars*, kemudian TST 2 berkembang

interlaminated sands dan *shales* di lingkungan *tidal channel* terakhir fase HST 1 berkembang di sumur M-001 fasies *tidal flats* berupa *interlaminated sands and shales*.

Memasuki peristiwa sekuen kedua berkembangnya kembali fasies *laminated shale* pada rentang TST 2 lingkungan *lagoon*, yang kemudian pada fase HST 2 berkembang di sumur M-001 fasies *tidal flats* berupa *interlaminated sands and shales*. dan memasuki peristiwa sikuen ke 3 yang hanya berkembang TST 3 yaitu berupa *fasies laminated shales* di lingkungan *lagoon*.

Sumur M-002

Pada sumur M-002 didapatkan 3 fasies *mix –carbonat silisiclastic*, yaitu diantaranya adalah pada sikuen pertama berkembangnya fasies *skeletal limestone* pada LST 1 , TST 1 dan HST 1 berkembang fasies *laminated shale* lingkungan berupa *lagoon*..

Memasuki peristiwa sekuen kedua berkembangnya fasies *interlaminated sands and shale* pada rentang TST 2 dengan lingkungan *tidal flats* dan HST 2 lingkungan *tidal channel* , dan memasuki peristiwa sikuen ke 3 yang hanya berkembang TST 3 yaitu berupa fasies *laminated shales* di daerah *lagoon* dan diakhiri dengan fase HST 3 yaitu terbentuknya *interlaminated sand and shale*.

Sumur M-003

Pada sumur M-003 didapatkan 3 fasies *mix –carbonat silisiclastic* yaitu diantaranya adalah pada sikuen pertama berkembangnya fasies *laminated shale* lingkungan berupa *lagoon* pada TST 1 , yang kemudian pada fase HST 1 berkembang di sumur M-002 berupa fasies *skeletal limestone* berada pada *offshore bars*.

Memasuki peristiwa sekuen kedua berkembangnya fasies *laminated shale* pada rentang TST 2 fasiesnya berupa *laminated shale* di lingkungan *lagoon* dan HST 2 berkembang fasies *interlaminated shale and sands* di lingkungan *tidal flats*. Dan memasuki peristiwa sikuen ke 3 yang hanya berkembang TST 3 yaitu berupa fasies *skeletal limestone* pada daerah *offshore bars* dan diakhiri dengan fase HST 3 yaitu terbentuknya *laminated shale* pada lingkungan *lagoon*.

KORELASI SIKUEN STRATIGRAFI

Korelasi merupakan penghubungan titik – titik kesamaan waktu (SSI , 96), setelah dilakukannya analisa fasies dan sikuen stratigrafi , penulis mulai menghubungkan sumur M-001 , M-002 dan M-003 dengan MFS 2 sebagai datumnya.

Dari gambar tersebut bisa terlihat perkembangan fasies – fasies dari sumur M-001 ke sumur M-002, sehingga bisa disimpulkan bahwa arah sedimentasi merupakan dari M-001 ke M-002 yaitu arah darat menuju ke arah laut.

Analisis Seismik

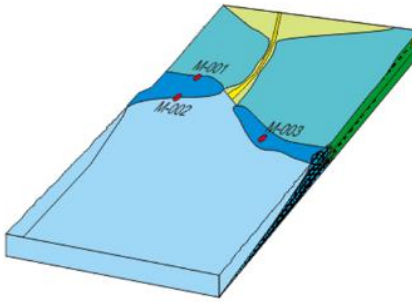
Penulis memilih Line A karena *line* seismik ini memiliki informasi yang luas yaitu memperlihatkan hubungan lapisan dari sumur M-001 dengan M-002 sehingga penulis bisa mengetahui arah utara selatan apakah merupakan arah sedimentasinya. Selain itu penulis juga menginterpretasi struktur yang ada di *line* seismik A. Sehingga didapatkan 2 struktur yaitu , lipatan dan struktur sesar inversi.

Pemetaan Bawah Permukaan

1. Peta *Depth Structure* SB 1 dan *isopach* LST 1.
2. Peta *Depth Structure* MFS 1 dan *isopach* HST 1
3. Peta *Depth Structure* TS 1 dan *isopach* TST 1
4. Peta *Depth Structure* SB 2 dan *Isopach* TST 2
5. Peta *Depth Structure* MFS 2 dan *isopach* HST 2
6. Peta *Depth Structure* SB 3 dan *isopach* TST 3
7. Peta *Depth Structure* MFS 3 dan *isopach* HST 3

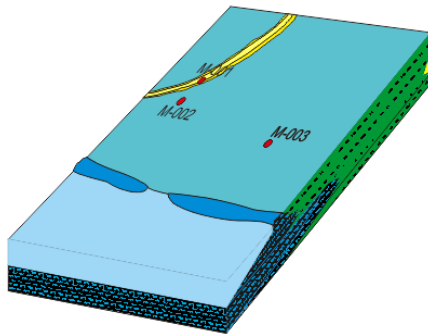
Sejarah peristiwa sedimentasi dan sejarah geologi

1. Fase LST 1



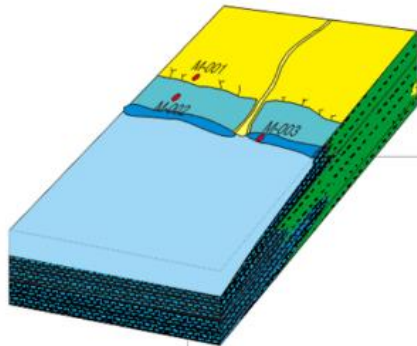
Gambar 10. Model Paleogeografi fase LST 1

2. Fase TST 1



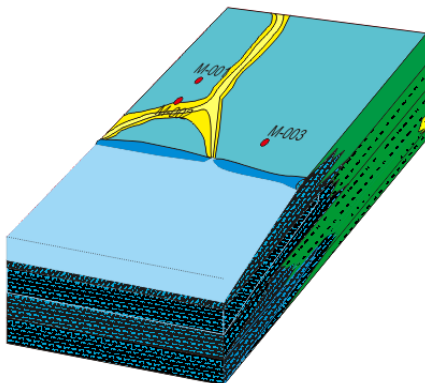
Gambar 11. Model Paleogeografi fase TST 1

3. Fase HST 1



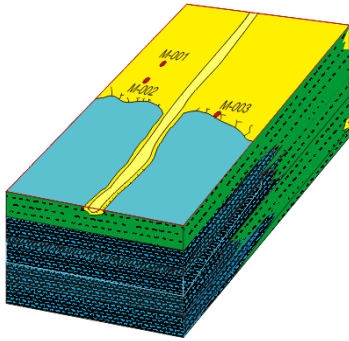
Gambar 12. Model Paleogeografi fase HST 1

4. Fase TST 2



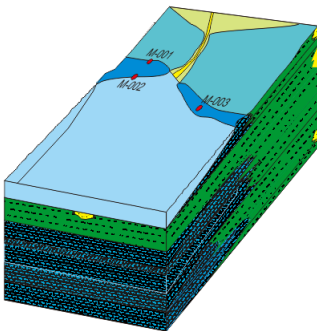
Gambar 13. Model Paleogeografi fase TST 2

5. Fase HST 2



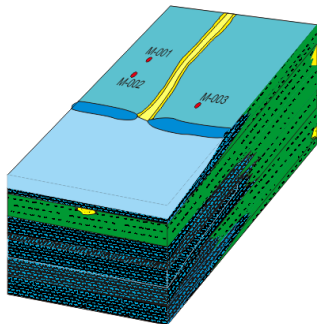
Gambar 14. Model Paleogeografi fase HST 2

6. Fase LST 3



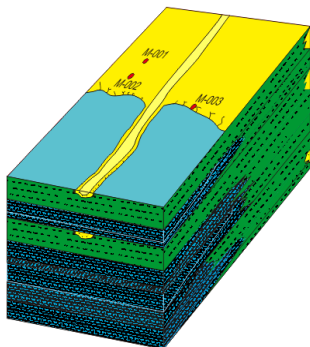
Gambar 15. Model Paleogeografi fase LST 3

7. Fase TST 3



Gambar 16. Model Paleogeografi fase TST 3

8. Fase HST 3



Gambar 17. Model Paleogeografi fase HST 3

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan yang berjudul: “Analisa fasies dan studi paleogeografi Formasi Ngrayong Lapangan STARK, Cekungan Jawa Timur Utara menggunakan sikuen stratigrafi berdasarkan data wireline log, cutting, SWC, biostratigrafi dan petrografi, diperoleh beberapa kesimpulan. Kesimpulan tersebut antara lain :

1. Litologi penyusun Formasi Ngrayong di lapangan “STARK” pada sikuen 1 terdiri dari batugamping *wackestone-packestone, shale*, dan batupasir karbonatan, pada sikuen 2 terdiri atas batupasir dengan sisipan serpih dan batugamping klastik (*packestone-wackestone*) dan pada sikuen 3 terdiri dari serpih masif dengan sisipan batupasir.
2. Struktur geologi yang terdapat pada Lapangan “STARK” berupa sesar inversi yang dibentuk pada kala Miosen akhir dan antiklin pada kala kompresi Plistosen.
3. Fasies yang berkembang berupa endapan fasies *intelaminated sand and shale*, pada lingkungan *tidal flat* dan *tidal channel*, *laminated shale* pada lingkungan *lagoon*, dan *skeletal limestone* pada lingkungan *offshore bar*.
4. *Marker surface* sikuen stratigrafi yang terdiri dari SB 1, TS 1, dan MFS 1 untuk sikuen pengendapan pertama, sikuen pengendapan kedua berupa SB 2 dan MFS 2, sedangkan pada sikuen pengendapan terakhir atau ketiga adalah SB 3, TS 3, dan MFS 3.
5. Pada sikuen pertama terdapat 3 *system track* yang berkembang yaitu LST 1, TST 1 dan HST 1, sikuen kedua berupa TST 2 dan HST 2 dan terakhir sikuen ketiga adalah berkembang LST 3, TST3 dan HST 3.

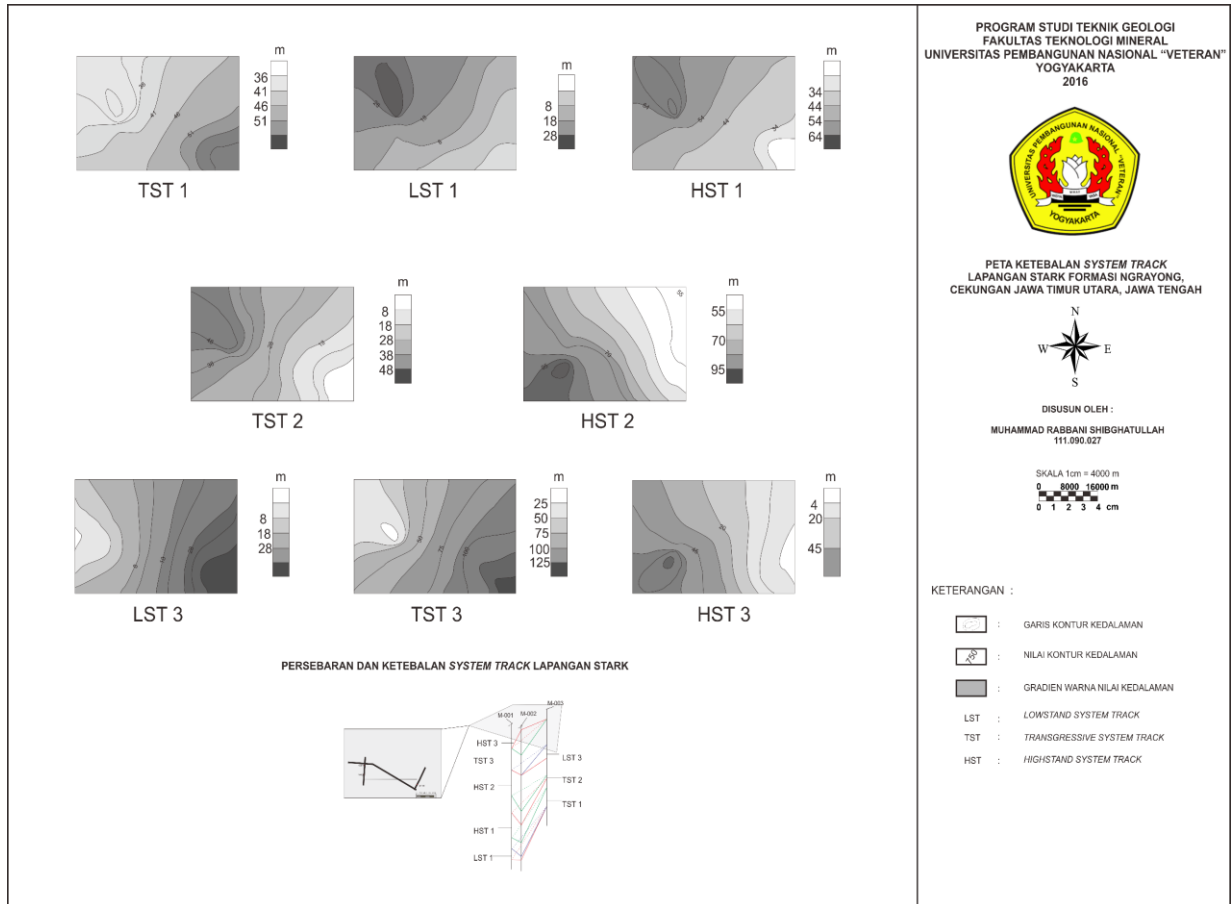
DAFTAR PUSTAKA

- Asquith, G.B and Gibson, C.R., 1982. Basic Well Log Analysis for Geologist. Tulsa : AAPG, 237 hal.
- Ardhana, W. 1993. Depositional model for the Early Middle Miocene Ngrayong Formation and implications for exploration in the East Java Basin. *Proc. 22nd Ann. Conv. IPA*, hal. 395 – 443
- Djuhaeni. 1997. Fenomena stratigrafi selama Miosen Tengah hingga Pliosen di cekungan Jawa Timur Utara. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XXVI, Ikatan Ahli Geologi Indonesia*, Jakarta, hal. 314 – 324.
- Emery, D. dan Myers, K. 1996. Sequence stratigraphy. *BP exploration*, Stockley Park Uxbridge, London, hal - 11.
- Kadar, D. dan Sudijono, 1993, Peta Geologi Bersistem Indonesia Lembar Rembang 1509-1 & 4 Skala 1:100.000, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Indonesia.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996, Sandi Stratigrafi Indonesia, Ikatan Ahli Geologi Indonesia, hal.3.
- Manur, H. dan Barraclough. 1994. Structural control on hydrocarbon habitat in the Bawean Area, East Java Sea., *Proc. 23rd Ann. Conv. IPA*.
- Musliki, S., 2000, The Prospect of Middle Miocene Tectonic Phase to the Paleogeography, Sedimentary Processes & Hydrocarbon Prospect in the Northeast Java Basin, *Proceedings of Indonesian Association of Geologist*, The 29th Annual Convention, hal 151 - 159.
- Nichols, Gary, 1999. Sedimentology and Stratigraphy. *Blackwell Science Ltd*. Hal. 215 – 247
- Posamentier, H.W. and Allen, G.P. (1999), Siliciclastic Sequence Stratigraphy : Concepts and Application. *SEPM*. hal. 1 - 50
- Pringgopawiro, H., 1983, Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara: Suatu Pendekatan Baru. *Disertasi Doktor*, ITB, Bandung (tidak diterbitkan). Hal. 1 – 10.
- Rider, Malcolm., 1996. The Geological Interpretation of Well Logs ‘Second edition’. *Sutherland : Rider-French Consulting Ltd*. Hal. 226 – 260.
- Selley, R.C., 1985, Ancient Sedimentary Environments, Third Edition. *Cornell University Press*, New York. hal. 170-182.
- 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.
- Sribudiyani, Muchsin, 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 Implication for Hydrocarbon Occurrences in the East Java Basin, *Indonesian Petroleum Association*, Proceedings 29th Annual Convention, hal. 335 - 346.
- Triwibowo, B. dan Santoso, K., 2007. Potensi Dan Kualitas Batuan Formasi Kujung Sebagai Batuan Induk, Pada Lintasan Kali Wungkal, Tuban, Jawa Timur. *Jurnal IATMI*. Yogyakarta

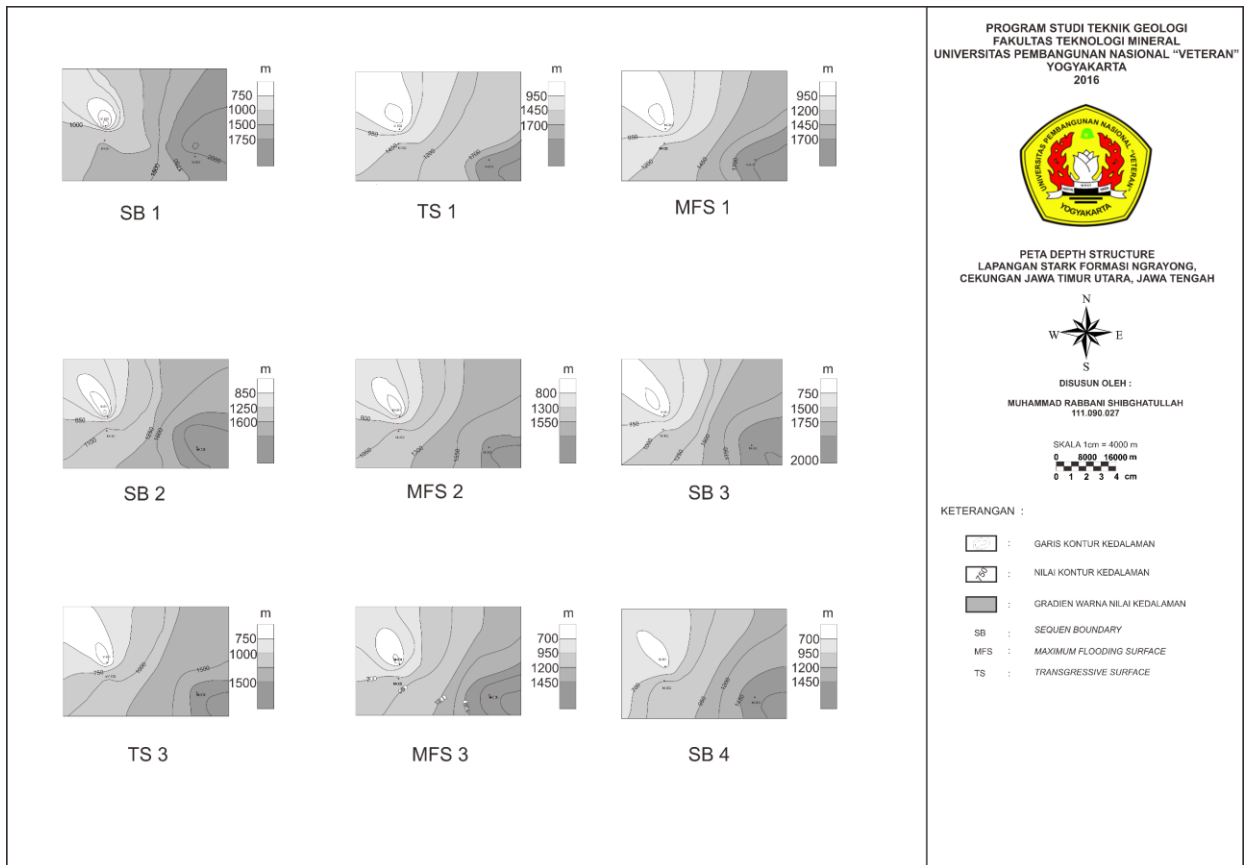
Wagoner, V. Mitchum, R.M, Campion, K.M, dan Rahmanian, V.D., 1990. Siliclastics Sequences Stratigraphy in Well Logs, Core, and Outcrop: Concepts For High-Resolution Correlation of time and Facies. AAPG. 53 hal

Walker, R. G. Dan Noel P. James, 1992. Facies Models-Response To Sea Level Change, Love Printing Services Ltd. Stittsville, Ontario. hal. 1 – 13.

<http://strata.uga.edu/sequence.html>, diakseses



Gambar 18. Peta Ketebalan Sistem Track Lapangan Stark Formasi Ngrayong Cekungan Jawa Timur Utara, Jawa Tengah



Gambar 19. Peta *Depth Structure* Lapangan Stark Formasi Ngrayong Cekungan Jawa Timur Utara, Jawa Tengah