

**ANALISIS SIKUENSTRATIGRAFI UNTUK IDENTIFIKASI
KOMPARTEMENTALISASI RESERVOIR KARBONAT FORMASI
NGIMBANG BLOK SUCI, CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA**

*(Sequence Stratigraphic Analysis for Identification of Carbonate
Reservoir Compartmentalization of Ngimbang Formation in Suci Block,
North East Java Basin)*

Panuju, Ginanjar Rahmat, Agus Priyantoro, Egie Wijaksono, dan Bambang Wicaksono

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan
Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

E-mail: panuju_b@lemigas.esdm.go.id; ginanjar@lemigas.esdm.go.id;
agusp@lemigas.esdm.go.id; bamganwtm@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 21 Agustus 2017; Diterima setelah perbaikan tanggal 16 Oktober 2017;
Disetujui terbit tanggal: 31 Desember 2017

ABSTRAK

Analisis sikuenstratigrafi telah dilakukan pada penampang sedimen Formasi Ngimbang di Blok Suci, Cekungan Jawa Timur Utara. Analisis ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui suksesi vertikal dan perubahan fasies secara lateral dari unit sikuen reservoir karbonat pada Formasi tersebut sehingga kompartementalisasi fasies dari reservoir karbonat dapat dipahami secara rinci. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tiga *well logs*, biostratigrafi, lingkungan pengendapan dan petrografi dari sumur SUCI-1, SUCI-2 dan KMI-1 yang didukung penampang seismik. Penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan semua data G & G dalam kerangka kronostratigrafi dan model pengendapan karbonat sehingga kompartementalisasi yang mengontrol konektifitas dan sifat fisik unit-unit reservoir karbonat dapat dipahami dengan baik. Hasil analisis menunjukkan bahwa reservoir karbonat Formasi Ngimbang di Blok Suci diendapkan selama Eosen Akhir sampai Oligosen Awal pada lingkungan neritik pinggir sampai batial atas. Secara kronostratigrafi, penampang karbonat Formasi Ngimbang dapat dibagi ke dalam tiga unit sikuen yang dipisahkan oleh bidang keidakselarasan, yaitu unit fasies karbonat platform berumur Eosen Akhir di sekitar lokasi sumur SUCI-2, unit fasies karbonat platform berumur Oligosen Awal bagian bawah di sekitar lokasi sumur KMI-1 dan SUCI-2 dan unit fasies *core reef* berumur Oligosen Awal bagian atas di lokasi sekitar sumur SUCI-1. Hasil analisis tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena akumulasi gas yang hanya dijumpai pada lokasi sumur SUCI-1, dan hanya *gas show* dan *oil trace* yang terobservasi di sumur SUCI-2, serta indikasi hidrokarbon yang sama sekali tidak ditemukan pada sumur KMI-1. Hal tersebut terjadi karena reservoir karbonat fasies *core reef* berumur Oligosen Awal hanya dijumpai pada lokasi sumur SUCI-1 dan tidak menerus ke lokasi Sumur SUCI-2 dan KMI-1. Analisis kompartementalisasi ini akan dapat meningkatkan rasio keberhasilan perusahaan-perusahaan migas yang melakukan pemboran dengan target batuan reservoir berupa batuan karbonat.

Kata Kunci: Kompartementalisasi reservoir, konektifitas reservoir, batuan karbonat, sikuenstratigrafi, formasi Ngimbang, Jawa Timur Utara.

ABSTRACT

Sequence stratigraphic analysis has been conducted on the sedimentary succession of Ngimbang Formation in Suci Block, North East Java Basin. This analysis is performed to know the genetic relationship and lateral facies change of carbonate reservoir of the formation thus facies compartmentalization of this carbonate reservoir can be understood. The data used in this study include 3 well logs, biostratigraphy, depositional environment and petrography reports of the SUCI-1, SUCI-2 and KMI-1, supported by seismik sections. This study was

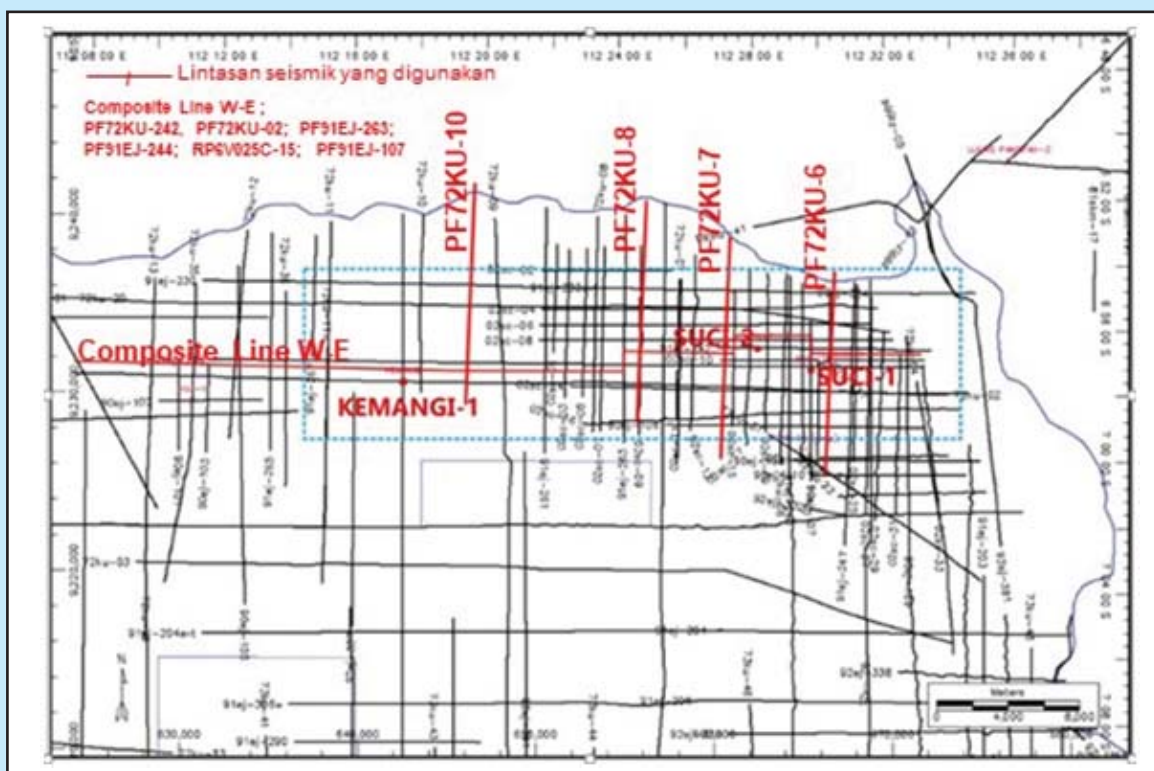
conducted by integrating all G & G data within Chronostratigraphy framework and carbonate deposition model thus compartmentalization controlling connectivities and physical properties among carbonate reservoir units can be well understood. Result of the analysis indicates that Ngimbang carbonate reservoirs in the SUCI Block were deposited during Late Eocene to Early Oligocene in the inner neritic to upper bathyal environments. The depositional setting of the sequences varies from shallow in the west (KMI-1) to become deeper in the east (SUCI-2). Chronostratigraphy of the Ngimbang carbonate sequences shows three separated sequence units which include Late Eocene carbonate platform facies unit placing around the SUCI-2 well, the lower part of Early Oligocene to Eocene Carbonate platform facies unit at around both KMI-1 and SUCI-2 wells and the upper part of Early Oligocene core reef facies unit at around SUCI-1 well. All would be explaining how the gas accumulation does only occur in the SUCI-1 well, gas show and oil trace observed in SUCI-2 well, but no hydrocarbon indication found in the KMI-1 well. It is caused by a limited development of Early Oligocene core reef facies at SUCI-1 well location and not continuous to the location of SUCI-2 and KMI-1 wells. This compartmentalization analysis will increase the success ratio of oil and gas companies that drill with the target of carbonate reservoir rock.

Keywords: Reservoir compartmentalization, reservoir connectivity, carbonate rocks, sequen stratigraphy, Ngimbang formation, North East Java.

I. PENDAHULUAN

Blok Suci terletak di tinggian Tuban yang merupakan bagian timur dari Zona Rembang, Cekungan Jawa Timur Utara (Gambar 1). Cekungan ini merupakan cekungan busur belakang yang batuan dasarnya mengalami penurunan sangat cepat saat Paleogen dan kemudian diikuti oleh pengendapan sedimen dengan ketebalan lebih dari 5000 m. Batuan dasar terdiri atas batuan beku (granit) dan

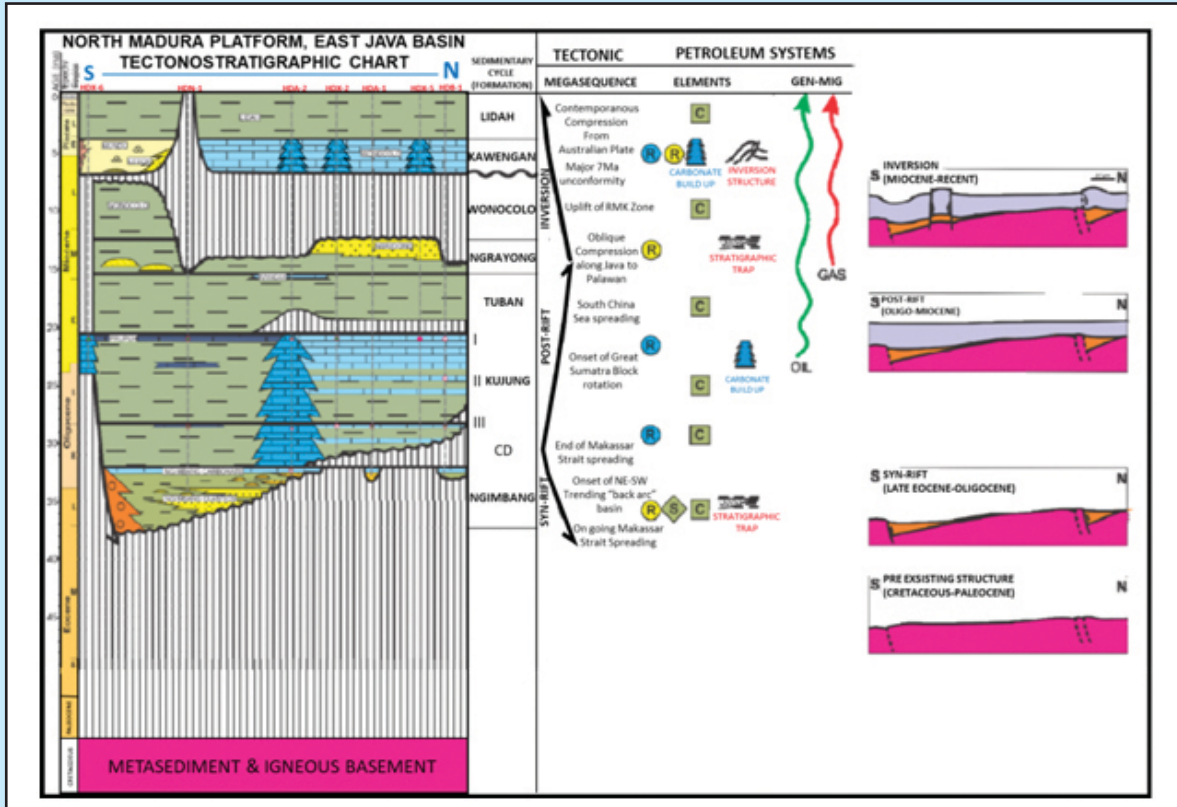
metasedimen yang diperkirakan berumur Kapur-Jura, sedangkan batuan sedimen yang menumpang secara tidak selaras di atasnya tersusun dari sedimen klastik dan non-klastik berumur Eosen sampai Kuartar yang menurut Setiawan dkk. (2014) dapat dibagi kedalam tujuh siklus pengendapan, yaitu Ngimbang (Eosen-Oligosen), Kujung III (Oligosen), Kujung II/I (Oligosen-Miosen), Tuban (Miosen Awal), Ngrayong, Wonocolo dan Kawengan (Miosen Tengah-lebih muda).



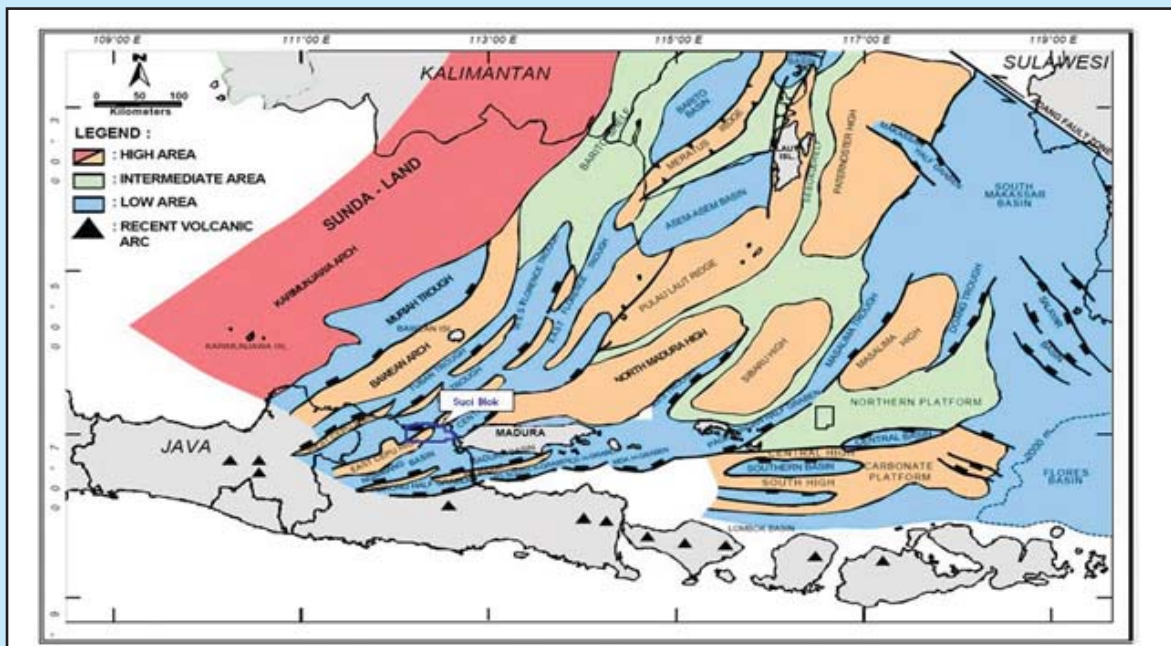
Gambar 1
Lokasi penelitian posisi sumur KM-1, SUCI-2 dan SUCI-1 serta line seismik yang digunakan.

Menurut Nugraha (2016), tiga fase utama tektonostratigrafi yang terjadi di Cekungan Jawa Timur Utara adalah *Paleogene Syn-rift*, *Late Eocene-*

Oligocene Post-rift dan *Late Neogene Inversion*. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan Setiawan (2014) yang memasukkan pembentukan Formasi



Gambar 2 Kerangka tektonostratigrafi dari platform Madura Utara ke selatan cekungan (Setiawan dkk. 2014).



Gambar 3 Peta geologi regional Jawa Timur Utara pada paleogen yang menunjukkan grabben/half grabben (mudjiono & pireno 2001).

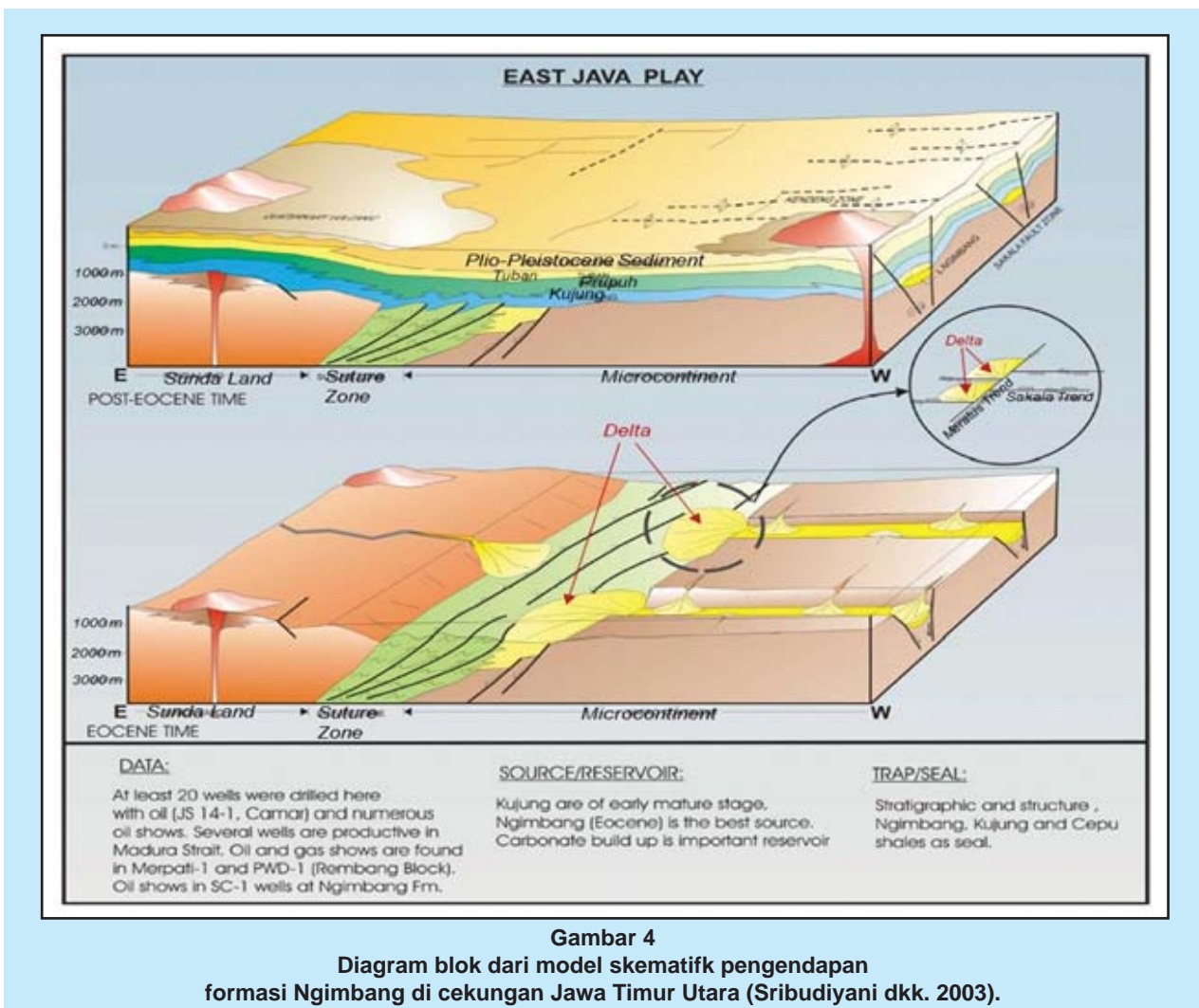
Ngimbang pada fase *Syn-rift* (Gambar 2). Sedimen formasi ini diendapkan pada struktur terban atau setengah graben berarah NNE-SSW yang terjadi pada saat penurunan yang cepat sehingga mempunyai penyebaran yang tidak merata (Gambar 3) (Mujiono & Pireno 2001).

Sejarah pengendapan dari Formasi Ngimbang dapat dibagi kedalam *pre*, *syn* dan *post collision*. Struktur *pre-collision* (Misalnya Zona Sesar Sakala) memainkan peranan penting dalam mengontrol distribusi endapan Formasi Ngimbang pada saat *post-collision* (Sribudiyani dkk. 2003). Pertemuan struktur ini dengan struktur yang lebih muda seperti pola Meratus menghasilkan pola struktur yang sangat kompleks yang selanjutnya mengontrol distribusi sedimen Formasi Ngimbang (Gambar 4).

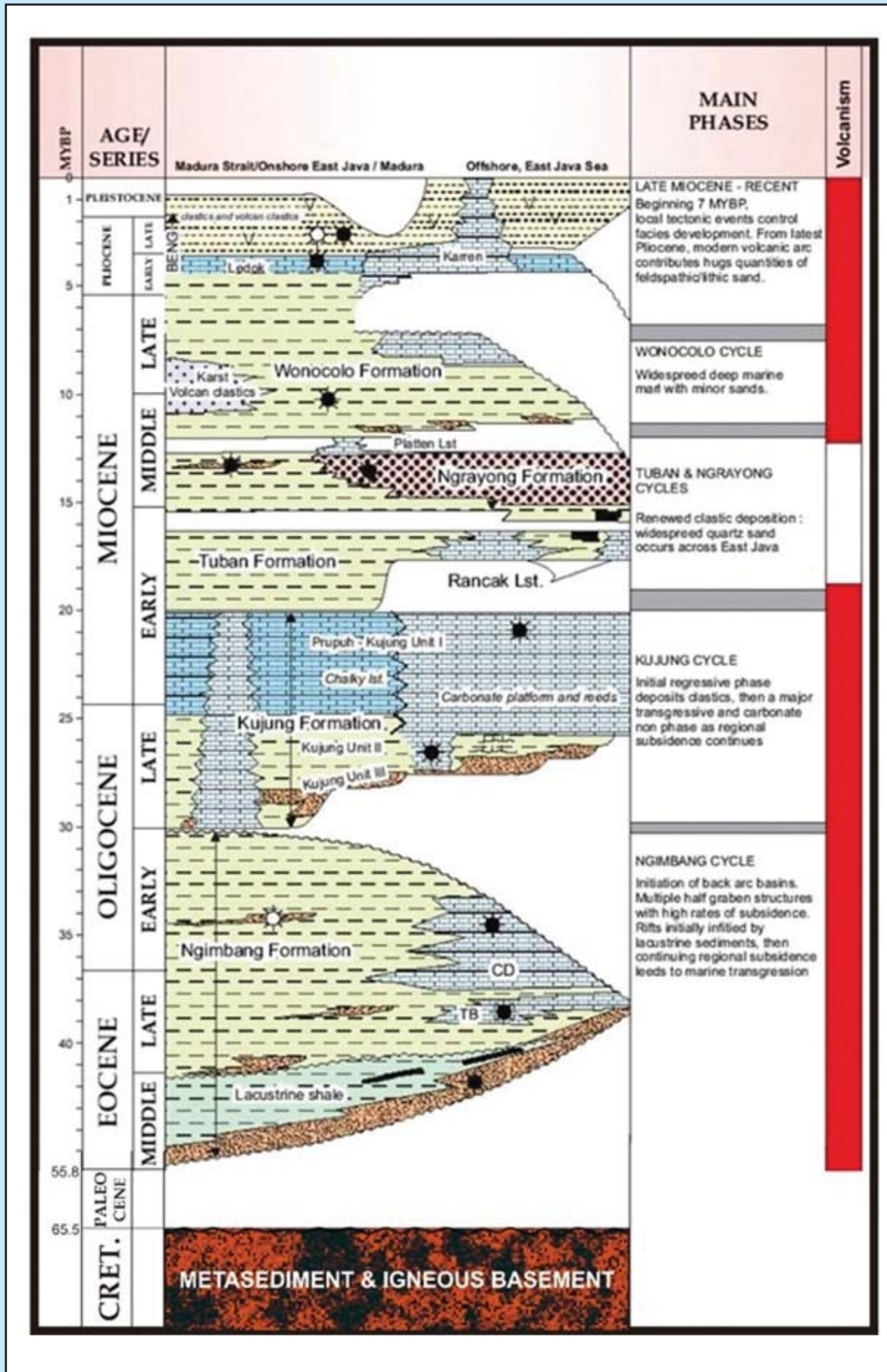
Secara stratigrafi, Formasi Ngimbang menumpang secara tidak selaras di atas batuan dasar (Gambar 5). Berdasarkan karakter litologi, Formasi Ngimbang dapat dibedakan menjadi tiga anggota utama yaitu Anggota Ngimbang Klastik, Ngimbang Karbonat dan

Ngimbang *Shale* (Maulin dkk. 2012). Bagian bawah formasi ini terdiri atas sedimen klastik kasar-halus (konglomerat, batupasir dan serpih) dengan sisipan batubara yang merupakan endapan lakustrin sampai pantai, sedangkan bagian atas disusun oleh sedimen klastik halus (serpih-batulanau) dan batugamping terumbu yang diendapkan pada lingkungan laut. Batugamping formasi ini terbentuk pada saat transgresi yang terjadi pada Eosen Akhir - Oligosen Awal. Secara umum, Formasi Ngimbang dianggap sebagai formasi yang berperan baik sebagai batuan sumber maupun reservoir (Sribudiyani dkk. 2003). Proses generasi-migrasi-akumulasi dan pemerangkapan hidrokarbon secara struktur dan stratigrafi terjadi pada umur Paleogene - Neogene (Satyana 2016)

Sejarah eksplorasi Blok Suci dimulai sejak Tahun 1960-an ketika Pertamina melakukan pemboran sumur Kujung-1 yang menembus hingga batuan dasar, tetapi berstatus *dry hole* dan hanya dijumpai indikasi minyak dan gas. Pada tahun 1990-an



3. Analisis Sikuenstratigrafi untuk Identifikasi Kompartementalisasi Reservoir Karbonat Formasi Ngimbang Blok Suci, Cekungan Jawa Timur Utara (Panuju, dkk.)



Gambar 5
Stratigrafi regional cekungan Jawa Timur Utara (dimodifikasi dari Mudjiono & Pireno 2001)>

Pertamina kembali melakukan survei seismik yang diikuti dengan pemboran SUCI-1, dan menghasilkan gas sebesar 4 MMCFD dari batugamping terumbu pada Formasi Ngimbang yang berada di bawah Formasi Kujung. Pemboran delineasi dan appraisal kemudian dilakukan melalui sumur SUCI-2 dan SUCI-3 yang ternyata tidak menembus lapisan reservoir yang mengandung akumulasi hidrokarbon. Ini menunjukkan bahwa penyebaran porositas dan permeabilitas pada batugamping Formasi Ngimbang sangat kompleks dan membutuhkan pemahaman yang baik dari sisi stratigrafi, penyebaran fasies serta proses diagenesa.

Terkait dengan masalah tersebut di atas, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kompartementalisasi dari reservoir karbonat Formasi Ngimbang sebagai akibat perubahan fasies secara lateral, pola hubungan stratigrafi dan proses diagenesis.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan data yang meliputi *final logs*, biostratigrafi, lingkungan pengendapan dan petrografi dari tiga sumur, yaitu KMI-1 (Lemigas 2000), SUCI-1 (Lemigas 2001) dan SUCI-2 (Lemigas 2002) yang didukung penampang seismik dari lintasan PF72KU-02, PF72KU-07; PF72KU-08; PF72KU-10 PF91EJ-242; PF91EJ-107; PF91EJ-244, PF91EJ-247 PF91EJ-263 dan RPGV02SC-15 (lihat Gambar 1). Setelah melalui tahapan pemrosesan,

data seismik kemudian digunakan untuk membuat Diagram Pagar untuk dapat memahami secara lebih baik penyebaran fasies karbonat.

Penelitian dilakukan dengan mengintegrasikan semua data G & G tersebut di atas dalam kerangka kronostratigrafi dan model pengendapan karbonat. Melalui pemetaan fasies seismik, karakteristik litologi dan data petrografi di dalam kerangka kronostratigrafi kemudian akan dapat diidentifikasi faktor kompartementalisasi yang mengontrol konektivitas dan pengelompokan unit-unit reservoir karbonat dengan karakteristik tertentu (Gambar 6).

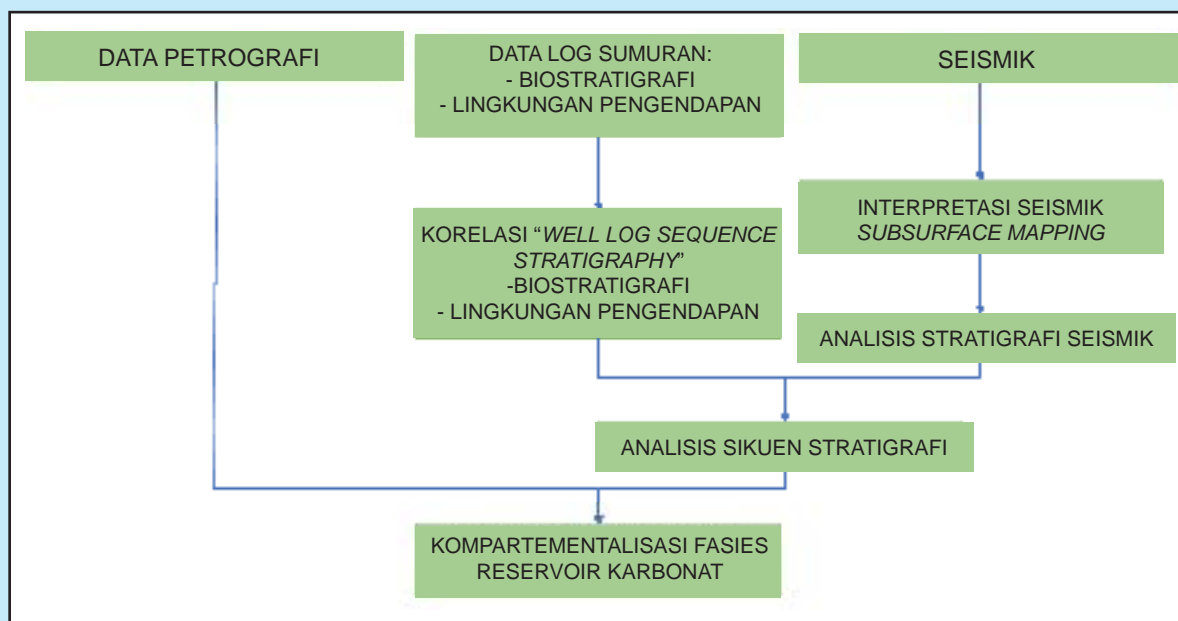
III. HASIL DAN DISKUSI

A. Sikuenstratigrafi

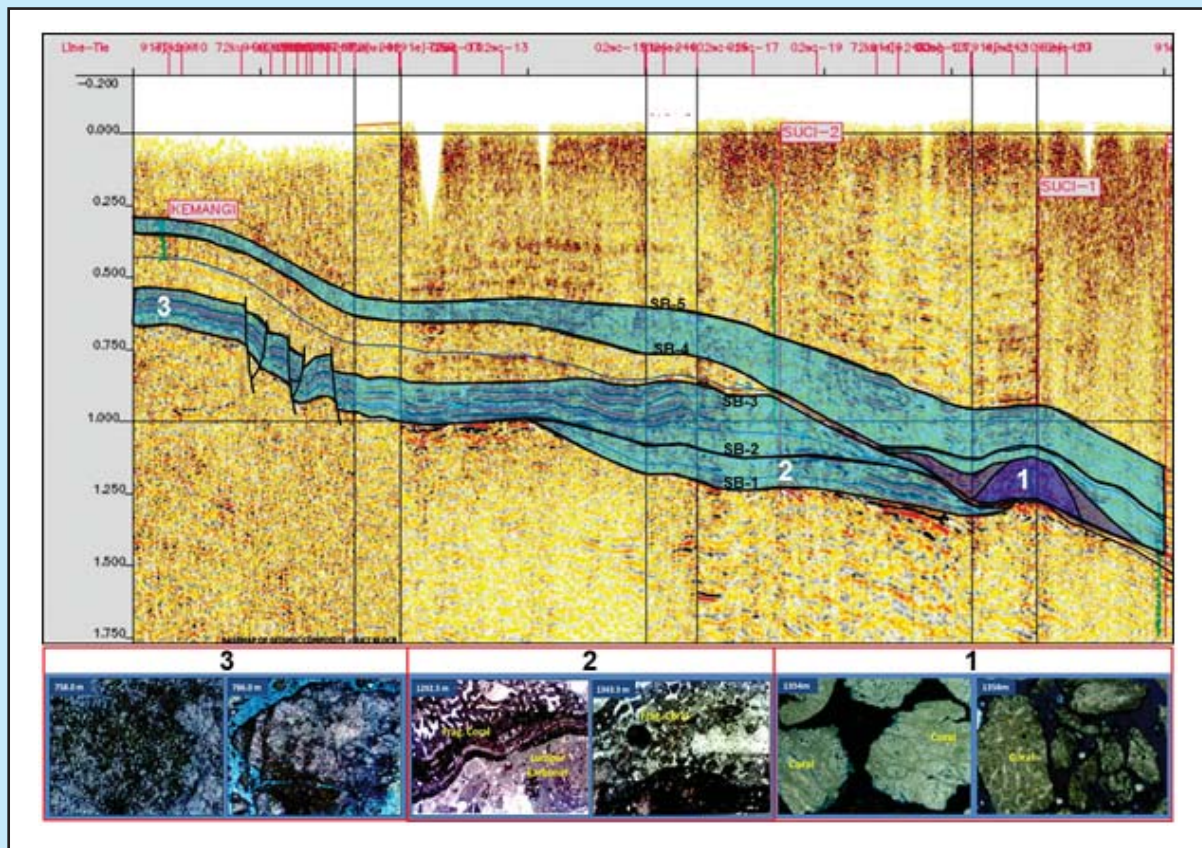
Analisis sikuenstratigrafi berdasarkan data log sumuran, biostratigrafi dan seismik yang telah dilakukan pada penampang sedimen Formasi Ngimbang berhasil mengidentifikasi empat (4) unit sikuen (Gambar 7, 8, 9, 10 dan 11). Dari tua ke muda, urutan keempat unit sikuen yang diberi identitas KNG (Karbonat Ngimbang) adalah sebagai berikut:

- Sikuen-1: KNG-1

Interval umur : Eosen Akhir (36 - 33.9 Mya/Million years ago)
 Kedalaman : KMI-1: tererosi
 SUCI-2: 1415-1280m
 SUCI-1: tererosi



Gambar 6
Metode penelitian.



Gambar 7

Komposit penampang seismik lintasan dengan kontrol SUCI-1, SUCI-2 dan KMI-1 dilengkapi dengan petrografi dari percontohan yang diambil dari fasies karbonat *boundstone* (pada sumur SUCI-1), fasies karbonat platform dengan alternasi serpih (pada sumur SUCI-2: gambar nomor 2 dan pada sumur KMI-1).

- Sikuen-2: KNG-2

Interval umur : Oligosen Awal bagian bawah (33 - 32 Mya)

Kedalaman : KMI-1: 798-750m
SUCI-2: 1280-1075m
SUCI-1: 1615-1605m

SUCI-2: 1042m - tidak diketahui (diatas interval yang dianalisis)

SUCI-1: 1232-1135m

- Sikuen-3: KNG-3

Interval umur : Oligosen Awal bagian atas (32 - 30 Mya)

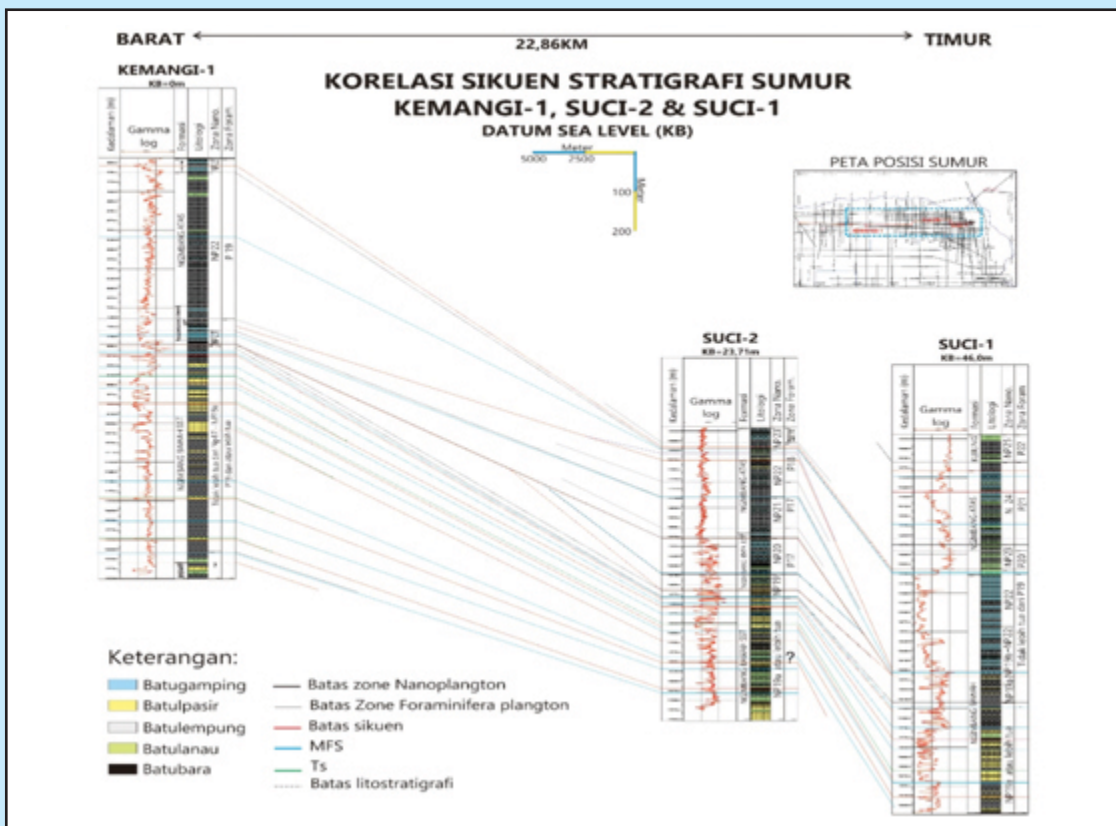
Kedalaman : KMI-1: 750-332m
SUCI-2: 1075-1042m
SUCI-1: 1605-1232m

- Sikuen-4: KNG-4

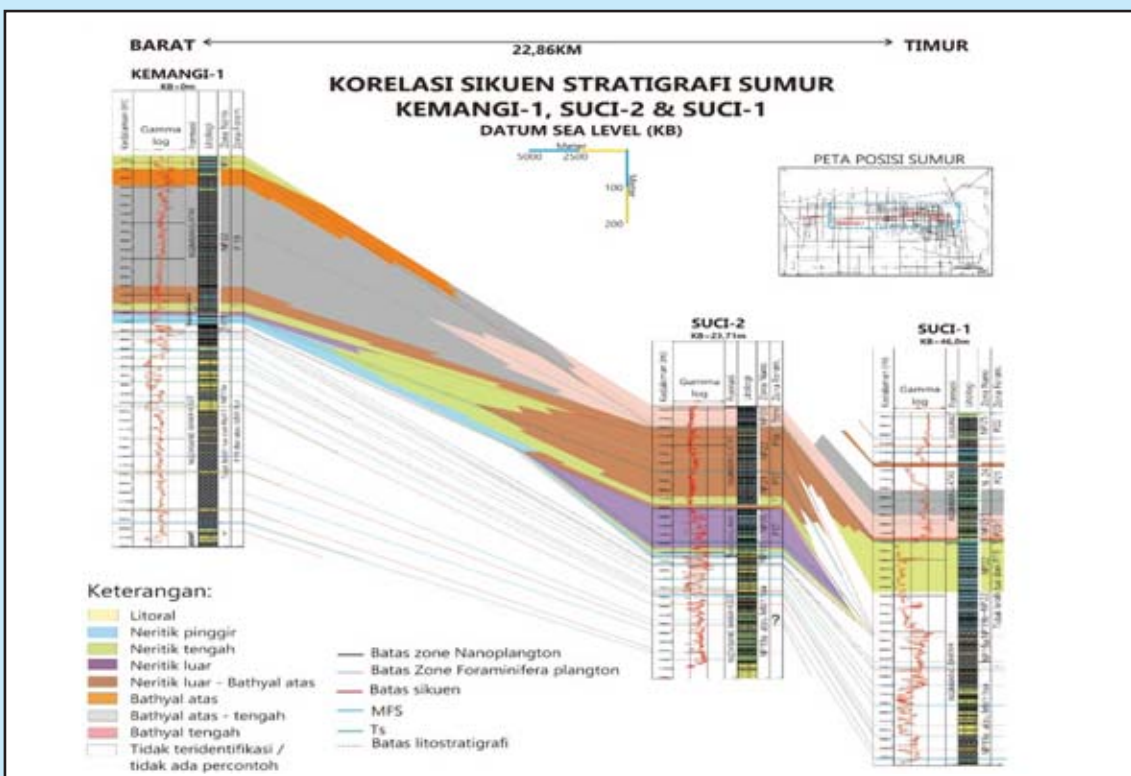
Interval umur : 29.5 - 26 Mya

Kedalaman : KMI-1: 332m - tidak diketahui (diatas interval yang dianalisis)

Unit Sikuen KNG-1 menumpang secara tidak selaras di atas sedimen klastik Formasi Ngimbang Bawah yang sudah mengalami deformasi dan kemudian tererosi. Unit Sikuen ini teramati dengan jelas pada penampang seismik di lokasi Sumur SUCI-2 (Gambar 7), sedangkan pada lokasi Sumur KMI-1 dan SUCI-1 unit Sikuen ini tidak dijumpai karena sudah tererosi. Unit sikuen ini diendapkan pada umur Eosen Akhir (zona nanoplanton NP19-NP20 yang setara dengan zona foraminifera P16-P17) (Gambar 8), pada lingkungan neritik pinggir sampai neritik luar (Gambar 9). Karbonat pada unit sikuen ini merupakan *carbonate platform* yang memiliki ketebalan sekitar 60 meter dan disusun oleh tipe *wackestones - packstones* pada lokasi Sumur SUCI-2 (Gambar 10). Secara petrografi karbonat



Gambar 8 Korelasi sikuenstratigrafi pada formasi Ngimbang antara sumur KMI-1, SUCI-2 dan SUCI-1.



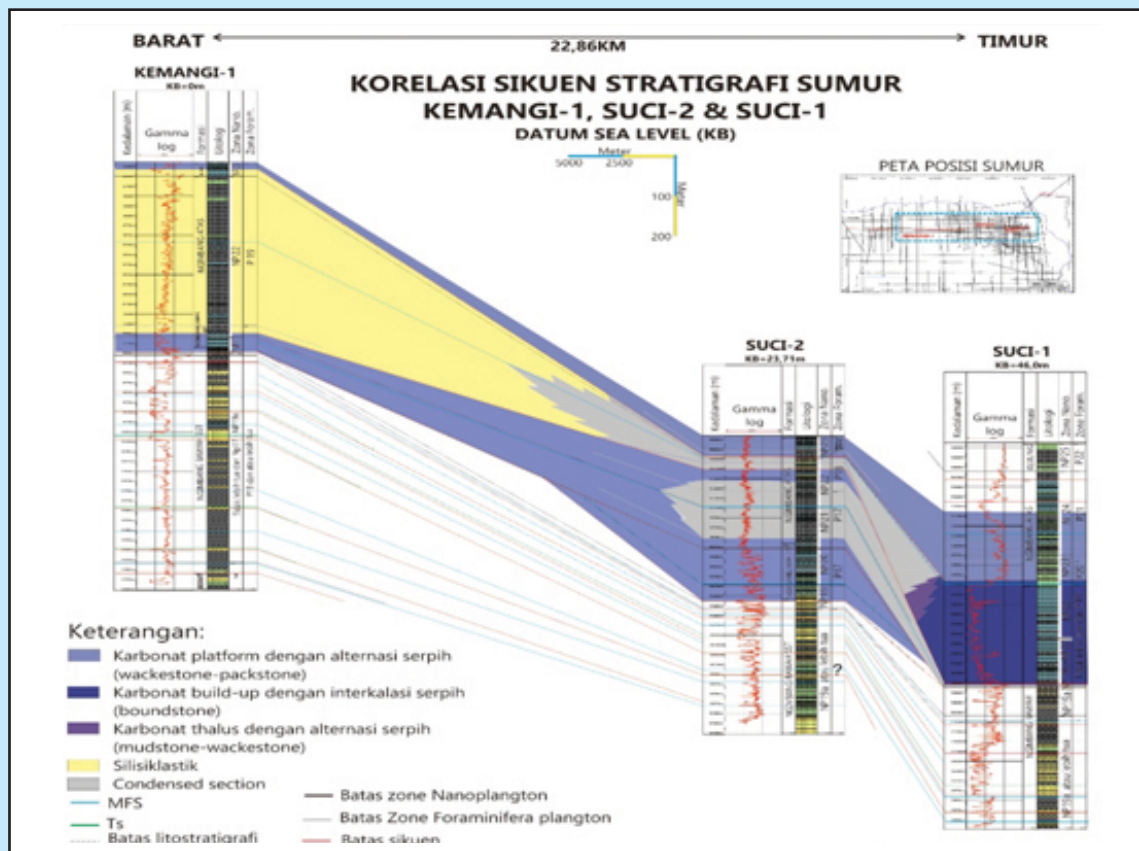
Gambar 9 Overlay korelasi sikuenstratigrafi pada formasi Ngimbang dan data lingkungan pada area antara sumur KMI-1, SUCI-2 dan SUCI-1.

unit sikuen ini memiliki komponen fragmen koral yang tertanam didalam masadasar karbonat (Gambar 7 dan 11) yang mengindikasikan fasies *carbonate platform* lebih dominan. Komposisi fasies karbonat secara umum terdiri atas ganggang merah, foram besar, *intraclast limestone*, fragmen koral, fragmen fosil tidak teridentifikasi dan masadasar lumpur karbonat (15 - 35%).

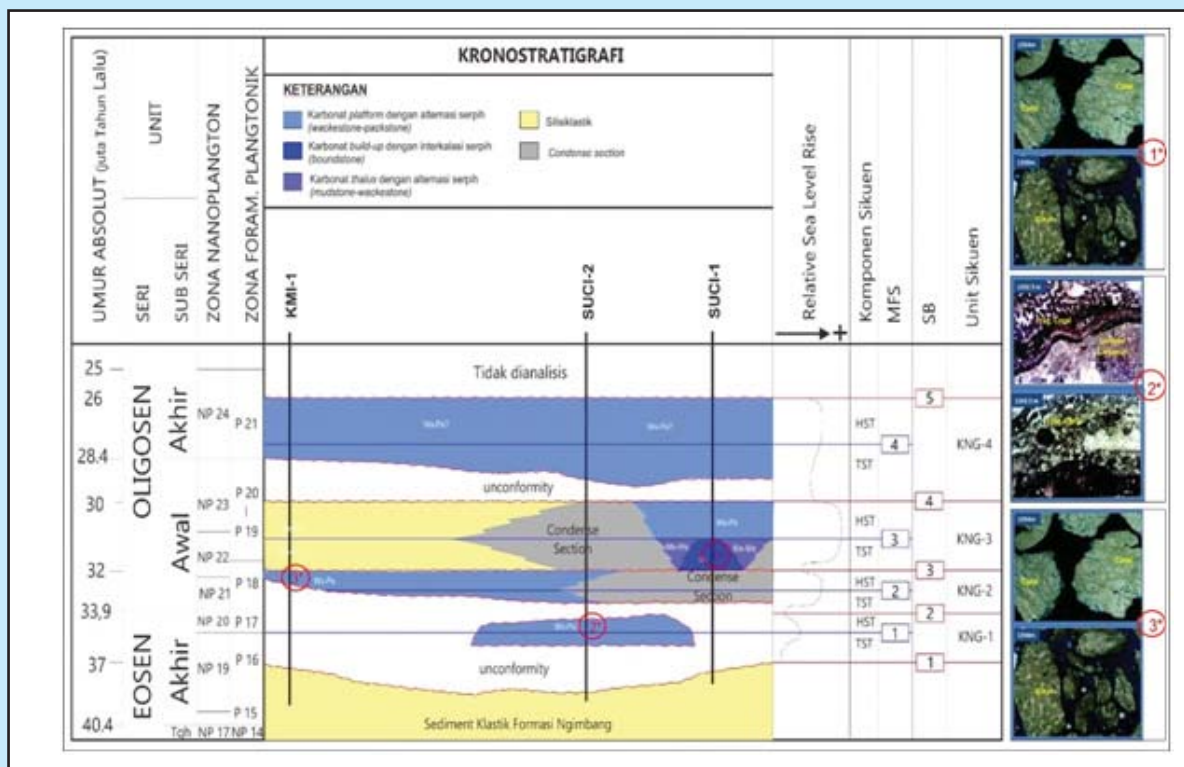
Unit Sikuen KNG-2 menindih tidak selaras di atas batuan karbonat Sikuen KNG-1 pada lokasi Sumur SUCI-2 dan langsung menumpang di atas sedimen klastik Formasi Ngimbang Bawah pada lokasi Sumur KMI-1 di bagian barat dan SUCI-1 di bagian timur. Pada penampang seismik dapat dilihat bahwa pola perlapisan dan pola progradasi terlihat dengan jelas pada area antara Sumur KMI1 dan SUCI-2. Perlapisan cenderung semakin menebal dari barat ke timur, namun demikian dari lokasi Sumur SUCI-1 ke SUCI-2, perlapisan kemudian mengalami pembajian. (Gambar 7). Unit sikuen ini diendapkan pada umur Oligosen Awal (zona nanoplanton NP21 hingga NP22 yang setara dengan zona foraminifera plangtonik P18) (Gambar 8), pada lingkungan neritik pinggir sampai batial atas (Gambar 9).

Batuan karbonat relatif berkembang baik pada lokasi Sumur KMI-1, berkembang minor pada lokasi Sumur SUCI-2 dan kemudian ke arah timur berkembang menjadi *condense section* pada lokasi Sumur SUCI-1 (Gambar 10). Secara petrografi, karbonat unit sikuen ini bersifat klastikal dengan tekstur didominasi oleh *mud-supported bioclastic wackestone*, *bioclastic dolomitized wackestone* dan *grain-supported bioclastic packstone* dengan komposisi utama brioza, ganggang merah, foram besar yang berasosiasi dengan foram planktonik dan bentik, moluska serta bioklastik dari fragmen fosil berukuran besar (Gambar 7 dan 11).

Unit Sikuen KNG-3 menumpang secara tidak selaras di atas penampang sedimen dari unit sikuen KNG-2. Pada penampang seismik terlihat bahwa unit sikuen ini kurang berkembang pada lokasi Sumur SUCI-2 (Gambar 7). Unit sikuen ini diendapkan pada umur Oligosen Awal bagian atas (zona nanoplanton NP22-NP23 yang setara dengan zona foraminifera plangtonik akhir P18-P20) (Gambar 8), pada lingkungan neritik pinggir sampai batial tengah dengan kecenderungan semakin mendalam dari lokasi sumur SUCI-1 ke arah Sumur KMG-1



Gambar 10
Overlay korelasi sikuenstratigrafi pada formasi Ngimbang dan data litofasies formasi Ngimbang dalam kerangka sikuenstratigrafi blok SUCI.



Gambar 11
Kronostratigrafi karbonat formasi Ngimbang
 berdasarkan analisis sikuenstratigrafi pada sumur KMI-1, SUCI-2 dan SUCI-1.

(Gambar 9). Litologi dari unit sikuen ini mengalami perubahan fasies dari lokasi Sumur KMI-1 dan SUCI-2 (bagian barat sampai tengah) yang berupa serpih dengan sisipan batulanau dan batugamping (karbonat) menjadi batugamping masif dengan sisipan serpih pada lokasi Sumur SUCI-2 di bagian Timur (Gambar 10). Dari penampang seismik dapat diketahui bahwa batugamping tersebut memiliki tipe fasies *carbonate build-up* (terumbu) dengan pelamparan secara lateral sekitar 2 km dengan thaluss berkembang pada sisi-sisinya. Menumpang relatif tipis di atasnya adalah *carbonate platform* endapan *highstand system track* (HST) yang terbentuk pada saat terumbu (*reef*) endapan *transgressive system tract* (TST) tidak dapat berkembang lagi karena tidak mampu mengikuti kenaikan muka laut relatif. Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa karbonat tersebut termasuk dalam klasifikasi *boundstone* dengan komposisi secara umum didominasi oleh kerangka koral yang berasosiasi dengan sedikit foraminifera besar dan plangtonik yang terperangkap dalam kerangka koral. Pada sisi lain, kehadiran interkalasi klastikal karbonat diantara karbonat *boundstone* mengindikasikan bahwa *reef build-up* kemungkinan berkembang secara periodik mengikuti fluktuasi muka air laut (Gambar 7 dan 11).

Unit Sikuen KNG-4 menumpang secara tidak selaras penampang sedimen dari unit sikuen KNG-3. Pola progradasi dari unit sikuen yang dari arah barat ke timur cenderung semakin menebal ini terlihat dengan jelas pada penampang seismik (Gambar 7). Sediment dari unit sikuen ini diendapkan pada umur Oligosen Akhir (zona nanoplankton NP23 bagian atas-NP24 yang setara dengan zona foraminifera plangtonik P20 bagian atas-P21) (Gambar 8), pada lingkungan neritik pinggir sampai batial tengah. Lingkungan pengendapan memiliki kecenderungan semakin mendalam dari lokasi Sumur KMI-1 ke lokasi Sumur SUCI-1 (Gambar 9). Fasies karbonat *platform* terlihat jelas pada endapan *highstand System track* (HST) pada lokasi antara Sumur KMI-1 dan SUCI-2, sementara pada area di sekitar Sumur SUCI-2 fasies cenderung lebih didominasi serpih dengan karbonat hanya muncul sebagai sisipan (Gambar 10). Analisis petrografi tidak dilakukan pada interval unit sikuen ini.

B. Diagenetik

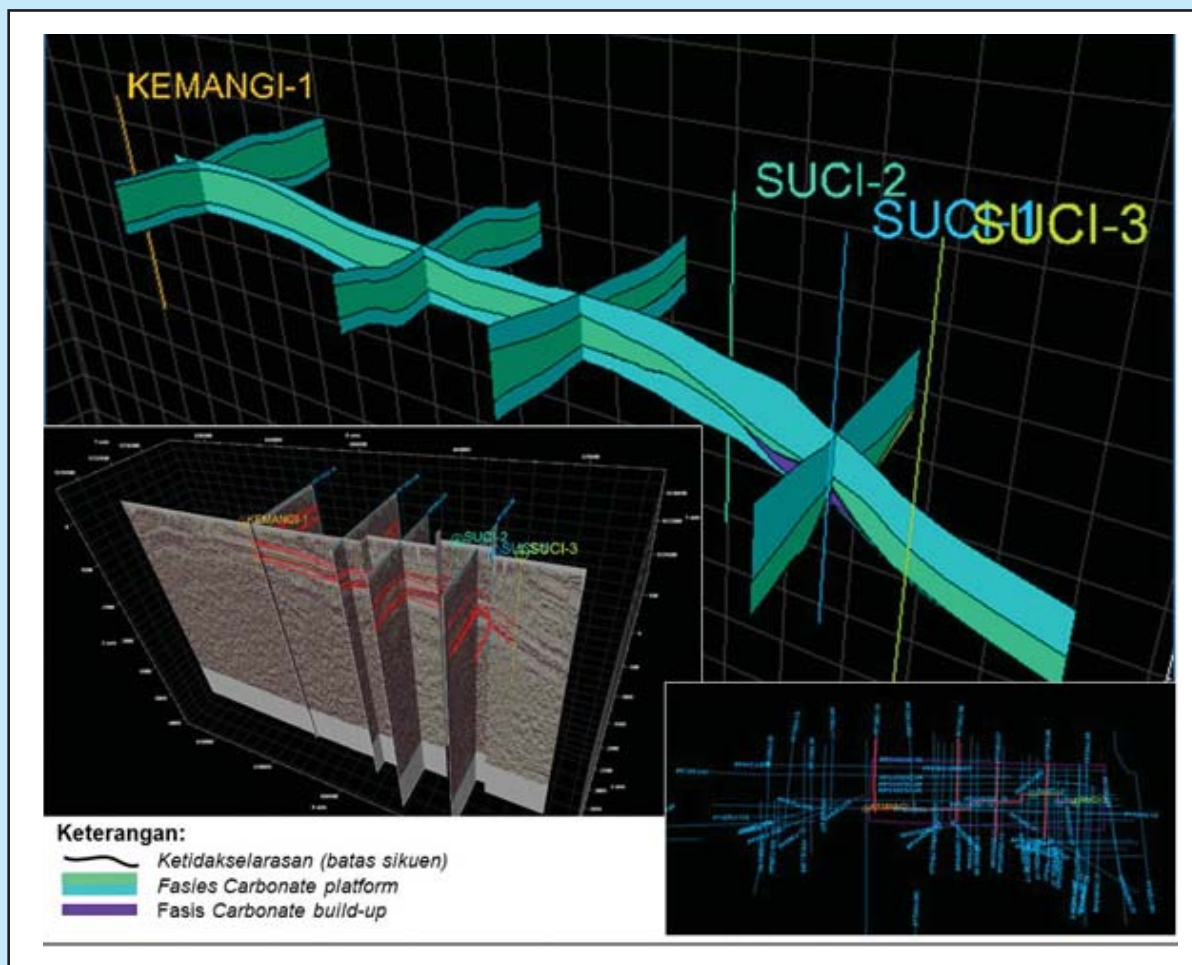
Mengingat percontoh yang di analisis berupa serbuk bor dan SWC, analisis perkembangan diagenesa karbonat pada penelitian ini sedikit mengalami kesulitan, hal ini dikarenakan lapang

pandang pengamatan yang sifatnya setempat dan tidak menerus. Namun demikian, merujuk kepada laporan analisis petrografi LEMIGAS yaitu Sumur KMI-1 (2000), SUCI-1 (2001), SUCI-2 (2002), analisis perkembangan diagenesa karbonat berdasarkan percontoh serbuk bor dan SWC menunjukkan bahwa perkembangan *agradings* mikritisasi dan sedikit pelarutan lumpur karbonat dan kerangka bioklas telah terjadi. Ini menunjukkan bahwa lingkungan diagenetik terjadi pada zona *vadose* yang mengindikasikan bahwa karbonat tersebut pernah mengalami pengangkatan ke permukaan sesuai dengan hasil analisis sikuenstratigrafi yang menunjukkan adanya sejumlah ketidakselarasan. Pada sumur SUCI-1 berkembang porositas hasil pelarutan yang baik, sebaliknya hadirnya pengotor detritus pada reservoir karbonat di sumur-SUCI-2 dan KMI-1 menyebabkan karbonat resisten terhadap pelarutan, hal ini dikarenakan lapisan karbonat sebelumnya telah mengarsorbsi ion-ion Si yang terperas dari tubuh serpih akibat litifikasi dan alterasi.

Pada sisi lain, dolomitasi lumpur karbonat menjadi mikro dolomit dan sementasi *equant calcite* yang tumbuh mengisi pori mengindikasikan bahwa sebelum terangkat ke permukaan lapisan karbonat terlebih dulu telah mengalami diagenetik pada *mixing zone* dan *fresh water preatic zone*. Setelah terekspos, secara perlahan batuan karbonat diperkirakan mengalami penimbunan yang cukup dalam seperti dicirikan oleh kehadiran *stylolite* dan *pressure solution* yang dihasilkan oleh *mechanical-chemical overburden compaction*.

C. Kompartementalisasi dan Karakterisasi Karbonat

Mengacu pada pemetaan perlapisan dan fasies karbonat pada kerangka kronostratigrafi yang diturunkan dari analisis sikuenstratigrafi berdasarkan data seismik, *well log*, biostratigrafi, lingkungan pengendapan dan petrografi, kompartementalisasi reservoir karbonat pada Blok Suci telah dapat dipetakan. Penyebab kompartementalisasi reservoir



Gambar 12
Diagram pagar fasies karbonat formasi Ngimbang blok SUCI.

karbonat disebabkan oleh dua (2) faktor utama, yaitu posisi stratigrafi dari batuan karbonat dan perubahan fasies. Faktor diagenesis kurang begitu berpengaruh terhadap kompartementalisasi seperti dibuktikan oleh semua perconton karbonat yang mengalami sejarah diagenesis yang relatif sama pada semua bagian.

Secara kronostratigrafi, ada empat (4) kompartemen karbonat yang dibatasi oleh tiga (3) bidang ketidakselarasan. Bidang-bidang tersebut telah menjadi pembatas sifat fisik karbonat yang mengontrol penyebaran hidrokarbon dalam reservoir. Sementara itu ditinjau dari sisi fasies, karbonat Formasi Ngimbang dapat dibagi menjadi tiga fasies karbonat utama, yaitu karbonat *platform* yang diklasifikasikan sebagai tipe *wackestone-packstone*, karbonat *build-up* dengan tipe *boundstone*, serta karbonat *thallus* yang diperkirakan disusun oleh tipe *mudstone-packstone*.

Berdasarkan kerangka sikuenstratigrafi, kompartementalisasi dari setiap unit sikuen dapat dijelaskan sebagai berikut (Gambar 7 - 11):

- KNG-1 merupakan satu unit kompartemen karbonat *platform* (*wackestones-packstones*) yang distribusinya terbatas karena mengalami *erotional truncation* terhadap perlapisan di atasnya.
- Karbonat unit Sikuen KNG-2 merupakan satu unit kompartemen karbonat *platform* (*wackestones-packstones*). Kompartemen karbonat yang semakin membaji ke arah timur ini sebagian berbatasan dengan kompartemen karbonat Sikuen KNG-1 dan sebagian berbatasan dengan unit endapan silisiklastik Formasi Ngimbang Bawah di bagian dasar, serpih *condense section* di bagian timur dan serpih Sikuen KNG-3 di bagian atas.
- Karbonat unit Sikuen KNG-3 yang terletak hanya pada lokasi Sumur SUCI-1 di bagian Timur terbagi menjadi tiga (3) kompartemen, yaitu *reef build-up* (*boundstones*), karbonat *thallus* yang terletak pada sayap *reef build-up*, dan karbonat *platform* tipis endapan HST yang menumpang di atas *reef build-up*.
- Karbonat unit Sikuen KNG-4 dianggap sebagai satu kompartemen. Meskipun Karbonat *platform* unit sikuen ini memiliki penyebaran luas tetapi karbonat pada unit sikuen ini banyak berselingan dengan serpih sehingga sangat menurunkan kualitasnya sebagai reservoir.

Penyebaran reservoir karbonat Formasi Ngimbang pada orientasi utara selatan dan barat timur dapat dilihat pada diagram pagar yang dibuat berdasarkan

data penampang seismik yang sudah diikat dengan data sumur (Gambar 12). Pada Gambar tersebut, karena kualitas data seismik secara umum yang kurang baik, Unit sikuen KNG-1 dan KNG-2 tidak dapat dipisahkan, sedangkan unit sikuen KNG-3 dan KNG-4 dapat diidentifikasi dengan baik. Dilihat dari pola penumpukan dalam penampang seismik, karbonat dari unit Sikuen KMG-1, KMG-2 dan KMG-3 seolah merupakan satu kesatuan, tetapi melalui studi ini dapat diketahui bahwa bidang ketidakselarasan, perubahan fasies dan *condense section* telah menjadi penyebab terjadinya kompartementalisasi sehingga distribusi hidrokarbon pada reservoir karbonat Formasi Ngimbang di Blok Suci hanya terjadi secara setempat dan tidak merata.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis sikuenstratigrafi yang dilakukan dengan mengintegrasikan data seismik, *well log*, biostratigrafi, lingkungan pengendapan dan petrografi dapat disimpulkan bahwa kompartementalisasi reservoir karbonat Formasi Ngimbang yang terjadi pada Blok Suci disebabkan oleh dua (2) faktor utama, yaitu stratigrafi dan fasies, sedangkan faktor diagenesis kurang begitu berpengaruh karena sejarah diagenesis yang relatif sama pada semua bagian. Tiga (3) bidang ketidakselarasan, tiga (3) tipe fasies karbonat (*build-up*, *platform* dan *thallus*) dan berkembangnya 3 *condense sections* diperkirakan telah menjadi penyebab utama terjadinya kompartementalisasi, dan hal tersebut telah menjadi penyebab utama akumulasi gas hanya dijumpai pada Sumur SUCI-1 dan tidak dijumpai pada sumur lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Manajemen LEMIGAS atas kesempatan yang diberikan dan kepada Ongki Ari Prayoga atas bantuan teknis dalam pembuatan Makalah ini.

KEPUSTAKAAN

Kelompok Pelaksana Penelitian dan Pengembangan Teknologi Eksplorasi, 2000, Laporan Analisis Petrografi terhadap Tujuh Perconton Batuan SWC dan Cutting Sumur KMI-1, Jawa Timur. LEMIGAS, Tidak Dipublikasikan, Jakarta.

Kelompok Pelaksana Penelitian dan Pengembangan Teknologi Eksplorasi, 2001, Laporan Analisis Petrografi terhadap Tujuh Buah Perconton Cutting dan Dua Buah Perconton SWC Sumur SUCI-1, Jawa Timur. LEMIGAS, Tidak dipublikasikan, Jakarta.

- Kelompok Pelaksana Penelitian dan Pengembangan Teknologi Eksplorasi**, 2002, Laporan Analisis Petrografi terhadap Lima Belas Percontoh SWC dan Studi Provenance pada Enam Percontoh Batuan Klastik Sumur SUCI-2, Jawa Timur. LEMIGAS, Tidak Dipublikasikan, Jakarta.
- Mudjiono, R. & Pireno, G.E.**, 2001, Exploration of the North Madura Platform, Offshore East Java, Indonesia. Proceed. Indon. Petrol. Assoc. 28th Ann. Conv. & Exhib.
- Maulin, H. B., Armandita, C., Mukti, M. M., Mandhiri, D., Rubyanto, D., & Romi., S.**, 2012. Structural Reactivation and Its Implication on Exploration Play: Case Study of JS-1 Ridge. Proceed. Indon. Petrol. Assoc. 36th Ann. Conv. & Exhib.
- Nugraha, D.N., Darma, A., Darmawan, F.H.**, 2016. Ngimbang Clastic Play In The East Java Basin: New Insight and Concepts For North Madura Platform. Proceed. Indon. Petrol. Assoc. 40th Ann. Conv. & Exhib.
- Pringgoprawiro, H.**, 1983, Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Timur, suatu pendekatan baru. Disertasi Doktor, Tidak Dipublikasi. ITB, Bandung.
- Setiawan, D., Juliansyah, N., Darma, A.**, 2014. Stratigraphic Structural Framework, Play Types And Play Fairway And Underexplored Play In East Java Basin. Proceed. Indon. Petrol. Assoc. 38th Ann. Conv. & Exhib.
- Satyana, A.H.** 2016. The Emergence of Pre-Cenozoic Petroleum System in East Java Basin: Constraints from New Data and Interpretation of Tectonic Reconstruction, Deep Seismic, And Geochemistry. Proceed. Indon. Petrol. Assoc. 40th Ann. Conv. & Exhib.
- Sribudiyani, Muchsin, N., Ruacudu, R., Kunto, T., Astono, P., Prasetya, I., Sapiie, B., Asikin, S., Harsolumakso, A.H. & Yulihanto, I.**, 2003, The Collision of the East Java Microplate and Its Implication for Hydrocarbon Occurences in the East Java Basin. Proceed. Indon. Petrol. Assoc., 29th Ann. Conv. & Exhib.