

ISBN : 978-602-19765-3-1



SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN XI

FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA



PROSIDING

MENUJU KEMANDIRIAN BANGSA DENGAN PERCEPATAN
PRODUKSI ENERGI DAN INDUSTRI MINERAL DALAM MENDUKUNG MEA

Yogyakarta, 3 - 4 November 2016



FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur, Yogyakarta
Gedung Arie F. Lasut Lt. I telp. (0274) 487814 email : semnas_ftm@upnyk.ac.id





Seminar Nasional Kebumihan XI, Yogyakarta, 3 – 4 November 2016

Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta

NO. ISBN 978-602-19765-3-1

SUSUNAN PANITIA SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN XI
"Menuju Kemandirian Bangsa Dengan Percepatan Produksi Energi Dan Industri
Mineral Dalam Mendukung MEA "

Penanggung Jawab : Dr. Ir. Suharsono, MT
Ketua : Dr. Ir. Harry Budiharajo, MT
Wakil Ketua : Wahyu Widayat, ST., MT
Sekretaris : M. Th. Kristiati.EA, ST, MT
Bendahara : Ir. Peter Eka Rosadi, MT

ISBN : 978-602-19765-3-1

Tim Reviewer :
Ketua : Dr. Suranto, ST.,MT. (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Anggota : 1. Prof. Dr. Ir. Sismanto, M. Sc. (Universitas Gadjah Mada)
2. Dr. Ir. Asep Kurnia Permadi, M.Sc. (Institut Teknologi Bandung)
3. Dr. Muslim Abdurrahman, ST., MT. (Universitas Islam Riau)
4. Dr. Edy Nursanto, ST., MT. (UPN "Veteran" Yogyakarta)
5. Dr. Ir. Joko Susilo, MT. (UPN "Veteran" Yogyakarta)
6. Dr. Ir. Edi Winarno, MT. (UPN "Veteran" Yogyakarta)
7. Dr. Ir. Andi Sungkowo, MT. (UPN "Veteran" Yogyakarta)

Editor : Ratna Widyaningsih, ST, M.Eng
Penyunting : Ika Wahyuning Widiarti, S.Si, M. Eng
Desain Sampul dan Tata Letak : Hafiz Hamdalah, ST, M.Sc
Penerbit : Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Yogyakarta

Redaksi :

Jl. SWK 104, Lingkar Utara Condong Catur Yogyakarta
Gd. Arie F. Lasut Lt.1
Tel p : 0274 487814
Email : ftm@upnyk.ac.id

Distributor Tunggal :
Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104, Lingkar Utara Condong Catur Yogyakarta
Gd. Arie F. Lasut Lt.1
Tel p : 0274 487814
Email : ftm@upnyk.ac.id

Cetakan Pertama, November 2016

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit



B. EKSPLORESI DAN EKSPLOITASI MIGAS	106
1. Potensi Batuan Induk Serpih Gumai Di Area Bd, Kabupaten Batanghari, Propinsi Sumatra Selatan	106
2. Optimasi Parameter Dalam Mengkarakteristik Batuan Pasir Dengan Menggunakan Metode Seismik Inversi Dan Identifikasi Penyebaran Porositas ...	118
3. Depositional Facies And Paleogeography Model Of Halang Formation: Implication To Reservoir Geometry In Tubidite Systems.....	127
4. Rencana Besar Produksi Gas Di Struktur X Dari Tahun 2014 Hingga 2024 PT. Pertamina EP Asset 2.....	135
5. Evaluasi Metode Perhitungan Potensi Sumur Minyak Tua Dengan Water Cut Tinggi di Provinsi Papua Barat	142
6. Peluang Dan Tantangan Penerapan Nanoteknologi Melalui Metoda Enhanced Oil Recovery (EOR) Di Lapangan Minyak Indonesia	148
7. Studi Simulasi Reservoir Untuk Perencanaan Pengembangan Struktur 'SS' Lapisan 'S'	154
8. Tidal Flat Facies And Its Porosity Based On Outcrop Data In Ngrayong Formation, Kadiwono Area, Central Java.....	172
9. Analisis Kontribusi Produksi Setiap Lapisan Pada Sumur Minyak Komingel Berdasarkan Data Uji Pressure-Temperature-Spinner (PTS)	179
10. A Review Of Petroleum Imaging From Magnetotelluric Data.....	188
11. Sistem Petroleum Struktur Antiklin Kawengan	194
12. Titik-Titik Geosite Sebagai Pendukung Calon Petroleum Geoheritage Bojonegoro	208
13. Pengelolaan Sumber Daya Alam Migas Lapangan Tua Untuk Peningkatan Ekonomi Masyarakat Di Sekitar Lokasi.....	215
14. Analisa Petrofisik Sumur-Sumur Gas Eksplorasi Untuk Karakterisasi Reservoir	218
15. Pemodelan Aliran Gas Pada Jaringan Pipa Transmisi.....	231
C. ENERGI BARU TERBARUKAN DAN KONSERVASI ENERGI	242
1. Teknologi Tepat Guna : Pemurnian & Penigkatan Kualitas Biogas Menggunakan Prototipe CO ₂ & H ₂ O Removal Unit Processing	242
2. Pengembangan Teknologi Tepat Guna Briket Batubara Karbonisasi Sebagai Energi Alternatif	248
D. ENERGI NON KONVENSIONAL	256
1. Interpretation Of Fault Pattern And Preliminary Study Of Geothermal Potential In Java Using Travel Time Tomography Based On Hypocenter Data.....	256
2. A Review On Mt Application For Geothermal Prospecting In Java, Indonesia	264
3. Penentuan Harga Listrik Setempat Lapangan Panasbumi Guci.....	269



SISTEM PETROLEUM STRUKTUR ANTIKLIN KAWENGAN

Hariyadi, ST., MT.¹⁾; Dr. Ir. Dedy Kristanto, MT.¹⁾; Dr. Ir. Jatmika Setiawan, MT.²⁾

Program Studi Teknik Perminyakan¹⁾; Program Studi Teknik Geologi²⁾

Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Abstrak

Kawengan adalah salah satu daerah di Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur, yang merupakan Kawasan Kerjasama Operasi antara Pertamina EP Asset-4 dengan GCI (Geologi Cepu Indonesia). Kawasan ini merupakan salah satu titik Geosite dari 20 titik geosite dari Petroleum Geoheritage Bojonegoro. Kawasan ini dipilih jadi penelitian terapan UPN "Veteran" Yogyakarta, dikarenakan di kawasan tersebut tersingkap lapisan-lapisan batuan yang merupakan sistem petroleum di Kawengan. Serta masih dijumpai bentukan antiklin yang tersingkap di permukaan dan di puncaknya terdapat sumur angguk pengambilan minyak secara moderen. Sehingga bisa dijadikan kawasan pendidikan bagi mahasiswa kebumian terutama Prodi Perminyakan, Geologi dan Geofisika.

Kata Kunci : geostie, geoheritage, petroleum, antiklin

PENDAHULUAN

Struktur antiklin kawengan ditemukan oleh Belanda pada tahun 1894 dan mulai dikembangkan pada tahun 1926 oleh BPM. Struktur antiklin Kawengan merupakan salah satu struktur penghasil minyak dan gas bumi di Cekungan Jawa Timur bagian Utara. Struktur tersebut masuk didalam kelompok lapangan tua yang masih terus berproduksi sampai sekarang, hal tersebut dibuktikan dengan terdapatnya sumur-sumur yang masih aktif berproduksi sampai sekarang baik yang dioperasikan oleh perusahaan maupun dikelola oleh masyarakat.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian untuk mengetahui proses perkembangan sistem petroleum yang terjadi pada struktur antiklin kawengan, dengan melakukan kajian tentang geofisika, geologi dan reservoir secara terpadu. Dimana hasil dari penelitian tersebut dapat menjadi bahan ajar didalam mempelajari proses perkembangan sistem petroleum khususnya di struktur antiklin kawengan.

RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah yang dikemukakan pada penelitian ini adalah melakukan kajian tentang proses perkembangan sistem petroleum di struktur antiklin kawengan.

LOKASI PENELITIAN

Secara geografis Struktur Antiklin Kawengan terletak sekitar 20 km sebelah Timurlaut dari Kota Cepu, termasuk didaerah Bojonegoro Jawa Timur (Gambar 1.)

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan menggunakan analisa dari data lapangan (data primer) dan data skunder. Dimana nantinya akan dilakukan analisa yang terpadu antara evaluasi gologi, geofisika, dan reservoir, sehingga akan menghasilkan pola/konsep suatu perkembangan sistem petroleum di Struktur Antiklin Kawengan.

Geologi Dan Stratigrafi Regional

Struktur Antiklin Kawengan terletak di Cekungan Jawa Timur Utara yang memanjang berarah Barat – Timur dari Zona Rembang (*Suyanto dan Yanto, 1977*). Cekungan ini terbentuk sejak Awal Tersier berkaitan dengan penunjaman Lempeng Indo-Australia dibawah Lempeng Eurasia. Sejak itu pula terbentuk sebagai *foreland basin* atau *back-arc basin* (*Hamilton, 1979*) hingga kini. Secara fisiografi Cekungan Rembang berupa antiklinorium yang dihasilkan dari inversi dan reaktivasi



sesar-sesar lama. Hal ini menyebabkan terbentuknya perlipatan dan pensesaran, yang ditunjukkan **Gambar 2**.

Struktur Geologi Regional

Struktur aktif sejak Miosen Awal hingga kini yakni zona sesar *sinistral strike slip* RMKS (Rembang-Madura-Kangean-Sakala) membatasi Zona Kendeng dan Zona Randublatung (*Brandsen and Matthews, 1992*) (**Gambar 3**). Cekungan ini telah terjadi 2 (dua) rezim tektonik pada *back-arc basin*. Rezim regangan atau tension terjadi pada Paleosen sampai Miosen Tengah dan rezim kompresi terjadi pada Miosen Tengah sampai Kuartar. Pada rezim regangan terjadi *subsidence* dan sedimentasi, sedangkan rezim kompresi terjadi pengangkatan, perlipatan, dan pensesaran. Pola struktur Jawa berarah Barat Timur searah dengan memanjangnya Pulau Jawa.

Bukti rezim kompresi adalah dari penampang seismik terlihat bahwa *basement* yang mengalami sesar normal pada Zaman Paleogen aktif kembali dan menerus ke sedimen yang lebih muda mengalami sesar naik atau *thrusting*, sedangkan *basement* mengalami inversi *transtentional basin system* (*Brandsen dan Matthew, 1992*). Distribusi sedimen dan pola struktur di Jawa Timur dikontrol oleh arsitektur *basement*.

Menurut Brandsen dan Matthew (1992), Cekungan Jawa Timur Utara secara struktur terjadi 2 (dua) periode besar dari reaktivasi sesar yang menghasilkan struktur-struktur baru, mengikuti akresi Lempeng Indo-Australia pada Kapur Akhir. Fase pertama, dari reaktifasi melibatkan fase regangan Paleogen di atas sesar anjakan Pra-Tersier yang menghasilkan geometri regangan listrik secara lokal bersudut rendah. Fase kedua, reaktifasi selama inversi Neogen ketika sesar-sesar utama Palaeogen bergerak kembali menghasilkan pengangkatan maksimum dari deposenter Paleogen. *Rifting* Paleogen di Jawa Timur dievaluasi secara regional sebagai bagian dari *back-arc extensional system* yang dipengaruhi oleh Lempeng Eurasia Tenggara. Pengangkatan pada Neogen sebagai hasil kompresi orthogonal dari subduksi Lempeng Indo-Australia di bawah Lempeng Eurasia.

Stratigrafi Regional

Samuel dan Genevraye (1972) dan Pringgoprawiro (1983) membagi stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara atas dua Mandala, yaitu Mandala Kendeng dan Mandala Rembang. Mandala Rembang mencakup daerah dalam zona Tektono-fisiografi Randublatung, sedang Mandala Kendeng meliputi zona Tektono-fisiografi Kendeng. Stratigrafi Mandala Rembang disebut Stratigrafi Rembang. Secara umum sedimentasi Mandala Rembang merupakan endapan paparan, kaya endapan karbonat (batulempung, napal, batugamping) dan hampir tidak dijumpai endapan piroklastik, endapannya melandai ke arah selatan, tebal mencapai 1500 m. Pringgoprawiro (1983) telah membagi Mandala Rembang menjadi empat belas satuan batuan. Stratigrafi regional Zona Rembang (Pringgoprawiro, 1983) dan perubahan muka laut dari (Exxon, 1996) menunjukkan gambaran pengaruh tektonik dan perubahan muka laut yang menjadikan Zona Rembang memiliki kompleksitas struktur dan sedimentasi (**Gambar 4**).

Penjelasan stratigrafi Mandala Rembang dari tua ke muda secara singkat sebagai berikut :

Batuan dasar Pra-Tersier

Satuan ini tidak tersingkap di permukaan dan dapat diamati dari data sumur pemboran minyak. Satuan ini merupakan batuan dasar dari cekungan Mandala Rembang. Disusun oleh batusabak, filit, sekis dan granit yang berumur 100 juta tahun atau sepadan dengan zona kisaran umur N.4 – N.5 atau Miosen Awal (Zonasi Blow, 1969). Ketebalannya mencapai ± 76 m, diendapkan pada lingkungan laut dangkal. Hubungan dengan Formasi Tuban di atasnya adalah selaras.

Formasi Ngimbang

Satuan ini juga tidak tersingkap di permukaan, dan diamati dari data sumur pemboran minyak (seperti : Ngimbang-1, sebagai stratotipe). Formasi Ngimbang adalah satuan batuan Tersier tertua di daerah ini. Susunan, bagian bawah adalah perulangan batupasir kuarsa, serpih dan lanau dengan sisipan tipis batubara, ke arah atas kembang perselingan batugamping bioklastik dengan sisipan tipis serpih gampingan dan napal. Formasi Ngimbang mempunyai ketebalan 600 – 700 m.



Berdasarkan fosil foram besar dan kecil umur satuan ini adalah Oligosen Awal (Tc-d), diendapkan pada lingkungan neritik tepi – transisi. Batas formasi ini dengan formasi di atasnya sulit ditentukan karena perubahan yang berangsur. Hadirnya batugamping yang tebal, dapat digunakan sebagai tanda batas Formasi Ngimbang dengan satuan di atasnya.

Formasi Kujung

Lokasi tipenya berada di Kali Secang, Desa Kujung, Tuban (Trooster, 1937), tersingkap susunan napal, batulempung gampingan dengan sisipan batugamping bioklastik (tebal 20 – 25 cm). Satuan ini tersebar luas sepanjang Antiklin Kujung pada Tinggian Tuban, ketebalan formasi ini belum diketahui, tetapi berdasarkan pengukuran di Kali Tepon \pm 500 m. Berdasarkan fosil foraminifera besar dan kecil, umur Formasi Kujung adalah Oligosen Atas (P.19 – N.1) (Pringgoprawiro, 1983). Diendapkan pada lingkungan laut terbuka. Hubungan dengan Formasi Prupuh di atasnya adalah selaras.

Formasi Prupuh

Tersingkap di Desa Prupuh, Panceng, Paciran Gresik, panjang lintasan (stratotipe) \pm 300 m. Formasi ini disusun oleh perselingan antara batugamping kapur, batugamping bioklastik (kaya akan fosil *Orbitoid*, dan mengandung *Spiroclypeus orbitodes*, *Lepidocyclina sumatrensis*, *Spiroclypeus tidoengensis*, yang mengindikasikan umur Miosen Awal. Pada batugamping kapur dijumpai pada bagian bawah fosil *Globigerina ciperoensis*, *Globigerina primodius*, dan *Globigerina disimilis*, bagian atasnya *Globigerinoides immaturus*, dimana menunjukkan umur N.4 atau Miosen Awal (Zonasi Blow, 1969).

Formasi Tuban

Tersingkap di Desa Drajat, Paciran Tuban, disusun oleh batulempung sisipan batugamping. Singkapan yang baik terdapat di Kali Sirwula, Desa Drajat dengan ketebalan 144 – 166 meter. Batulempungnya kaya fosil foraminifera (*Globigerina primodius*, *Globorotalia opimanana*, *Globigerina tripartita dissimilis*, dan *Globigerinoides alttiapertura*), di mana menunjukkan zona kisaran umur N.5 – N.6 atau Miosen Awal – Tengah (Zonasi Blow, 1969), pada sisipan batugamping bioklastik (kaya akan fosil *Orbitoid* dan mengandung *Cycloclypeus Miogygsina*, *Lepidocyclina*, mengindikasikan umur Miosen Awal). Selain itu juga dijumpai fosil bentos seperti *Cibicides concentricus*, *Epinoides antilarum*, *Epinoides umbonatus* dan *Ammonia beccarii*, menunjukkan lingkungan neritik tengah. Satuan ini ditutupi secara tidak selaras oleh Formasi Paciran. Formasi ini diduga saling menjari dengan Formasi Pelang dari Mandala Kendeng.

Formasi Tawun

Nama ini pertama digunakan oleh Brouwer (1957) untuk menyebut satuan yang diamati di sumur BPM Tawun-5. Stratotipe ini disusun pada bagian bawah: perselingan serpih pasir, serpih, batupasir kuarsa berbutir relatif halus, semakin ke atas terdapat batupasir kuarsa berbutir relatif kasar (Anggota Ngrayong) dengan ketebalan batupasir kuarsa bisa mencapai 90 m, terdapat sisipan batugamping *Orbitoid*, ke arah atas dijumpai sisipan tipis lignit. Pada penampang hipostratotipe, pada lempung pasirannya mengandung Gastropoda, ke atas yaitu batugamping bioklastik kaya akan orbitoid (seperti : *Lepidocyclina atuberculata*, *Lepidocyclina ehippioides*, *Lepidocyclina sumatrensis*, *Lepidocyclina niponica*, *Miogygsina bantamensis* dan *Cycloclypeus* spp., mengindikasikan umur Miosen tengah) (Pringgoprawiro, 1983). Di beberapa tempat batulempungnya mengandung *Globorotalia praemenardii*, *Globorotalia siakensis*, *Globorotalia obesa*, *Globorotalia subquadratus*, *Globigerinoides alttiapertura* (N.8 – N.12) mengindikasikan umur Miosen Awal – Tengah (Zonasi Blow, 1969). Diendapkan pada lingkungan paparan dangkal tidak jauh dari garis pantai yang tertutup (lagoon). Satuan ini terletak secara selaras di atas Formasi Tuban, dan selaras dengan Formasi Ngrayong di atasnya.

Formasi Ngrayong

Perubahan dari kelompok Tuban dengan Formasi Tawun dan Anggota Ngrayong. Penamaan Formasi Ngrayong diusulkan oleh Pringgoprawiro dan Sukido (1985), nama sebelumnya adalah



Anggota Ngrayong Formasi Tawun (Pringgoprawiro, 1983). Formasi ini secara umum terletak selaras di atas Formasi Tawun, di beberapa tempat beda fasies dengan Formasi Tawun dengan umur Miosen Tengah (N.13). Litologi penyusunnya terdiri dari batupasir kuarsa yang berselingan dengan batulempung dan sisipan batugamping pasiran.

Formasi Bulu

Lokasi tipenya terletak di Desa Bulu, Rembang, terdiri dari batugamping, batugamping pasiran, kaya akan foram besar dan kecil, koral, ganggang. Penyebarannya luas mulai dari Ngrejeng – Klumpit – Rengel hingga Purwodadi, dan menghilang di daerah Pati tertutup endapan aluvial. Ketebalan satuan ini 54 – 248 m. Berdasarkan fosil kecil umur Formasi Bulu adalah Miosen Akhir bagian bawah atau N.14 – N.15 (Zonasi Blow, 1969). Diendapkan pada lingkungan neritik luar-batial atas. Hubungan dengan Formasi Wonocolo di atasnya adalah selaras.

Formasi Wonocolo

Terletak selaras di atas Formasi Bulu, dengan lokasi tipe di sekitar Wonocolo, Cepu. Satuan ini tersusun oleh napal lempungan, hingga napal pasiran, yang kaya akan foram plankton, terdapat sisipan kalkarenit dengan tebal lapisan 5 – 20 cm. Penyebarannya relatif barat-timur, mulai dari Sukolilo (di barat) – Sedan – Wonosari – Kedungwaru – Metes – Banyuasin – Mantengan – Bulu, Antiklin Ledok, Antiklin Kawengan, lanjut ke arah Manjung – Tawun, Jojogan – Klumpit – menipis ke arah Tuban di timur. Tebal satuan ini 89 – 600 m, berumur Miosen Akhir bagian bawah hingga Miosen Akhir bagian tengah atau N.15 – N.16 (Zonasi Blow, 1969). Diendapkan pada lingkungan laut terbuka (neritik luar) – batial atas. Hubungan dengan Formasi Ledok di atasnya adalah selaras.

Formasi Ledok

Lokasi tipenya terletak di Desa Ledok, Cepu, terdiri dari perulangan napal pasiran dan kalkarenit, dengan napal dan batupasir. Bagian atas dari satuan ini dicirikan batupasir dengan konsentrasi glaukonit. Kalkarenitnya sering memperlihatkan perlapisan silang siur. Penyebarannya mulai dari Depresi Pati (di bagian barat) ke timur hingga Tuban, dimana satuan ini menipis (membaji dengan Tinggian Tuban). Berdasarkan fosil foram planktonik (*Globorotalia pleistumida*) umur formasi Ledok adalah Miosen Akhir bagian atas atau N.17 – N.18 (Zonasi Blow, 1969). Diendapkan pada lingkungan neritik luar (± 200 m) pada Formasi Ledok bawah, semakin ke atas menunjukkan semakin dangkal (60 – 100 m).

Formasi Mundu

Lokasi tipenya berada di Sungai Kalen, Desa Mundu, Cepu terdiri dari napal yang kaya foram planktonik, tidak berlapis. Bagian yang paling atas dari satuan ini ditempati oleh batugamping pasiran kaya akan foram plankton. Bagian atas dari satuan ini disebut Anggota Selorejo, yang terdiri dari perselingan batugamping pasiran dan napal pasiran. Penyebarannya cukup luas, dengan ketebalan 75 – 342 m. Berdasarkan fosil foram kecil, umur Anggota Selorejo adalah Pliosen atau N.18 – N.20 (Zonasi Blow, 1969), diendapkan pada paparan dangkal. Bagian bawah Formasi Mundu merupakan endapan laut terbuka (Batial tengah).

Formasi Paciran

Lokasi tipenya berada di Bukit Piramid Paciran, merupakan satuan batugamping terumbu, yang tersusun oleh organisme ganggang, koral, foram besar. Penyebarannya mulai dari Jojogan – Montong – Tuban – Palang – Paciran – Paceng – Gresik – menerus ke P. Madura. Ketebalannya 105 – 150 m. Berdasarkan fosil foram besar, formasi ini berumur Pliosen – Plistosen. Diendapkan pada lingkungan laut dangkal, dekat pantai, beriklim hangat, jernih, yaitu pada daerah litoral – sublitoral pinggir.

Formasi Lidah

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



batulempung dengan sisipan napal dan batupasir kuarsa mengandung glaukonit (disebut Anggota Turi). Di daerah Antiklin Kawengan, kehadiran dua satuan ini dipisahkan dengan suatu satuan batugamping *coquina* terdapat cangkang-cangkang moluska (Anggota Malo) (Pringgoprawiro & Baharudin, 1979). Berdasarkan kandungan fosilnya, umur formasi ini: Pliosen atas – Plistosen bawah, diendapkan di lingkungan laut tertutup, dan berangsur-angsur menjadi semakin dangkal. Hubungan dengan Formasi Mundu adalah selaras, dan di atas Formasi Lidah ditutup secara tidak selaras oleh endapan aluvial dan endapan teras sungai.

Undak Solo

Penamaan satuan ini diberikan kepada sejumlah undak-undak yang tersingkap di sepanjang sungai Bengawan Solo (Pringgoprawiro, 1983). Terbagi menjadi enam buah sub-undak, penamaan masing-masing sepenuhnya berdasarkan klasifikasi yang dibuat oleh Sartono (1976). Ciri litologinya, umumnya terdiri atas konglomerat polimik dengan fragmen-fragmen napal, andesit, batupasir mengandung fosil Vertebrata. Hubungan stratigrafi: Terletak menumpang secara tidak selaras di atas batuan yang berumur lebih tua.

Sistem Petroleum Cekungan Jawa Timur Utara

Brandsen & Matthews (1992) dan Phillipi *et al.* (1991) menyatakan bahwa batuan induk potensial dalam Cekungan Jawa Timur Utara yang kaya bahan organik adalah Formasi Ngimbang berumur Eosen yang dijumpai pada sumur-sumur pemboran merupakan sedimen asal laut dangkal, transisi, delta dan danau, dengan TOC sekitar 1,1%, pada kedalaman sekitar 2500 meter untuk menghasilkan hidrokarbon. Jenis kerogen merupakan algal sapropel danau bercampur dengan materi tanaman dataran tinggi sebagai penghasil potensial minyak dan gas.

Specific gravity hidrokarbon di Cekungan Jawa Timur Utara berkisar 10° – 60° API, namun yang produksi terbesar sekitar 30° – 40° API. Formasi Kujung di atasnya adalah batuan induk potensial juga. Litologi berupa batulempung *Orbitoid Kalk* kaya organik berumur Miosen Akhir khususnya sebagai batuan induk di *onshore* cekungan ini.

Adapun migrasi/sejarah pematangannya berlangsung pada Miosen Tengah sampai Akhir saat inversi tektonik pensesaran inversi pada sedimen Paleogen dan Neogen dari batuan induk ke reservoir. Ini disebabkan oleh faktor-faktor *heat flow*, inversi cepat pada zona RMK (Rebang-Madura-Kangean) dan reaktivasi dan subsidens pada cekungan-cekungan di utara zona RMK setelah terjadi *burial*.

Manur and Barraclough (1994), menyimpulkan jenis cebakan pada umumnya cebakan struktur yakni dibatasi oleh blok sesar *tilting*, kompleks terumbu Oligosen sampai Pliosen dan struktur kompresi/inversi Miosen Akhir. Jenis cebakan yang dibatasi oleh blok sesar berkaitan dengan pembentukan *rifting* dan *graben* pada cekungan-cekungan yang terbentuk oleh antiklin dalam Antiklinorium Rebang.

Umumnya pembentukan hidrokarbon dimulai pada awal pensesaran Eosen Tengah – Oligosen yang berasosiasi dengan *heat flow* selama masa inversi. Reaktivasi selama deformasi Miosen Tengah membentuk struktur *flower* dan lipatan hingga deformasi Awal Plistosen (Suparyono and Lennox, 1989).

Batuan reservoir pada mandala ini: Batugamping klastik Formasi Ngimbang, Batugamping Terumbu Formasi Prupuh atau Satuan Kujung, Batupasir kuarsa Formasi Ngrayong, Batugamping Orbitoid sisipan dalam Formasi Ngrayong, dan Batupasir foraminifera Formasi Selorejo. Cebakan berupa jenis struktural (antiklin dan sesar) dan stratigrafi (batugamping terumbu). Batuan penutup, secara regional yakni Formasi Wonocolo dan Formasi Mundu, sedangkan secara intraformasional yakni batulempung dan serpih dari Formasi Ngrayong.

Batuan Reservoir

Di Cekungan Jawa Timur akumulasi utama minyak dan gas ditemukan pada reservoir:

- (1) Batupasir Eosen pada Ngimbang Bawah
- (2) Batugamping Eosen pada Ngimbang Atas
- (3) Batugamping Miosen pada Anggota Prupuh (Kujung Unit I)



Target Reservoir sekunder adalah:

- (1). Batupasir Miosen pada Formasi Ngrayong
- (2). Batupasir Formasi Wonocolo dan,
- (3). Batupasir Formasi Ledok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Survey Lapangan Kawengan

Survey kondisi lapangan perlu dilakukan untuk menambah hasil analisa, dimana survey dilakukan di Lapangan Kawengan. Lokasi pengamatan (LP) yang diamati berjumlah 22 (duapuluh dua) Lokasi Pengamatan (LP) yang dapat dilihat pada Gambar 6.

Survey lokasi dimulai dari sebelah Selatan sayap antiklin Kawengan sampai kearah Tenggara struktur antiklin kawengan. Pengamatan yang dilakukan meliputi kondisi singkapan batuan serta indikasi terdapatnya sesar, yang ditunjukkan pada Gambar 7. sampai dengan Gambar 10. dan sumur minyak yang aktif diproduksi oleh PT GCI atau dikelola oleh warga yang ditunjukkan pada Gambar 11. dan Gambar 12.

Rekonstruksi Antiklin Kawengan

Pembentukan struktur antiklin kawengan secara regional di interpretasikan dipengaruhi oleh sesar besar yang membentuk Jawa Timur yaitu sesar RMKS (Rembang-Madura-Kangean-Sakala), serta tinggian yang berada disisi sebelah Timur dan Barat pada Cepu, dapat dilihat pada Gambar 13. dan perkembangan struktur antiklin kawengan ditunjukkan pada Gambar 14. Serta kondisi struktur antiklin kawengan sekarang ditunjukkan pada Gambar 15.

Periode Oligosen - Miosen

Sejarah Geologi adalah perpaduan antara cekungan paengendapan yang dikontrol struktur dan dipakai untuk pengendapan lapisan-lapisan batuan atau formasi. Di Lapangan Kawengan pengendapan lapisan paling tua dimulai dari Oligosen Awal. Oligosen Awal (Periode *syn-rift*), terjadinya sesar turun berarah hampir Baratlaut-Tenggara yang membentuk cekungan di Kawengan, bersamaan dengan terjadinya sesar turun tersebut terjadi pengendapan Formasi Ngimbang berupa *brownshale* kemudian ditutupi secara selaras oleh Formasi Kujung pada lingkungan laut dangkal. Formasi Ngimbang berupa *brown shale* yang bisa menjadi batuan induk paling dalam di Cekungan Kawengan, sedangkan Formasi Kujung yang berupa batugamping berlapis bisa menjadi reservoir yang paling dalam di Cekungan Kawengan.

Oligosen Akhir (Periode *syn-rift*)

Masih didalam periode *syn-rift* selaras di atas Formasi Kujung diendapkan Formasi Prupuh pada lingkungan laut dangkal. Formasi Prupuh yang berupa napal sisipan batugampig tipis-tipis ini bisa menjadi batuan induk di Cekungan Kawengan.

Miosen Awal (Periode *syn-rift*)

Pada periode *syn-rift* yang masih menerus ini, secara selaras di atas Formasi Prupuh diendapkan Formasi Tuban pada lingkungan menengah. Formasi Tuban ini terdiri dari batulempung abu-abu kehitaman yang berpotensi sebagai batuan induk di Cekungan Kawengan.

Miosen Tengah (Periode *syn-rift*)

Pada Miosen Tengah ini proses *syn-rift* masih terus berlangsung dan secara searas di atas Formasi Tuban diendapkan Formasi Tawun. Formasi ini diendapkan di lingkungan laut dangkal hingga menengah. Formasi ini terdiri dari batulempung berwarna kelabu bersisipan batugamping dan batupasir tipis-tipis. Formasi ini berfungsi sebagai batuan induk di Cekungan Kawengan.



Miosen Akhir (Akhir Periode *syn-rift*)

Pada akhir periode *syn-rift* ini diendapkan Formasi Ngrayong selaras diatas Formasi Tawun di lingkungan laut dangkal. Formasi ini disusun oleh batupasir kuarsa sehingga baik sebagai reservoir pada Cekungan Kawengan.

Periode Miosen Akhir - Pliosen

Pada periode Miosen Tengah bagian Akhir hingga Miosen akhir (Periode kompresi), pada periode ini Tektonik mulai aktif yaitu tumbukan antara Indoaustralia dengan mikrosunda (Jawa). Pada periode ini minyak mulai matang pada batuan induk Formasi Ngimbang, Formasi Kujung, Formasi Prupuh, Formasi Tuban dan Formasi Tawun. Lipatan yang berarah hampir Baratlaut-Tenggara mulai terbentuk dan mulai terjadi inversi melalui sesar-sesar turun utama yang berarah hampir Baratlaut-Tenggara. Sehingga mulai terjadi migrasi hidrokarbon dari batuan induk melalui antar perlapisan dan sesar menuju ke reservoir Formasi Ngimbang bagian atas, Formasi Kujung bagian atas, Formasi Prupuh, Formasi Formasi Ngrayong, Formasi Bulu dan Formasi Wonocolo.

Periode Miosen Akhir-Pliosen (Periode Kompresi)

Pada periode ini mulai terjadi pengaktifan kembali sesar-sesar turun berubah menjadi sesar-sesar naik (Inversi), terbentuk lipatan-lipatan yang berarah hampir Baratlaut-Tenggara. Serta pada periode ini sudah terbentuk *trapping* hidrokarbon di dalam *trap-trap* yang terbentuk

Pliosen - Pleistosen

Pada periode ini tumbukan antara Indo-Australia dengan Jawa (mikro Sunda) sudah terjadi sangat kuat, sehingga terjadi inversi (Sesar naik periode 1) selanjutnya terjadi sesar naik (periode 2). Kompresi terus berlangsung sehingga terbentuk sesar-sesar *backthrust* (sesar-sesar periode 3) dapat dilihat pada Gambar 10., selanjutnya terjadi akumulasi hidrokarbon pada bagian puncak-puncak antiklin Kawengan.

Petroleum Sistem Lapangan Kawengan

Sistem Petroleum yang berkembang di Lapangan Kawengan terdiri dari batuan induk, batuan reservoir, perangkap, batuan penutup dan migrasi minyakbumi. Hal tersebut dapat diuraikan sebagai berikut

Batuan induk

Batuan yang dapat menjadi batuan induk di Lapangan Kawengan antara lain Formasi Ngimbang, Formasi Kujung, Formasi Prupuh, Formasi Tuban dan Formasi Tawun. Formasi-formasi tersebut berupa *shale* dan batulempung yang tebal yang mengandung fosil plankton.

Batuan Reservoir

Batuan reservoir yang dijumpai di Lapangan Kawengan sebenarnya terdiri dari Formasi Ngimbang bagian atas, Formasi Kujung Bagian atas, Formasi Prupuh, Formasi Ngrayong, Formasi Wonocolo dan Formasi Mundu. Tetapi kontrak untuk Geo-Cepu Indonesia hanya pada reservoir Formasi Ngrayong yang terdiri dari batupasir kuarsa yang berbutir halus hingga sedang dengan sedikit campuran lempung dan gampingan. Hal tersebut akan mengurangi fungsi besar porositas batupasir kuarza sebagai reservoir di Lapangan Kawengan.

Perangkap

Perangkap yang dijumpai di Lapangan Kawengan terdiri dari perangkap struktur berupa antiklin (antiklinorium) berarah umum Baratlaut-Tenggara dan perangkap stratigrafi yang berupa *onlapping* serta *cross bedding*.

Pematangan Minyakbumi dan Migrasi

Di Lapangan Kawengan khususnya minyak bumi sudah matang mulai Miosen Awal hingga Miosen Tengah dan mulai bermigrasi pada Miosen Akhir melalui antar perlapisan dan sesar-sesar naik menuju ke perangkap struktur dan stratigrafi.



Batuan Penutup

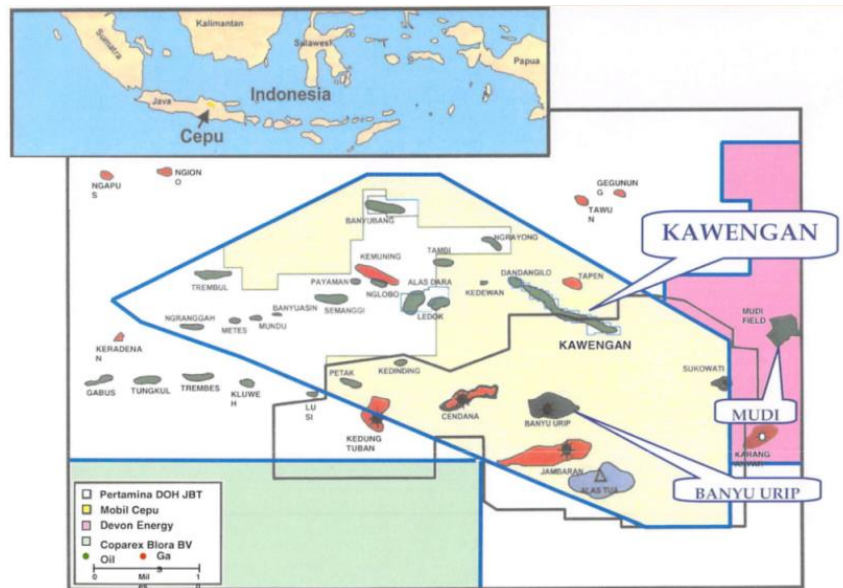
Batuan penutup di Lapangan Kawengan terdiri dari batulempung *interlayer* pada setiap Formasi. Tetapi penutup utama untuk reservoir Formasi ngrayong adalah napal Formasi Wonocolo, Napal Formasi Ledok dan batulempung Formasi Lidah.

KESIMPULAN

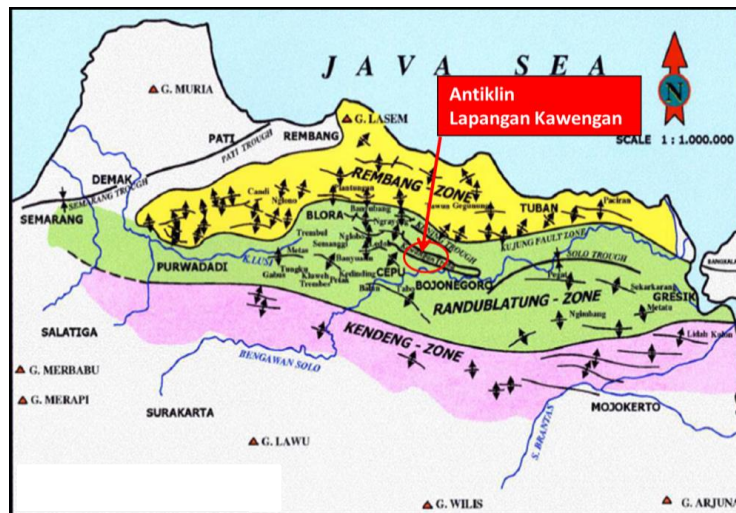
1. Pembentukan struktur antiklin kawengan secara regional di interpretasikan dipengaruhi oleh sesar besar yang membentuk Jawa Timur yaitu sesar RMKS (Rembang-Madura-Kangean-Sakala), serta tinggian yang berada disisi sebelah Timur dan Barat pada Cepu
2. Pembentukan struktur antiklin kawengan dimulai pada beberapa periode yaitu periode Oligosen – Miosen dimana pengendapan dikontrol oleh struktur dan pengendapan lapisan paling tua dimulai dari Oligosen Awal (Periode *syn-rift*) pengendapan Formasi Ngimbang berupa *brownshale* kemudian ditutupi secara selaras oleh Formasi Kujung pada lingkungan laut dangkal, Oligosen Akhir (Periode *syn-rift*), Miosen Awal (Periode *syn-rift*), Miosen Tengah (Periode *syn-rift*), Miosen Akhir (Akhir Periode *syn-rift*), Periode Miosen Akhir-Pliosen (Periode Kompresi) dan Pliosen – Pleistosen.
3. Petroleum sistem Lapangan Kawengan, yaitu batuan induk Formasi Ngimbang, Formasi Kujung, Formasi Prupuh, Formasi Tuban dan Formasi Tawun; batuan Reservoir Formasi Ngrayong dan Formasi Wonocolo; perangkap berupa perangkap struktur berupa antiklin (antiklinorium) berarah umum Baratlaut-Tenggara dan perangkap stratigrafi yang *berupa onlapping* serta *cross bedding*; pematangan minyak bumi mulai Miosen Awal hingga Miosen Tengah dan mulai bermigrasi pada Miosen Akhir; batuan penutup di Lapangan Kawengan terdiri dari batulempung *interlayer* pada setiap Formasi, tetapi penutup utama untuk reservoir Formasi ngrayong adalah napal Formasi Wonocolo, Napal Formasi Ledok dan batulempung Formasi Lidah.

DAFTAR PUSTAKA

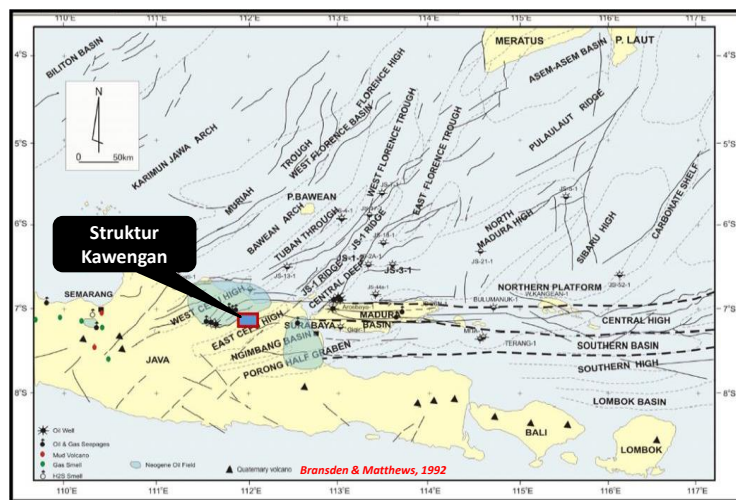
- Brandsen, P.J.E., and S.J. Matthews, 1992. *Structural and Stratigraphic Evolution of East Java Sea, Indonesia*, Proc. Of the Indonesia Petroleum Assoc., 21st Annual Convention, V.1, p. 418-453
- Koesoemo, M.Y., 2003, *A geological trip to Cepu area*, Indonesian Petroleum Association field trip guide book, 53 p.
- Pringgoprawiro, H., 1983, *Biostratigrafi dan paleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara: Suatu pendekatan baru*, Disertasi Doktor, ITB Bandung, 239 hal., tidak dipublikasikan.
- Pulunggono, A., dan Martodjojo, S., 1994, *Perubahan tektonik Paleogen-Neogen merupakan peristiwa tektonik terpenting di Jawa*, Proceedings Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa sejak akhir Mesozoik hingga Kuartar, Seminar Jurusan T. Geologi Fak. Teknik UGM.
- Satyana, A.H., Erwanto, E., dan Prasetyadi, C., 2004, *Rembang-Madura-Kangean-Sakala (RMKS) Fault Zone, East Java Basin :The Origin and Nature of a Geologic Border*, Proceedings Indonesian Association of Geologists, 33rd Annual Convention, Bandung.
- Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia, Vol. 1 A*, Government Printing Office, Nijhoff, The Hague, 732p.



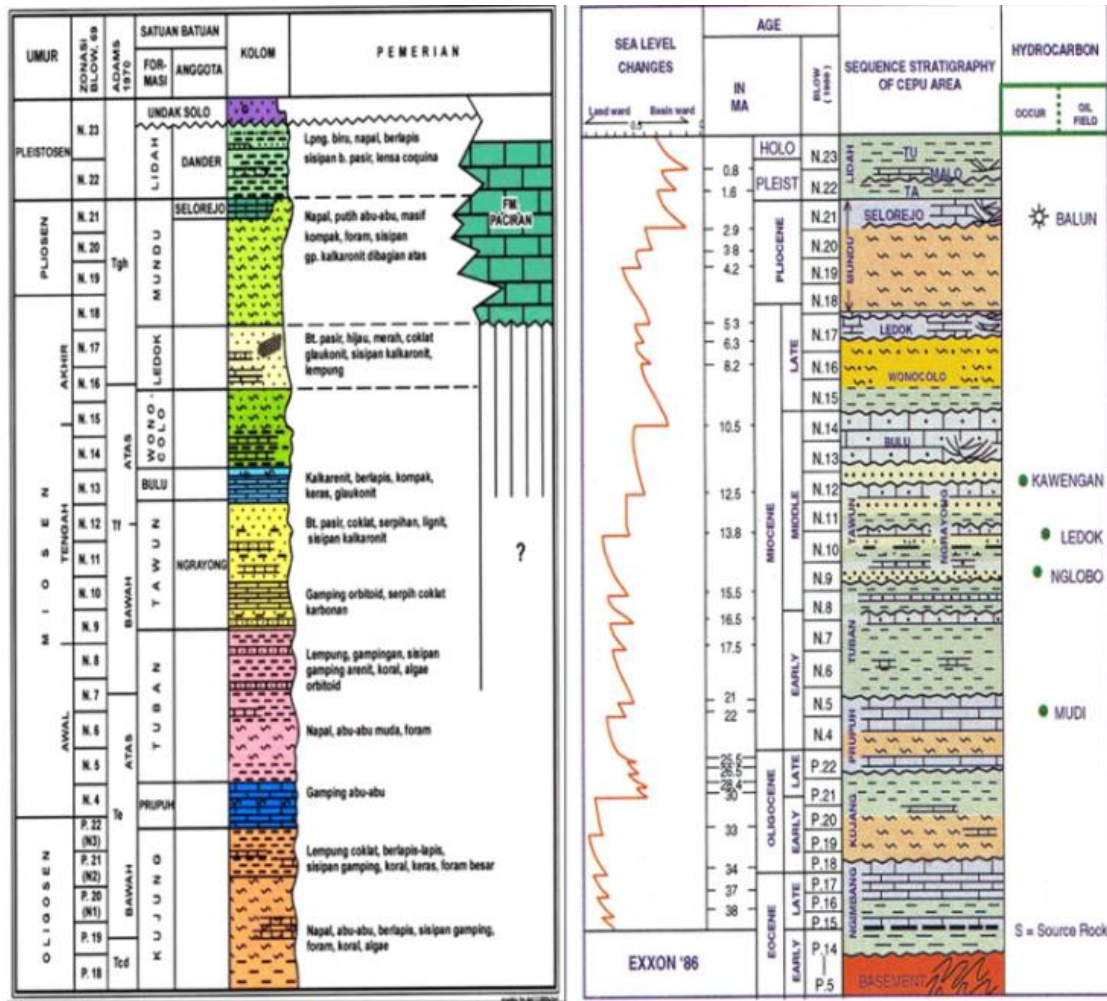
Gambar 1. Lokasi Penelitian (PT Pertamina EP)



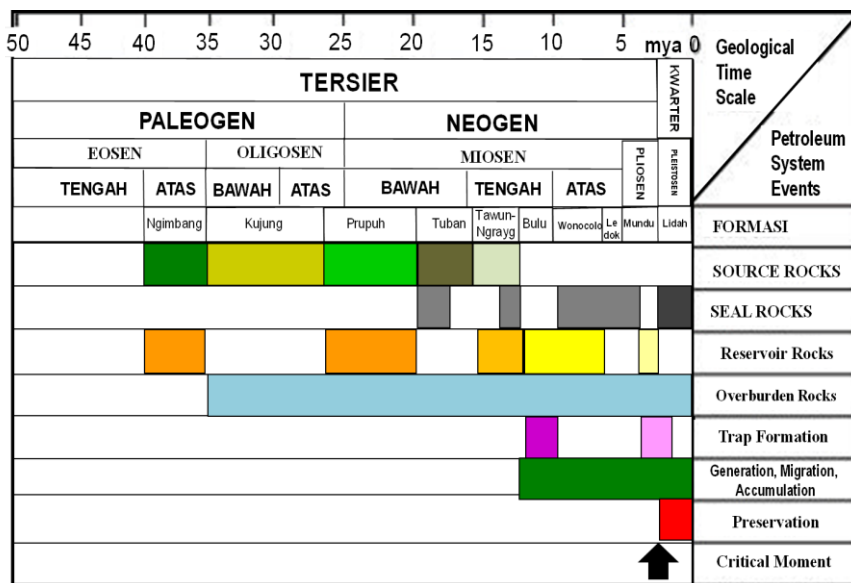
Gambar 2. Fisiografi Jawa Timur Utara (Van Bemmelen, 1949)



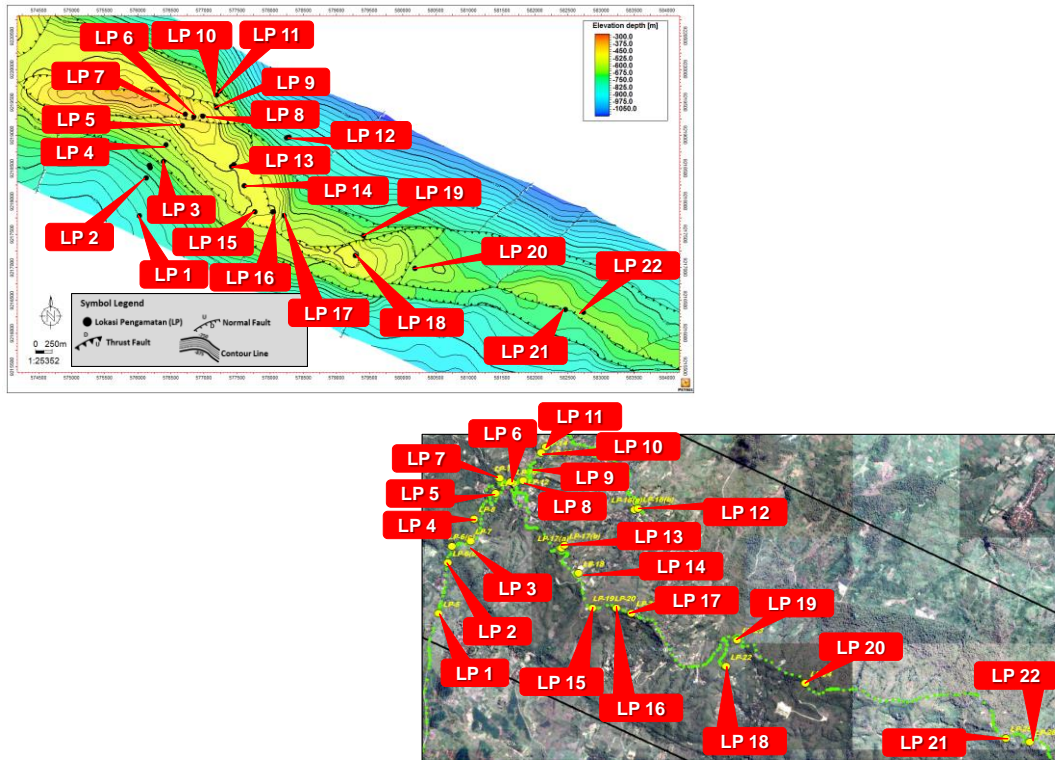
Gambar 3. Struktur Geologi Regional Jawa Timur (Brandsen and Matthews, 1992)



Gambar 4. Stratigrafi Regional Mandala Rembang (Pringgoprawiro, 1983, kiri dan Exxon, 1996 Kanan)



Gambar 5. Sistem Petroleum Jawa Timur Utara



Gambar 6. Lokasi Pengamatan (LP) di Lapangan Kawangan

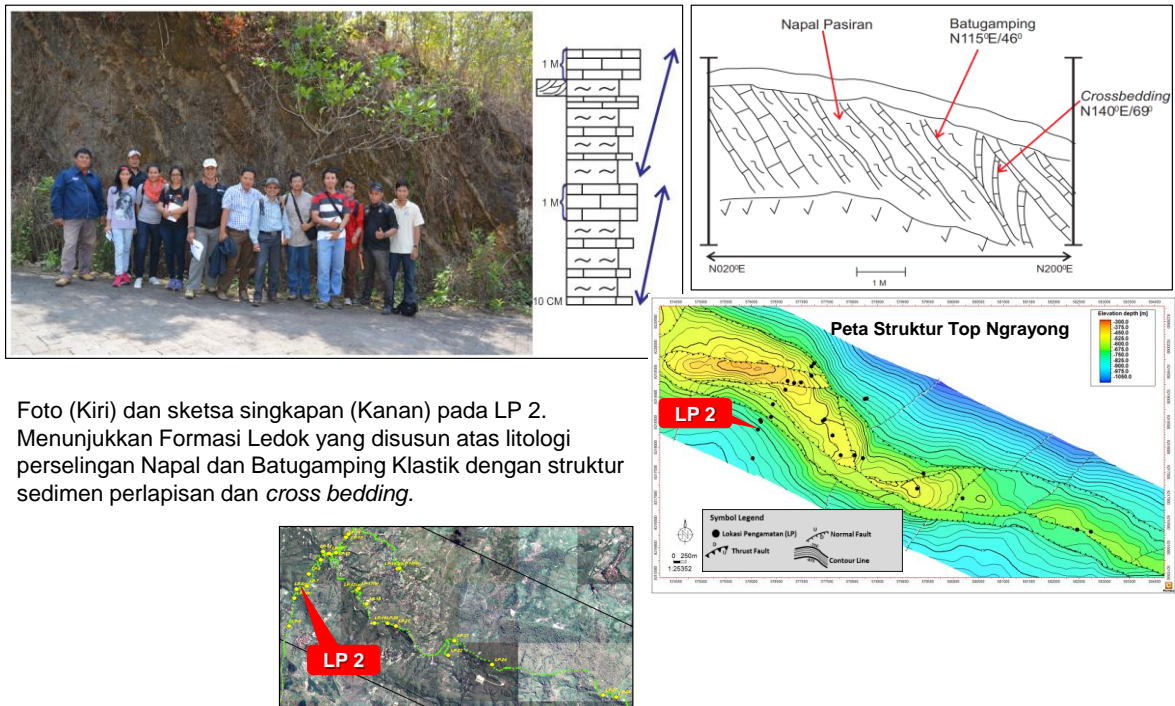
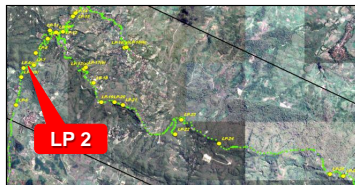


Foto (Kiri) dan sketsa singkapan (Kanan) pada LP 2. Menunjukkan Formasi Ledok yang disusun atas litologi perselingan Napal dan Batugamping Klastik dengan struktur sedimen perlapisan dan cross bedding.



Gambar 7. Foto Singkapan LP 2

LP 2

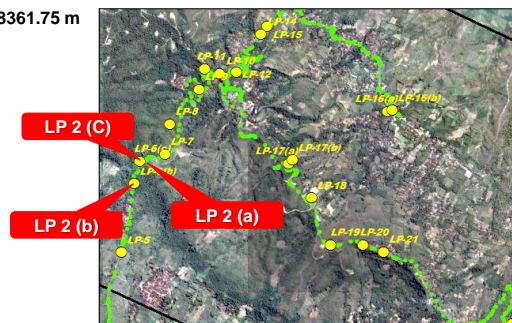
(A) X : 576188.43 m dan Y : 9218516.55 m
Keudukan Lapisan : N115°E/46°



(C) X : 576172.69 m dan Y : 9218550.74
Keudukan Lapisan : N118°E/44°



(B) X : 576126.68m dan Y : 9218361.75 m
Bekas sumur



Gambar 8. Kondisi Singkapan Sekitar Formasi Ledok (LP 2)

LP 4: Lembah Sesar

Foto Lapangan

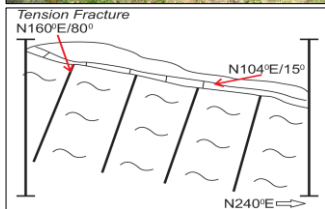
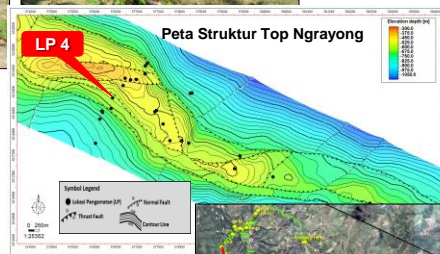
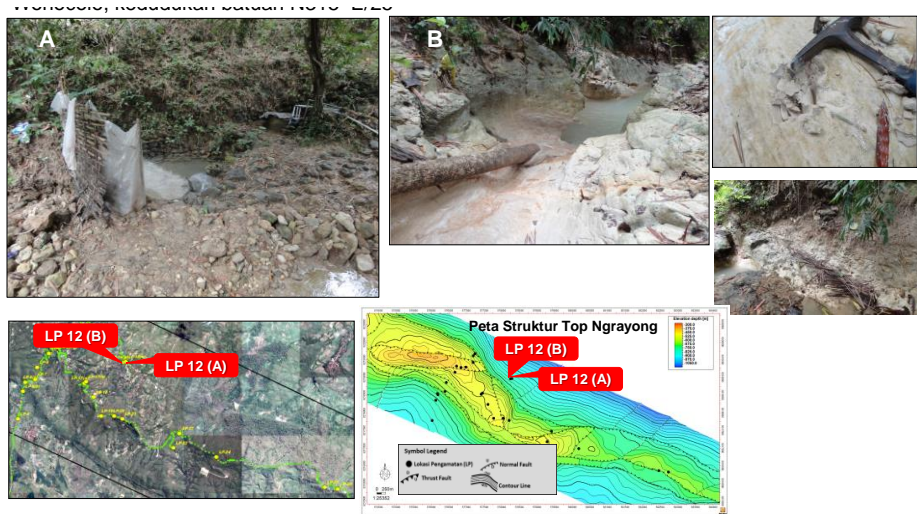


Foto Lapangan pada LP 4 dan Sketsa Singkapan



Gambar 9. Kondisi Sekitar lembah Sesar (LP4)



Gambar 10. Mata Air dan Fm. Wonocolo di Desa Banyuurip (LP 12)

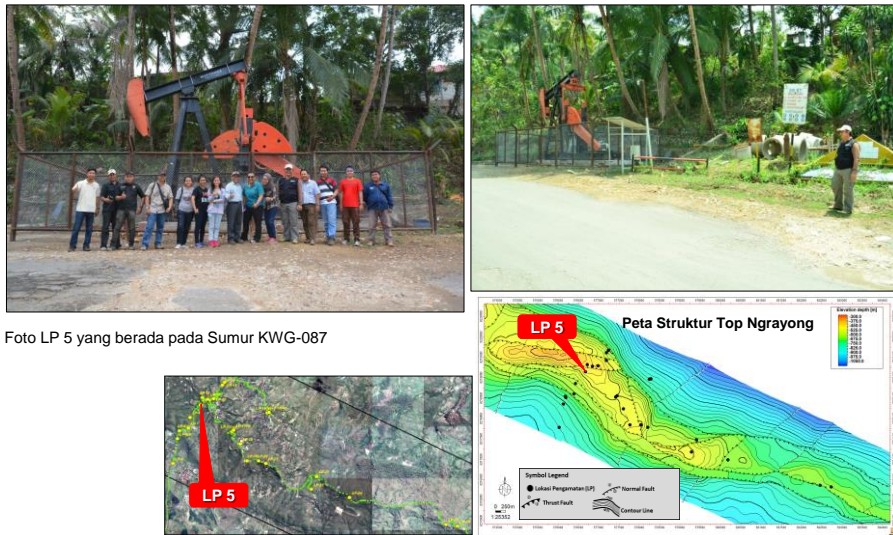
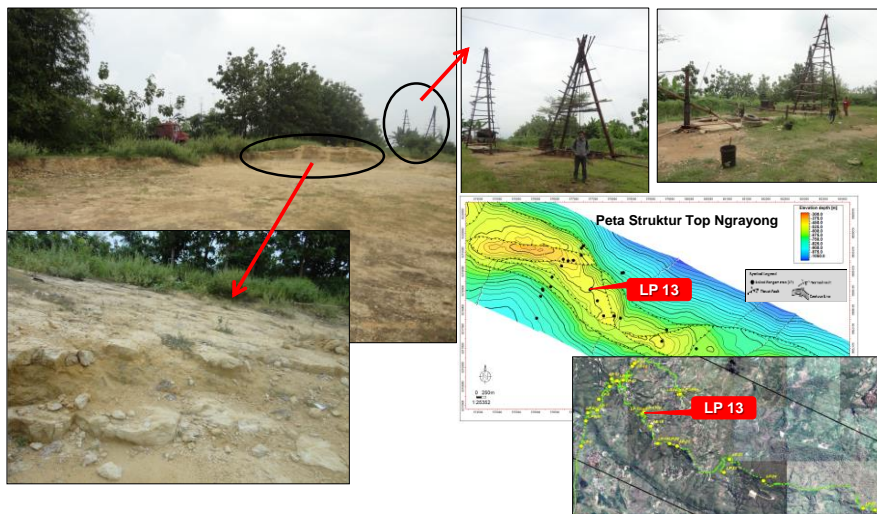
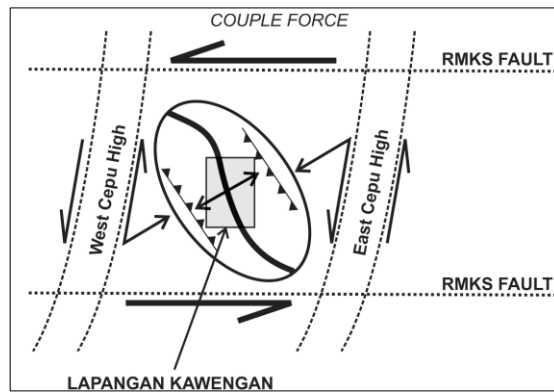


Foto LP 5 yang berada pada Sumur KWG-087

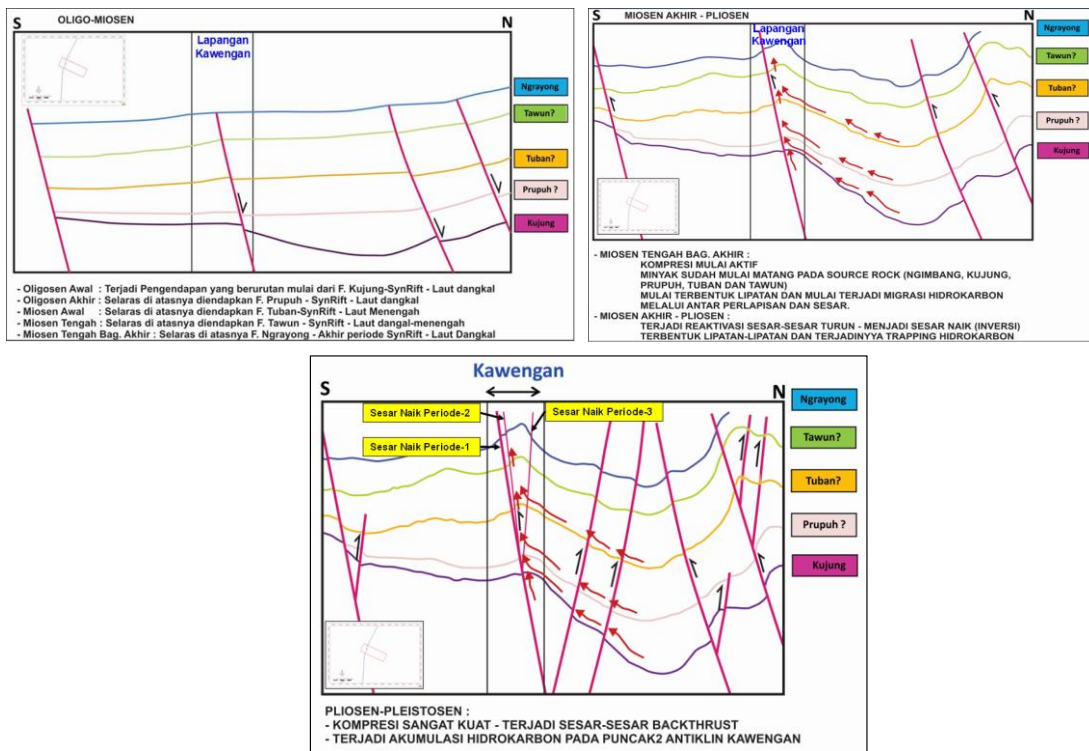
Gambar 11 Sumur KWG-087 (LP 5)



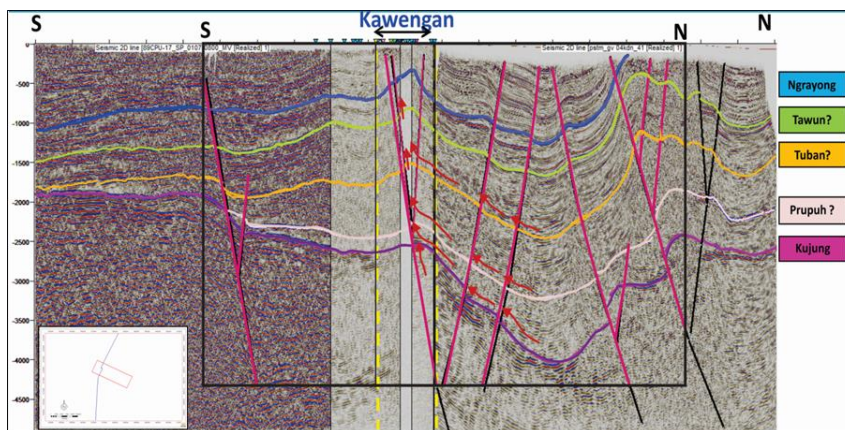
Gambar 12. Kondisi Sekitar LP13



Gambar 13. Model Struktur Geologi Struktur Antiklin Kawengan



Gambar 14. Periode Perkembangan Struktur Antiklin Kawengan



Gambar 15. Kondisi Sekarang Struktur Antiklin Kawengan