

GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN DAN ANALISIS FASIES KARBONAT FORMASI KUJUNG I LAPANGAN “AIL” CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA

Aditama Wahyu Nugroho, Sugeng Widada, Salatun Said
Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran” Yogyakarta
JL. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta 55283
Telp. (0274) 486403, 486733 ; Fax. (0274) 487816 ; Email: geoupn@indosat.net.id

Sari – Formasi Kujung merupakan salah satu tujuan utama dalam eksplorasi minyak dan gas bumi pada Cekungan Jawa Timur Utara, litologi penyusunnya yang berupa batugamping membuat formasi ini sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut mengenai karakteristiknya sebagai salah satu *reservoir* yang produktif di daerah ini. Lokasi penelitian berada di Lapangan “AIL” yang terdapat di sekitar daerah Cepu dan termasuk kedalam Zona Randublatung. Luas area penelitian sekitar ± 188 km². Dalam melakukan penelitian menggunakan data-data dari PT. Pertamina EP. Data-data yang digunakan meliputi seismik 2D, data *log*, *mudlog*, dan data petrografi. Data sumur meliputi AWN-1, AWN-2, dan AWN-3 yang masing-masing sumur dilengkapi data *mudlog* dan data petrografi pada sumur AWN-3. Dari data-data tersebut kemudian dilakukan beberapa analisis, yaitu analisis dengan menggunakan metode M-N, MID, statistik, dan metode sikuen stratigrafi. Penggunaan metode-metode tersebut menjadi penting mengingat tidak tersedianya data *core* dalam melakukan penelitian. Berdasarkan hasil analisa sikuen stratigrafi diperoleh 1 *Sequence Boundary* (SB), 2 *Flooding Surface* (FS), dan 1 *Maximum Flooding Surface* (MFS). Masing-masing batas tersebut membatasi perubahan lingkungan pengendapan, dan digunakan sebagai dasar untuk melakukan korelasi.

Analisa data pada masing-masing sumur didapatkan litologi penyusun batugamping dengan 5 variasi litofasies berupa *Mudstone*, *Wackestone*, *Packstone*, *Grainstone* dan *Boundstone*. Dari beberapa litofasies itu kemudian di kelompokkan dan dianalisis sehingga didapatkan hasil berupa fasies pengendapan yang terdiri dari *flank*, *inter reef* dan *reef core*. Dari hasil penelitian ini didapatkan peta paleogeografi yang menunjukkan arah dalaman/laut berada di arah Barat Laut dan Tenggara dan ini membuktikan bahwa *platform* yang berkembang pada daerah telitian adalah *isolated platform*.

Kata kunci: Formasi Kujung, Formasi Kujung I, Litofasies, Lingkungan Pengendapan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Formasi Kujung I yang keseluruhan *Reservoir*-nya merupakan batuan karbonat, menjadi penting untuk dikaji lebih lanjut lagi dengan menggunakan metode penelitian detil bawah permukaan dengan data-data penting seperti data *seismic*, data sumur, data inti batuan, data serbuk pemboran serta data regional Cekungan Jawa Timur Utara yang didapatkan dari Pertamina EP. Studi Formasi Kujung Cekungan Jawa Timur ini mengkaji mengenai jenis fasies, penyebaran, dan lingkungan pengendapan yang nantinya akan dijadikan acuan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan hidrokarbon dan perhitungan cadangannya sehingga mendapatkan kepastian mengenai zona prioritas eksplorasi dan eksploitasi.

Rumusan dan Batasan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas adalah penyebaran fasies karbonat pada daerah telitian dan mengetahui lingkungan pengendapan Formasi Kujung I pada daerah telitian dengan cara mengolah data bawah permukaan daerah telitian secara detil dan lebih terperinci. Permasalahan geologi lain yang akan dibahas adalah kondisi geologi bawah permukaan daerah telitian secara detil berupa keadaan geomorfologi bawah permukaan, penyebaran satuan batuan karbonat Formasi Kujung I, hubungan stratigrafi satuan batuan, dan kontrol struktur geologi.

Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk mempelajari geologi bawah permukaan daerah telitian dan perkembangan *reef* pada Formasi Kujung I pada daerah telitian. Mengaplikasikan teori dan materi yang didapatkan di bangku perkuliahan pada aplikasi di lapangan maupun di dunia kerja serta meningkatkan ilmu pengetahuan dan mendapatkan gelar Strata Satu Teknik Geologi di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak pada lapangan “AIL”, Formasi Kujung I, Cekungan Jawa Timur Utara tepatnya berada dalam area Blok Gundih dan Blok Kradenan. Daerah telitian secara fisiografi menurut Van Bemmelen (1949) masuk kedalam Zona Randublatung. Luas daerah telitian + 188 km². Cekungan Jawa Timur Utara membentang dari Barat ke Timur mulai dari Semarang hingga Surabaya sepanjang ± 250 km dengan lebar

60 – 70 km. Secara geografis terletak antara 110°30' BT dan 6°00' LS hingga 7°30' LS (Koesoemadinata dkk.,1994). Berlokasi pada batas aktif Tenggara Sundaland, Tenggara Asia, Cekungan Jawa Timur Utara tercatat sebagai cerita geodinamik yang aktif (Satyana dan Darwis, 2001). Cekungan berkembang dari cekungan samudra di depan zona subduksi Kapur hingga ke belakang busur cekungan, belakang busur vulkanik sampai ke selatan. Cekungan ini berakhir di sebelah Barat Busur Karimunjawa, melewati daerah Timur hingga area laut dalam Cekungan Lombok, dan dangkalan bagian Utara hingga tinggian Paternoster. Tiga konfigurasi struktur utama dapat ditetapkan dari Utara ke selatan : Northern Platform, Central Deep, dan Southern Uplift, sepanjang sayap Utara dari busur vulkanik Jawa saat ini (Satyana et al., 2003; Kusumastuti et al., 2002).

Daerah telitian ini merupakan cekungan belakang busur Tersier yang terletak di bagian Purwodadi High, Rembang Zone, *Kening Trough*, *Tuban Uplift*, dan *Ngimbang Sub-basin*

TEKTONIK REGIONAL

Dalam kerangka tektonik regional maka proses pembentukan struktur Tersier dibagi menjadi 3 periode :

1. *Paleogen Extension Rifting*
2. *Neogen Compresional Wrenching*
3. *Pilo-Pleitocene Compressing Thrust-Folding*

Fase ekstensional Paleogene menghasilkan graben atau *half graben* dan sesar-sesar yang mempunyai arah pemanjangan barat daya – timur laut. Fase tektonik ini merupakan tektonik regangan yang berasosiasi dengan pengendapan sedimen berumur Eosen- Oligosen. Periode *Neogen Compressional Wrenching* ditandai oleh pembentukan sesar-sesar geser dengan arah barat – timur yang terjadi akibat gaya kompresif dari tumbukan lempeng Hindia. Sesar-sesar ini merupakan reaktivasi sesar-sesar ekstensional yang terbentuk pada periode Paleogen.

METODELOGI PENELITIAN DAN DASAR TEORI

METODELOGI PENELITIAN

Metodelogi penelitian yang digunakan adalah metode pendahuluan, penelitian, dan analisis. Metode pendahuluan meliputi penyusunan proposal dan kajian pustaka.. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan pengumpulan data yang diperlukan untuk melakukan penelitaian bawah permukaan. Metode analisis berupa analisis seismik 2D, *log* sumur, petrografi,*mudlog* dan penyusunan laporan.

DASAR TEORI

Fasies dan Lingkungan Pengendapan Karbonat (Cummings, 1932)

Cummings(1932) mengemukakan sesuai penampang yang ideal yang memperlihatkan secara *standard* urutan lateral dari perkembangan lingkungan pengendapan karbonat dan mengklasifikasikannya menjadi *non-linier reef facies*.

Analisis Log Sumur

Log Sumur merupakan salah satu data yang berfungsi sebagai perekam data kedalaman. Disamping itu *log* sumur di gunakan untuk mengkorelasikan berdasarkan aspek litofasies ataupun fasies pengendapannya. *Log* juga menolong untuk mendefinisikan karakter fisik dari sebuah batuan seperti litologi, *porosity*, geometri pori, dan *permeability*. *Log* sumur juga digunakan untuk membedakan antara *oil*, *gas*, atau air di dalam *reservoir* dan mengestimasi cadangan *hidrocarbon*. Dalam perkembangannya pembuatan peta geologi menggunakan interpretasi *log* yang membantu dalam penentuan fasies.

Dalam melakukan penelitian ini penulis menggunakan sumur kunci sebagai acuan dalam melakukan analisa sikuen stratigrafi pada daerah telitian. Dari tiga (3) sumur yang ada pada daerah telitian, penulis menggunakan sumur AWN-3 sebagai sumur kunci (*key well*).

Analisa Litologi

Penentuan variasi litologi merupakan tahap awal dalam melakukan analisa sekuen stratigrafi sikuen dan analisa fasies pengendapannya. Variasi litologi pada lapangan AIL di sumur AWN-3 (*well key*) yang ditunjukkan oleh *log GR*, *log Resistivity*, *log Neutron* dan *log Density* serta di integrasikan dengan data *mud log*, petrografi, analisa MN-MID serta metode statistik dari sumur AWN-3, interval kedalaman dari sumur ini dari 360 m sampai 3230 m (MD). Namun penelitian difokuskan pada interval Formasi Kujung yaitu interval kedalaman 2650 m – 3230 m (MD). Litologi yang berkembang yaitu batugamping.

Analisis Mudlog

Analisa mudlog ini dilakukan untuk mengetahui variasi litologi/litofasies yang berkembang pada sumur AWN-3 yang merupakan sumur kunci. Data mudlog dirasa kurang detil karena dalam mudlog terdapat *lag time*,

sehingga sampel yang didapat kurang bisa mewakili susunan litologi secara vertical. Data *mudlog* tersebut harus dikombinasi dengan data lain agar lebih detil dan hasilnya lebih akurat dan maksimal.

Analisis Petrografi

Dari hasil analisa petrografi dapat disimpulkan bahwa Fasies *Boundstone* berada pada kedalaman 2931-2907 m (MD), hal ini menjadi penting dalam penentuan fasies pengendapan dan sejarah pengendapan sumur AWN-3. Data petrografi di atas juga menjadi dasar yang paling utama dalam penelitian, hal ini dikarenakan penulis tidak mempunyai data *core* dalam melakukan penelitian.

METODE M-N DAN MID

Analisa M-N dan MID digunakan untuk mengetahui jenis litologi yang didasarkan dari log porositas. Log porositas yang digunakan pada metode ini adalah *log* Sonic, *log* Neutron, dan *log* Densitas. Dari ketiga log ini kita dapat mengetahui komposisi mineral suatu lapisan batuan. Analisa M-N dan MID ini hanya dilakukan pada satu sumur yaitu sumur AWN-3 karena memiliki data sumur yang dianggap paling lengkap.

Dari hasil analisa M-N didapatkan hasil bahwa litologi pada sumur AWN-3 sudah mengalami diagenesa, hal ini dibuktikan dengan plot nilai M dan N yang berada pada titik *secondary porosity*. Hasil analisa M-N tidak dapat digunakan untuk penentuan fasies pengendapan dikarenakan karakter asli dari litologi yang menjadi fokus penelitian telah hilang atau tergantikan.

METODE STATISTIK

Metode statistik ini bertujuan untuk menyebarkan litofasies menggunakan analogi/persamaan antara nilai *log Gr* dan *log* porositas (Densitas, Neutron, dan Sonic). Penggunaan metode ini didasari oleh kurangnya data *core* sebagai data utama. Dalam penggunaannya nilai-nilai log yang dipakai adalah nilai log dari interval log yang mempunyai data petrografi, ini dilakukan karena data detil yang digunakan adalah data petrografi. Penggunaan metode ini dimaksudkan untuk mengurangi interpretasi data, sehingga data menjadi lebih dapat dipertanggungjawabkan.

Analisis Sikuen Stratigrafi

Berdasarkan hasil analisa sikuen stratigrafi didapatkanlah bidang pembatas sikuen pada interval Formasi Kujung I, Lapangan AIL. Bidang pembatas sikuen itu sendiri sebagai bidang yang membatasi suatu paket pengendapan (*system tract*).

Sequence Boundary

Dari analisa fasies dan sekuen yang dilakukan ditemukan adanya *Sequence Boundary* pada kedalaman 2906m (MD) pada sumur AWN-3. Jenis dari *Sequence Boundary* ini adalah *drowning unconformity*, *drowning unconformity* merupakan batas akhir dari pertumbuhan *reef* (*Give up*). *Drowning unconformity* bisa terjadi karena naiknya muka air laut yang terlalu cepat sehingga *reef* tidak mampu tumbuh mengikuti naiknya muka air laut.

Maximum Flooding Surface

Berdasarkan data bawah permukaan dengan menggunakan data *log* sumur ditemukan adanya satu *bounding surface* berupa *MFS* yaitu *MFS 1* pada kedalaman 2777m (MD). *Maximum Flooding Surface* merupakan fase yang menunjukkan adanya perubahan *retrograding* (*fining upward*) menjadi kondisi *prograding* (*coarsening upward*) di dalam paket sedimentasi. Hal ini juga di tandai dengan respon *log Gamma Ray* karena adanya penambahan *organic matter*.

Flooding Surface

Berdasarkan data bawah permukaan dengan menggunakan data *log* sumur ditemukan adanya 2 (dua) *bounding surface* berupa *FS* yaitu *FS 1* dan *FS 2* yaitu pada kedalaman 3038m (MD) dan 3180m (MD). *Flooding surface* tersebut membatasi pola perulangan sedimentasi berupa *progradasi*.

Peta Paleogeografi

Berdasar peta *top* struktur kedalaman dan studi regional, pada saat pengendapan Formasi Kujung daerah telitian merupakan paparan terisolasi (*isolated platform*).

Berdasar data petrografi, *mudlog* dan data *log* pada sumur AWN-3 yang telah dianalisis atau dideskripsi menurut klasifikasi Dunham (1962) didapatkan litologi berupa *Mudstone - Boundstone* yang dibagi berdasarkan asosiasi fasies dan pola pengendapan pada data *log* kemudian dimasukkan kedalam model pengendapan karbonat (Cummings, 1932). Data *log* sumur AWN-3, AWN-2 dan AWN-1 yang telah dianalisis didominasi oleh batugamping dan Batugamping lempungan. Pembagian fasies pada sumur AWN-3 menjadi dasar analogi pembagian fasies pada sumur AWN-2 dan AWN-1. Dari hasil analisa fasies Sumur AWN-3 dibagi menjadi 3 fasies, yaitu *flank*, *inter reef*, dan *reef core*.

Dari data-data dan hasil analisa yang didapat maka dapat dibangun peta paleogeografi yang menunjukkan kondisi saat Formasi Kujung I terbentuk. Dari rekonstruksi paleogeografi dapat ditentukan arah dalaman atau lautnya berada di arah barat laut dan tenggara dari platform yang berkembang.

SEJARAH PENGENDAPAN SUMUR AWN-3

Pada daerah 'AIL', karbonat diendapkan pada *isolated platform*. Peneliti membuat sejarah perkembangan dengan dilengkapi sketsa. Sejarah pengendapan pada daerah telitian akan di bagi menjadi 4 fase :

1. Fase pengendapan pertama menunjukkan awal perkembangan *reef* pada Formasi Kujung I, fase ini dibatasi oleh *flooding surface* pada akhir siklus. Fase ini menunjukkan pola *High Stand* (HST) dimana muka air laut stabil dan *reef* mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Sumur AWN-3 berada pada posisi *flank*.
2. Fase pengendapan kedua menunjukkan pola perulangan dari fase pertama, fase ini dibatasi oleh *flooding surface* pada akhir siklus. Fase ini menunjukkan pola *High Stand* (HST) dimana muka air laut stabil dan *reef* mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Sumur AWN-3 masih berada pada posisi *flank*.
3. Fase pengendapan ketiga menunjukkan pertumbuhan *reef* pada sumur AWN-3, fase ini dibatasi oleh *sequence boundary* pada akhir siklus. Fase ini menunjukkan pola *High Stand* (HST) dimana muka air laut stabil dan *reef* tumbuh semakin kearah cekungan. Sumur AWN-3 berada pada posisi *flank* dan kemudian berkembang menjadi *reef core*.
4. Fase pengendapan keempat menunjukkan fase TST (*Transgressive System Tract*) dan terjadi drowning unconformity dimana *reef* pada fase-3 sudah tidak mampu tumbuh mengikuti naiknya muka air laut. Pada fase ini diendapkan karbonat klastik yang terendapkan pada lingkungan *flank*.

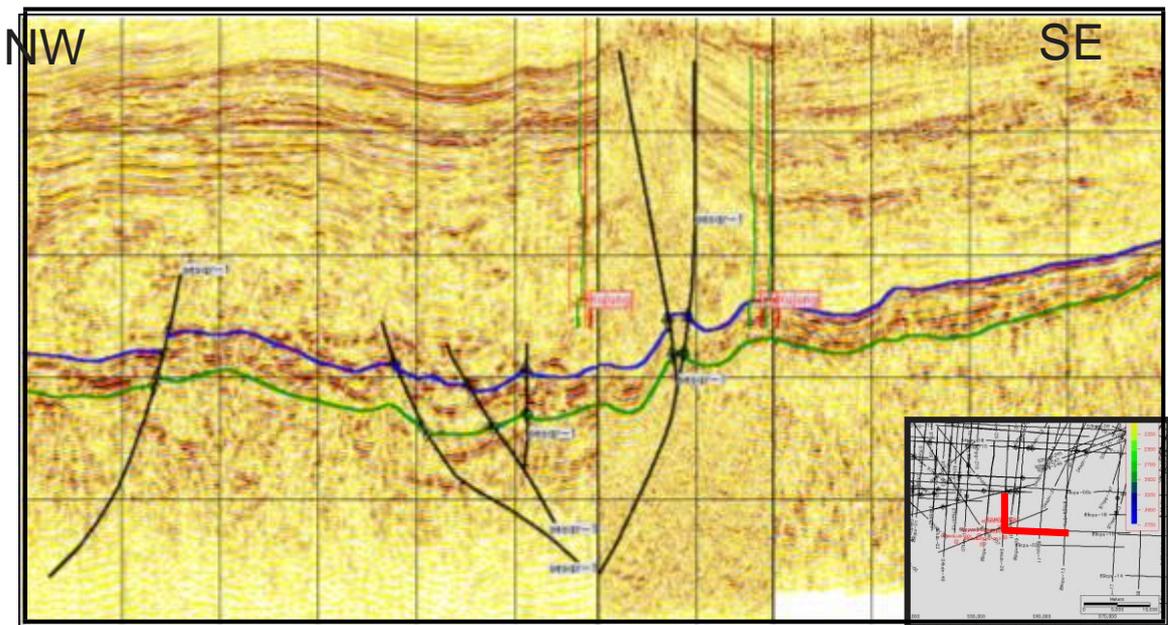
KESIMPULAN

Berdasarkan hasil interpretasi yang dilakukan pada daerah 'AIL', Formasi Kujung I, Cekungan Jawa Timur Utara, maka didapatkan kesimpulan pada penelitian ini :

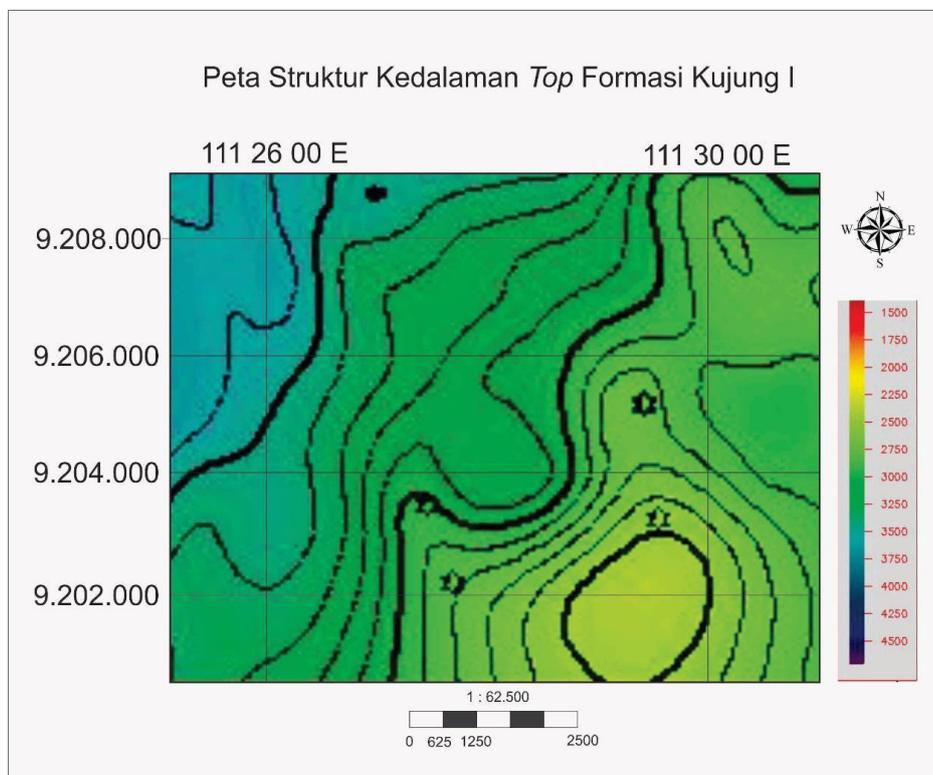
1. Litofasies yang berkembang pada daerah telitian meliputi *Mudstone*, *Wackestone*, *Packstone*, *Grainstone* dan *Boundstone*. Dari beberapa litofasies tersebut didapatkan 3 asosiasi litofasies, yaitu fasies *Wackestone*, *Packstone*, dan *Boundstone*.
2. Satuan karbonat daerah telitian diendapkan di laut dangkal dalam tatanan yang terisolasi (*isolated Platform*) dan mempunyai 3 fasies pengendapan, yaitu fasies *Inter reef*, *flank*, dan *reef core*.
3. Formasi Kujung I mempunyai siklus pengendapan yang dibatasi oleh 1 *Sequence Boundary* (SB), 2 *Flooding Surface* (FS) dan 1 *Maximum Flooding Surface* (MFS).
4. Terdapat 4 fase perkembangan karbonat pada daerah telitian yang didasari dari hasil analisa sumur AWN-3, yaitu : fase awal pengendapan berada pada posisi *flank*, dilanjutkan fase yang sama pada fase kedua yaitu masih berada pada posisi *flank*, kemudian dilanjutkan fase ke-3 berada pada posisi *flank* yang diikuti oleh pertumbuhan *reef core* pada akhir fase, dan yang terakhir kembali terendapkan pada posisi *flank* dikarenakan pertumbuhan *reef* terhenti akibat dari kenaikan muka air laut yang terlalu cepat bagi pertumbuhan *reef* (*rapid transgression*).
5. Paleogeografi Formasi Kujung I menunjukkan bahwa arah dari dalaman/lautnya berada pada arah Barat Laut dan Tenggara.

DAFTAR PUSTAKA

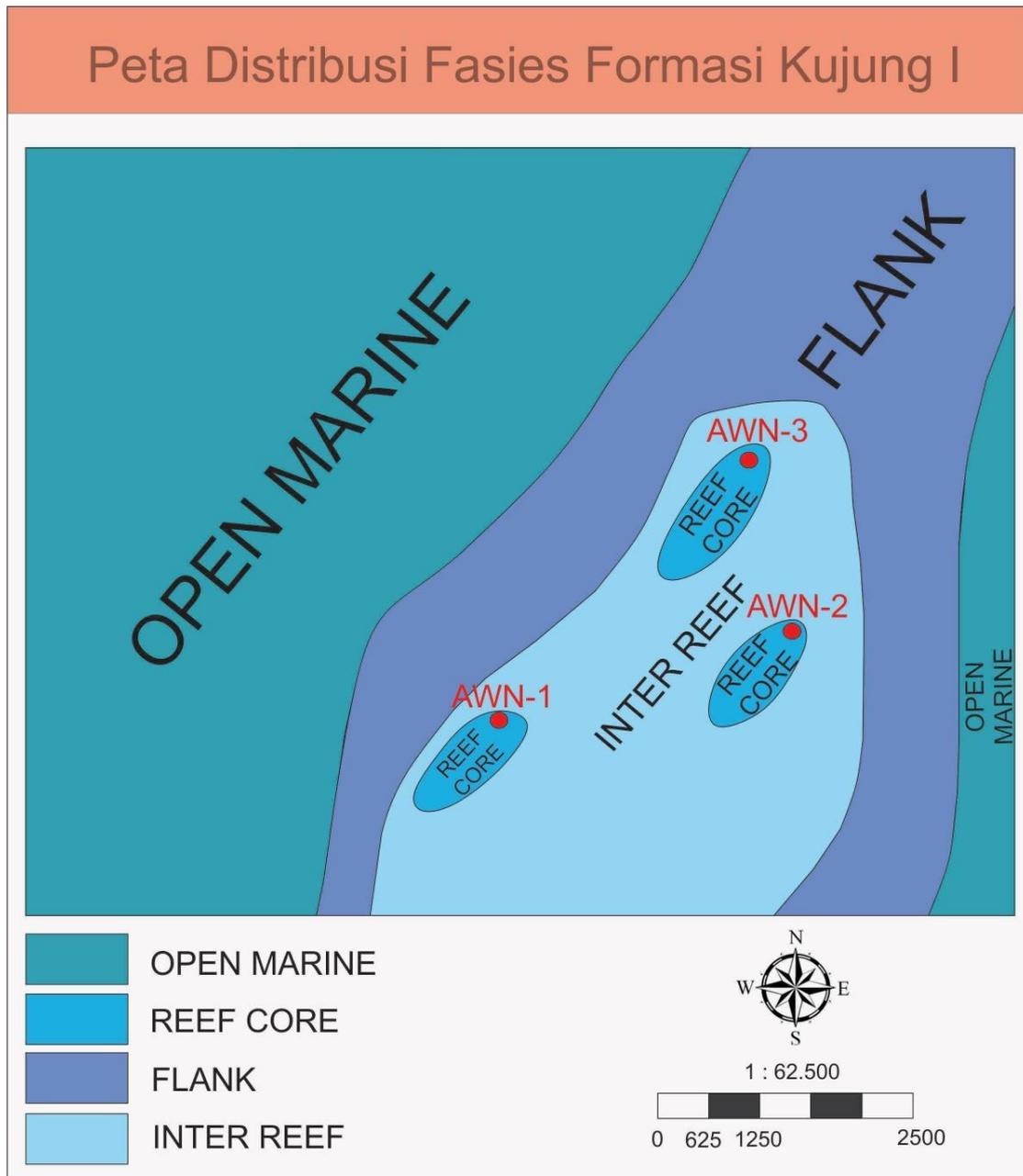
- Asquith George, Krygowski Daniel. 2004. Basic Well Log Analysis, Second Edition. Oklahoma. The American Association of Petroleum Geologist.
- Harsono, A, 1997, *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*, Schlumberger Oilfield Services, Jakarta.
- Koesoemadinata, R.P.1978. *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. Bandung : ITB.
- Lucia, F Jerry. 2007. *Carbonate Reservoir Characterization, Second Edition*. Texas. Springer.
- Nichols, Gary. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy, Second Edition*. United Kingdom. Wiley Blackwell.
- Rider, Malcolm. 1996. *The Geological Interpretation of Well Logs 'Second edition'*. Sutherland : Rider-French Consulting Ltd.
- Schlager, Wolfgang, 2005, *Carbonate Sedimentology and Sequence Stratigraphy*, SEPM (Society for Sedimentary Geology), Vrije Universiteit/ Faculty Of Earth and Life Sciences, Amsterdam – Netherlands.
- Widada, Sugeng dkk. 2013. *Buku Panduan Praktikum Geologi Minyak dan Gas Bumi*. Yogyakarta. Laboratorium Geologi Minyak dan Gas Bumi Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.



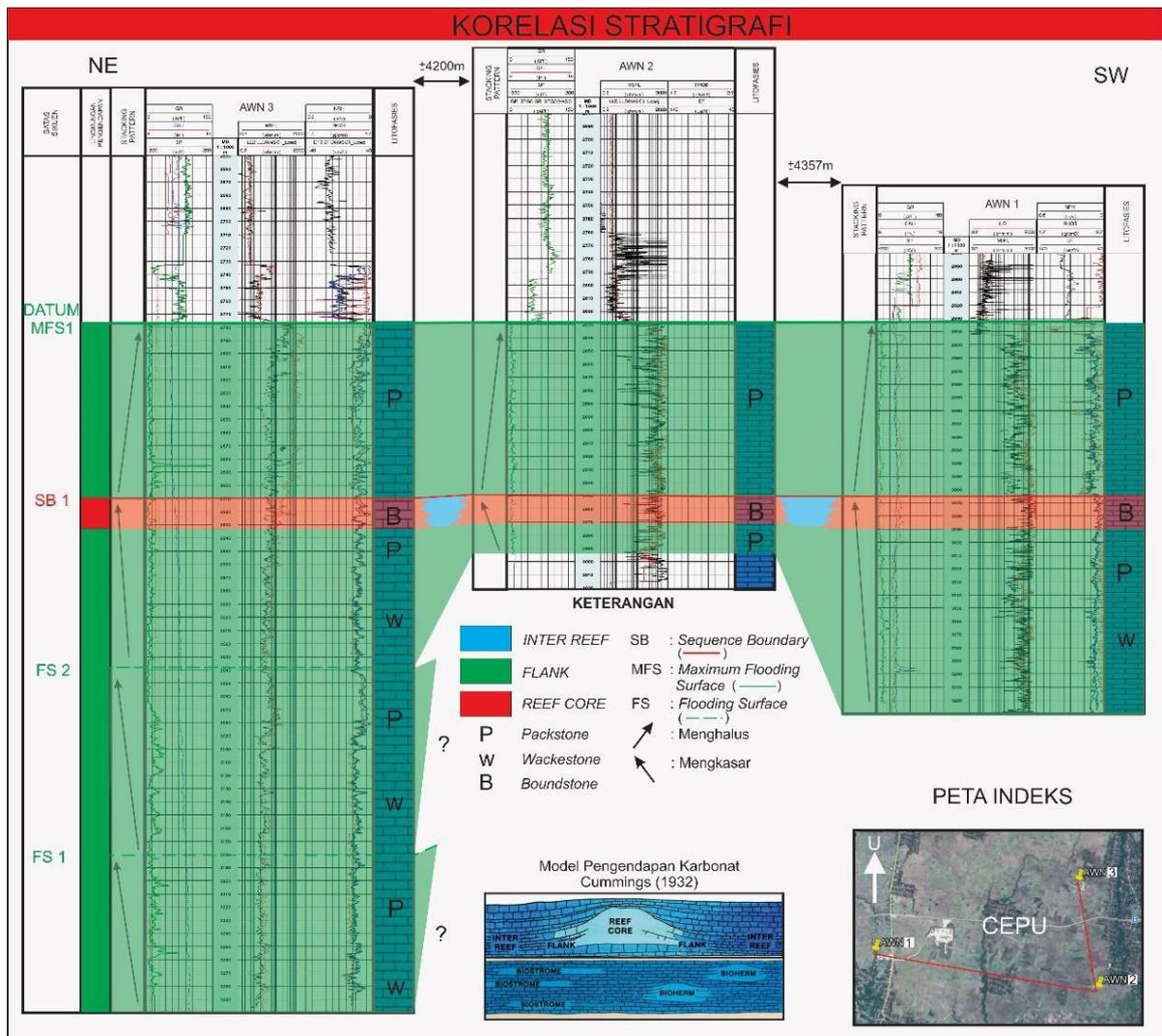
Contoh penampang seismik regional daerah telitian



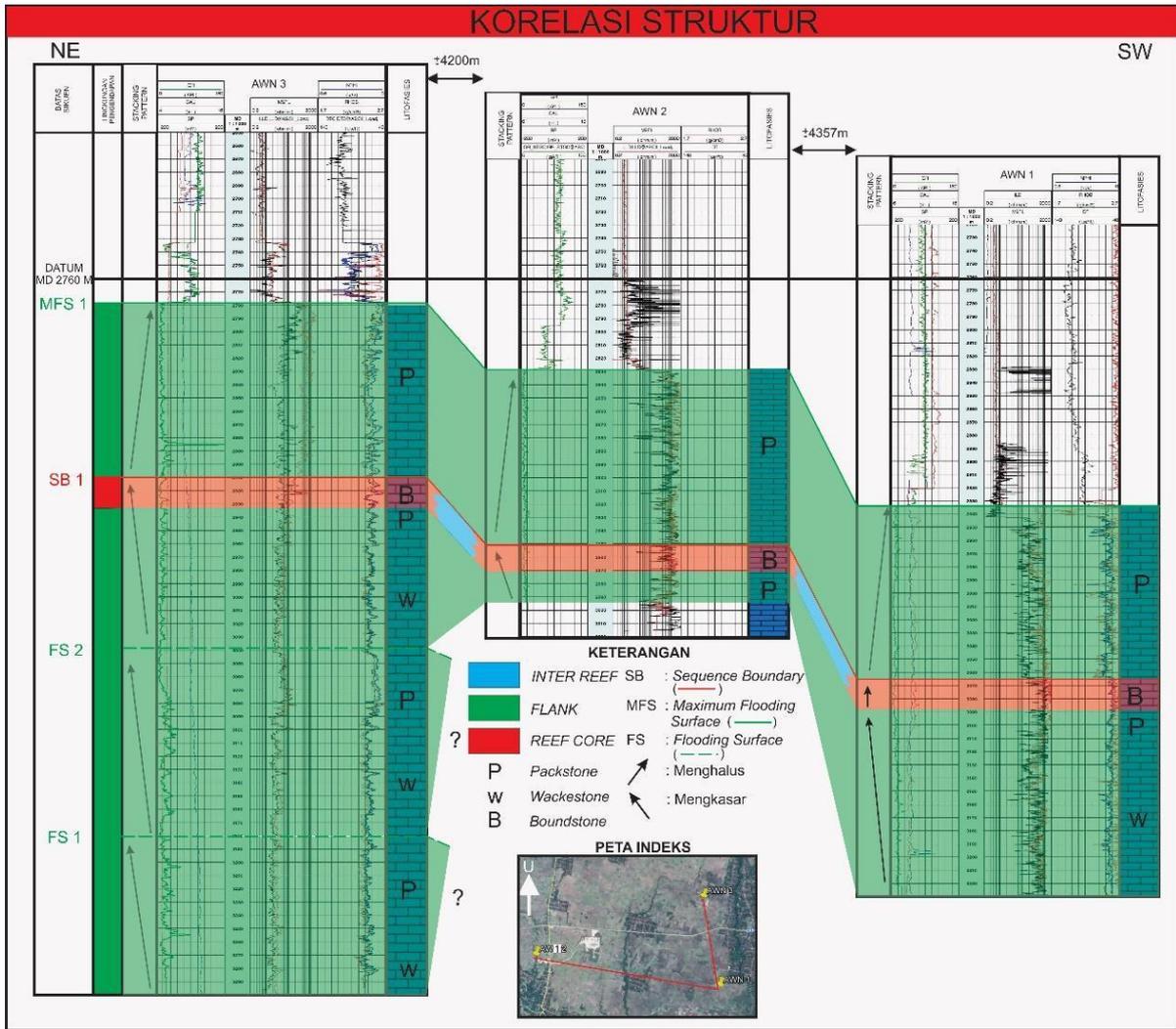
Peta top stuktur kedalaman Top Formasi Kujung I



Peta distribusi fasies Formasi Kujung I.



Korelasi stratigrafi arah Timur Laut-Barat Daya



Korelasi struktur arah Timur Laut-Barat Daya