

# MODEL KONSEPTUAL PERKEMBANGAN DELTA SEPINGGAN, INTERVAL “MFS 1-MFS 5”, BLOK *SOUTH* MAHAKAM, CEKUNGAN KUTAI, KALIMANTAN TIMUR

Irfandi Oky Permana\*, Ir. Hadi Nugroho, Dipl, EGS, MT\*, Ir. Wahyu Krisna H, MT\*,  
(corresponding email: [irfandiokypermana@gmail.com](mailto:irfandiokypermana@gmail.com))

\* Program Studi Teknik Geologi Universitas Diponegoro, Semarang

## ABSTRACT

*The energy demand are growing by day, especially in Indonesia, whereas these needs are not matched by the number of oil and gas production in Indonesia. This case is evidenced by the release of Indonesia as a member of an organization of oil exporting countries on October 9-10, 2008 in Vienna (Kompas, 10 October 2008). Thus required a study on the potential of producing hydrocarbon basin that will be expected to meet the energy demand of the oil and gas in Indonesia. One of the basins in Indonesia is the Kutai Basin which is the largest and widest Tertiary Basin in western Indonesia.*

*The study area is located at the South Mahakam, Kutai Basin, East Kalimantan. This study aims to make conceptual model of delta Sepinggan development. The method included analysis of well log analysis method, 2D seismic analysis method, method of data analysis of rock core and biostratigraphic data analysis method.*

*Based on analysis results can be obtained in the form of variations in lithology information on Sepinggan Zone deltaic sequence at intervals of MFS 1-MFS 5 marker are coal, sandstone, shale and limestone. Process on Sepinggan Delta are regression process dominated on Early Miocene – Middle Miocene (N4-N14), and transgression process on Middle Miocene –Late Miocene (N14-N16). Sedimentation process influenced by East Manpatu Fault that increasing accomodation space in Rocky Field area, so sediment layer in Rocky Field area is thicker 60-150 meter than Zahra-Zidane Field area.*

**Keywords:** *Sepinggan Delta, Sedimentation Process, Relative Age*

## PENDAHULUAN

Permintaan akan kebutuhan energi minyak dan gas bumi semakin hari semakin meningkat terutama di Indonesia, sedangkan kebutuhan tersebut tidak diimbangi dengan jumlah produksi minyak dan gas bumi di Indonesia. Kasus ini dibuktikan dengan keluarnya negara Indonesia sebagai negara anggota organisasi negara-negara pengekspor minyak pada tanggal 9-10 September 2008 di Wina (Kompas, 10 September 2008). Hal ini menandakan produksi negara Indonesia untuk energi minyak dan gas bumi sudah tidak bisa di ekspor ke negara lain, bahkan Indonesia

sekarang menjadi negara importir. Dari masalah ini maka harus diambil tindakan untuk meningkatkan produksi energi fosil ini terutama untuk pemenuhan energi di dalam negeri.

Allen dan Chambers (1998), menyatakan bahwa Cekungan Kutai merupakan Cekungan Tersier terbesar dan terluas di Indonesia bagian barat termasuk di dalamnya Blok *South Mahakam*. Blok *South Mahakam* merupakan salah satu blok di wilayah Cekungan Kutai bagian selatan yang dioperasikan oleh Total E&P Indonesia. Lapangan Zahra, Lapangan Zidane, dan Lapangan Rocky merupakan 3 lapangan

yang berada dalam Blok *South Mahakam*. Ketiga lapangan tersebut termasuk lapangan baru yang dioperasikan oleh Total E&P Indonesia, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memaksimalkan produksi minyak dan gas bumi dari ketiga lapangan tersebut. Penelitian pada ketiga lapangan tersebut membutuhkan data pendukung berupa seismik 2D, analisis batuan inti, data biostratigrafi dan data log sumur. Integrasi data yang lengkap ini akan menghasilkan suatu pemahaman yang baik dalam menginterpretasi kondisi bawah permukaan dari ketiga lapangan sehingga dapat diketahui gambaran distribusi dan lokasi minyak dan gas yang prospek.

Penelitian yang dilakukan adalah pendekatan stratigrafi sikuen yang membahas perkembangan Delta Sepinggian, sehingga untuk selanjutnya dalam permodelan *reservoir* minyak dan gas bumi dapat mengacu pada model perkembangan Delta Sepinggian karena akan berpengaruh terhadap penyebaran dan diameter dari suatu *reservoir* minyak dan gas bumi di Blok *South Mahakam*.

## **GEOLOGI DAERAH PENELITIAN**

Blok Mahakam PSC terpisah menjadi dua bagian besar, yaitu Area *North Mahakam*, merupakan daerah yang masuk ke dalam Mahakam PSC dengan lokasi yang terletak di sekitar Delta Mahakam hingga daerah paparan. Dalam area ini terdapat lapangan-lapangan minyak dan gas bumi yang beroperasi hingga saat ini (Tambora, Handil, Tunu, Peciko, Bekapai, Sisi dan Nubi). Sedangkan Area *South Mahakam* merupakan suatu area yang terletak di lepas pantai Balikpapan, berlokasi di paparan resen dan terdiri atas empat lapangan minyak dan gas bumi yang belum beroperasi hingga kini (Lapangan Zahra, Zidane, Rocky dan Rizky). Selain

perbedaan secara geografis, pembagian ini juga mencerminkan suatu perbedaan karakteristik struktur geologi yang signifikan. Bila di Area *North Mahakam* perkembangan struktur dapat dikatakan minor, sebaliknya pada Area *South Mahakam*, karena lokasinya yang terletak pada Zona Sesar Adang, maka secara struktur daerah ini relatif kompleks dan sangat dipengaruhi oleh evolusi struktur yang berlangsung pada Zona Sesar Adang.

Daerah penelitian meliputi Lapangan Zahra, Zidane dan Rocky, termasuk ke dalam *South Mahakam PSC*. Ketiga lapangan tersebut merupakan lapangan minyak dan gas bumi yang terletak di lepas pantai dengan kedalaman air laut mencapai 45-60 meter. Lapangan Zahra merupakan lapangan yang paling dekat dengan kota Balikpapan dengan jarak 35 km ke arah tenggara. Lapangan Rocky ditemukan pada tahun 1996, Lapangan Zidane ditemukan pada tahun 1976, Lapangan Zahra-1 ditemukan pada tahun 1990 dan Lapangan Zahra-2 ditemukan pada 1998 (**Gambar 1**)

Startigrafi di daerah penelitian termasuk ke dalam *Sepinggian Deltaic Sequence*. Batas atas dari sikuen ini adalah *Sepinggian Carbonate Sequence*, sedangkan untuk batas bawah dari *Sepinggian Deltaic Sequence* adalah *Deep Marine Sequence*. (**Gambar 2**)

Pada daerah penelitian didominasi oleh litologi batupasir dan batulempung dimana batuan asalnya berasal dari Sungai Balikpapan. Pada *Sepinggian Deltaic Sequence* diawali dengan fase regresi yang menyebabkan pada bagian bawah Delta Sepinggian didominasi oleh material darat yang dibawa oleh Sungai Balikpapan yang membentuk batupasir dengan material dengan dibeberepa tempat terdapat litologi *shale*. Pada fase puncak regresi terjadi penurunan muka air laut secara cepat sehingga terjadi proses erosi dan mengendapkan batupasir dalam jumlah banyak kearah

laut ditandai batas ketidakselarasan, kemudian terjadi proses transgresi sehingga pada fase ini menghasilkan *shale* yang mendominasi. *Sepinggan Deltaic Sequence* diakhiri dengan proses transgresi secara besar-besaran yang mengakibatkan tubuh delta terendam air laut dan terbentuklah batuan karbonat.

## **METODOLOGI**

Metode penelitian adalah prosedur atau langkah-langkah dalam mendapatkan pengetahuan ilmiah atau ilmu (Suryana,2010). Metode penelitian dibagi menjadi 2 yaitu metode deskriptif dan metode analisis. Metode deskriptif adalah metode penelitian yang bertujuan untuk membuat gambaran mengenai sesuatu atau kejadian berdasarkan data atau fakta yang ada. Metode ini merupakan tahap awal dari suatu penelitian. Pada penelitian ini, metode deskriptif yang digunakan pada metode adalah studi pustaka, interpretasi data log, interpretasi seismik, interpretasi data biostratigrafi dan deskripsi inti batuan. Metode analisis adalah metode yang digunakan dalam penelitian yang bertujuan menelaah sesuatu hal yang secara detail dan terperinci sehingga menghasilkan data yang valid dan dapat dipertanggung jawabkan. Tahapan penelitian ini terdiri dari 4 tahapan yaitu tahapan persiapan, tahapan pengumpulan data, tahapan pengolahan data dan analisis, serta tahapan penyusunan laporan penelitian.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan judul penelitian, pengolahan data dan interpretasi, pembahasan difokuskan pada Delta Sepinggan pada Blok *South* Mahakam, Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisis seismik 2D, analisis log sumur, analisis biostratigrafi, dan analisis inti batuan. Di bagian akhir penelitian akan dibuat model konseptual perkembangan Delta Sepinggan pada

interval “MFS 1- MFS 5”, Blok *South* Mahakam, Cekungan Kutai.

### **Analisis Seismik**

Pada penelitian ini data seismik yang digunakan hanya seismik *inline* yang mencakup area dari Sumur Zahra-1 sampai Sumur Rocky-3 (**Gambar 3**).

Pada penampang seismik A-B Blok *South* Mahakam diperoleh kemenerusan dan ketidakmenerusan dari *marker* dalam penelitian ini. Untuk ketidakmenerusan *marker* terjadi pada interval Lapangan Zidane menuju Lapangan Rocky yang disebabkan oleh Sesar *East-Manpatu*. Selain Sesar *East-Manpatu* terdapat juga sesar lain yang mengontrol penyebaran endapan sedimen namun tidak signifikan.

Pada penampang seismik dapat ditemukan endapan *synrift* dan *postrift*. Endapan *synrift* pada penampang seismik A-B hanya ditemukan pada bagian kiri bawah penampang, sedangkan untuk endapan *postrift* tersebar dari Sumur Zahra-1 sampai Sumur Rocky-2. Fokus penelitian terdapat pada endapan *postrift* yang terdapat pada *South Mahakam Block* dengan *marker* MFS-1 sampai MFS-5. Dilihat dari penampang seismik bahwa endapan pada interval MFS-1 sampai MFS-5 pada daerah interval Lapangan Zahra menuju Lapangan Zidane dengan interval Lapangan Zidane menuju Lapangan Rocky memiliki ketebalan lapisan yang berbeda. Interval Lapangan Zidane-Lapangan Rocky relatif lebih tebal 60-150 meter dibanding interval Lapangan Zahra-Lapangan Zidane dikarenakan pengaruh Sesar *East Manpatu* yang terbentuk sebelum terjadinya pengendapan dan teraktivasi selama pengendapan. Setelah terbentuk endapan interval MFS-1 sampai MFS-5, dengan adanya gaya *compresional* menyebabkan terbentuknya lipatan pada endapan interval Lapangan Zidane-Lapangan Rocky.

Bila dilihat dari *fill facies seismic* pada interval MFS 1-MFS 5 didominasi oleh *prograding downlap fill deltaic facies*, sehingga dapat dikatakan bahwa proses yang dominan berlangsung membentuk endapan *marker* MFS 1-MFS 5 adalah proses regresi. Pola penumpukan yang progradasi ini mengindikasikan bahwa kecepatan akomodasi lebih kecil dari kecepatan pengendapan. Pada akhir progradasi interval penelitian proses regresi berubah menjadi proses transgresi ditandai dengan adanya *carbonate build up*, dimana karbonat dapat berkembang baik bila terdapat dilingkungan laut dangkal, jernih dan hangat. Bila dilihat dari karakteristik endapannya pada interval penelitian secara umum merupakan lingkungan delta dengan karakter semakin ke arah Lapangan Rocky maka semakin jauh dari darat atau sumber pasokan sedimen.

#### Analisis Log Sumur

Dalam analisis data log sumur dilakukan interpretasi litologi, analisis stratigrafi sikuen dan korelasi sumur pada daerah penelitian. Penjelasan dari analisis log sumur sebagai berikut: Interpretasi litologi merupakan tahap awal yang harus dilakukan sebelum tahap korelasi berdasarkan stratigrafi sikuen. Pada sumur-sumur daerah penelitian dilakukan dengan menggunakan data log GR dibantu dengan log-log lainnya sebagai penunjang.

Dari hasil interpretasi litologi dari kedelapan log sumur pada daerah penelitian, diperoleh variasi litologi pada interval *marker* MFS 1 – MFS 5 yang terdiri dari batugamping, batubara, batupasir, dan *shale*.

Untuk korelasi sumur berarah barat laut-tenggara pada daerah penelitian sesuai dengan arah pasokan sedimen pembentuk Delta Sepinggang yaitu barat laut-tenggara (Total E&P Indonesia, 2013). Konfigurasi korelasi ini dapat menunjukkan penampang

tegak lurus dari delta yang dapat memberikan informasi mengenai penyebaran litologi dari bagian hulu sampai hilir delta. Korelasi sumur dibatasi oleh MF1 sampai bagian terbawah (*base well*) dari data masing-masing sumur.

Pada korelasi Sumur Zahra-1, Zahra-2, Zidane-1, Zidane-2, dan Zidane-3, Rocky-1, Rocky -2, dan Rocky-3 terdapat 6 *marker* utama yaitu MF0, MFS 1, MFS 2, MFS 3, MFS 4, dan MFS 5, namun fokus penelitian hanya MFS 1 sampai MFS 5. *Marker* MFS (*maximum flooding surface*) dipilih sebagai *marker* karena pada penelitian ini menggunakan *Galloway Sequence Terminology* (1989).

Bila dilihat dari korelasi data sumur *flatten on marker* MF1 maka pola pengendapan yang terlihat berupa pola pengendapan regresi dan pola pengendapan transgresi. Pola pengendapan regresi terbentuk dahulu dengan skala pengendapan yang mendominasi dibandingkan dengan pola pengendapan transgresi. Dengan adanya 2 pola pengendapan pada interval korelasi maka dapat di informasikan bahwa pada interval korelasi terjadi perubahan kecepatan pengendapan > ruang akomodasi menjadi kecepatan pengendapan < ruang akomodasi.

Pada **Gambar 4** menunjukkan bahwa awal dari pola pengendapan regresi berawal dari *base well* ditunjukkan dengan adanya litologi *shale* yang tadinya dominan menjadi litologi batupasir dan batubara yang mulai mendominasi dapat dilihat pada Sumur Zahra-1, Zahra-2, Zidane-1, Zidane-2, dan Zidane-3, sedangkan untuk Sumur Rocky-1, Rocky-2, dan Rocky-3 litologi batubara jarang ditemukan tapi litologi batupasir mulai muncul diantara *shale* yang mendominasi. Selain dilihat dari litologi, dapat juga dilihat dari nilai *gamma ray*. Untuk bagian bawah sumur memiliki nilai *gamma ray* berkisar 110-140 API

kemudian semakin keatas sampai garis *transgressive surface* nilai *gamma ray* berkisar 20-40 API. Untuk pola pengendapan transgresi terjadi dari garis *transgressive surface* hingga garis *maximum flooding surface* 1 (MFS 1) atau batas atas dari interval penelitian, ditunjukkan dengan adanya berkurangnya litologi batupasir dan batubara serta adanya dominasi *shale*, lihat pada Sumur Zahra-1, Zahra-2, Zidane-1, Zidane-2, Zidane-3, sedangkan untuk Rocky-1, dan Rocky-2, dan untuk sumur Rocky-3 ditunjukkan dengan adanya litologi *shale* yang mendominasi dan adanya litologi batugamping. Selain dilihat dari segi litologi, dapat juga dilihat dari nilai *gamma ray*, untuk bagian bawah pola transgresi memiliki nilai *gamma ray* berkisar 20-40 API kemudian semakin keatas hingga garis *maximum flooding surface* 1 (MFS 1) dengan nilai *gamma ray* berkisar 120-130 API.

#### **Analisis Inti Batuan**

Pada penelitian ini data inti batuan merupakan data utama yang digunakan untuk menentukan litofasies dan asosiasi fasies. Data inti batuan merupakan data bawah permukaan yang paling baik digunakan sebagai data yang mewakili variasi litologi bawah permukaan pada lokasi pengambilan data inti batuan. Dalam deskripsi inti batuan ini diperoleh data litofasies dan asosiasi fasies.

Hal yang terpenting dalam penentuan fasies dilihat dari bentukan akibat proses seperti struktur sedimen dan fosil, karena setiap lingkungan pengendapan memiliki proses yang berbeda-beda. Sedangkan untuk ukuran butir dan litologi lebih untuk menjelaskan sifat fisik dari batuan secara umum, dimana suatu sifat fisik batuan yang sama dapat terbentuk di lingkungan yang berbeda seperti batulempung (secara fisik berukuran

lempung) namun dapat terbentuk di laut dalam, danau, sungai dan lain-lain.

Penentuan fasies pada daerah penelitian menggunakan klasifikasi fasies batuan Tucker (1982). Analisis fasies dilakukan pada data inti batuan Sumur Rocky-2 dengan kedalaman 3155 meter (MD) sampai 3430 meter (MD), dengan total ketebalan inti batuan yang dideskripsi adalah 179 meter. Pada analisis data inti batuan Sumur Rocky-2 terdapat 16 jenis litofasies. Berikut deskripsi litofasies pada daerah penelitian:

#### 1. Litofasies Batulempung dengan Struktur Laminasi (Fl2)

Litofasies batulempung ini umumnya berwarna hitam-coklat tua, berukuran lempung (<256 mm), pemilahan baik, porositas buruk, permeabilitas buruk, struktur sedimen yang ada adalah laminasi. Pada analisis inti batuan, litofasies ini banyak memiliki nodul siderit. Pada saat pendeskripsian, litofasies ini umumnya dijumpai dalam keadaan hancur.

#### 2. Litofasies Batulempung dengan Struktur Bioturbasi (Fb2)

Litofasies batulempung ini umumnya berwarna hitam-coklat tua, berukuran lempung (<256 mm), pemilahan baik, porositas buruk, permeabilitas buruk, struktur sedimen yang ada adalah bioturbasi. Ukuran panjang fosil jejaknya bisa mencapai 29 cm. Struktur ini diakibatkan oleh adanya aktivitas organisme pada saat kondisi material lempung dalam keadaan *softground*.

#### 3. Litofasies Batulempung dengan Struktur Wavy (Fw2)

Litofasies batulempung ini umumnya berwarna coklat keabu-abuan, berukuran lempung (<256 mm), pemilahan baik, porositas buruk, permeabilitas buruk, struktur sedimen yang ada adalah *wavy*. Struktur terbentuk di zona transisi dimana material pasir dan lempung sama dominannya. Sehingga struktur

- wavy* dijumpai karena adanya perselingan batupasir-batulempung yang sama dominannya.
4. Litofasies Batulempung dengan Struktur Lentikuler (Flt2)  
Litofasies batulempung ini umumnya berwarna hitam ke abu-abuan, berukuran lempung ( $<1/256$  mm), pemilahan baik, porositas buruk, permeabilitas buruk, struktur sedimen yang ada adalah lentikuler. Struktur lentikuler terbentuk akibat adanya lensa batupasir atau batulanau diantara dominasi material lempung, diakibatkan proses yang terjadi didaerah transisi seperti pasang surut.
  5. Litofasies Batulanau dengan Struktur Laminasi (Fl1)  
Litofasies batulanau ini umumnya berwarna hitam ke abu-abuan, berukuran lanau ( $1/16-1/256$  mm), pemilahan baik, porositas buruk, permeabilitas buruk, struktur sedimen yang ada adalah laminasi. Struktur ini terbentuk akibat arus yang tenang dan dengan ukuran butir yang halus, terbentuk saat *lower flow regime*.
  6. Litofasies Batulanau dengan Struktur Bioturbasi (Fb1)  
Litofasies batulanau ini umumnya berwarna abu-abu, berukuran lanau ( $1/16-1/256$  mm), pemilahan baik, porositas buruk, permeabilitas buruk, struktur sedimen yang ada adalah bioturbasi. Struktur ini terbentuk akibat adanya aktifitas organisme yang terjadi pada saat sebelum batuan ini terkompaksi kuat atau pada saat batuan masih dalam keadaan *softground*.
  7. Litofasies Batulanau dengan Struktur *Wavy Lamination* (Fw1)  
Litofasies batulanau ini umumnya berwarna abu-abu, berukuran lanau ( $1/16-1/256$  mm), pemilahan baik, porositas buruk, permeabilitas buruk, struktur sedimen yang ada adalah *wavy lamination*. Struktur ini terbentuk akibat adanya aktifitas arus yang tenang saat pengendapan dan juga dipengaruhi oleh arus bergelombang dengan energi yang relatif kecil pada dasar tempat pengendapan sehingga terbentuk struktur laminasi bergelombang.
  8. Litofasies Batupasir Sangat Halus dengan Struktur Laminasi (vfSl)  
Litofasies batupasir ini umumnya berwarna abu-abu cerah, berukuran pasir sangat halus ( $1/8-1/16$ mm), pemilahan baik, porositas sedang, permeabilitas sedang, struktur sedimen yang ada adalah laminasi. Struktur ini terbentuk akibat arus yang tenang dan dengan ukuran butir yang halus, terbentuk saat *lower flow regime*.
  9. Litofasies Batupasir Sangat Halus dengan Struktur Bioturbasi (vfSb)  
Litofasies batupasir ini umumnya berwarna abu-abu cerah, berukuran pasir sangat halus ( $1/8-1/16$ mm), pemilahan baik, porositas sedang, permeabilitas sedang, struktur sedimen yang ada adalah bioturbasi. Struktur ini terbentuk akibat adanya aktifitas organisme seperti *burrowing* ,yang terjadi pada saat sebelum batuan ini terkompaksi kuat atau pada saat batuan masih dalam keadaan *softground*.
  10. Litofasies Batupasir Sangat Halus dengan Struktur Flaser (vfSf)  
Litofasies batupasir ini umumnya berwarna abu-abu cerah, berukuran pasir sangat halus ( $1/8-1/16$ mm), pemilahan baik, porositas sedang, permeabilitas sedang, struktur sedimen yang ada adalah flaser. Struktur ini terbentuk adanya lensa lempung yang dikelilingi oleh batupasir, yang diakibatkan oleh proses yang terjadi di daerah transisi seperti pasang surut.
  11. Litofasies Batupasir Halus dengan Struktur *Parallel Bedding* (vfSpb)  
Litofasies batupasir ini umumnya berwarna coklat cerah, berukuran pasir halus ( $1/4-1/8$ mm), pemilahan

baik, porositas sedang, permeabilitas sedang, struktur sedimen yang ada adalah *parallel bedding*. Struktur ini terbentuk akibat adanya aktifitas arus yang tenang saat pengendapan dengan jeda pengendapan lebih lama dari laminasi.

12. Litofasies Batupasir Halus dengan Struktur Flaser (fSf)

Litofasies batupasir ini umumnya berwarna abu-abu cerah, berukuran pasir halus (1/4-1/8mm), pemilahan baik, porositas sedang, permeabilitas sedang, struktur sedimen yang ada adalah flaser. Struktur ini terbentuk adanya lensa lempung yang dikelilingi oleh batupasir, yang diakibatkan oleh proses yang terjadi didaerah transisi seperti pasang surut.

13. Litofasies Batupasir Halus dengan Struktur *Cross Bedding* (fScb)

Litofasies batupasir ini umumnya berwarna coklat, berukuran pasir halus (1/4-1/8mm), pemilahan baik, porositas sedang, permeabilitas sedang, struktur sedimen yang ada adalah *cross bedding*. Struktur ini pada pendeskripsian inti batuan dapat dilihat dari bentukan rekahan belahan core dan arah dari pengendapan batuan, bisa dilihat dari arah pembalikan serabut organik. Struktur ini terbentuk akibat perbedaan arah arus yang mempengaruhi pembentukannya.

14. Litofasies Batupasir Halus dengan Struktur Bioturbasi (fSb)

Litofasies batupasir ini umumnya berwarna abu-abu cerah, berukuran pasir halus (1/4-1/8mm), pemilahan baik, porositas sedang, permeabilitas sedang, struktur sedimen yang ada adalah bioturbasi. Struktur ini terbentuk akibat adanya aktifitas organisme seperti *burrowing*, yang terjadi pada saat sebelum batuan ini terkompaksi kuat atau pada saat batuan masih dalam keadaan *softground*.

15. Litofasies Batupasir Sedang dengan Struktur Bioturbasi (mSb)

Litofasies batupasir ini umumnya berwarna coklat cerah, berukuran pasir sedang (1/2-1/4mm), pemilahan baik, porositas baik, permeabilitas baik, struktur sedimen yang ada adalah bioturbasi. Pada litofasies ini di temui mineral biotit dan kuarsa. Struktur ini terbentuk akibat adanya aktifitas organisme seperti *burrowing*, yang terjadi pada saat sebelum batuan ini terkompaksi kuat atau pada saat batuan masih dalam keadaan *softground*.

16. Litofasies Batupasir Sedang dengan Struktur *Cross Bedding* (mScb)

Litofasies batupasir ini umumnya berwarna coklat, berukuran pasir sedang (1/2-1/4mm), pemilahan baik, porositas baik, permeabilitas baik, struktur sedimen yang ada adalah *cross bedding*. Pada litofasies ini di temui mineral biotit dan kuarsa. Struktur ini terbentuk akibat perbedaan arah arus yang mempengaruhi pembentukannya.

Untuk analisis asosiasi fasies diketahui terdapat 4 asosiasi fasies yaitu berupa *delta distributary channel*, *proximal mouth bar*, *distal mouth bar*, dan *prodelta*.(Gambar 5).

### Analisis Biostratigrafi

Pada analisis diperoleh informasi berupa lingkungan pengendapan dan umur relatif batuan. Pada analisis ini dilakukan pada data biostratigrafi Sumur Zahra-1, Zahra-2 dan Zidane-1.

Pada analisis lingkungan pengendapan diperoleh lingkungan pengendapan pada data fosil sampel sampel berupa delta plain, delta front dan prodelta. Untuk lebih detail dapat dilihat pada **Tabel 1** untuk Sumur Zahra 1, **Tabel 2** untuk Sumur Zahra-2, dan **Tabel 3** untuk Sumur Zidane-1.

Dari persebaran fosil yang ditemukan pada ketiga sumur kemudian dilakukan zonasi yang menghasilkan

kisaran umur relatif pada Delta Sepinggian adalah umur Miosen Awal – Miosen Akhir (N4-N16). Untuk fosil penciri batas antara umur yang tidak lebih dari Miosen awal dengan Miosen Tengah adalah *Florschuetzia meridionalis* karena kemunculan fosil ini pertama kali menunjukkan batas bawah dari Miosen Tengah (Rahardjo dkk., 1994; dalam Lemigas, 2013). Sedangkan untuk batas antara Miosen Tengah dengan Miosen Akhir adalah *mid-interval* dari zona antara *Asterorotalia yabei* dengan *Catinaster coalitus*, penentuan batas umur dengan metode *mid-interval* sebagai solusi tidak ditemukan fosil yang muncul sebagai fosil indeks untuk akhir Miosen Tengah atau kemunculan pertamanya sebagai indeks awal Miosen Akhir. **Tabel 4** memberikan informasi bahwa *marker* dalam penelitian ini masih memiliki umur yang sama dengan rincian *marker* MFS 5 memiliki umur tidak lebih tua dari Awal Miosen, *marker* MFS 4, MFS 3, dan MF 2 memiliki umur Miosen Tengah, dan *marker* MFS 1 dan MFS 0 memiliki umur Miosen Akhir

#### **Penentuan Lingkungan Pengendapan**

Pada penentuan lingkungan pengendapan di daerah penelitian mempertimbangkan litologi dari data log, data litologi, struktur sedimen dan fosil jejak dari data inti batuan, dan interpretasi lingkungan pengendapan berdasarkan mikrofosil. Didapatkan lingkungan pengendapan berupa *delta plain*, *delta front*, *prodelta* dan *shallow marine* (**Gambar 6**).

#### **Model Konseptual Perkembangan Delta**

Berdasarkan pendekatan stratigrafi sikuen dapat dibuat model konseptual perkembangan lingkungan pengendapan pada *Sepinggian Deltaic Sequence*. Pada model konseptual terdapat struktur geologi berupa sesar normal yang berdasarkan pada

interpretasi seismik. Litostratigrafi dan ketebalan lapisan didasarkan pada interpretasi 8 log sumur, sedangkan untuk penentuan umur berdasarkan interpretasi biostratigrafi. Pada pembuatan model ini diasumsikan bahwa *subsidence* dan pengangkatan daratan adalah stabil. Model perkembangan Delta Sepinggian sebagai berikut:

Pada model konseptual terdapat struktur geologi berupa sesar normal yang berdasarkan pada interpretasi seismik. Litostratigrafi dan ketebalan lapisan didasarkan pada interpretasi 8 log sumur, sedangkan untuk penentuan umur berdasarkan interpretasi biostratigrafi. Pada pembuatan model ini diasumsikan bahwa *subsidence* dan pengangkatan daratan adalah stabil. Berikut penjelasan mengenai model konseptual perkembangan Delta Sepinggian (**Gambar 7-Gambar 16**):

1. Fase HST 1, material sedimen: perselingan batupasir dan shale, pola sedimentasi : pola mengkasar keatas, indikasi: proses regresi yang terbentuk akibat muka air laut yang turun.
2. Fase TST 1, material sedimen: didominasi oleh shale dengan ketebalan 70 meter dapat dilihat pada Sumur Zahra-1, pola sedimentasi: pola menghalus keatas, indikasi: proses transgresi yang terbentuk akibat muka air laut yang naik.
3. Fase HST 2, material sedimen: perselingan batupasir, batubara dan shale yang memiliki ketebalan 150 meter, pola sedimentasi: pola mengkasar keatas, indikasi: proses regresi yang terbentuk akibat muka air laut yang turun, dan pada fase ini terbentuk sesar normal pada lapangan Zahra dapat dilihat pada penampang seismik.
4. Fase TST 2, material sedimen: perselingan batupasir, batubara



- dan litologi shale yang mendominasi dengan tebal 90 meter dilihat pada Sumur Zidane1, pola sedimentasi: pola menghalus, indikasi: proses transgresi yang terbentuk akibat muka air laut yang naik.
5. Fase HST 3, material sedimen: perselingan batupasir, batubara dan shale serta di beberapa tempat terendapkan batugamping klastik (dapat dilihat pada Sumur Zahra-2), pola sedimentasi: pola mengkasar keatas, indikasi: terjadinya proses regresi yang terbentuk akibat muka air laut yang turun.
  6. Fase TST 3, material sedimen: didominasi oleh shale dengan ketebalan 110 meter dapat dilihat pada Sumur Zahra-2, pola sedimentasi: pola menghalus keatas, indikasi: proses transgresi yang terbentuk akibat muka air laut yang naik.
  7. Fase HST 4, material sedimen: perselingan batupasir, batubara dan shale serta di beberapa tempat terendapkan batugamping klastik (dapat dilihat pada Sumur Zahra-1 dan Zahra-2), pola sedimentasi: pola mengkasar keatas, indikasi: proses regresi yang terbentuk akibat muka air laut yang turun. Pada data log Lapangan Rocky, endapan yang dapat diinterpretasi dimulai pada fase ini. Endapan sedimen pada Lapangan Rocky memiliki ketebalan lebih tebal 100-150 meter dibandingkan dengan endapan pada Lapangan Zahra-Zidane. Perbedaan endapan ini disebabkan oleh proses syn sedimentation dimana proses akumulasi sedimen bersamaan pertambahan ruang akomodasi. Proses syn sedimentation pada daerah penelitian ini dipengaruhi oleh adanya Sesar East Manpatu.
  8. Fase TST 4, material sedimen: perselingan batupasir, batubara, dan shale dengan ketebalan lapisan 100 meter dapat dilihat pada Sumur Zahra-2, pola sedimentasi: pola menghalus keatas, indikasi: proses transgresi yang terbentuk akibat muka air laut yang naik. Proses syn sedimentation terus berlanjut pada fase ini, endapan sedimen fase ini pada Lapangan Rocky memiliki ketebalan lebih tebal 10-30 meter dibandingkan dengan endapan pada Lapangan Zahra-Zidane.
  9. Fase HST 5, material sedimen: perselingan batupasir, batubara dan shale serta di beberapa tempat terendapkan batugamping klastik (dapat dilihat pada Sumur Zahra-2), pola sedimentasi: pola mengkasar keatas, indikasi: terjadinya proses regresi yang terbentuk akibat muka air laut yang turun. Proses syn sedimentation terus berlanjut pada fase ini, endapan sedimen fase ini pada Lapangan Rocky memiliki ketebalan lebih tebal 20-30 meter dibandingkan dengan endapan pada Lapangan Zahra-Zidane.
  10. Fase TST 5, material sedimen: perselingan batupasir, batubara dan shale, dengan ketebalan shale mencapai 170 meter serta terdapat batugamping terumbu pada Sumur Rocky-3. Pola sedimentasi: pola menghalus keatas, indikasi: proses transgresi yang terbentuk akibat muka air laut yang naik. Proses syn sedimentation terus berlanjut pada fase ini, endapan sedimen fase ini pada Lapangan Rocky memiliki ketebalan lebih tebal 30-60 meter dibandingkan dengan endapan pada Lapangan Zahra-Zidane.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari pembahasan di bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi litologi pada Delta Sepinggan dengan interval *marker* MFS 1-MFS 5 yaitu batubara, batupasir, *shale* dan batugamping.
2. Pada deskripsi inti batuan Rocky 2 terdapat 16 litofasies yaitu batulempung-struktur laminasi (Fl2), batulempung-struktur bioturbasi (Fb2), batulempung-struktur *wavy* (Fw2), batulempung-struktur lentikuler (Flt2), batulanau-struktur laminasi (Fl1), batulanau-struktur bioturbasi (Fb1), batulanau-struktur *wavy lamination* (Fw1), batupasir sangat halus-struktur laminasi (vfSl), batupasir sangat halus-struktur bioturbasi (vfSb), batupasir sangat halus-struktur flaser (vfSf), batupasir halus-struktur flaser (fSf), batupasir halus-struktur *cross bedding* (fScb) batupasir halus-struktur *parallel bedding* (fSpb), batupasir halus-struktur bioturbasi (fSb), batupasir sedang-struktur bioturbasi (mSb), dan batupasir sedang-struktur *cross bedding* (mScb) dan terdapat 4 asosiasi fasies yaitu *delta front*, *delta front distributary channel*, *proximal mouth bar*, *distal mouth bar* dan *prodelta*. Untuk lingkungan pengendapan yang terdapat pada zona *Sepinggan Deltaic Sequence* adalah *delta plain*, *delta front*, *prodelta* dan *shallow marine*.
3. Melalui analisis biostratigrafi didapatkan umur dari Delta Sepinggan dengan interval *marker* MFS 1-MFS 5 adalah Miosen Awal -Miosen Akhir (N4-N16).
4. Pada Delta Sepinggan dengan interval *marker* MFS 1-MFS 5 terdapat 2 pola sedimentasi yaitu

pola regresi yang mendominasi pembentukan Delta Sepinggan pada Miosen Awal-Miosen Tengah (N4-N14) kemudian dilanjutkan pola transgresi pada Miosen Tengah-Miosen Akhir (N14-N16) dengan proses sedimentasi pembentukan Delta Sepinggan dipengaruhi Sesar *East Manpatu* yang menghasilkan bertambahnya ruang akomodasi pada daerah Lapangan Rocky sehingga lapisan sedimen pada daerah Lapangan Rocky lebih tebal 60-150 meter dibandingkan dengan lapisan sedimen pada daerah Lapangan Zahra-Lapangan Zidane.

### Saran

Untuk kesempurnaan model konseptual perkembangan Delta Sepinggan diperlukan data log atau data pendukung yang lain pada lapangan Zidane dan Rocky mencapai *marker* MFS-5.

## DAFTAR PUSTAKA

### Referensi Buku

- Allen, P.A, dan Allen, J.R. 2006. *Basin Analysis :Principles and Applications*. Blackwell Publishing, Australia.
- Boggs, S. Jr. 1987. *Principles of Sedimentary and Stratigraphy*. Merril Publishing Company, Columbus.
- Catuneanu, Ocatavian. 2006. *Principles of Sequence Stratigraphy*. University of Alberta. Canada
- Emery,D., dan K. Myers. 1996. *Sequence Stratigraphy*, Black Science
- Harsono, A. 1997, *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*, Schlumberger Oilfield Services, Jakarta.
- Koesoemadinata, R.P. 1980. *Geologi Minyak dan Gasbumi Jilid 1 Edisi*

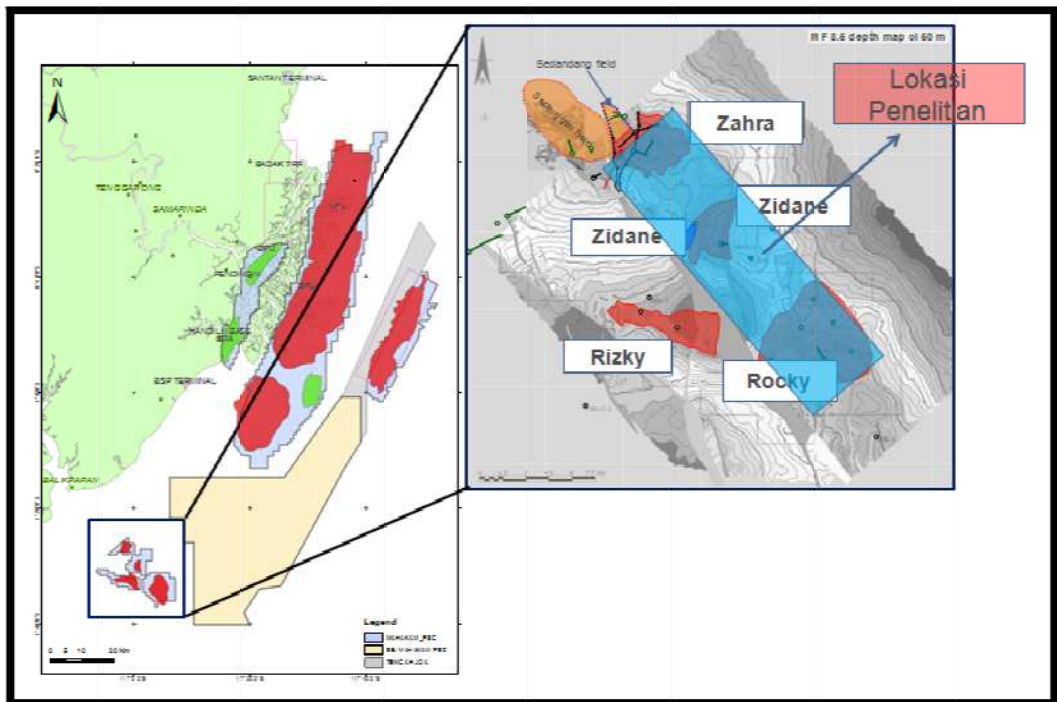
- ke II, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. Wiley-Blackwell Publishing. West Sussex, United Kingdom
- Rider, Malcolm., 2002. *The Geological Interpretation of Well Logs*. Rider-French Consulting Ltd, Skotlandia
- Seilacher, Adolf. 2007. *Trace Fossil Analysis*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany
- Sukmono. 1999. *Evaluasi Bawah Permukaan dengan Analisis Seismik*. Teknik Geofisika ITB, Bandung
- Suryana. 2010. *Metodologi Penelitian Model Praktis Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*: Universitas Pendidikan Indonesia
- Tucker, Maurice. E. 1982. *Sedimentary Rocks in the Field*. Department of Geological Sciences University of Durham, United States
- Tucker, Maurice. E. 2003. *Sedimentary Rocks in the Field ; Third Edition*. Department of Geological Sciences University of Durham, United States
- Walker, R. G, dan James, N.P. 1992. *Facies Models Response to Sea Level Change*, Geological Association of Canada, Kanada
- Jurnal dan Publikasi**
- Allen dan Chambers. 1998. *Sedimentation in the Modern and Miocene Mahakam Delta, Kalimantan, Indonesia*, Proceedings 26th Annual Convention, Indonesian Petroleum Association, Jakarta.
- Bhattacharya J.P. 2006. *Delta*. In: *Facies Models Revisited* (Eds Walker, R.G. & Posamentier, H.). Special Publication 84, SEPM, Tulsa, Oklahoma; 237-292
- Broichard, R. 1992. *South Mahakam Carbonates (Kalimantan - Indonesia): a Sedimentological Approach*, TOTAL E&P Indonesia : Tidak dipublikasi
- Chambers John L,C dan Moss Steve j. 1999. *Depositional Modeling and Facies Architecture of Rift and Inversion Episodes in The Kutai Basin, Kalimantan, Indonesia*, Proceedings 27th Annual Convention, Indonesian Petroleum Association, Jakarta.
- Chambers, J.L.C. dan Daley, T.E. 1995. *A Tectonic Model for the Onshore Kutai Basin, East Kalimantan, Based on an Integrated Geological and Geophysical Interpretation*, Proceedings 24th Annual Convention, Indonesian Petroleum Association, Jakarta, 111 - 130.
- Chambers, J.L.C., Carter, I., Cloke I.R., Craig I.R., Moss S.J., dan Paterson, D.W .2004 *Thin-skinned and Thick-skinned Inversion-Related Thrusting - A Structural Model for the Kutai Basin, Kalimantan, Indonesia*, American Association of Petroleum Geologist Memoir, **82**, 614 - 634.
- Cibaj,Irfan.1998. *Sedimentology and Petrography of the cored interval of Stupa-2 correlation with Stupa-1 consequences on reservoir geometry*. TOTAL E&P Indonesia : Tidak dipublikasikan
- Galloway, William E. 1989. *Genetic Stratigraphic Sequences in Basin Analysis I : Architecture and Genesis of Flooding-Surface Bounded Depositional Unit*, AAPG Bulletin V.73 No.2. Page 125-142
- Ismail R dan M.Haikal, 2008. *Depositional Facies Analysis and Sequence Stratigraphy*

- Based on Outcrop at Loa Janan, Samarinda Seberang and Its Implication to Reservoir Characterization at "INTAN" field, Kutai Basin.* Proceedings 32th Annual Convention, Indonesian Petroleum Association, Jakarta
- Lambert B, 1998. *Stupa Area South Mahakam Geological Model.* TOTAL E&P Indonesia. Tidak dipublikasikan
- Lemigas, 2013. *Biostartigraphic analyses of the Jempang-1 well.* Tidak dipublikasikan
- Lemigas, 2013. *Biostartigraphic analyses of the MTL-2-ST-1 well.* Tidak dipublikasikan
- Lemigas, 2013. *Biostartigraphic analyses of the Mandu-1 well.* Tidak dipublikasikan
- McClay Ken., Dooley, T., Ferguson, A dan Poblet, J . 2000. *Tectonic Evolution of the Sanga Sanga Block,* AAPG Bulletin, V.84, No.6, P 765-786
- Mitchum, R.M., Vail, P.R, & S. Thompson, 1977. *Seismic Stratigraphy and Global Change of Sea level, Part 2 : The Depositional Sequence as a Basin Unit for Stratigraphic Analysis, In Seismic Stratigraphy, Application to Hydrocarbon Exploration,* AAPG Memoir 26, AAPG, Tulsa.
- Mora, S., Garcia, N., dan Gardini, M. 2001. *Lower Kutei Basin Synthesis,* Laporan Internal TOTAL, TOTAL E&P Indonesia : Tidak dipublikasikan.
- Moss, S. J., Chambers, J.L.C., Cloke, I. , Carter, A., Satria, D., Ali, J.R., dan Baker, S. 1997. *New Observations on the Sedimentary and Tectonic Evolution of the Tertiary Kutai Basin, East Kalimantan,* 395 - 416 dalam Fraser, A.J., Murphy, R.W., dan Matthews, S.J., Eds., *Petroleum Geology of Southeast Asia: Geological Society of London Special Publication No. 126,* 429 p., Geological Society of London, London.
- Moss, S.J. dan Chambers, J.L.C. 1999. *Depositional Modeling and Facies Architecture of Rift and Inversion Episodes in the Kutai Basin, Kalimantan, Indonesia,* Proceedings 27th Annual Convention, Indonesian Petroleum Association, Jakarta, 1-22
- Moss, S.J. dan Chambers, J.L.C. 1999. *Tertiary Facies Architecture in the Kutai Basin, Kalimantan, Indonesia,* Journal of Asian Earth Sciences, **17,** 157-181.
- Ott, H.L. 1987. *The Kutei Basin - A Unique Structural History,* Proceedings 16th Annual Convention, Indonesian Petroleum Association, Jakarta, 307 - 316
- Posamentier, H.W., & Allen, G.P. 1990. *Aspect of Sequence Stratigraphy : Recent and Ancient Examples of Forced Regression :* AAPG Bulletin
- Posamentier, H.W., Allen, G.P. 1999. *Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications.* SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology no. 7, 209 p.
- Ryano, Ryan. 2012. *Fasies dan Stratigrafi sikuen untuk Menentukan Geometri Reservoar Pada Interval "x", main zone, Formasi Sepinggan, Lapangan "RR", Cekungan Kutai, Provinsi Kalimantan Timur.* UPN. Yogyakarta. Tidak Dipublikasikan
- Safrin, K.N. 1995. *Deposition of Middle Baong Sandstone as Post-Rift Incised Valley Fill Sequence,*

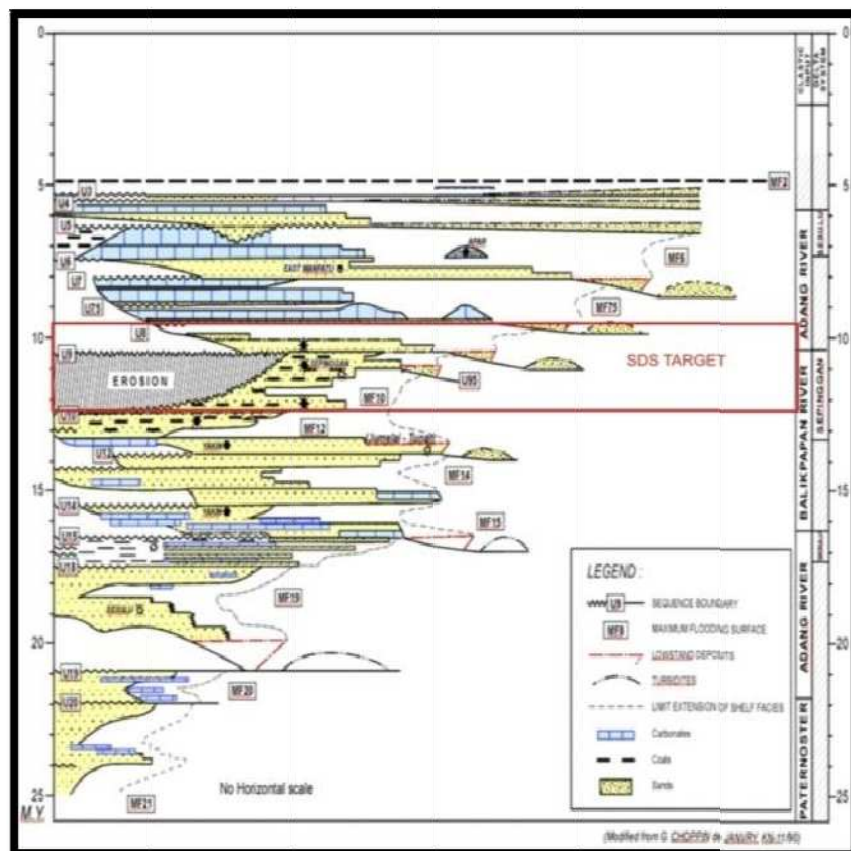
- Aru Onshore Area, North Sumatra, *Proceedings 24th Annual Convention*, Indonesian Petroleum Association, Jakarta
- Satyana, A.H. dan Biantoro, E. 1996. *Seismic Stratigraphy of Eocene Beriun Sands of West Bungalun, East Kalimantan, Indonesia : A Contribution to the Paleogene Stratigraphical Knowledge of the Kutei Basin*, Proceedings of the International Symposium on Sequence Stratigraphy in S.E. Asia, Jakarta, 383 - 393.
- Satyana, A., Nugroho, D., dan Surantoko, I. 1999. *Tectonic Controls on the Hydrocarbon Habitats of the Barito, Kutei, and Tarakan Basins, Eastern Kalimantan, Indonesia: major dissimilarities in adjoining basins*, Journal of Asian Earth Sciences, 17, 99-122.
- Susianto.,A, Esomar.,E.R, Rahadi.,R, Ardhie., M.N. 2012. *The Characteristics of The Sepinggan Strike Slip Fault and its Role in Forming Sturctural Traps The Southeast Kutai Basin*. Indonesian Petroleum Association, Proceedings 36 Annual Convention, Jakarta
- Rose, R. dan Hartono, P. 1978, *Geological Evolution of the Tertiary Kutei-Melawi Basin, Kalimantan, Indonesia*, Proceedings 4th Annual Convention, Indonesian Petroleum Association, Jakarta, 225 - 251.
- Van de Weerd, A. dan Armin, R. 1992. *Origin and Evolution of the Tertiary Hydrocarbon-Bearing Basins in Kalimantan, Indonesia*. AAPG Bulletin V.76, No.11, P. 1778-1803
- Wagoner V., Posamenttier H.W., Mitchum R.M., Vail P.R., Sarg. J.F, Loutit T.S dan Harden Bol. J. 1987. *An Overview of Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definition : An integrated approach of sea level changes* . Paleontologists and Mineralogist Pub.42, pages 39-45
- Wagoner V, Mitchum R.M, Campion K.M, Rahmanian V.D. 1990. *Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores, and Outcrops : Correlation of Time and Facies*. AAPG Methods in Exploration Series
- Wagoner V, Mitchum RM. 1991. *High frequency sequences and their stacking patterns : seunce-stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycles. The Record of Sea-level Fluctuation*. Sediment. Geol.,770

### Slide Presentasi

- TOTAL E&P Indonesie. 2007. Slide Presentasi: *South Mahakam Generalities*. Asset Sisi Nubi dan South Mahakam
- TOTAL E&P Indonesie. 2009. Slide Presentasi: *Schematic Illustration of Interpreted Depositional Environment*. Asset Sisi Nubi dan South Mahakam
- TOTAL E&P Indonesie. 2011. Slide Presentasi: *Paleomap of Mahakam and South Mahakam*. Asset Sisi Nubi dan South Mahakam



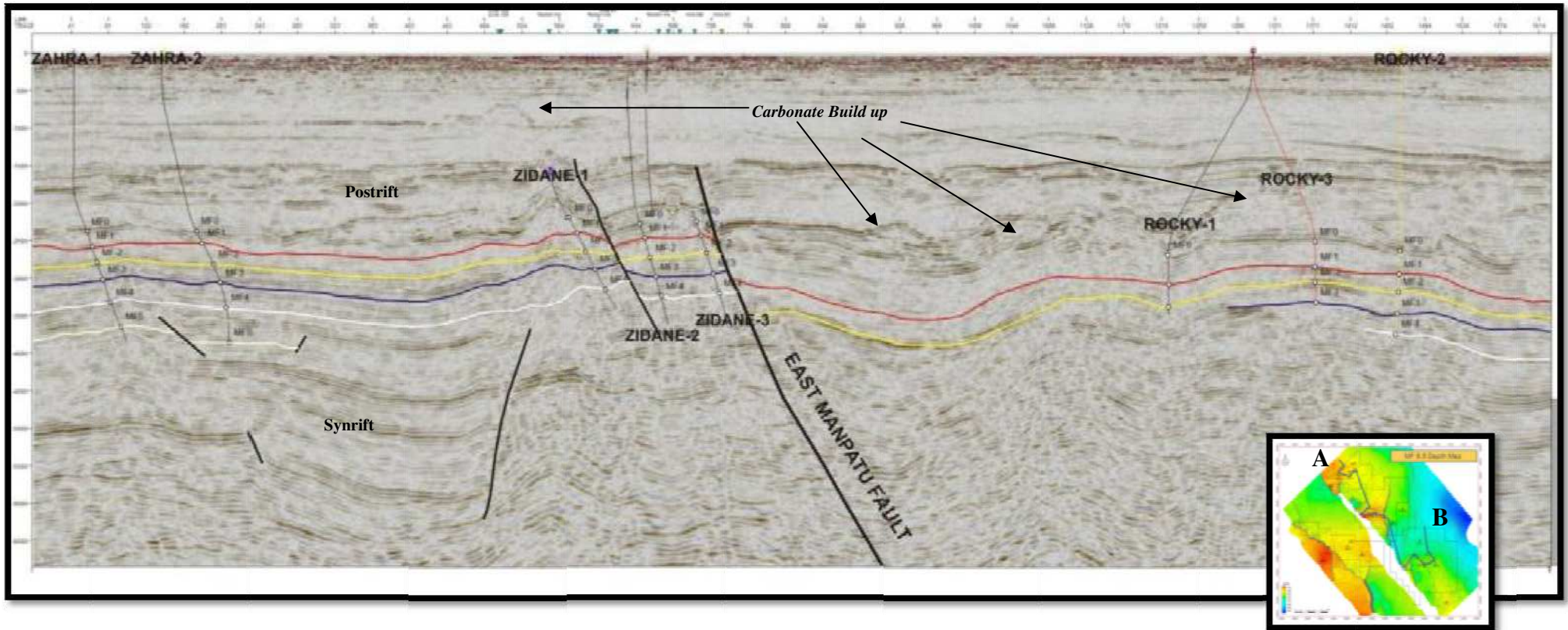
Gambar 1 Daerah Penelitian South Mahakam (Total E&P Indonesia, 2013)



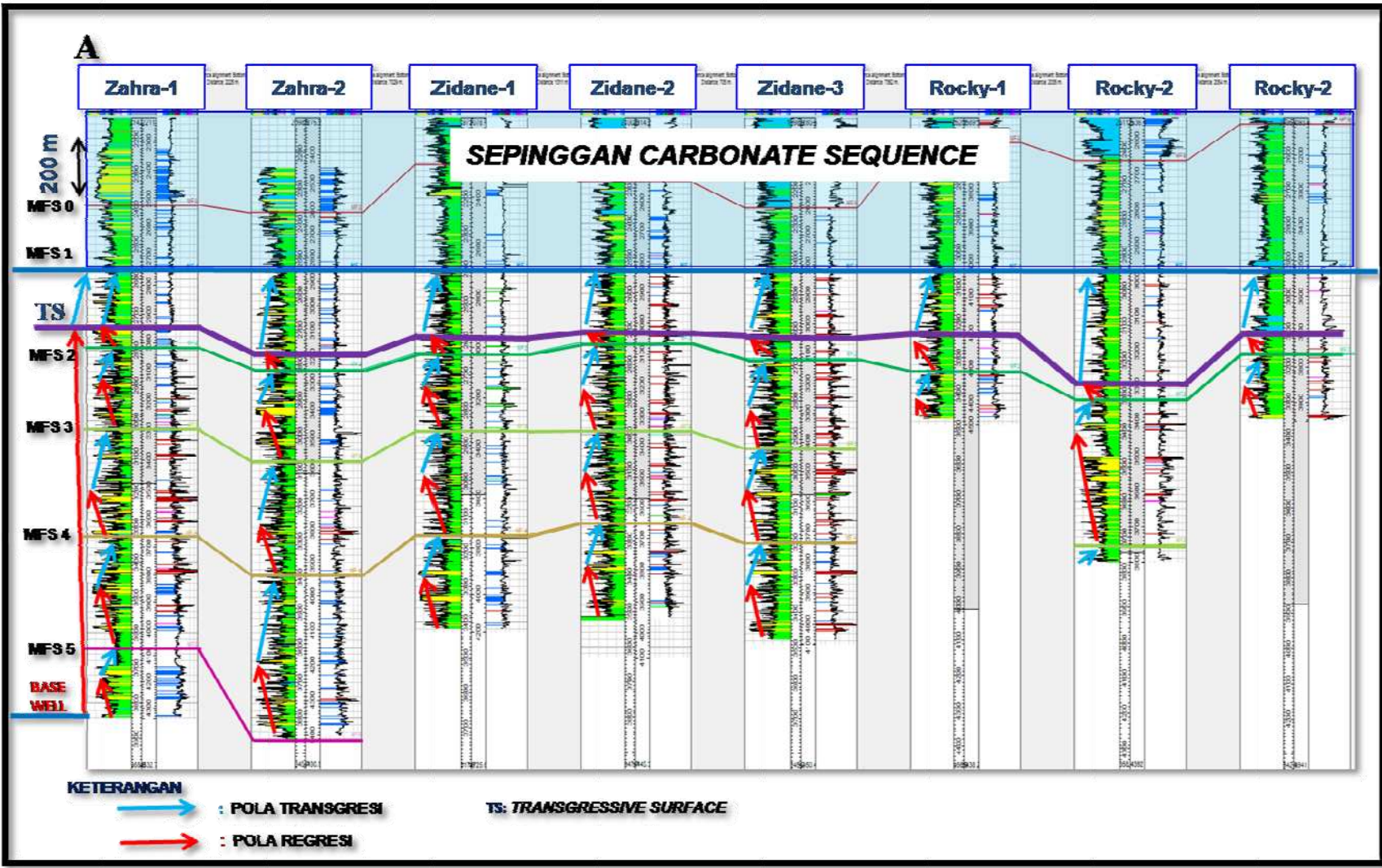
Gambar 2 Kronostratigrafi South Mahakam (Total E&P Indonesia, 2013)

A

B

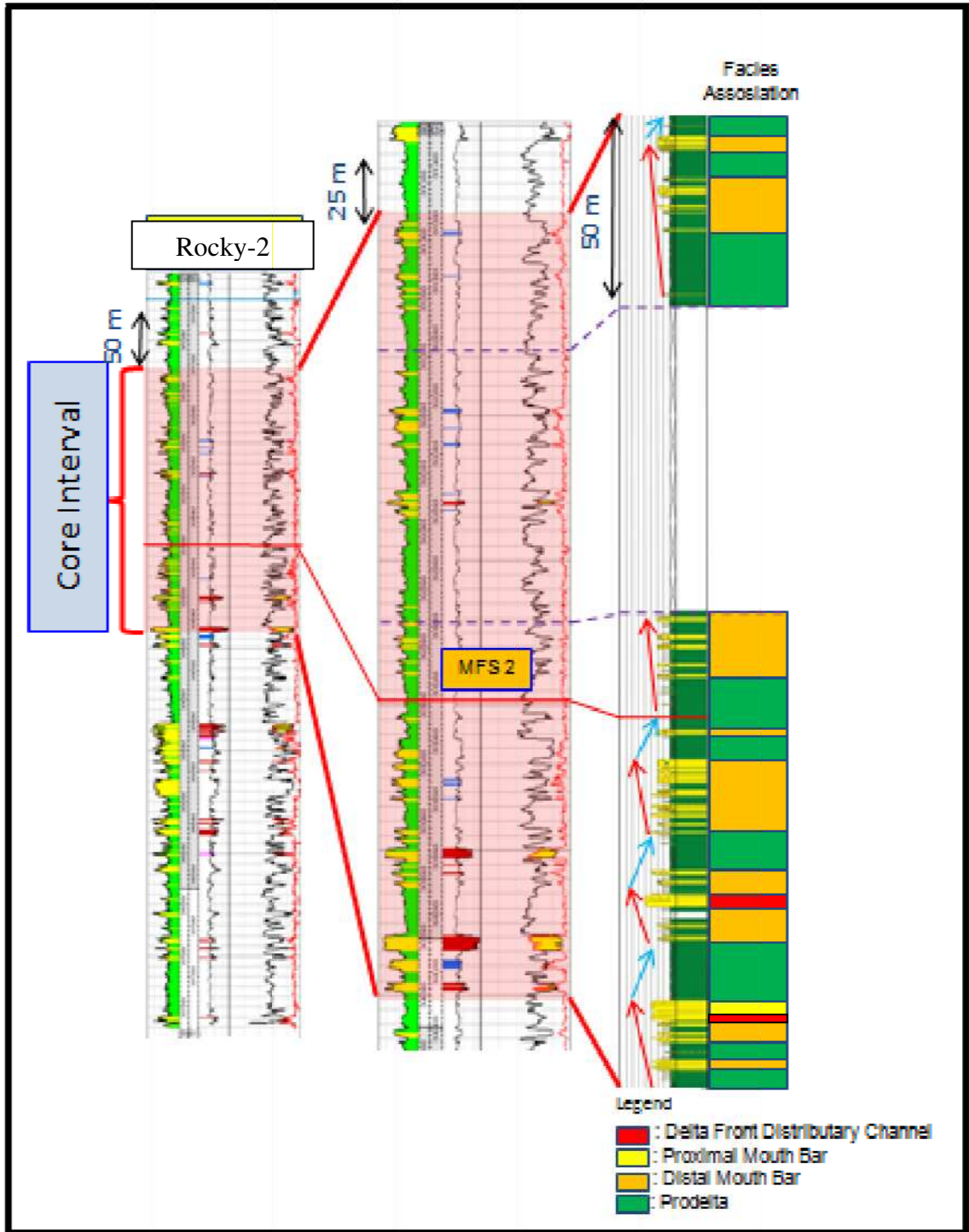


Gambar 3 Penampang Seismik A-B South Mahakam Block (Total E&P Indonesia, 2013)

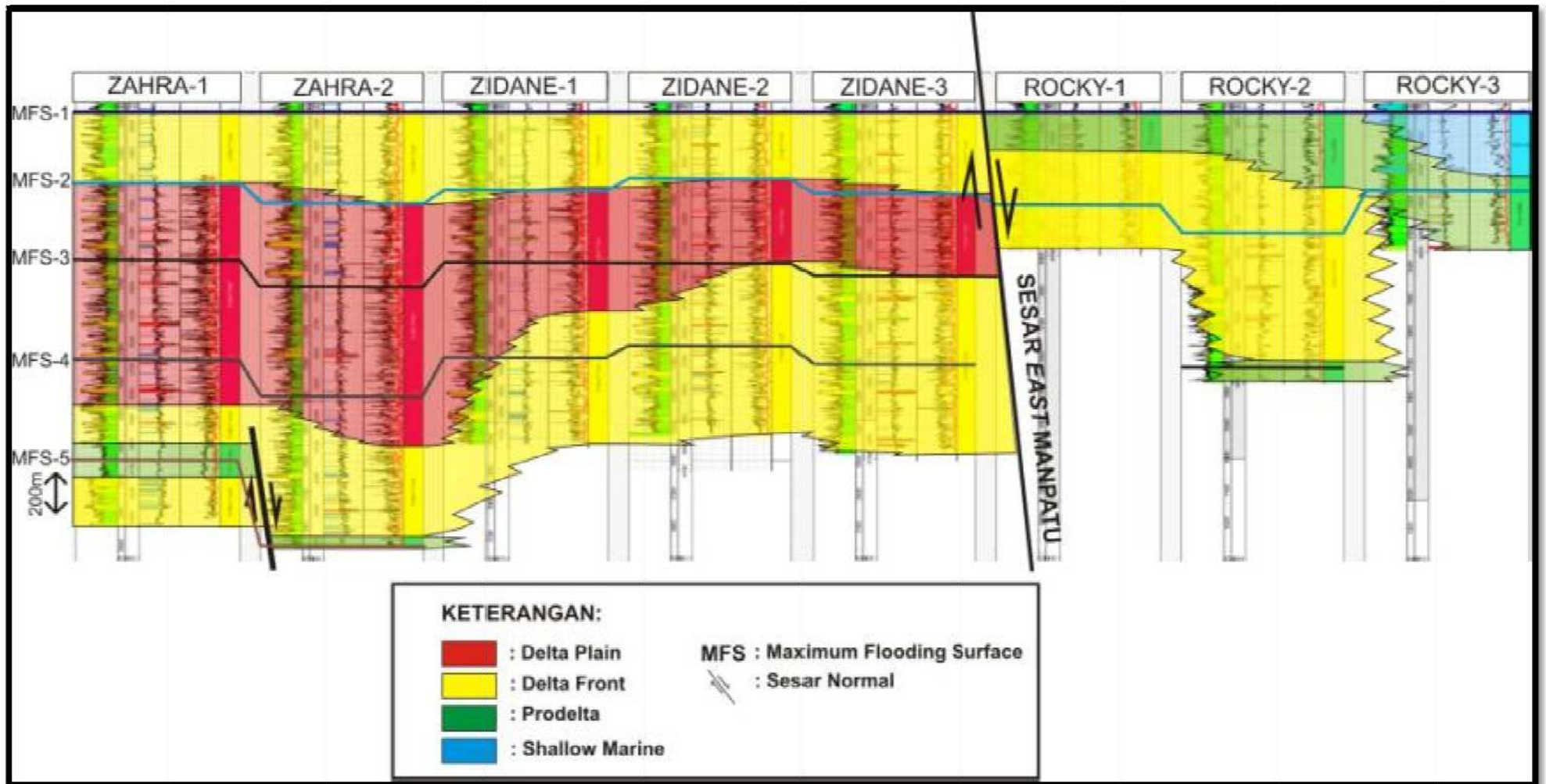


Gambar 4 Korelasi *Flatten on MFS1* yang Menunjukkan Pola Pengendapan Regresi-Transgresi pada Delta Sepinggan

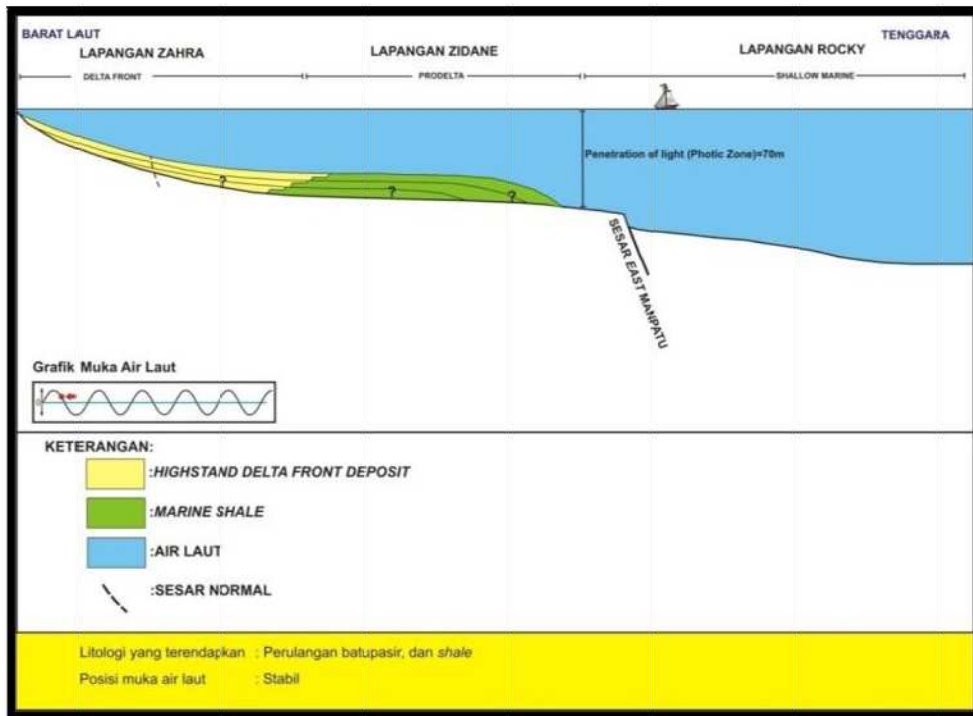




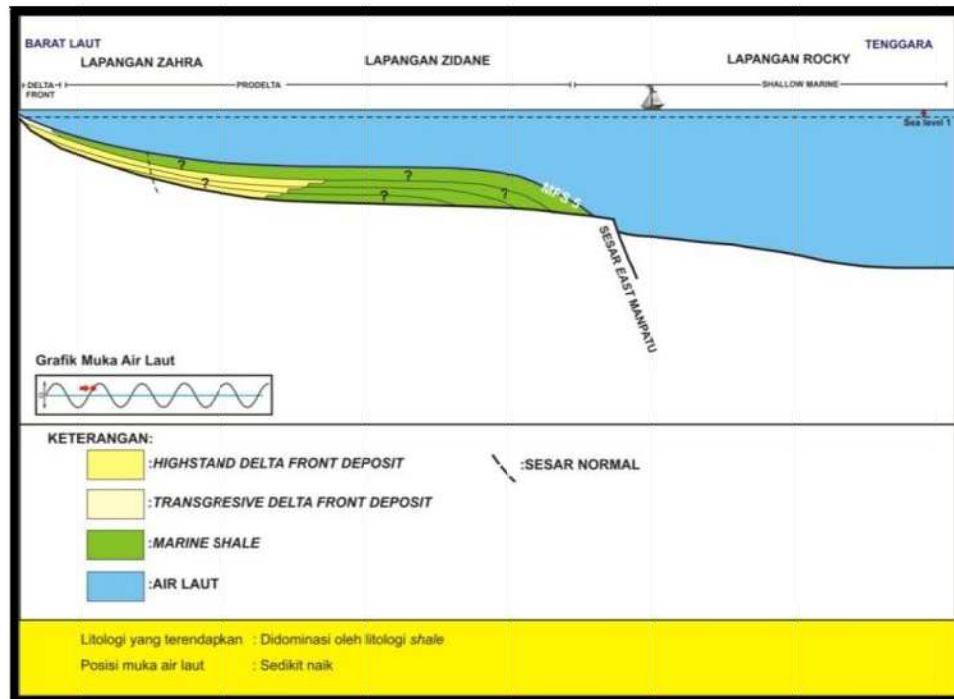
Gambar 5 Kesesuaian Data Log dengan Data Inti Batuan Sumur Rocky-2



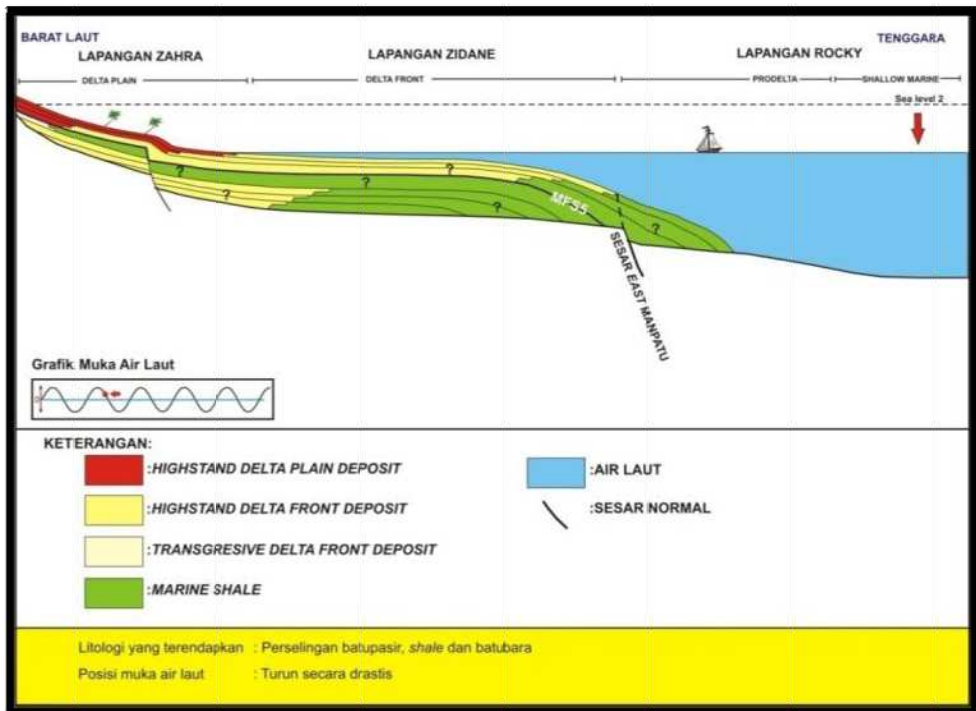
Gambar 6 Interpretasi Lingkungan Pengendapan pada Delta Sepinggan



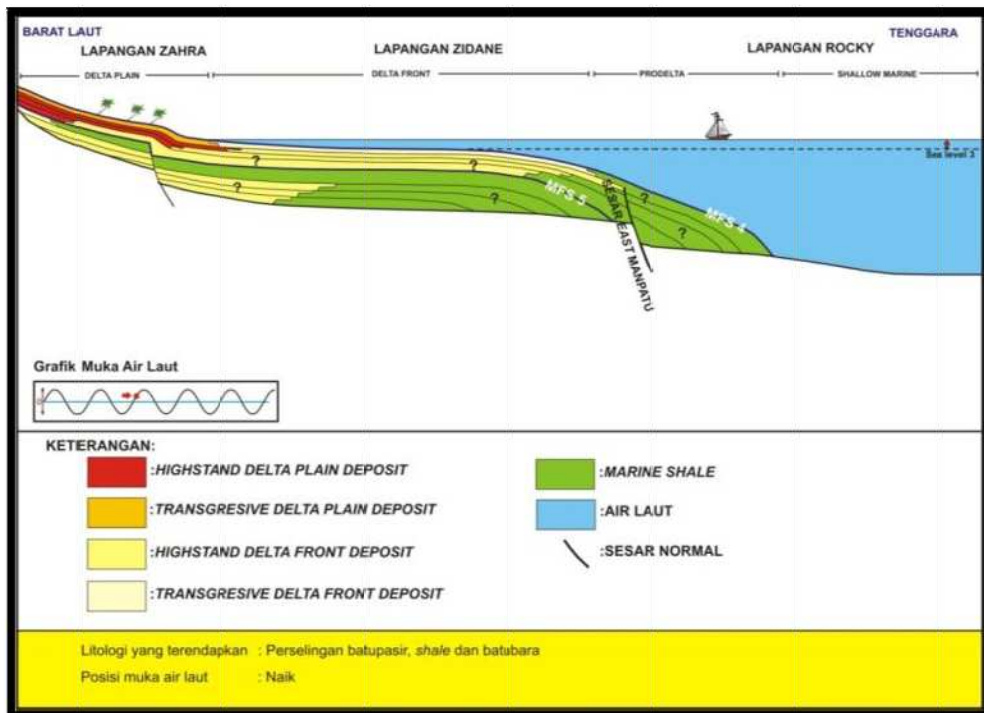
Gambar 7 Model Perkembangan saat HST 1



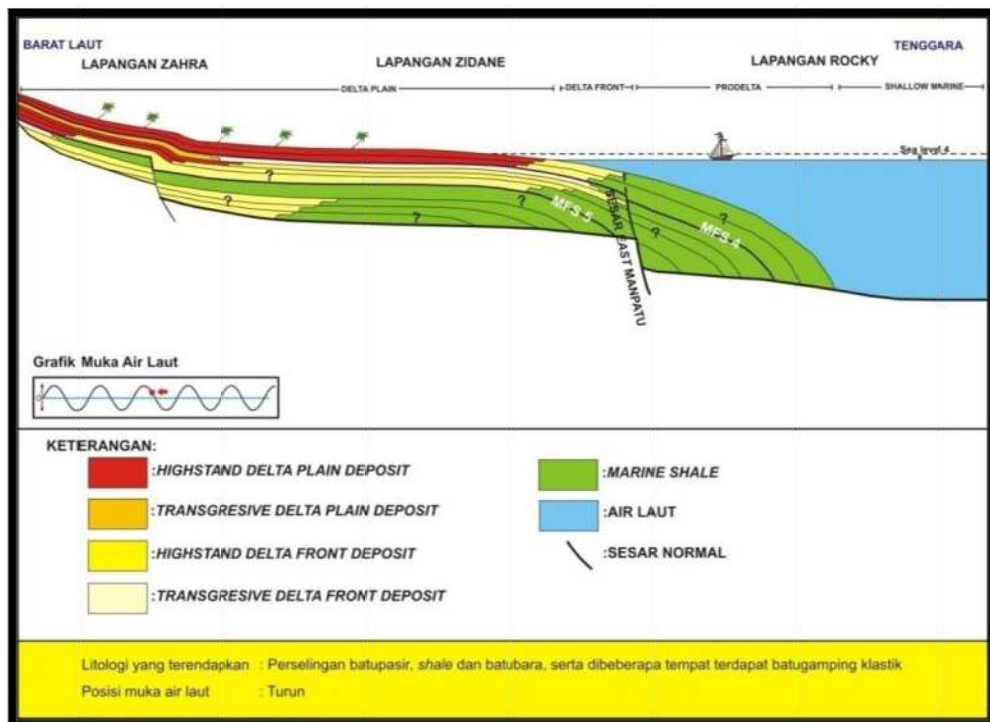
Gambar 8 Model Perkembangan saat TST 1



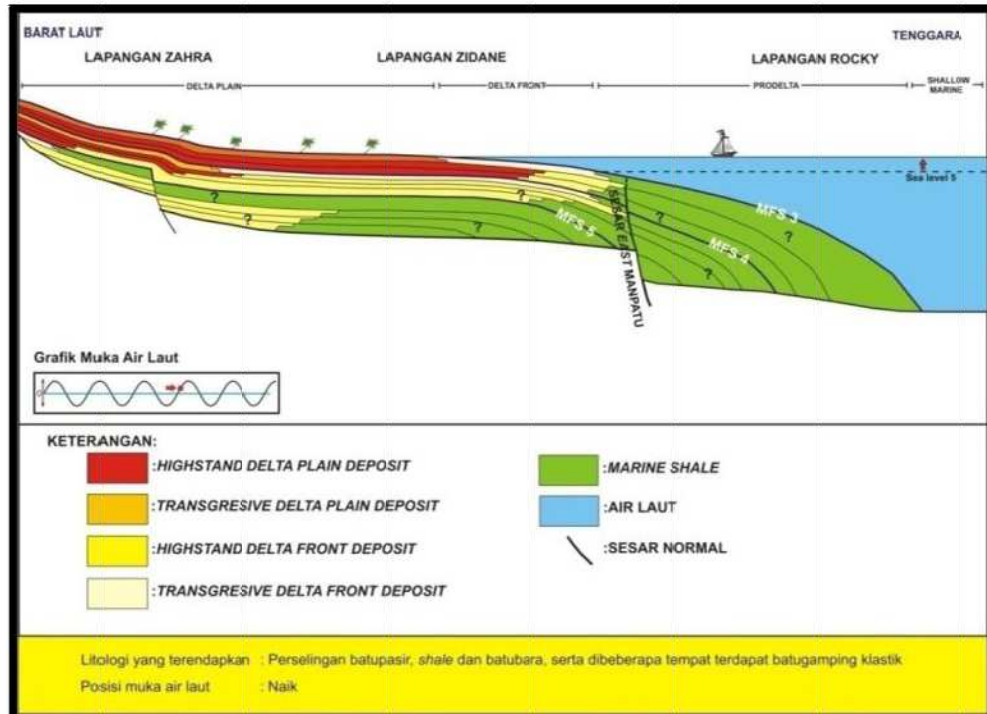
Gambar 9 Model Perkembangan saat HST 2



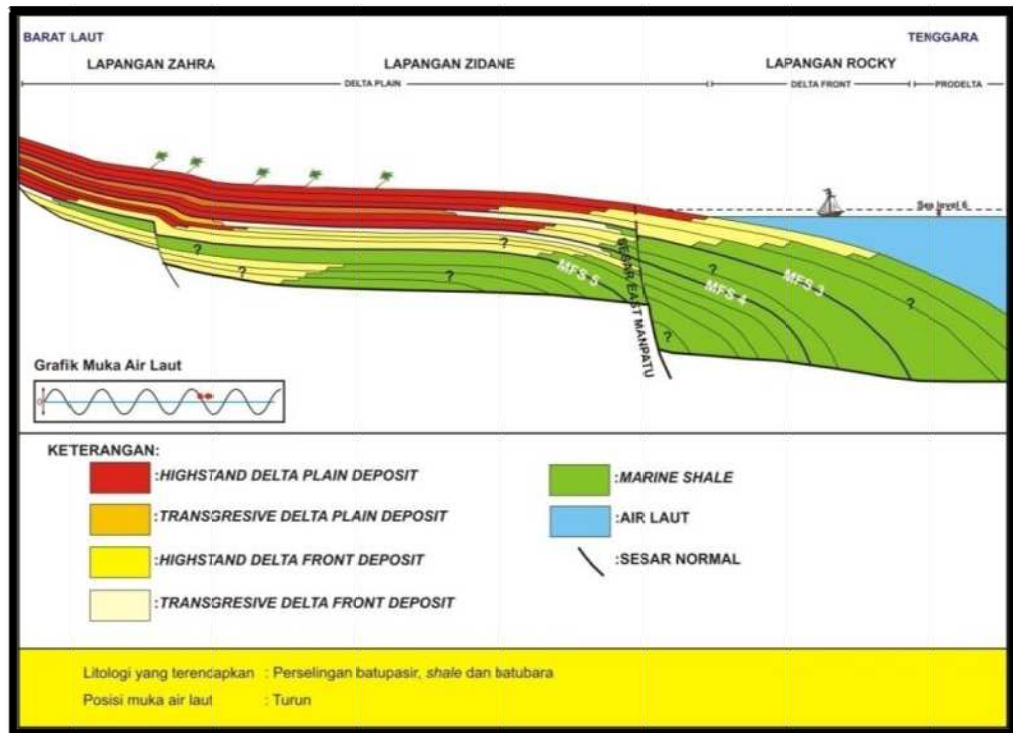
Gambar 4.10 Model Perkembangan saat TST 2



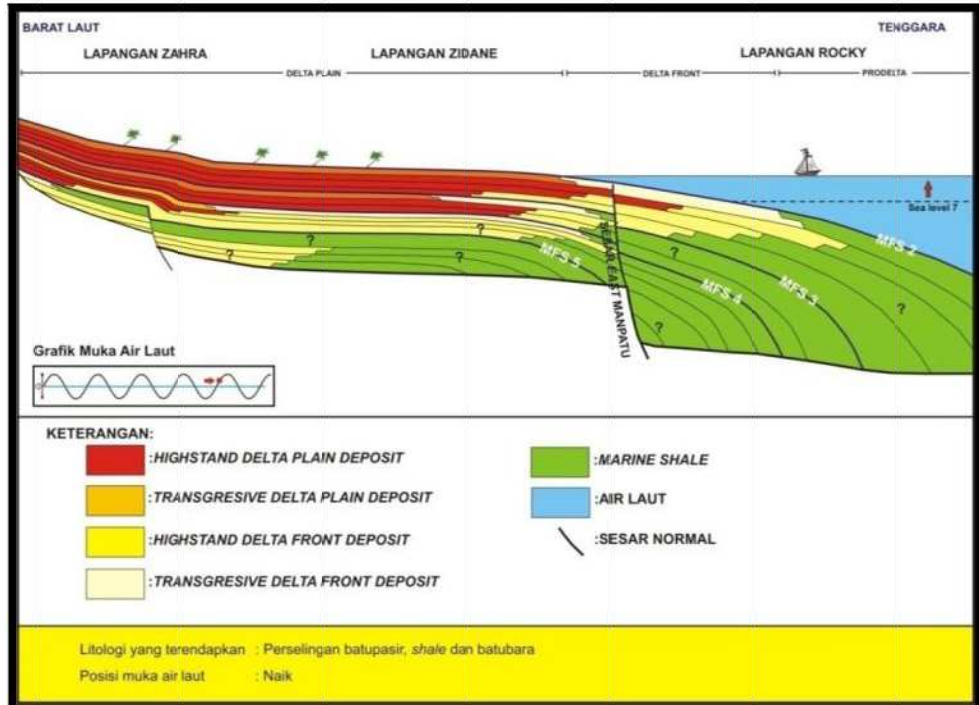
Gambar 11 Model Perkembangan saat HST 3



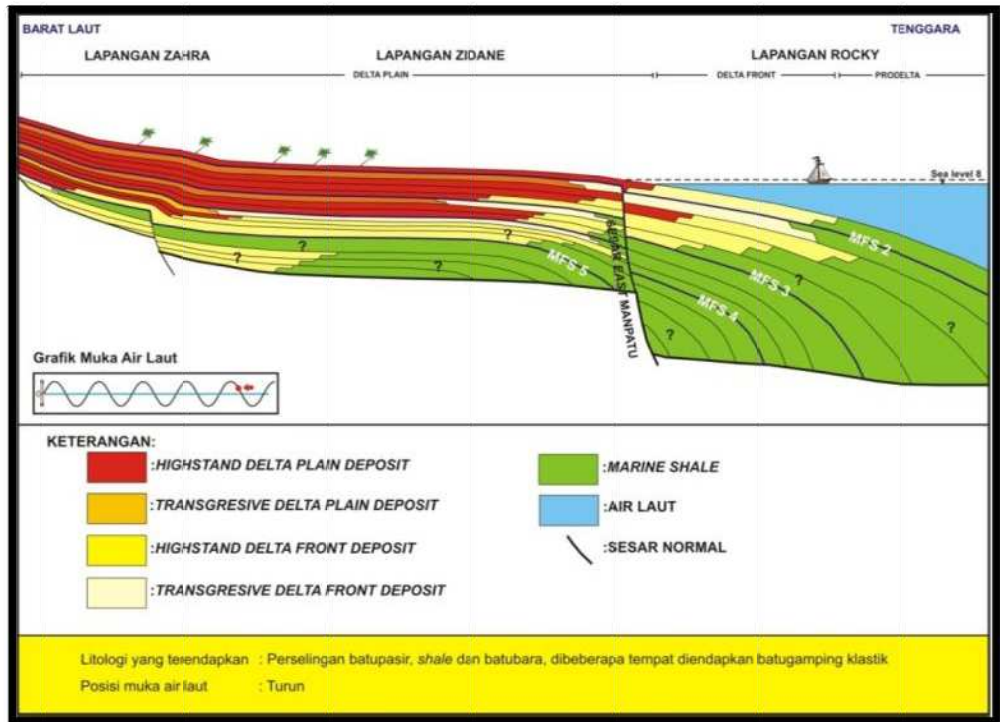
Gambar 12 Model Perkembangan saat TST 3



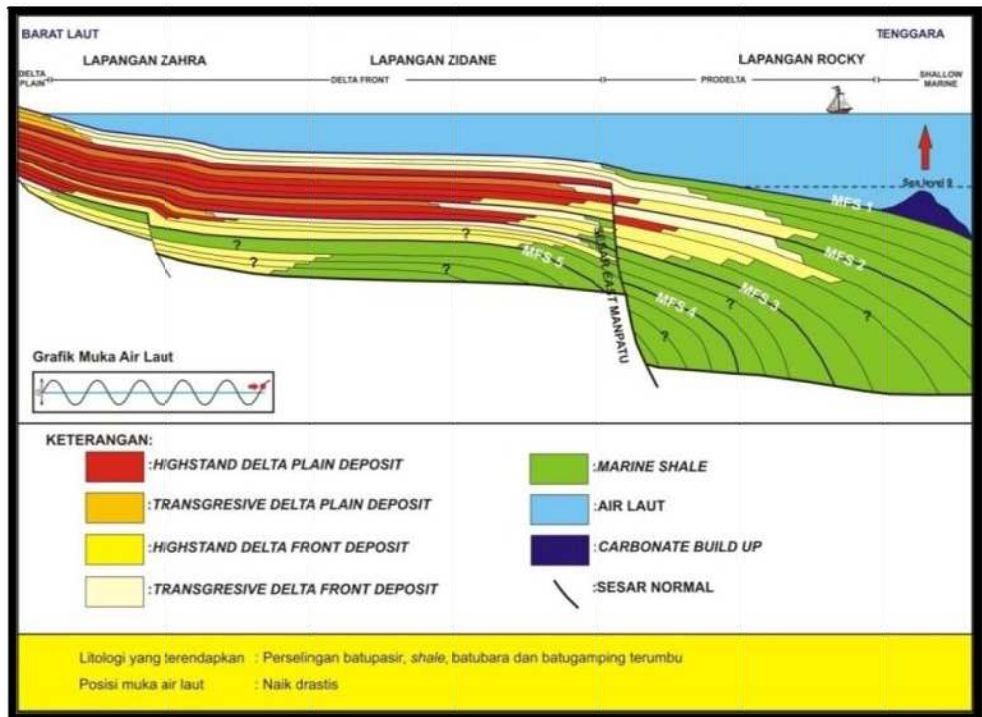
Gambar 13 Model Perkembangan saat HST 4



Gambar 14 Model Perkembangan saat TST 4



Gambar 15 Model Perkembangan saat HST 5



Gambar 16 Model Perkembangan saat TST 5

**Tabel 1 Data Biostratigrafi Sumur Zahra-1 (Lemigas,2013)**

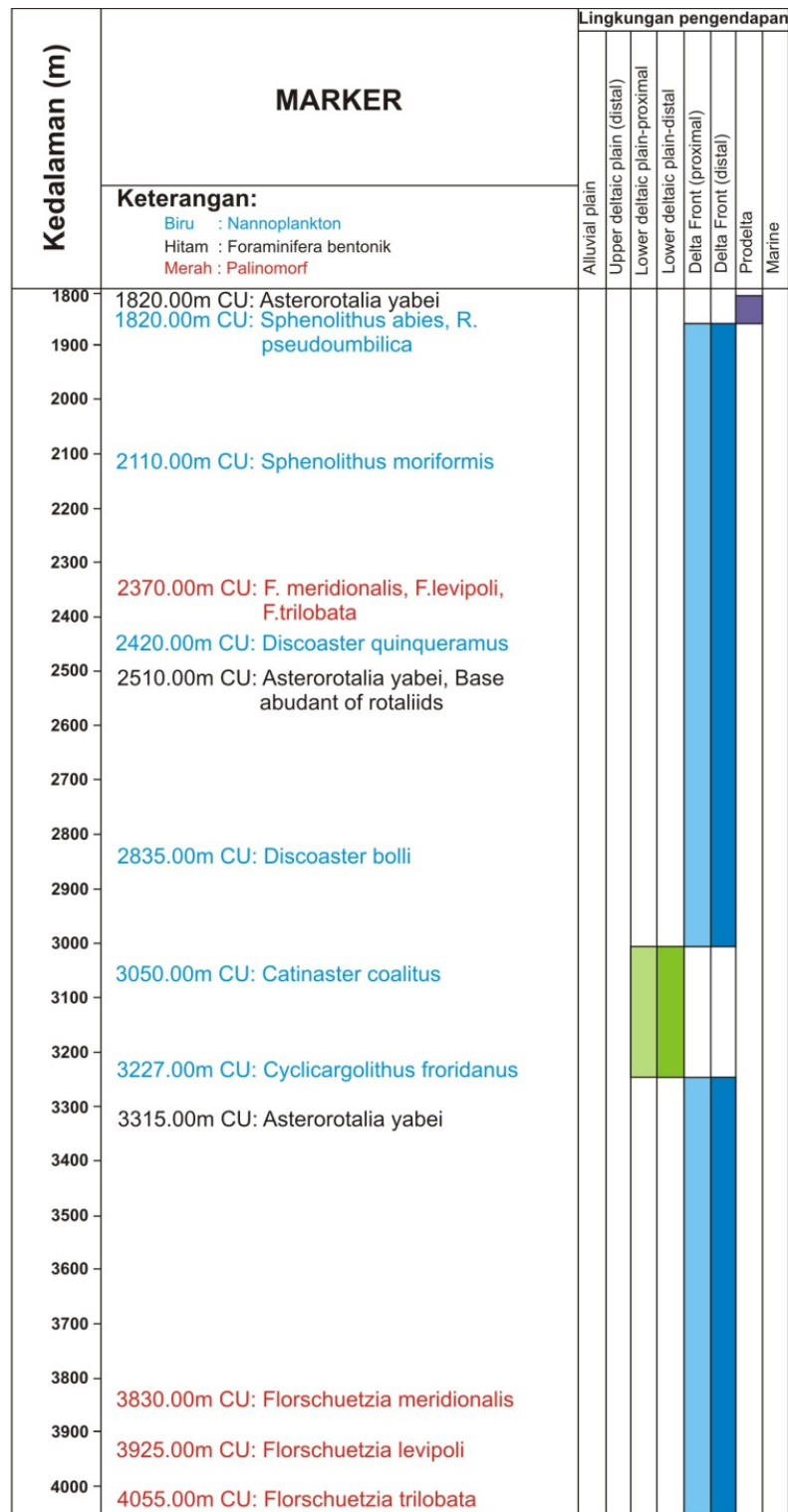
Kedalaman (m)	MARKER	Lingkungan pengendapan							
		Alluvial plain	Upper deltaic plain (distal)	Lower deltaic plain-proximal	Lower deltaic plain-distal	Delta Front (proximal)	Delta Front (distal)	Prodelta	Marine
2300	2310.00m CU: <i>Sphenolithus moriformis</i>								
2400									
2500	2490.00m CU: <i>Asterorotalia yabei</i>								
2600									
2700									
2800									
2850.00m CU: <i>Asterorotalia yabei</i> , Base abundant of rotaliids									
2900									
2970.00m CU: <i>F. meridionalis</i> , <i>F. levipoli</i> , <i>F. trilobata</i>									
3000									
3055.00m CU: <i>Catinaster coalithus</i>									
3100									
3345.00m CU: Abundance <i>Callophyllum</i> type									
3200									
3300									
3345.00m CU: <i>Cyclicargolithus froridanus</i>									
3400									
3500									
3600									
3700									
3770.00m CU: <i>Florschuetzia meridionalis</i>									
3800									
3900									
3940.00m CU: <i>Asterorotalia yabei</i>									
4000									



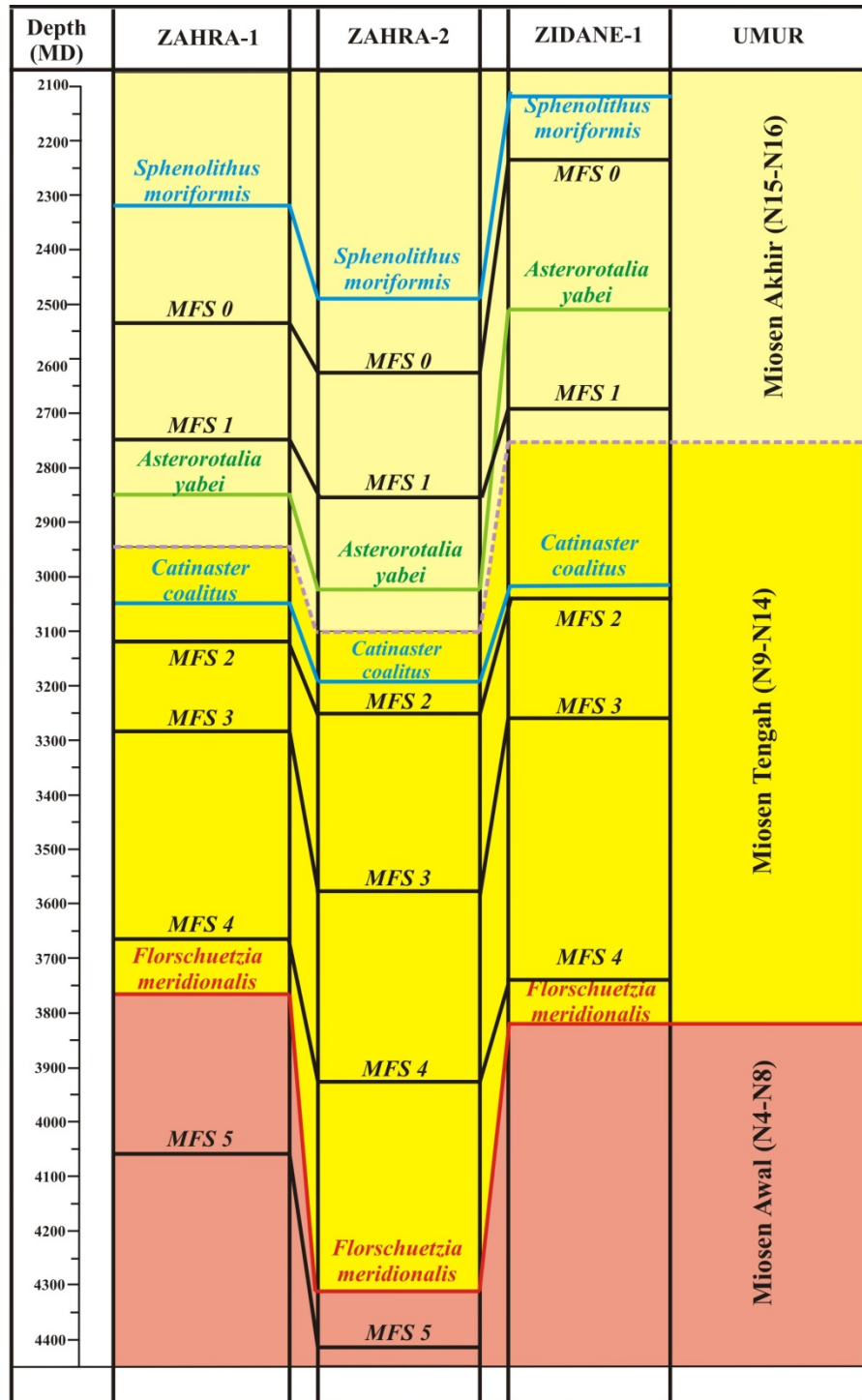
**Tabel 2 Data Biostratigrafi Sumur Zahra-2 (Lemigas,2013)**

Kedalaman (m)	MARKER	Lingkungan pengendapan							
		Alluvial plain	Upper deltaic plain (distal)	Lower deltaic plain-proximal	Lower deltaic plain-distal	Delta Front (proximal)	Delta Front (distal)	Prodelta	Marine
2500	2490.00m CU: <i>Sphenolithus moriformis</i>								
2600									
2700	2670.00m CU: <i>Asterorotalia yabei</i>								
2800									
2900	2095.00m CU: <i>Discoaster calcaris</i>								
2920.00m CU: <i>F. meridionalis</i> , <i>F. levipoli</i> , <i>F. trilobata</i>									
3000	3025.00m CU: <i>Asterorotalia yabei</i> , Base abundant of rotaliids								
3100									
3145.00m CU: Abundance <i>Callophyllum</i> type									
3195.00m CU: <i>Catinaster coalitus</i>									
3200									
3300	3295.00m CU: <i>Asterorotalia yabei</i>								
3400									
3450.00m CU: <i>Cyclicargolithus frigidanus</i>									
3500									
3600									
3700									
3800									
3900									
4000									
4100									

**Tabel 3 Data Biostratigrafi Sumur Zidane-1 (Lemigas,2013)**



**Tabel 4 Zonasi Umur Daerah Penelitian**



**Keterangan**

- = Nanoplankton
- = Palynomorf
- = Foraminifera bentonik
- = Maximum Flooding Surface