

## DELINEASI ZONA PATAHAN-REKAHAN PADA RESERVOAR KARBONAT MENGGUNAKAN METODE DEKOMPOSISI SPEKTRAL BERBASIS TRANSFORMASI WAVELET KONTINYU

SRI ENDANG WAHYUNI

Sherie.endang.wahyunni@gmail.com

Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Teknik, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Indraprasta PGRI

**Abstrak.** Telah dilakukan analisis metode dekomposisi spektral berbasis transformasi wavelet kontinyu (CWT) dalam mendelineasikan zona patahan-rekahan didukung dengan analisis data sumur dan *log FMI (Fullbore Formation Micro Imager)* dalam menentukan arah patahan-rekahan. Daerah penelitian ini berada pada Lapangan “Falah”, Cekungan Jawa Timur dengan formasi Tuban berumur Miosen. Objek penelitian dikategorikan batuan karbonat jenis *reef built up* dan zona menarik untuk dianalisis pada reservoir karbonat yaitu berupa zona patahan dan rekahan. Hasilnya metode dekomposisi spektral berbasis CWT dapat memperlihatkan patahan-rekahan pada frekuensi tinggi 40 Hz. Patahan-rekahan memiliki arah umum kemiringan sebesar  $70^0$  berarah timurlaut-baratdaya. Ketiga atribut yang digunakan pada penelitian ini dapat mendelineasikan arah patahan dan rekahan pada reservoir karbonat *reef built up*.

**Katakunci :** Karbonat *reef built up*, Transformasi Wavelet Kontinyu (CWT)

### PENDAHULUAN

Batuan karbonat merupakan salah satu penciri adanya cadangan minyak. Biasanya batuan karbonat yang berpeluang sebagai reservoir hidrokarbon (minyak dan gas) memiliki kriteria porositas yang tinggi. Batuan reservoir karbonat berlimpah di Indonesia karena batuan ini bisa tumbuh pada daerah tropis dan laut dangkal yang dapat ditembus sinar matahari. Batuan karbonat yang memiliki banyak pori-pori atau rongga rentan terhadap patahan dan perlipatan sehingga memungkinkan terbentuknya rekahan. Reservoir sendiri memiliki arti sebagai sub-permukaan batuan yang memiliki porositas dan permeabilitas yang dapat menyimpan dan mengalirkan fluida berupa minyak dan gas (Alder, 2009).

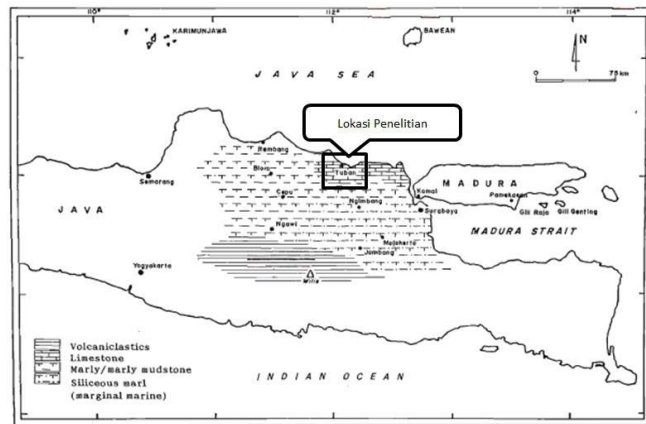
Metode geofisika yang digunakan dalam Proses eksplorasi migas adalah metode seismik. Metode ini memiliki tiga bagian yaitu akuisisi, pemrosesan dan interpretasi. Salah satu metode interpretasi adalah metode seismik atribut. Penelitian sebelumnya yaitu menganalisis dan menginterpretasikan gambaran kondisi geologi bawah permukaan adalah dengan menggunakan dekomposisi spektral dan atribut seismik yaitu amplitudo RMS (Hadi, 2006). Kemudian analisa distribusi terumbu karbonat menggunakan metode dekomposisi spektral berbasis Transformasi *Wavelet* Kontinyu (CWT) yang memiliki kemampuan akurat dalam mendeteksi karakteristik struktur reservoir di zona anomali frekuensi rendah (Nejad *et al* 2012). Interpretasi lanjutan menggunakan metode dekomposisi spektral berbasis Transformasi *Wavelet* Kontinyu (CWT) dengan variasi *Wavelet* (Wahdanadi, 2011) serta karakterisasi struktur pada zona reservoir batuan karbonat menggunakan seismik atribut *similarity* (Firdaus dkk, 2012). Dalam tesis ini hasil rekaman data seismik akan dilakukan Proses metode dan atribut yang dapat menyajikan interpretasi bersifat kualitatif dalam melihat tren warna-warna dalam atribut yang dapat diinterpretasikan sebagai rekahan yang biasa muncul sebagai struktur penyerta

akibat keberadaan patahan. Selain itu dilakukan juga analisis pendukung yaitu analisis petrofisika pada data sumur serta *log FMI* dalam interpretasi patahan dan rekahan.

Lapangan Falah merupakan salah satu lapangan minyak yang telah dikembangkan oleh PT JOB Pertamina-Petrochina East Java. Lapangan penelitian ini terletak di Cekungan Jawa Timur dengan Formasi Tuban berumur miosen awal bagian tengah. Pada tesis ini yang menjadi objek penelitian dikategorikan batuan karbonat jenis *reef built up* dan zona menarik untuk dianalisis pada reservoir karbonat yaitu berupa keberadaan zona patahan dan rekahan. Dengan menggunakan metode dekomposisi spektral berbasis Transformasi *Wavelet* Kontinyu (CWT), diharapkan menjadi metode yang dapat mendelineasikan keberadaan patahan dan rekahan pada reservoir karbonat.

### Cekungan Jawa Timur Utara

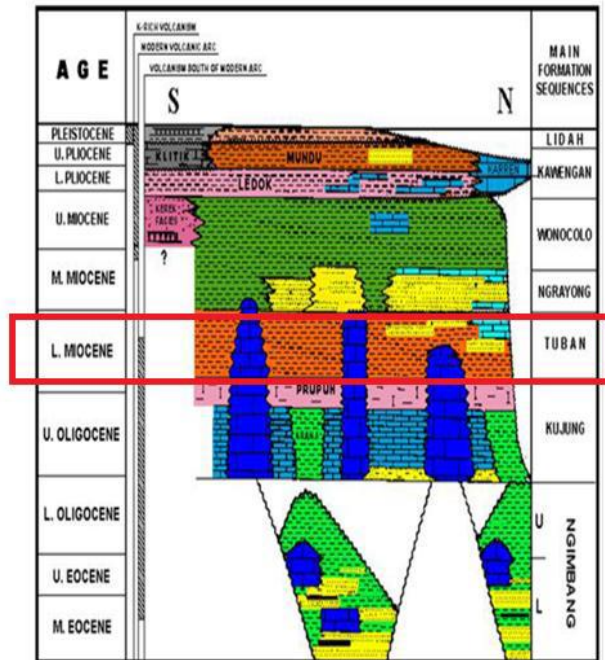
Cekungan Jawa Timur yang menjadi lokasi penelitian berada disebelah utara, berdasarkan fiografi dan kondisi geologi bagian utara jawa timur berpotensi migas serta gamping sesuai target penelitian. Sebelah baratnya dibatasi oleh busur karimunjawa dimana memisahkan dengan cekungan jawa barat utara, disebelah selatan dibatasi oleh busur vulkanik, sebelah timur dibatasi oleh lombok dan sebelah utara dibatasi oleh tinggian paternoster yang memisahkannya dengan selat makasar.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Cekungan Jawa Timur (Susilohadi,1995)

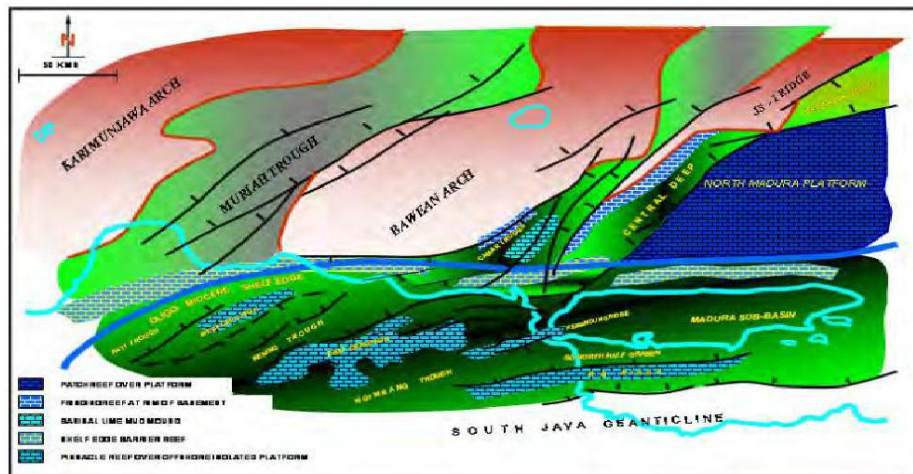
Berdasarkan posisinya cekungan jawa timur utara berumur tersier secara tektonik berada pada cekungan busur belakang (*back Arc basin*) yang terletak ditepi benua sunda yang stabil.(Panjaitan,2010)

Stratigrafi daerah penelitian terdapat pada Formasi Tuban yang tersebar luas sepanjang Cekungan Jawa Timur.Litologi penyusun formasi ini sangat bervariasi, namun ditentukan menjadi tiga litologi penyusun utama, yakni batupasir, batugamping dan serpih. Batupasir dan batugamping Formasi Tuban tersingkap baik di sebelah barat daerah Rembang sementara serpih Formasi Tuban tebal dan melimpah di bagian timur daerah Rembang. Batupasir Tuban merupakan endapan subtidal hingga intertidal, perselingan batupasir struktur bioturbasi, batulanau, dan lapisan serpih dengan fosil foraminifera besar, lapisan tipis koral dan pecahan moluska, secara khas pada bagian atas formasi. Batugamping Tuban tersingkap baik dengan arah barat-timur. Dengan litologi kandungan fosil yang kaya dan dicirikan oleh lapisan koral masif. Sementara serpih Formasi Tuban merupakan endapan masif, tak berstruktur kaya serpih hijau dan foraminifera plankton. Formasi Tuban diinterpretasikan sebagai campuran karbonat-silisiklastik paparan dengan progradasi delta yang beras



Gambar 2. Kolom Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara

Pada daerah ini banyak ditemukan jenis *reef build-up carbonate* sepanjang batas paparan.



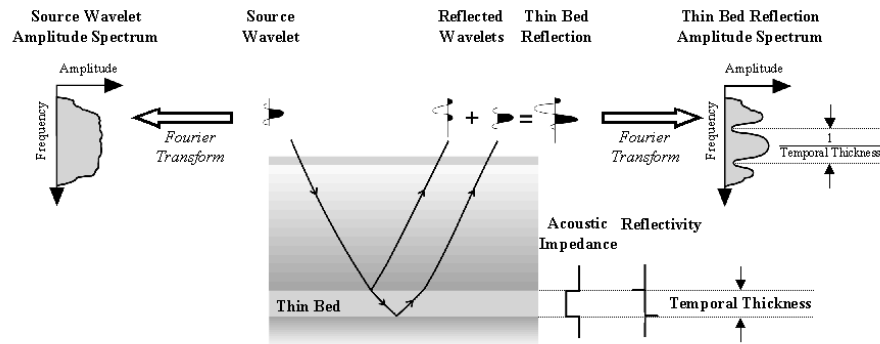
Gambar 3. Segmentasi Pengendapan Cekungan Jawa Timur (Satyana, 2003)

### Konsep Dasar Dekomposisi Spektral

Dekomposisi spektral merupakan suatu metode yang menguraikan data seismik kedalam komponen spektralnya sehingga dapat mengungkap fitur stratigrafi dan struktur yang kurang terlihat jelas pada data seismik biasa. Dengan mengubah data seismik kedalam domain frekuensi, spektrum amplitudo akan mendelineasi ketebalan lapisan (Partyka, 1999) dalam domain waktu sedangkan spektrum fase akan mengindikasikan diskontinuitas lateral.

Konsep dekomposisi spektral dibangun dengan dasar pemikiran Transformasi Fourier dimana sebuah sinyal seismik atau yang juga dapat kita sebut sebagai *Wavelet* dapat diekstrak menjadi beberapa fungsi sinus yang memiliki amplitudo, frekuensi dan

fasa sendiri atau dapat kita sebut sebagai spektrum sinyal (Munadi S.,2003), sehingga dapat dipahami dengan jelas bahwa dalam dekomposisi spektral setiap refleksi dari sebuah lapisan akan memiliki karakteristik tertentu baik amplitudo maupun frekuensinya, dimana dalam arti geologis parameter tersebut dapat mengindikasikan ketebalan suatu lapisan (Partyka, 1999).



Gambar 4. Spektral Lapisan Tipis

#### Transformasi Wavelet Kontinyu (CWT)

Teknik dalam spektral dekomposisi dalam tahap *Tuning cube* dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya *Short Time Fourier Transform* (STFT) dan *Continous Wavelet Transform* (CWT). Perbedaan antara kedua cara tersebut adalah pada CWT tidak diperlukan pengaturan lebar *window* analisis selain itu penggunaan CWT dapat memberikan respon yang berbeda antara *stasionary signal* dan *non-stasionary signal*.

CWT merupakan salah satu metoda alternatif dalam analisa sinyal. Pada CWT sinyal berdilatasi sesuai dengan prinsip bahwa frekuensi selalu berubah terhadap waktu. Perubahan terhadap waktu tersebut dapat meningkatkan atau menurunkan frekuensi, sehingga frekuensi bergeser antara frekuensi tinggi dan frekuensi rendah. Dengan demikian ketika resolusi frekuensi meningkat maka resolusi waktu menurun demikian juga sebaliknya.

*Continous Wavelet Transform* (CWT) didefinisikan sebagai *inner product* dari *famili wavelet* terhadap signal :

$$F_w(s, u) = \langle f(t), W_{u,s}(t) \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \frac{1}{s} \psi^* \left( \frac{t-u}{s} \right) dt$$

#### METODE

Analisis dan pengolahan data penelitian ini dilakukan selama 4 bulan Januari – April 2015 di **PT JOB Pertamina-Petrochina East Java**. Penelitian ini didukung dengan Tinjauan pustaka, mempelajari jurnal, buku dan situs yang terkait identifikasi patahan dan rekahan dengan metode dekomposisi spektral berbasis Transformasi Wavelet Kontinyu (CWT). Selanjutnya pengumpulan data yang dalam penelitian terdiri dari data seismik 3D *Poststack Time Migration* (PSTM) dan data sumur sebanyak 4 sumur didukung dengan *Log FMI* (*Fullbore Formation Micro Imager*).

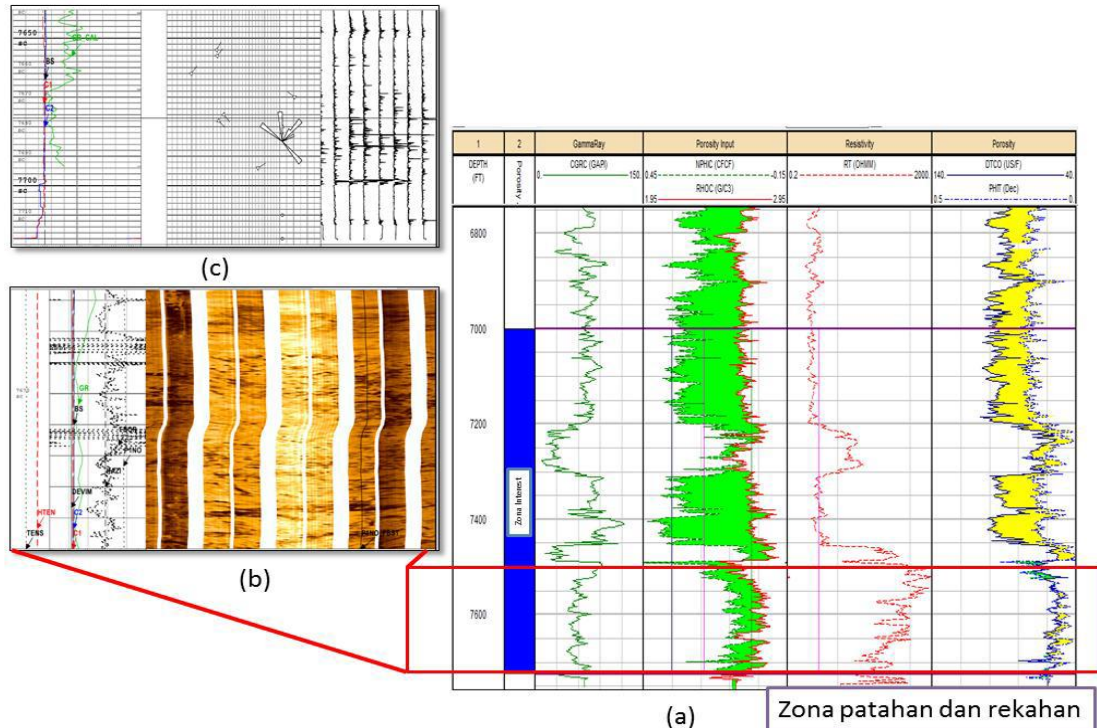
Penelitian diawali dengan Proses *Loading* data sumur dan data seismik. Selanjutnya mengecek dan mengenali keadaan data yang akan digunakan, kemudian koreksi *checkshot* dilakukan sebelum Proses pengikatan data sumur dengan data seismik karena koreksi *checkshot* merupakan Proses mengkonversi data sumur dari domain

kedalaman menjadi domain waktu, agar memiliki domain yang sama dengan data seismik. Tahap selanjutnya sebelum melakukan *Well seismik Tie* hal penting yang perlu diperhatikan dari data sumur adalah log yang sedang aktif yang akan dibuat seismogram sintetik seperti Log DT yang diterapkan *checkshot* dan Log RHOB (keadaan sebenarnya). Selanjutnya mengestimasi *Wavelet* yang akan digunakan untuk membuat sintetik seismogram setelah itu dilakukan korelasi agar terjadi pengikatan yang cukup baik.

Selanjutnya interpretasi *horizon* dilakukan dengan penelusuran jejak *horizon top* reservoir yang ditarik dari marker sumur ke dalam data seismik secara lateral dan akhirnya atribut-atribut seismik di ekstrak dengan *horizon top* reservoir hingga kedalaman 100 ms dari *horizon top* sebagai zona menarik reservoirnya. Adapun Metode yang digunakan dalam mendelineasikan keberadaan zona patahan dan rekahan antara lain adalah dengan metode dekomposisi spektral berbasis Transformasi *Wavelet* Kontinyu (CWT) untuk menunjukkan struktur patahan dan rekahan serta arahnya pada reservoir karbonat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Petrofisika dari Data log FMI



Gambar 5. Hasil Interpretasi Zona Patahan dan Rekahan pada Sumur Flh\_35; (B) *Dynamic Histogram Log FMI (Formation Micro Imaging)* pada Zona Patahan dan Rekahan pada Sumur Flh\_35; (C) *Tadpole, Dip dan Azimuth* pada Zona Patahan dan Rekahan pada Sumur Flh\_35

Pada sumur flh\_35 di zona reservoir karbonat (a) memiliki kedalaman 5800-7600 feet. *Zona interest* yaitu zona yang dianggap memiliki prospek sebagai zona yang berpotensi terdapatnya patahan dan rekahan pada sumur flh\_32. Penentuan zona tersebut berdasarkan respon kurva *log gamma ray*, *log resistivity* dan *log porosity* (NPHI dan RHOB). Pada zona *interest* keterdapatannya patahan dan rekahan berada pada kedalaman 7500-7700. Hal ini dikarenakan nilai *gamma ray* yang sangat rendah, nilai resistivitas

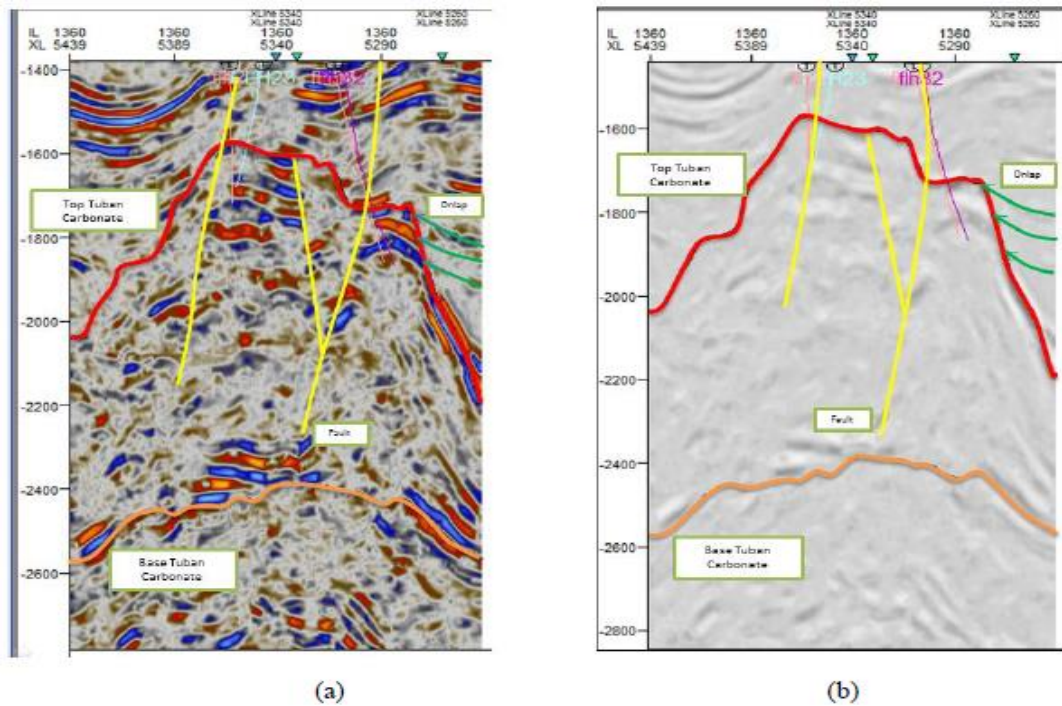
tinggi dan terdapat *crossover* pada log porositas (NPHI dan RHOB). Salah satu referensi adalah Harsono (2010) “evaluasi formasi dan aplikasi log” menyebutkan bahwa salah satu ciri terdapatnya rekahan dan gerowong yang dikenal dengan porositas sekunder pada kurva log yaitu respon porositas *sonic* cenderung lebih rendah dari porositas totalnya. Pada sumur flh\_35 nilai porositas *sonic* terlihat lebih rendah dari log porositas totalnya terlihat pada kotak merah (gambar 5.a). Dengan menggunakan *log FMI* kemudian dianalisa dengan menggunakan diagram *rose* dan *tadpole*. Diagram *rose* pada sumur flh\_35 dapat dilihat arah umum kemiringan (*dip*) patahan atau rekahan adalah berarah baratdaya-timurlaut dan memiliki azimuth  $70^{\circ}$  (gambar 5.c).

Pada *dynamic histogram* (gambar 5.b) zona patahan dan rekahan terlihat di kedalaman dari 7760-7700 *feet*. Bentuk patahan dan rekahan yang diperlihatkan oleh *dynamic histogram* berbentuk sejajar terhadap lapisan. Terlihat pada gambar 5.7 Kotak-kotak merah menandai zona rekahan, rekahan terbagi menjadi rekahan terbuka dengan warna yang gelap dan rekahan tertutup warna yang tidak gelap. Rekahan terbuka dan terisi oleh hidrokarbon dikenali dengan bagian yang berwarna gelap sedangkan rekahan tertutup atau termineralisasi tidak berwarna gelap. Bagian gelap bersifat lebih *resistive* dibandingkan yang terang. Rekahan yang terisi oleh minyak akan bersifat *resistive* dibandingkan dengan sekitarnya sehingga dalam *log FMI* akan menunjukkan warna yang lebih gelap. Dapat disimpulkan bahwa interpretasi patahan dan rekahan pada *log FMI* di kedalaman 7500-7700 sesuai dengan hasil interpretasi pada log sumur.

### **Hasil Analisis Data Seismik 3D PSTM (*Poststack Time Migration*)**

#### **Hasil Interpretasi Struktur**

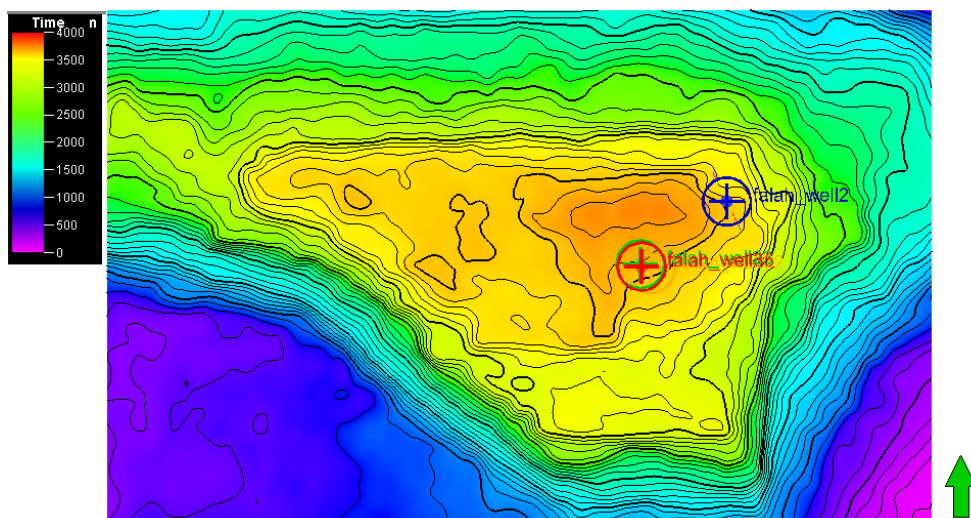
Pada penelitian ini data seismik *poststack* 3D dilakukan interpretasi struktur untuk mengevaluasi hasil atribut seismik dalam karakterisasi struktur pada zona patahan dan rekahan pada daerah penelitian. Pada penampang *inline* 1360 (gambar 5.8) dapat dilihat daerah penelitian pada formasi tuban karbonat yang terbentuk oleh perkembangan karbonat (*reef build up*). Kenampakan-kenampakan *onlap* terbentuk dari terminasi reflektor-reflektor kuat di sekitar tubuh batuan karbonat. Terminasi reflektor kuat ini menjadi batas kontak litologi antara tubuh batuan karbonat (*reef*) dengan batuan klastik lainnya.



Gambar 6 Hasil Interpretasi Struktur Menggunakan (a) Struct Smooth Dan (b) Original Seismic pada Penampang Seismic di Inline 1360

Pada gambar 6 (a) *struktur smoothing* digunakan untuk mendapatkan hasil yang baik dalam interpretasi struktur maka ketidakmenerusan *event* seismik yang diakibatkan karena oleh *noise* harus dikurangi. Sebelum dilakukan *smoothing* akan menunjukkan *Amplitude* yang masih asli namun patahan dan rekahan kurang jelas. Tampak *discontinuity* dari *seismic event* yang hanya bisa diinterpretasikan sebagai patahan. Pada top tuban karbonat terlihat adanya pola struktur antiklin akibat kompresional sehingga mengakibatkan struktur kiri cenderung naik daripada struktur kanan yang memiliki dip sejauh 70o kemungkinan itu dipengaruhi oleh patahan.

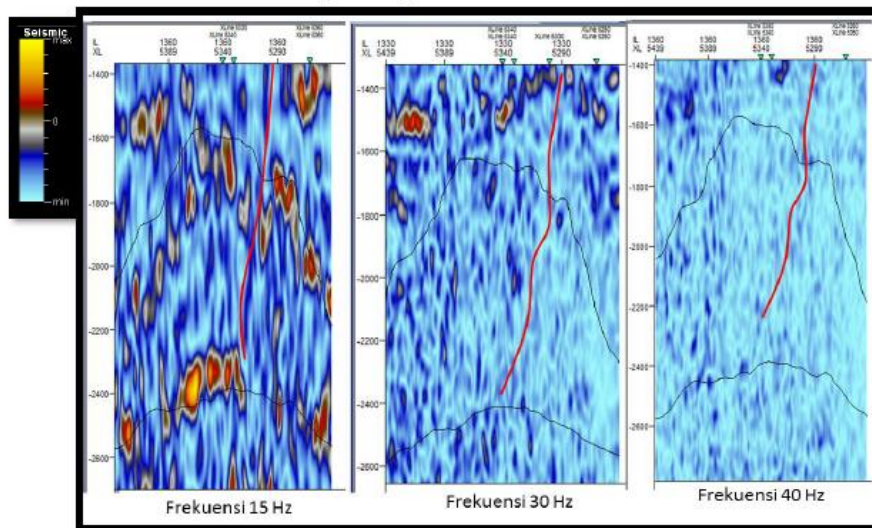
**Pembuatan Peta Struktur Waktu**



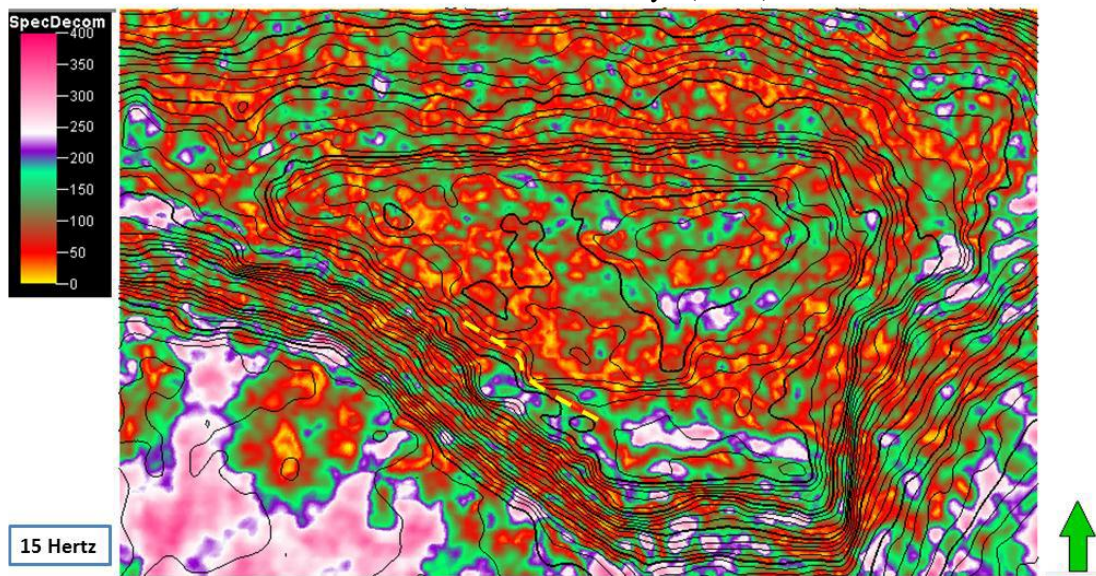
Gambar 7 Peta Struktur Waktu pada Top Tuban

Peta struktur waktu dibuat berdasarkan hasil *Picking* dari top tuban *horizon* yang ditujukan untuk melihat struktur daerah yang telah kita *Picking*. Pada peta struktur waktu (Gambar 7) menghasilkan peta kedalaman zona reservoirnya (*time*). Dengan warna-warna yang ada kita dapat mengekspresikan kedalaman (*time*), dimana warna merah dan hingga kuning merupakan daerah dengan kedalaman yang dangkal atau daerah tinggian paling atas. Semakin ke arah selatan dan timur warna berubah menjadi biru yang merupakan kedalaman yang sangat dalam. Pada warna merah kuning terjadi pertumbuhan *platform* yang tertinggi atau disebut sebagai puncak karbonat *platform*, sementara pada warna hijau hingga ungu merupakan zona rendahan *platform* yang diartikan secara fasies karbonat, zona berwarna ungu merupakan zona fasies antara *back reef* lagoon atau *fore reef/ slope* hingga *off reef* dan yang merah adalah zona *reef* itu sendiri.

### Hasil Analisis Dekomposisi Spektral Berbasis CWT

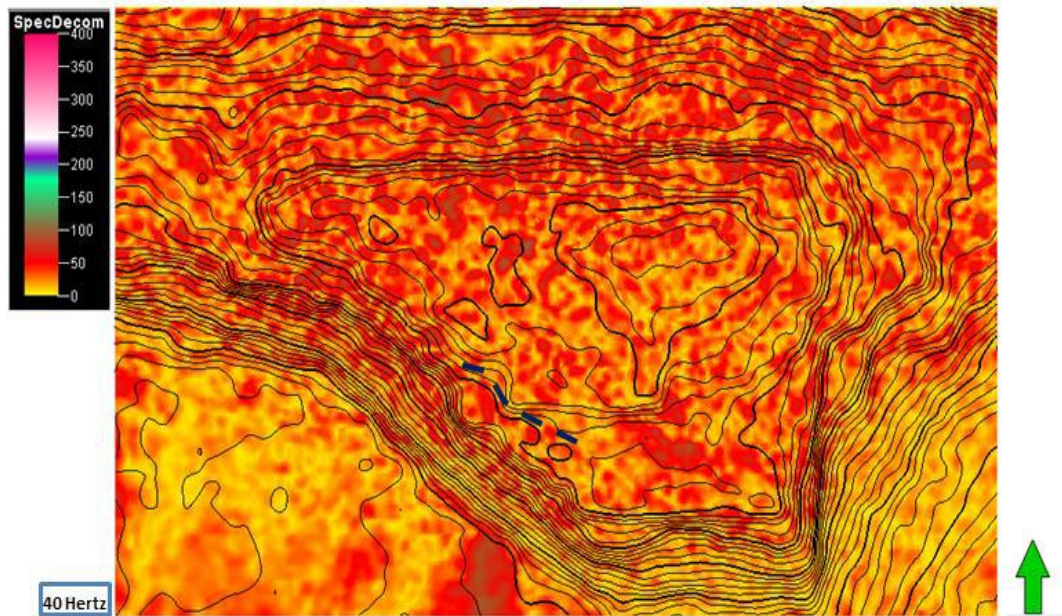


Gambar 8. Penampang Seismik pada *Inline* 1360 dengan Dekomposisi Spektral Berbasis Transformasi *Wavelet* Kontinyu (CWT)



(a)





(b)

Gambar 9. (a) *Surface Map* Hasil *Horizon Slice* Dekomposisi Spektral pada Frekuensi 15 Hz Dan (b) 40 Hz

Dari hasil analisis struktur pada 15 hz, 30 Hz dan 40 Hz. Untuk mendelineasi zona patahan dan rekahan maka dilakukan perbandingan spektral antara amplitudo pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. pada 15 hz yang dapat menunjukkan zona anomali di frekuensi rendah di sekitar patahan yang berorientasi barat laut ditandai dengan warna pink putih. Pada frekuensi 40 hz tidak terlihat anomali, karena prinsipnya dekomposisi spektral mencari anomali di frekuensi rendah, ketika mendekomposisikan frekuensi maka di frekuensi tertentu akan menunjukkan spektral *Amplitude* tinggi seperti pada warna pink putih memiliki *Amplitude* tinggi sedangkan warna kuning menunjukkan *Amplitude* rendah. Patahan yang berasosiasi dengan rekahan (garis putus-putus warna kuning pada 15 Hz dan biru tua pada 40 Hz) akan terlihat lebih jelas pada *Amplitude* rendah. Hal ini membuktikan semakin lebar kandungan frekuensi semakin detail bentuk patahan dan rekahan yang terlihat.

## PENUTUP

### Simpulan

Setelah dilakukan Proses pengolahan data dan interpretasi data seismik terhadap data sumur pada lapangan falah, maka diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

1. Terdapat *secondary porosity* pada zona *interest* yang kemungkinan adalah rekahan pada sumur flh\_35 dimana nilai dari log *sonic* lebih rendah dari porositas totalnya. Hasil tersebut juga didukung dari log *FMI* yang memperlihatkan arah umum kemiringan (dip) dari patahan atau rekahan adalah berarah baratdaya-timurlaut dan memiliki azimuth 70o.
2. Hasil dari dekomposisi spektral dapat memperlihatkan patahan dan rekahan pada reservoir karbonat terlihat lebih jelas di frekuensi tinggi 40 Hz berorientasi barat laut.

### Saran

Berikut beberapa saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Lakukan metode SPI (*Secondary Porosity Index*) untuk mengidentifikasi keberadaan secondary porosity pada *data log* sumur yang lebih akurat.
2. Untuk mendapatkan delineasi zona patahan dan rekahan yang lebih jelas perlu dilakukan integrasi dengan metode geofisika lainnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- ADler, John. (2009). **Microstructure Analyze of Carbonate Reservoir Rock at Parigi Formation (Area Palimanan-Cirebon)**, *The 3rd Asian Physics Symposium (APS 2009)*, ITB
- Maulana Hadi, Johan., dkk. (2006). **Analisis Atribut Seismik Untuk Identifikasi Potensi Hidrokarbon**. Jurusan Fisika FMIPA Universita Diponegoro. Semarang.
- Firdaus, R. Febry, dkk. (2012). **Karakterisasi Reservoir Batuan Karbonat Menggunakan Analisis Atribut Seimik Terintegrasi Pada Lapangan „WS“ Cekungan Salawati**, Papua. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* Vol.1.No.1,1-4.
- Panjaitan, Sultan. (2010). **Prospek Migas Pada Cekungan Jawa Timur Dengan Pengamatan Metode Gaya Berat**. *Buletin sumber Daya Geologi* Vol.5 No.3.
- Saadatinejad, M. R., Javaherian, A., and Sarkarinejad, K. (2012). **Investigation of the various spectral decomposition methods to detect and explore hidden complex reef reservoir structures and their hydrocarbon potentials in northwestern part of the Persian Gulf**. *Australian journal of basic and Sciencies*.
- Susilohadi. (1995). **Late Tertiary And Quarternary Geologi Of The East Java Basin Indonesia**. University of wollongo thesis collection.
- Wahdanadi, M., Februana P,A., Anofrilla. (2011). **Advanced interpretation of spectral decomposition method for estimating oil reservoir distribution; a case study**. *Jurnal Geofisika* 2011/01 ISSN:0854-4352.HAGI