



UNIVERSITAS INDONESIA

**DEKOMPOSISI SPEKTRAL MENGGUNAKAN METODE *CONTINUOUS*
WAVELET TRANSFORM (CWT) UNTUK IDENTIFIKASI
HIDROKARBON RESERVOAR BATUPASIR PADA LAPANGAN 'B'**

SKRIPSI

AHMAD FUAD SALAM

0906529546

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
2014**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ahmad Fuad Salam

NPM : 0906529546

Tanda Tangan :



Tanggal : 28 Mei 2014

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Ahmad Fuad Salam
NPM : 0906529546
Program Studi : Fisika S-1 Paralel
Judul : Dekomposisi Spektral Menggunakan Metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT) Untuk Identifikasi Hidrokarbon Reservoir Batupasir pada Lapangan 'B'

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr.rer.nat Abdul Harris ()
Pembimbing II : Dr.Ir.Agus Guntoro, Ph.d ()
Penguji I : Dr.Eng. Supriyanto, M.Sc ()
Penguji II : Reza Syahputra, S.T, M.Si ()
Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 28 Mei 2014

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur alhamdulillah bagi Allah SWT penulis panjatkan, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berupa skripsi dengan tepat waktu. Skripsi yang berjudul “ **Dekomposisi Spektral Menggunakan Metode *Continous Wavelet Transform* (CWT) Untuk Identifikasi Hidrokarbon Reservoir Batupasir pada Lapangan ‘B’** ” telah penulis selesaikan dengan baik dan sebagai salah satu syarat guna mendapatkan gelar Sarjana Sains program studi fisika peminatan geofisika di Universitas Indonesia.

Skripsi penulis kerjakan di Pusat Studi Geosains Universitas Indonesia selama tiga bulan dari tanggal 1 Februari 2014 sampai dengan 1 April 2014, penulis kerjakan dengan teliti dan sangat hati-hati agar tidak terjadi kesalahan dalam pengerjaannya. Penulis menyadari bahwa pengerjaan skripsi ini tidak mungkin terlaksana dengan baik dan lancar tanpa adanya bantuan, dukungan, semangat, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan dan menyemangati
2. Bapak Dr.Ir.Agus Guntoro,Ph.D, selaku pembimbing II, yang telah memberikan banyak waktu untuk memberikan pengarahan dan ilmu kepada penulis.
3. Bapak Dr.rer.nat Abdul Haris, selaku pembimbing I, yang telah memberikan banyak waktu untuk memberikan pengarahan dan ilmu kepada penulis.
4. Prima, Agus, Icha, dan kak Arif yang telah memberikan banyak waktu untuk memberikan pengarahan dan ilmu kepada penulis.
5. Kak Reza Syahputra, S.T, M.Si, selaku penguji II, yang telah memberikan banyak waktu untuk memberikan pengetahuan geologi daerah penelitian kepada penulis dan meluangkan waktu untuk menguji di tengah-tengah kesibukannya.

6. Bapak Dr. Eng Supriyanto, M.Sc, selaku penguji I, yang telah bersedia untuk meluangkan waktunya untuk menguji penulis di tengah-tengah kesibukannya dan masukan untuk penulisan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia yang telah memberikan ilmu semenjak penulis mengawali studi di Departemen Fisika sampai pengerjaan tugas akhir ini
8. Seluruh Karyawan Sekretariat Departemen Fisika, terutama kepada Mbak Ratna, yang telah banyak membantu penulis dalam hal mengurus surat-surat dan semua kesekretariatan terkait pelaksanaan sidang tugas akhir dan Sidang Sarjana.
9. Kak Andy, dan Kak Gayatri yang telah memberikan banyak ilmu dan membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.
10. Tresno, Pongo, Ega, Yudha, Gamma, Aby, Tyo, Dimas, Redo, Fadli, Edo, Yadi, Aji, Oblo, Fikky, Wan, dan lain lain yang telah sangat membantu penulis dalam mengerjakan skripsi ini
11. Teman-teman Fisika angkatan 2009, 2010, 2008 yang telah memberikan semangat dan dukungannya kepada penulis.
12. Dwi Ardini Pratiwi yang telah sangat membantu, memberikan semangat, dan dukungannya kepada penulis.
13. Semua pihak yang membantu dan mengarahkan penulis dalam melaksanakan tugas akhir dan penulisan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu

Semoga Allah membalas semua kebaikan semua pihak diatas dengan sebaik-baiknya balasan. Penulis menyadari, tentunya dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Depok, 28 Mei 2014

Ahmad Fuad Salam

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda-tangan dibawah ini :

Nama : Ahmad Fuad Salam
NPM : 0906529546
Program Studi : S-1 Fisika Paralel
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pembangunan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalti-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

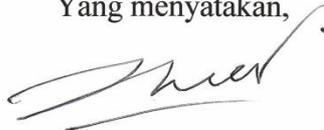
**DEKOMPOSISI SPEKTRAL MENGGUNAKAN METODE *CONTINUOUS*
WAVELET TRANSFORM (CWT) UNTUK IDENTIFIKASI
HIDROKARBON RESERVOAR BATUPASIR PADA LAPANGAN 'B'**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 28 Mei 2014

Yang menyatakan,



Ahmad Fuad Salam

ABSTRAK

Nama : Ahmad Fuad Salam

Program Studi : Fisika

Judul Skripsi : Dekomposisi Spektral Dengan Menggunakan Metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT) Untuk Identifikasi Hidrokarbon Reservoir Batupasir pada Lapangan 'B'

Pulau Kalimantan merupakan pulau yang memiliki aktivitas tektonik yang cenderung stabil. Hal ini mengakibatkan pulau ini dapat menjadi reservoir hidrokarbon yang baik. Lapangan 'B' terletak di Kalimantan timur dan berada pada cekungan Tarakan yang merupakan salah satu cekungan intrakraton di Indonesia. Pada lapangan 'B' telah ditemukan hidrokarbon berupa gas di sumur 'M'. Gas ditemukan pada interval kedalaman 1800 - 1900 m. Hasil ini merupakan dasar untuk tahapan pengembangan suatu lapangan gas 'B' guna mengoptimalkan produksi. Dalam upaya mengoptimalkan produksi gas dibutuhkan pengeboran sumur tambahan di lapangan 'B'. Akan tetapi pengeboran sumur memakan biaya yang sangat mahal sehingga pengeboran harus tepat sasaran. Agar pengeboran tepat sasaran perlu dilakukan pendekatan terhadap persebaran hidrokarbon gas pada reservoir. Hidrokarbon gas lebih mudah teridentifikasi dengan metode dekomposisi spektral karena sifat dari gas yang akan mengatenuasi gelombang dengan frekuensi tinggi. Penelitian ini menggunakan dekomposisi spektral untuk menentukan persebaran gas dengan mengamati pola dari respon frekuensi. Berdasarkan hasil analisa dekomposisi spektral diperoleh persebaran hidrokarbon gas pada reservoir batu pasir formasi Tarakan berada pada bagian barat laut dan selatan yang memiliki potensi yang menjanjikan.

Kata Kunci : dekomposisi spektral, hidrokarbon, gas

Halaman : xii + 48

ABSTRACT

Name : Ahmad Fuad Salam
Department : Physics
Tittle : Spectral Decomposition Based on Continous Wavelet Transform (CWT) to Identify Hydrocarbon Sandstone Reservoir at 'B' Field

Kalimantan is an island with stable tectonic activity. So this island has high potential to be good hydrocarbon reservoir. 'B' field is located in the Tarakan basin eastern Kalimantan. In 'B' field hydrocarbon gas was found at 'M' well. Gas was found in the depth between 1800-1900 m. These results are the basis for the development of 'B' gas field in order to optimize production. To optimize production we must drilling another wells in this field. Because of drilling cost are very expensive, so drilling should be right on target. to make drilling precise we need representation of distribution hydrocarbon gas in the reservoir. Hydrocarbon gas more easily identified by spectral decomposition method because gas will attenuated with increasing frequency. This study uses spectral decomposition to determine the distribution of gas by observing the pattern of the frequency response. Based on spectral decomposition result, distribution of hydrocarbon gas detected in Northwest and Southern field on sandstone reservoir Tarakan formation.

Key word : spectral decomposition, hydrocarbon, gas
Pages : xii + 48

DAFTAR ISI

BAB I

PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Tujuan Penelitian.....	3
1.3	Batasan Masalah.....	3
1.4	Metodologi.....	3
1.5	Sistematika Penulisan.....	6

BAB II

TEORI DASAR

2.1	Geologi Regional.....	7
2.1.1	Cekungan Tarakan.....	8
2.1.2	Sejarah Tektonik dan Pengendapan.....	10
2.1.3	Sistem Petroleum di Cekungan Tarakan.....	13
2.1.3.1	Batuan Induk.....	13
2.1.3.2	Migrasi.....	14
2.1.3.3	Reservoar.....	14
2.1.3.4	Jebakan.....	14
2.1.3.5	Seal.....	14
2.2	Dekomposisi Spektral.....	15
2.2.1	<i>Short Time Fourier Transform (STFT)</i>	18
2.2.2	<i>Continous Wavelet Transform (CWT)</i>	19

BAB III

PENGOLAHAN DATA DAN INTERPRETASI

3.1	Ketersediaan Data.....	23
3.1.1	Data Seismik.....	23
3.1.2	Data Sumur.....	24
3.2	Pengolahan Data.....	27
3.2.1	Input Data.....	27
3.2.2	<i>Seismic Well Tie</i>	28
3.2.3	Interpretasi Seismik.....	30
3.2.4	Dekomposisi Spektral.....	33

BAB IV

ANALISIS

4.1	Indikasi Pada Data Seismik.....	38
4.2	<i>Zona Interest</i>	40
4.3	Dekomposisi Spektral.....	42

BAB V

PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA	47
-----------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alur penelitian.	5
Gambar 2.1 Cekungan di Kalimantan (Satyana et all. 1999)	7
Gambar 2.2 Tektonik Tarakan Basin, dan pembagian sub basin (Pertamina BPPKA. 1996).....	9
Gambar 2.3 <i>Cross section</i> Tarakan basin (Satyana et al. 1999).....	9
Gambar 2.4 Tectono stratigrafi regional cekungan Tarakan menunjukan litostatigrafi dan chronostratigrafi (Elen. 2008)	11
Gambar 2.5 Distribusi penyebaran fasies daerah sub-cekungan Tarakan (Pertamina BPPKA. 1996)	12
Gambar 2.6 Efek frekuensi tuning pada peta permukaan (hijau 30 Hz, merah 15 Hz) (Laughlin et.al. 2003)	15
Gambar 2.7 Spektrum amplitudo yang memiliki kandungan fluida berbeda dari sumur yang sama (Burnett and Castagna, 2004)	16
Gambar 2.8 spektrum amplitudo dari lima zona maker (Wahdanadi dkk, 2011) 17	
Gambar 2.9 Skema diagram hubungan ketidak pastian dengan waktu-frekuensi dalam STFT (Matlab, 2009).....	20
Gambar 3.0 Skema diagram hubungan ketidak pastian dengan waktu-frekuensi dalam CWT (Matlab,2009)	20
Gambar 3.1 Lintasan pengukuran seismik (biru), lokasi sumur ‘M’ (lingkaran hitam).....	23
Gambar 3.2 <i>Well Summary</i> sumur ‘M’, lingkaran kuning menunjukan keberadaan gas.....	25
Gambar 3.3 <i>Well Log</i> sumur ‘M’ di sekitar zona target.	26
Gambar 3.4 Letak sumur ‘M’ pada lintasan seismik (tanda panah merupakan lintasan terdekat dengan jarak 469 m).....	27

Gambar 3.5 <i>Seismic well tie</i> dan <i>wavelet</i> dengan nilai korelasi sebesar 0.637 ...	29
Gambar 3.6 Hasil interpretasi seismik pada lintasan 908_SP_0600_0097 dengan sumur 'M'	30
Gambar 3.7 <i>Time structure map</i> formasi Tarakan.....	31
Gambar 3.8 Patahan dan <i>brightspot</i> pada <i>seismic line</i> 908_SP_0600_0097.....	32
Gambar 3.9 Frekuensi dominan data seismik (800-900 ms)	34
Gambar 3.10 Perbandingan ketiga jenis <i>wavelet</i> pada tras 373.	34
Gambar 3.11 <i>Time frequency spectrum</i> Mexican hat lintasan 908_SP_0699_0097 pada tras 373	35
Gambar 3.12 <i>Magnitude vs frequency</i> pada kedua <i>brightspot</i>	35
Gambar 3.13 Dekomposisi spektral (CWT) frekuensi 18 hz di line 908_SP_0600_0097.....	36
Gambar 3.14 Dekomposisi spektral 18 hz sepanjang horison <i>base</i> Tarakan.	37
Gambar 4.1 <i>Brightspot</i> dan patahan pada formasi Tarakan.	39
Gambar 4.2 Data <i>log</i> pada zona target (<i>brightspot</i> 1 dan <i>brightspot</i> 2)	41
Gambar 4.3 Dekomposisi spektral pada frekuensi 18 hz.	43
Gambar 4.4 Dekomposisi spektral pada frekuensi 22 hz.	43
Gambar 4.5 Dekomposisi spektral pada frekuensi 35 hz.	44
Gambar 4.6. Dekomposisi spektral 18 hz sepanjang horison <i>bottom</i> Tarakan....	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

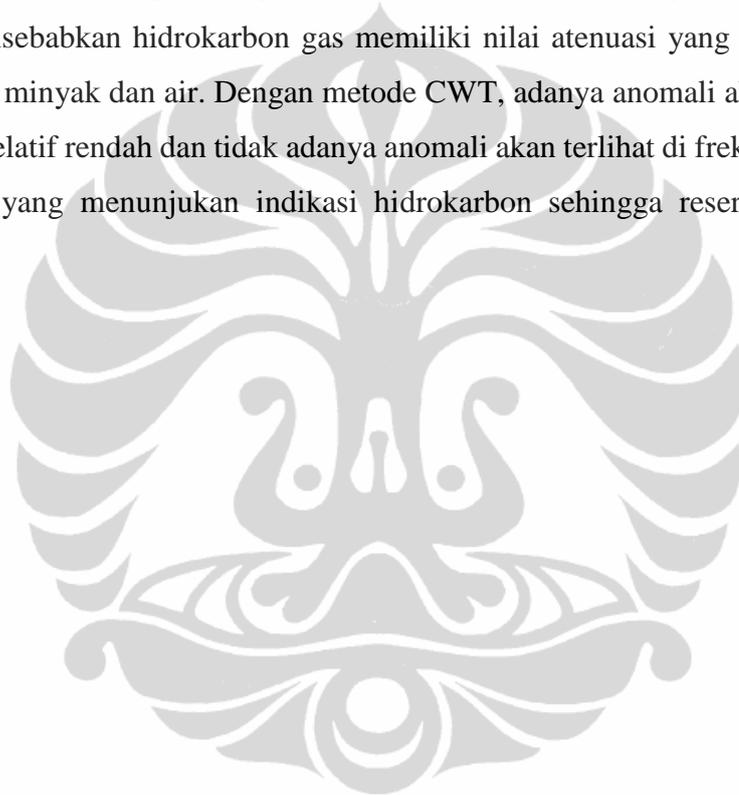
Hingga saat ini minyak dan gas merupakan sumber energi utama dan sangat dibutuhkan. Pertumbuhan penduduk yang amat pesat mengakibatkan kebutuhan energi migas semakin bertambah seiring dengan berjalannya waktu sehingga perlu dilakukan usaha – usaha dalam meningkatkan produksi minyak dan gas. Salah satu usahanya adalah dengan memetakan permukaan bawah tanah menggunakan metode geofisika. Metode geofisika yang tepat untuk memetakan keberadaan migas yaitu metode seismik. Metode seismik tidak hanya dapat memetakan perlapisan bawah permukaan tanah dengan jelas, namun juga memiliki resolusi yang paling baik jika dibandingkan dengan metode geofisika lainnya yang digunakan untuk melihat jebakan hidrokarbon.

Data dari survey seismik yang kita dapatkan di permukaan digunakan untuk memetakan bawah permukaan tanah, akan tetapi data tersebut masih berada dalam domain waktu sehingga dibutuhkan data sumur yang berdomain kedalaman. Dengan adanya pengikatan data sumur dan data seismik, kita dapat memastikan kedalaman suatu lapisan. Kedua data tersebut umumnya digunakan untuk penentuan kondisi dan pengembangan reservoir itu sendiri. Untuk memperjelas indikasi hidrokarbon di reservoir, diperlukan metode lanjutan. Salah satunya adalah metode dekomposisi spektral, yaitu metode yang dapat mendekomposisikan sinyal seismik menjadi *spectrum* dan komponen frekuensi.

Metode yang pertama kali digunakan dalam dekomposisi spektral adalah *Short Time Fourier Transform* (STFT) (Cohen, 1995). Akan tetapi, metode ini memiliki kelemahan resolusi temporal dalam *fixed window* sehingga metode ini digantikan dengan metode transformasi *wavelet* yang dapat memroyeksikan sinyal dalam skala waktu. Metode *Short Time Fourier Transform* (STFT) juga memiliki kekurangan yaitu, memiliki keluaran dalam domain waktu sehingga harus mengubahnya kembali dalam domain frekuensi.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dilakukan metode *Continouns Wavelet Transform* (CWT). Kelebihan metode *Continouns Wavelet Transform* (CWT) adalah metode ini tidak bergantung pada lebar *window* karena merupakan pengembangan dari metode STFT sehingga menghasilkan resolusi yang lebih baik untuk kasus data seismik.

Lapisan batu pasir memiliki nilai porositas yang relatif tinggi sehingga lapisan ini dapat berisi air, minyak, ataupun gas. Hidrokarbon gas biasanya lebih mudah teridentifikasi dengan menggunakan metode CWT dibandingkan minyak dan air. Hal ini disebabkan hidrokarbon gas memiliki nilai atenuasi yang lebih besar dibandingkan minyak dan air. Dengan metode CWT, adanya anomali akan terlihat di frekuensi relatif rendah dan tidak adanya anomali akan terlihat di frekuensi yang lebih tinggi, yang menunjukkan indikasi hidrokarbon sehingga reservoir dapat diidentifikasi.



1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari dan memahami tahapan-tahapan metode dekomposisi spektral
2. Mengidentifikasi keberadaan hidrokarbon pada lapisan batu pasir menggunakan metode dekomposisi spektral berbasis *Continuous Wavelet Transform* (CWT)
3. Melakukan interpretasi data seismik yang mengacu pada model lapisan batu pasir yang prospektif.
4. Memetakan penyebaran hidrokarbon gas di lapisan reservoir batu pasir

1.3 Batasan Masalah

Karakterisasi reservoir pada penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Data seismik yang digunakan adalah data seismik 2D.
2. Identifikasi hidrokarbon menggunakan metode dekomposisi spektral *Continuous Wavelet Transform* (CWT).
3. Studi terfokus pada identifikasi hidrokarbon reservoir batu pasir.

1.4 Metodologi

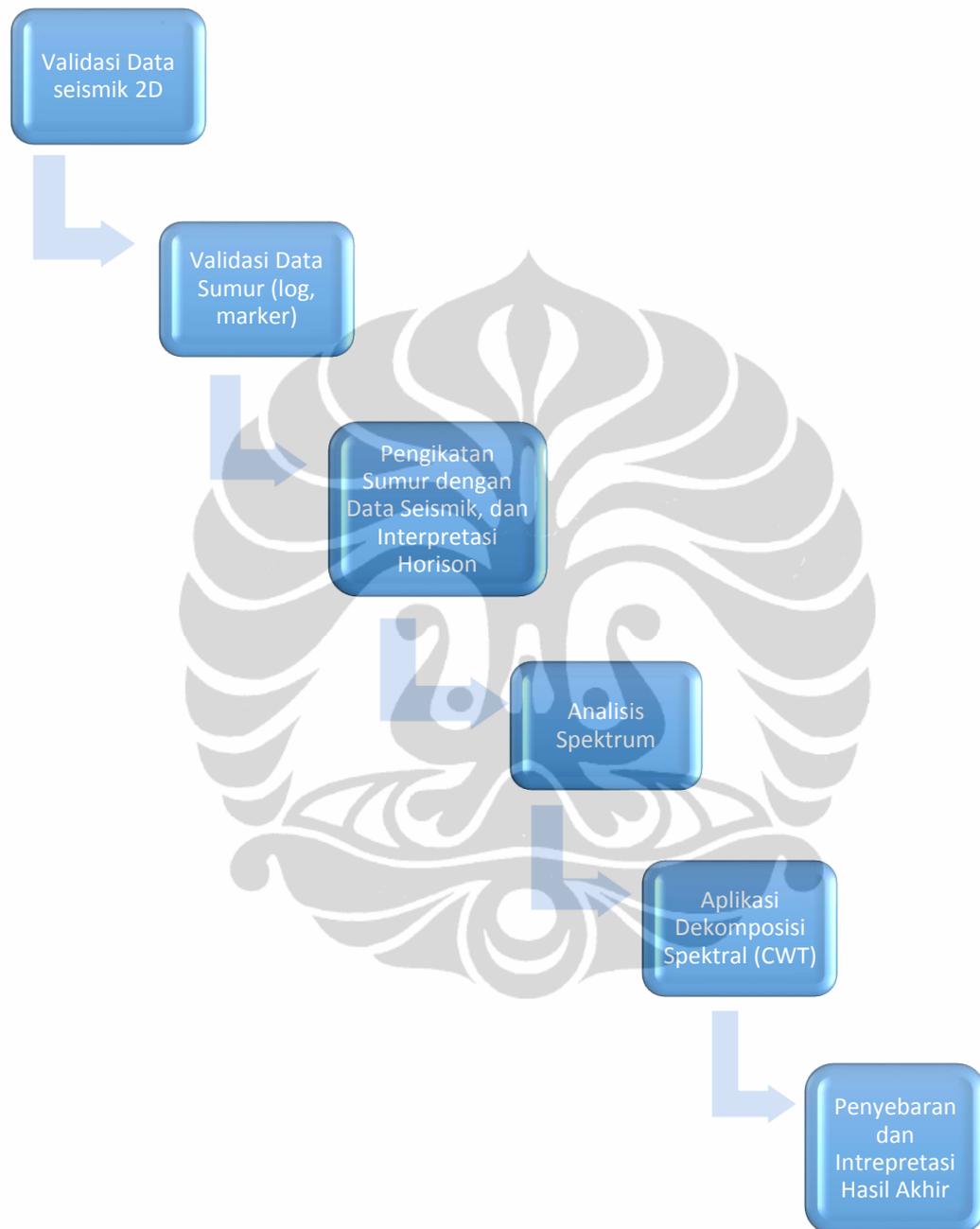
Penelitian ini menggunakan data seismik *post-stack* 2D, data sumur, dan data *chekshot*. Secara garis besar, tahap pengerjaan dimulai dari validasi data seismik 2D. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam menginput data seismik terdapat di *trace header*. Info yang terdapat di dalam *header* tersebut seperti lokasi sumber getaran, CDP, lokasi *receiver*, dan *offset*. Setelah berhasil memasukkan data seismik dilanjutkan dengan menginput data sumur. Hal- hal yang perlu diperhatikan dalam menginput data sumur terdapat di *header log*. Data yang terdapat di *header log* seperti lokasi sumur, posisi KB (*Kelly Bushing*), dan *surface elevation*. Data *chekshot* digunakan untuk mengikat antara data seismik yang berdomain waktu dengan data sumur yang berdomain kedalaman.

Selanjutnya penulis melakukan interpretasi horison. Pada tahap ini dilakukan korelasi data sumur dalam domain kedalaman terhadap data seismik

dengan domain waktu, korelasi ini sangatlah penting untuk mengintegrasikan antara data geologi dan data geofisika sehingga dapat menjadi acuan untuk melakukan interpretasi horison dan identifikasi struktur. Proses ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak bernama Petrel dan HRS.

Setelah mendapatkan zona target dari *cross over* data sumur antara NPHI dan RHOB, pengaplikasian dekomposisi spektral dilakukan. Pengaplikasian dilakukan dengan menggunakan salah satu metode dekomposisi spektral yaitu *Continous Wavelet Transform* (CWT), yang merupakan suatu proses untuk menguraikan sinyal seismik ke dalam frekuensi-frekuensi tertentu sehingga dapat dilihat respon masing-masing frekuensi pada reservoir batu pasir yang diduga mengandung keberadaan hidrokarbon. Hidrokarbon berupa gas diindikasikan dengan melihat anomali pada frekuensi rendah dan menghilangnya anomali di frekuensi tinggi. Metode dekomposisi spektral merupakan metode yang bersifat kualitatif dan perangkat lunak yang digunakan dalam metode ini adalah *OpenTect*.

Tahapan selanjutnya adalah interpretasi hasil akhir. Interpretasi hasil akhir dilakukan dengan melihat hasil dan bukti-bukti yang didapat dari proses sebelumnya dan juga didasarkan dari pengetahuan sifat fisis reservoir hidrokarbon dari teori peneliti terdahulu. Alur metode penelitian akan digambarkan pada **(Gambar 1.1)**.



Gambar 1.1 Alur penelitian.

1.5 Sistematika Penulisan

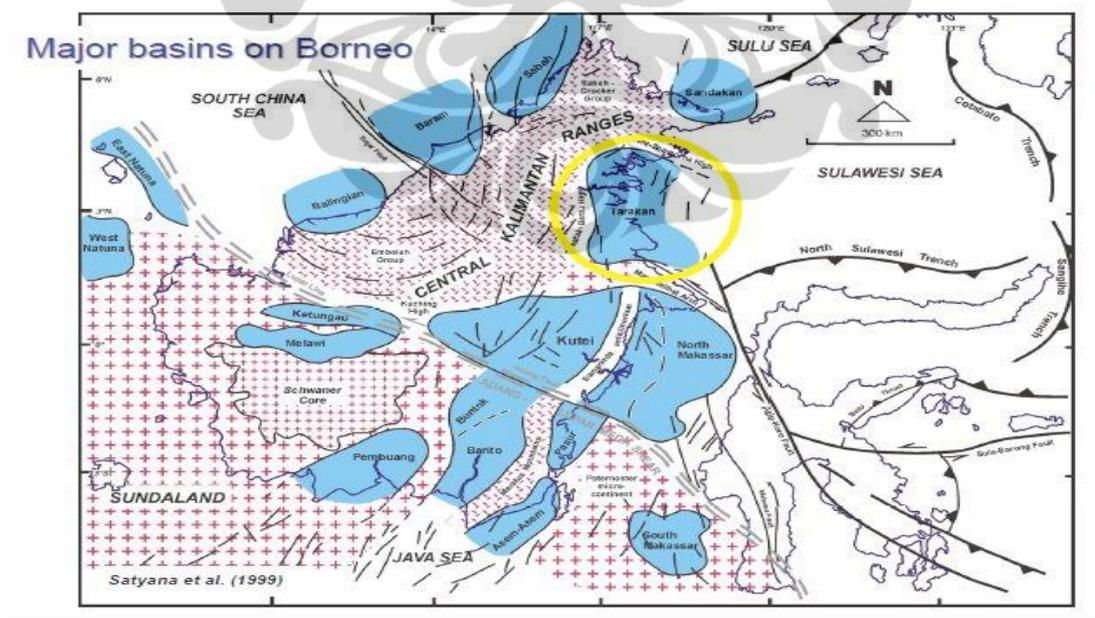
Sistematika penulisan tugas akhir ini terbagi dalam beberapa bab yang secara singkat dijelaskan sebagai berikut:

- BAB I berisi pendahuluan. Bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, waktu dan tempat, perencanaan kegiatan, dan sistematika penulisan laporan studi.
- BAB II berisi tinjauan pustaka yang akan membahas mengenai teori-teori dasar dekomposisi spektral penelitian dari peneliti terdahulu dan juga geologi regional pada daerah penelitian. Pembahasan ini merangkum struktur dan stratigrafi regional daerah penelitian.
- BAB III berisi tentang pengolahan data dan interpretasi. Pembahasan ini membahas data dan pengolahannya, yaitu berupa data seismik, data sumur, interpretasi horison, pengikatan data sumur, korelasi data sumur, dan pengolahan data spektral dekomposisi.
- BAB IV berisi tentang analisis serta pembahasan dari pengolahan data.
- BAB V adalah penutup. Bab ini menjelaskan kesimpulan terhadap hasil studi dan saran guna mendapatkan hasil yang baik dan optimal.

BAB II TEORI DASAR

2.1 Geologi Regional

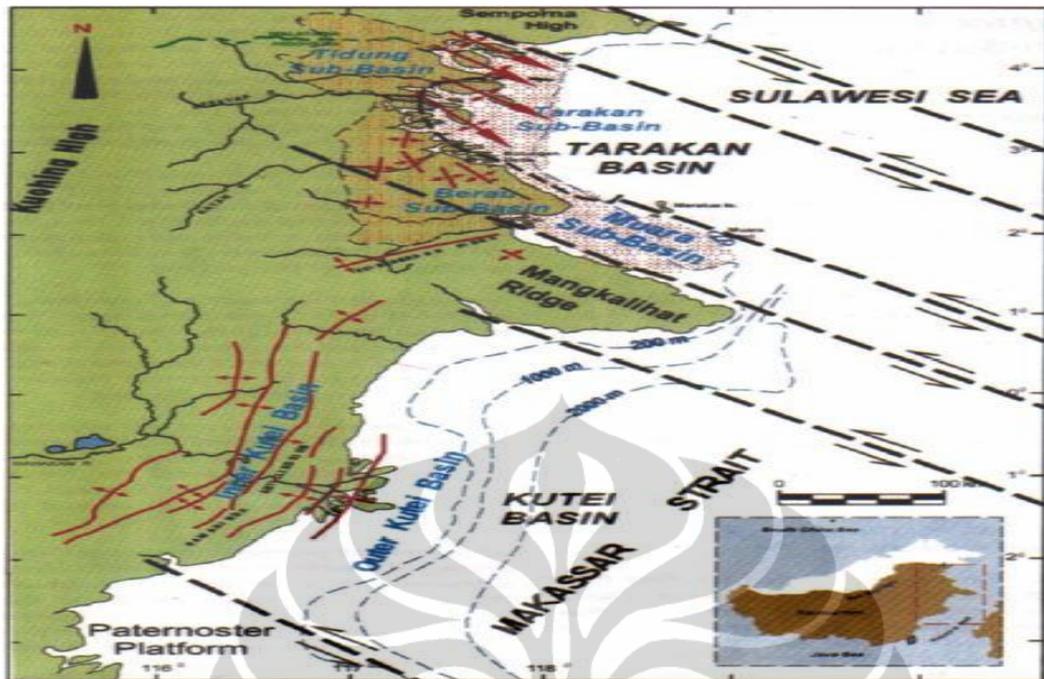
Pulau Kalimantan merupakan satu-satunya pulau di Indonesia yang tidak mengalami kontak langsung dengan aktivitas tektonik zona subduksi. Pulau ini termasuk pulau yang memiliki aktivitas tektonik yang cenderung stabil. Hal tersebut mengakibatkan pulau Kalimantan dapat menjadi reservoir hidrokarbon yang baik. Pulau Kalimantan memiliki banyak cekungan yang tersebar di bagian utara, timur, selatan, maupun barat (**Gambar 2.1**). Daerah penelitian ini berada di daerah Cekungan Tarakan yang merupakan cekungan intra kraton (*intracratonic basin*) di Indonesia. Pembentukan cekungan terjadi selama periode Neogen, ketika terjadi proses penurunan cekungan, dan proses sedimentasi yang bersifat transgresif, dan dilanjutkan bersifat regresif di kala Miosen tengah (Barber, 1985). Hal ini menjadikan pembentukan delta berjalan sebagai pembentuk perangkap minyak bumi.



Gambar 2.1 Cekungan di Kalimantan (Satyana et al. 1999)

2.1.1 Cekungan Tarakan

Sekitar 75 persen dari Cekungan Tarakan berada di *offshore*, letaknya berada di sebelah barat dari Pulau Sulawesi. Bagian *onshore* Cekungan Tarakan berada di sebelah utara dari Kalimantan Timur, bagian utara dibatasi oleh Semenanjung Semporna, di batas wilayah Indonesia dan Malaysia. Pada bagian selatan dibatasi oleh Semenanjung Mangkalihat, yang juga membagi Cekungan Kutei dan Cekungan Tarakan di bagian selatan (**Gambar 2.2**). Luas area dari Cekungan Tarakan sekitar 26.151 km² dengan volume sedimen kira-kira sebesar 48.280 km³ (John Kingston 1988). Cekungan Tarakan merepresentasikan *passive deltaic margin* di mana Sesayap dan sungai lainnya mentransportasikan sedimen berbutir halus ke arah Selat Makasar bagian utara. Dari data anomali magnetik, cekungan ini terjadi akibat pemekaran lantai samudra dengan asosiasi patahan geser ke arah barat laut (Letini, darman 1996). (**Gambar 2.3**) menunjukkan struktural *cross section* dari Cekungan Tarakan. Terlihat bahwa proses sedimentasi di Cekungan Tarakan dikontrol oleh pertumbuhan patahan utara – selatan.



Gambar 2.2 Tektonik Tarakan Basin, dan pembagian sub basin (Pertamina BPPKA, 1996)

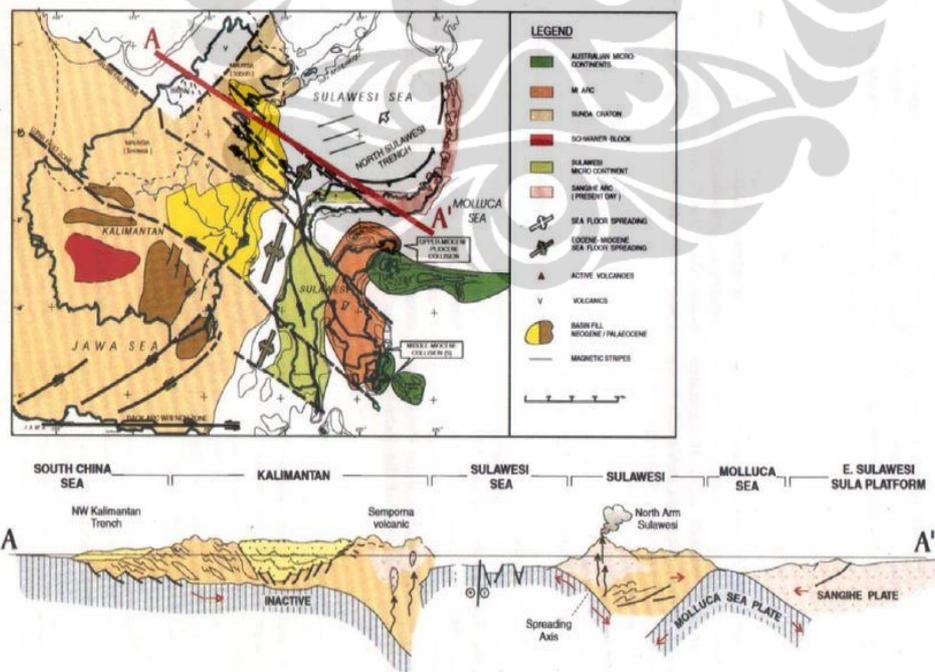


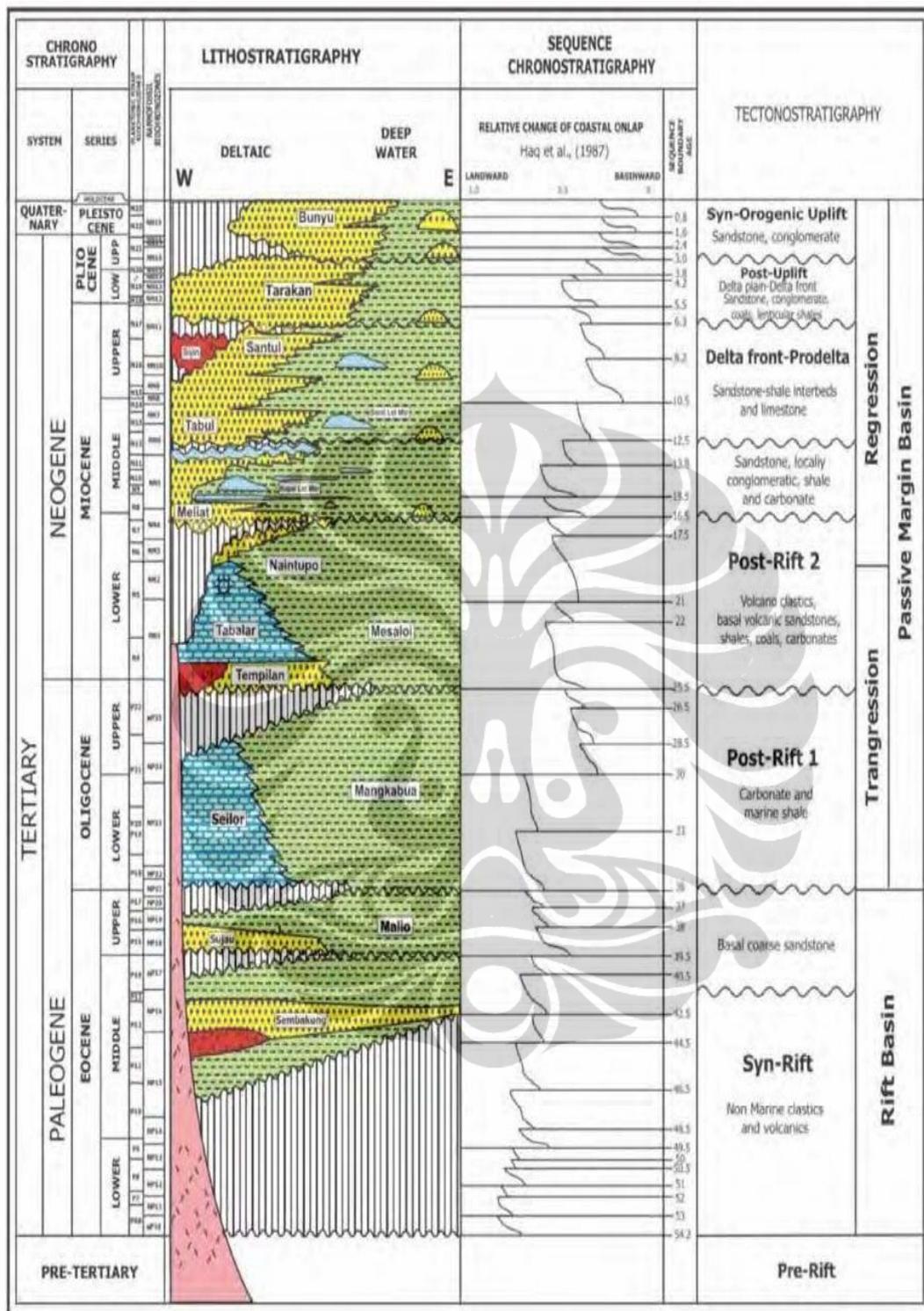
FIGURE 6 - Tectonic Elements of Kalimantan and Sulawesi Island. The cross section shows the movements in this region (modified after Tangkul, 1991 & Rangin, 1991).

Pertamina BPPKA (1999)

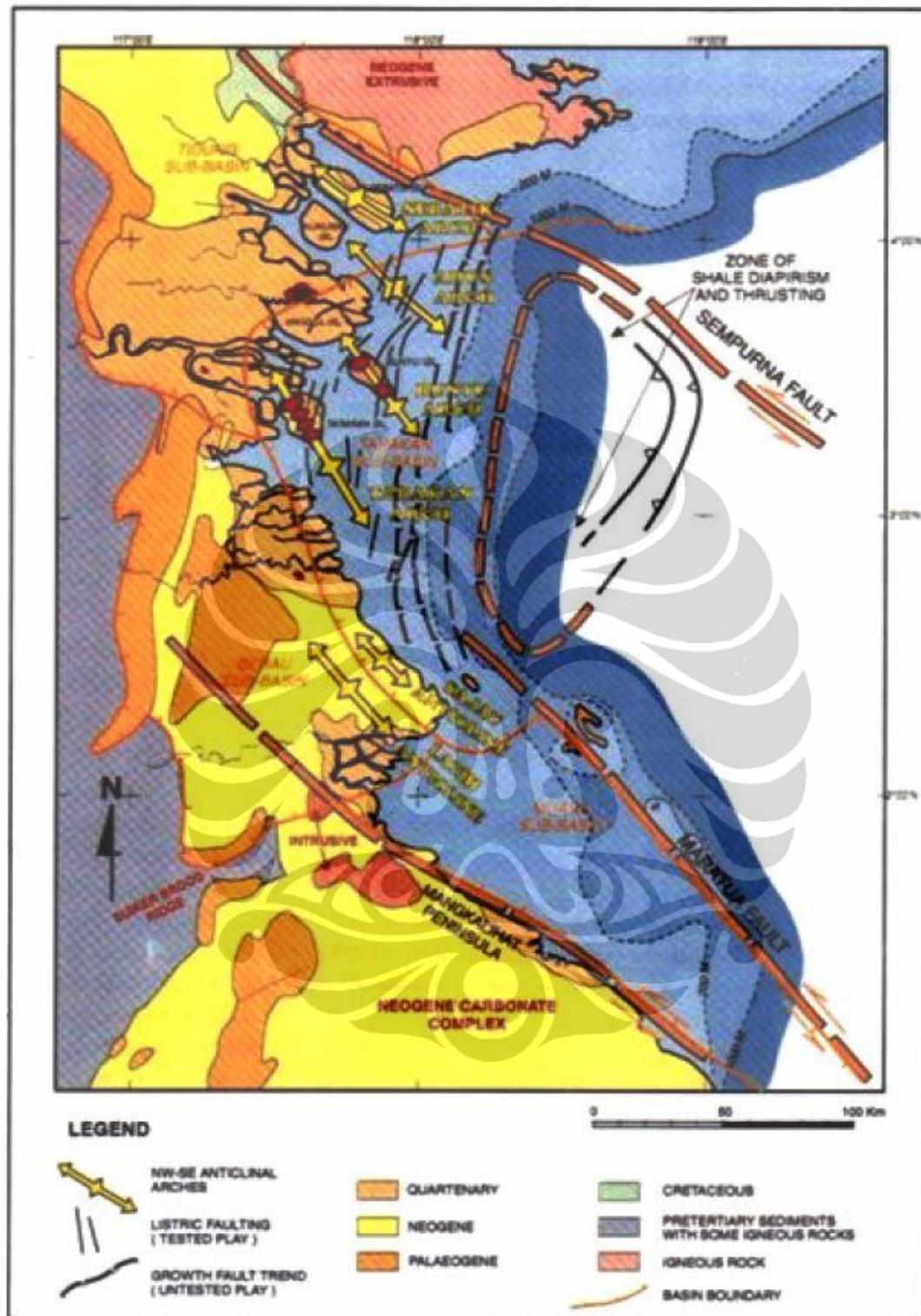
Gambar 2.3 Cross section Tarakan basin (Pertamina BPPKA)

2.1.2 Sejarah Tektonik dan Pengendapan

Struktur Sub-cekungan Tarakan terbentuk secara bertahap. Peristiwa tektonik tersebut juga menghasilkan pengendapan sedimen. Konfigurasi struktur berawal dari proses *rifting* yang terjadi pada masa Eocene awal. Tektono stratigrafi di Sub-cekungan Tarakan terbagi dalam tiga fase yaitu fase *pre-rift*, *syn-rift*, dan *post-rift*. Pada fase *post-rift* Sub-cekungan Tarakan menjadi *passive margin* yang terbagi dalam fase transgresi dan regresi (Ellen, et all, 2008). Di tahap *pre-rift* stratigrafi wilayah ini dialasi batuan dasar formasi danau yang merupakan batuan metamorf. Pada tahap ini konfigurasi struktur diawali oleh proses *rifting* selama Eosen awal, kemudian terjadinya *uplift* di bagian barat pada periode Eosen tengah mengakibatkan erosi di puncak tinggian Sekatak. Tahap ini menjadi awal pengendapan siklus ke-1 dan berlanjut ke siklus ke-2 (Biantoro, et all, 1996). Arah dari patahan normal selama *rifting* ini relatif ke arah barat daya - timur laut. Pada tahap selanjutnya yaitu tahap *syn-rift*, sedimentasi berlangsung pada periode Eosen dari formasi Sembakung dan Sujau. Pada masa Oligosen sampai Miosen awal, sedimen dari formasi Seilor, Mankabua, Tempilan, Talabar, Mesaloi, dan Naintupo terendapkan. Formasi-formasi tersebut terendapkan setelah tahapan *post-rift* 1 dan *post-rift* 2 dan terjadi ketidakselarasan pada pengendapannya. Tahapan tersebut berlangsung pada fase transgresi. Formasi Meliat, Tabul, Santul, Tarakan, dan Bunyu terjadi pada fase regresi. Pengendapan yang berlangsung cepat pada formasi Santul menyebabkan penambahan pembebanan sehingga terjadi re-juvenasi. Patahan ini berlanjut hingga umur Pliosen dengan pengendapan siklus ke 4 pada formasi Tarakan. Selama Pliosen akhir sampai Pleitosen, aktivitas tektonik berubah menjadi kompresi, akibatnya terjadi patahan geser, mono-antiklin, dan patahan naik. Selama proses ini, terjadi pengendapan formasi Bunyu. Tektono stratigrafinya dapat dilihat pada (**Gambar 2.4**) dan distribusi fasiesnya dapat dilihat pada (**Gambar 2.5**).



Gambar 2.4 Tectono stratigrafi regional cekungan Tarakan menunjukkan litostatigrafi dan chronostratigrafi (Elen. 2008)



Gambar 2.5 Distribusi penyebaran fasies daerah sub-cekungan Tarakan (Pertamina BPPKA, 1996)

2.1.3 Sistem Petroleum di Cekungan Tarakan

Sistem petroleum adalah penjelasan tentang distribusi hidrokarbon dari batuan induk hingga ke batuan reservoir. Sistem petroleum meliputi batuan induk yang merupakan sumber dari hidrokarbon, lalu hidrokarbon bermigrasi ke batuan reservoir dan terjebak di jebakan yang membuat hidrokarbon terakumulasi pada suatu tempat, dan juga penjelasan tentang seal yang membuat hidrokarbon tidak bermigrasi ke lapisan lain.

2.1.3.1 Batuan Induk

Berdasarkan analisa geokimia, batuan sumber pada Lapangan 'B' adalah *shale* yang kaya akan karbonat organik dan *coal* pada formasi Meliat dan Tabul. *Shale* karbonat pada formasi ini didominasi oleh amorphous kerogen tipe II. Sample dari *shale* formasi Meliat dan Tabul menunjukkan formasi tersebut sangat berpotensi sebagai batuan sumber hidrokarbon. Berdasarkan penelitian, batuan sumber tersebut merupakan campuran dari kerogen tipe II dan kerogen tipe III sehingga hidrokarbon yang dominan berupa gas dan sedikit minyak. Sedimen pada daerah Graben Sembakung – Bangkuludis dan depocenter Bunyu-Tarakan lebih tebal daripada daerah lainnya. Hal ini disebabkan karena dua daerah tersebut menempati *downthrown block* dari sesar *growth* yang menerus dari barat daya – timur laut. Data geokimia menyatakan bahwa batuan sumber yang menghasilkan Tarakan *oil* adalah batuan endapan *lacustrin*, *coastal plain*, dan *deltaic*. *Coals* yang berasal dari *coastal plain* di lingkungan *deltaic* adalah batuan sumber terkaya. Data geokimia menyimpulkan beberapa tipe batuan sumber. Batuan sumber tersebut antara tipe II/III atau sampai dengan tipe I/II. Batuan sumber tersebut memiliki sifat kompleks dan lingkungan pengendapannya bervariasi.

2.1.3.2 Migrasi

Hidrokarbon yang terbentuk dari batuan sumber bermigrasi secara lateral dan vertikal melalui jalur–jalur sesar. Migrasi berlangsung dari regional bagian timur menuju bagian barat. Bagian timur merupakan zona *offshore* yang mengakibatkan daerah timur sebagai sumber hidrokarbon yang baik. Migrasi secara vertikal berlangsung melalui sesar yang masih aktif akan lebih dominan dibandingkan dengan migrasi secara lateral yang melewati lapisan sedimen.

2.1.3.3 Reservoir

Objek reservoir pada penelitian ini adalah lapisan batu pasir yang berada pada formasi Tarakan. Lapisan batu pasir yang menjadi reservoir berada pada bagian bawah dari formasi Tarakan, dengan batuan sumbernya berasal dari formasi Tabul dan Santul yang kaya akan hidrokarbon.

2.1.3.4 Jebakan

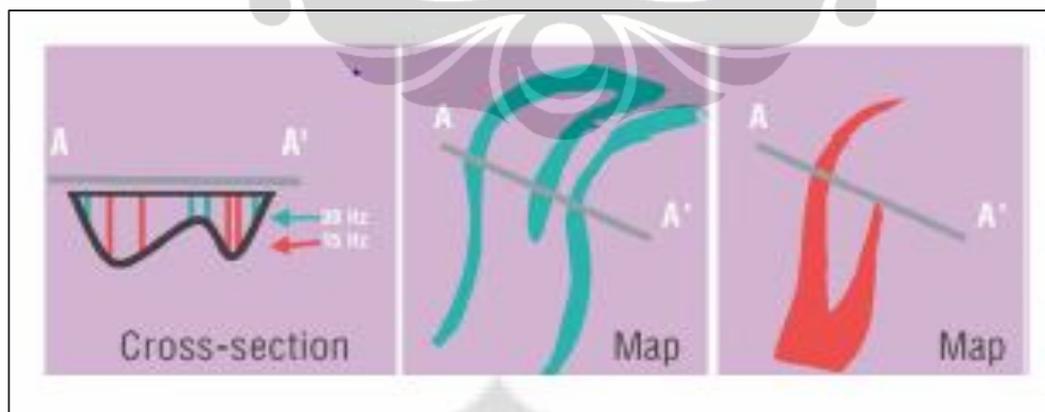
Jebakan yang terdapat pada daerah lapangan ‘B’ ini adalah jebakan struktur berupa patahan, dan antiklin. Secara struktur sumur ‘M’ berada pada posisi tinggian. Hal ini mengakibatkan hidrokarbon dengan densitas yang lebih kecil dibandingkan dengan air akan terjebak di bagian atas dan terakumulasi.

2.1.3.5 Seal

Sumur ‘M’ terletak pada posisi tinggian. Seal dari reservoir ini berupa lapisan shale. Hal ini diketahui karena daerah penelitian berasosiasi dengan sistem delta. Dapat pula dilihat dari data log yang menunjukkan nilai GR yang besar yang mengidentifikasi seal dari sistem petroleum penelitian ini adalah lapisan shale.

2.2 Dekomposisi Spektral

Penampang seismik merupakan semua gambaran yang kompleks dari refleksi-refleksi, efek tuning, atenuasi, absorpsi, dan lain-lain. Hal ini menunjukkan bahwa data yang kita peroleh bukanlah data yang kita inginkan sehingga mengakibatkan sulitnya mengidentifikasi bentuk stratigrafik pada penampang seismik. Dengan menggunakan metode dekomposisi spektral, data pada seismik dapat didekomposisikan menjadi *spectrum* dalam komponen frekuensi tertentu. Analisa dari spektrum frekuensi dalam komponen individu frekuensi ini menunjukkan informasi-informasi yang diperlukan dan lebih baik daripada analisa data secara konvensional. Pada data seismik, sebuah *wavelet* seismik merupakan perpaduan dari gelombang-gelombang yang berbeda-beda, yang masing-masing mempunyai nilai frekuensi tertentu. Prinsip ini berkembang menjadi analisis permukaan gelombang yang biasa ditemukan pada eksplorasi seismik yang dikenal sebagai efek tuning. Aplikasi dari prinsip ini dapat dilihat pada model geologi berikut ini (**Gambar 2.6**). Dapat disimpulkan bahwa lapisan tebal memiliki spektrum frekuensi yang lebar dan frekuensi yang rendah, sedangkan lapisan tipis memiliki spektrum frekuensi tipis dan frekuensi tinggi.

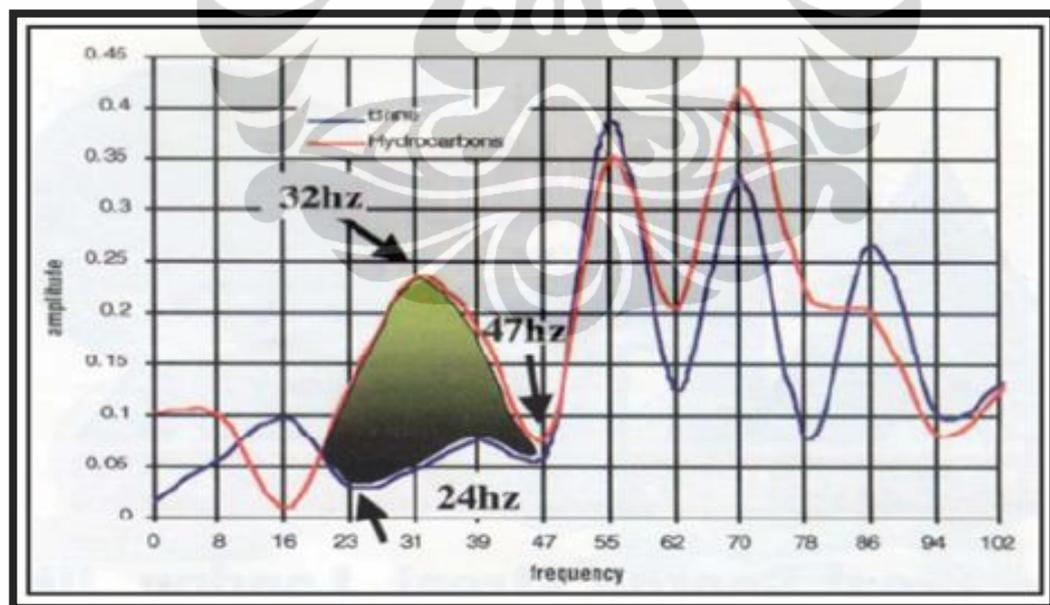


Gambar 2.6 Efek frekuensi tuning pada peta permukaan (hijau 30 Hz, merah 15 Hz) (Laughlin et.al. 2003)

Lapisan tipis dipetakan pada gambar berwarna hijau, sedangkan lapisan tebal ditunjukkan oleh gambar berwarna merah di atas. Apabila lapisan tipis ditunjukkan

pada frekuensi tuning 30 Hz, maka lapisan tebal yang ditunjukkan pada gambar berwarna merah akan mempunyai frekuensi lebih kecil dari 30 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan frekuensi tuning mendefinisikan struktur yang berbeda-beda. Selain untuk stratigrafi dekomposisi spektral dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan hidrokarbon gas. Dalam tugas akhir ini penulis memanfaatkan efek dari atenuasi hidrokarbon gas terhadap frekuensi sehingga didapatkan respon yang unik dari hidrokarbon. Terdapat beberapa percobaan yang menunjukkan respon frekuensi vs amplitudo berkorelasi terhadap kandungan fluida dalam reservoir.

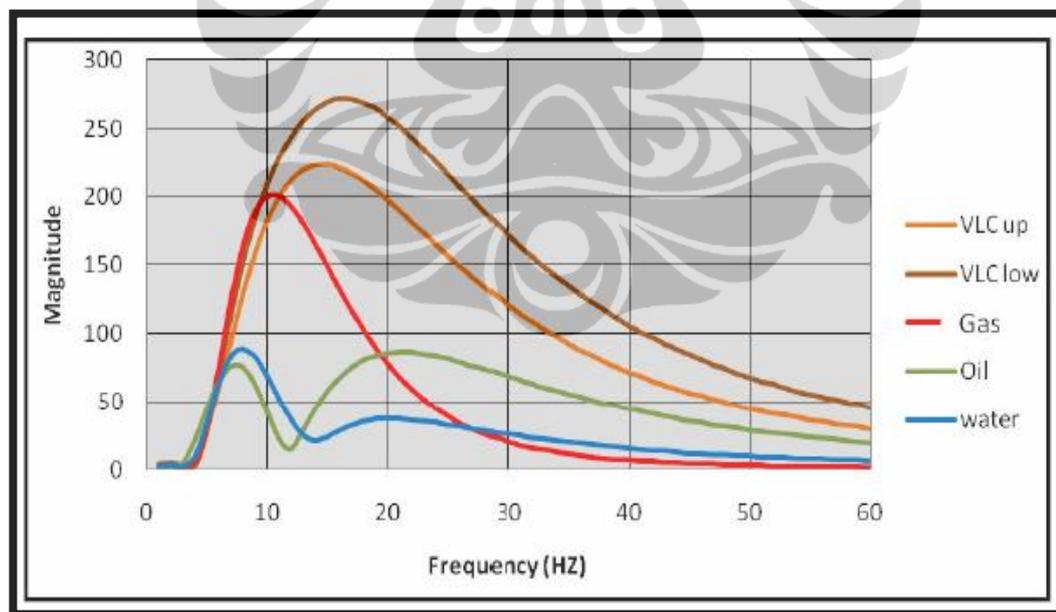
Pada tahun 2003, Burnett dan Castagna menunjukkan perbandingan respon AVF (*Amplitude Versus Frequency*) untuk reservoir dengan hidrokarbon dan *wet* (brine). Hasil penelitian mereka menunjukkan adanya perbedaan spektrum amplitudo dari dua zona dengan kandungan fluida yang berbeda dari sumur yang sama. Garis merah merupakan zona mengandung HC dan garis biru zona mengandung air laut.



Gambar 2.7 Spektrum amplitudo yang memiliki kandungan fluida berbeda dari sumur yang sama (Burnett and Castagna, 2004)

Dari (**Gambar 2.7**) terlihat bahwa untuk kasus gas (HC) terjadi peningkatan amplitudo yang signifikan pada 32 Hz lalu penurunan amplitudo yang drastis pada 47 Hz. Penurunan amplitudo yang drastis pada 47 Hz ini disebabkan oleh sifat gas yang menyerap energi seismik dengan cepat. Berbeda dengan kasus *wet*, pada rentang frekuensi tersebut tidak terjadi perubahan frekuensi yang begitu drastis. Akan tetapi fenomena ini bukanlah jawaban tunggal, karena efek absorpsi itu sendiri tidak hanya diakibatkan oleh gas (Abdullah, 2011).

Contoh lainnya bahwa frekuensi berkorelasi terhadap kandungan fluida dijelaskan oleh Wahdanadi dkk pada tahun 2011. Wahdanadi dkk menggunakan metode dekomposisi spektral dalam mengkarakterisasi reservoir yang berada di antara dua lapisan batuan vulkanik. Dalam papernya, Wahdanadi dkk membagi tiga zona frekuensi, yaitu: low frequency zone, middle frequency zone dan high frequency zone. Dari ketiga zona tersebut, diketahui bahwa lapisan yang mengandung lapisan vulkanik memiliki nilai amplitudo yang lebih besar dibandingkan zona reservoir hidrokarbon.



Gambar 2.8 spektrum amplitudo dari lima zona maker (Wahdanadi dkk, 2011)

Dari (**Gambar 2.8**) terdapat grafik hasil percobaan terlihat pada frekuensi 10 Hz kurva air dan minyak mengalami penurunan drastis sedangkan kurva gas justru mengalami peningkatan drastis. Untuk frekuensi 20 Hz keatas, kurva air dan minyak menunjukkan penurunan yang tidak signifikan sementara kurva gas menunjukkan penurunan signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa respon frekuensi pada gas sangat terlihat mencolok dibanding muatan fluida lainnya. Pada reservoir berisi gas, frekuensi tinggi cenderung diserap atau diatenuasi oleh gas sehingga frekuensi yang dominan terlihat pada reservoir gas adalah frekuensi yang rendah (pada frekuensi rendah nilai amplitudonya tinggi) Sedangkan ternyata penyerapan frekuensi atau atenuasi frekuensi oleh gas ditunjukkan pada hilangnya nilai amplitudo apabila penampang seismik ditampilkan dalam domain frekuensi tinggi.

Ada beberapa penggunaan metode pada dekomposisi spektral yang sering digunakan dalam analisa seismik eksplorasi, diantaranya adalah *Short Time Fourier Transform* (STFT), *Continuous Wavelet Transform* (CWT), *Matching Pursuit Decomposition* (MPD), dan *Empirical Mode Decomposition*. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan serta memiliki aplikasi yang berbeda-beda sesuai dengan metode yang digunakannya, dan pada tugas akhir yang saya ajukan ini saya menggunakan metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT).

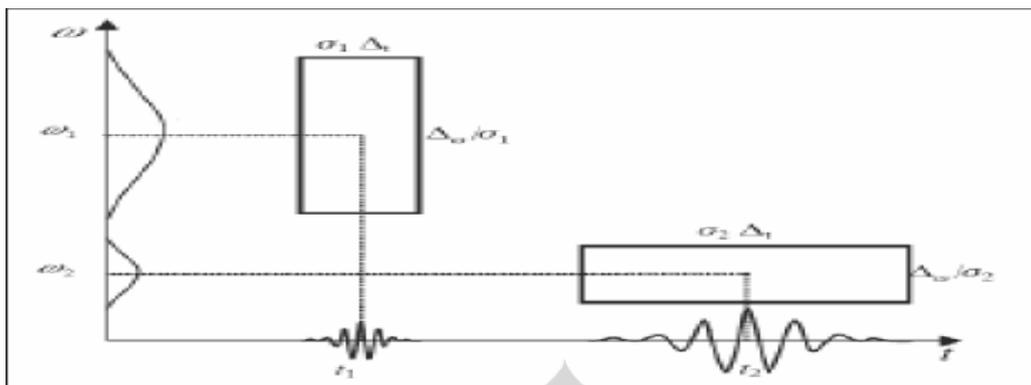
2.2.1 *Short Time Fourier Transform* (STFT)

Pada STFT, spektrum waktu-frekuensi dihasilkan dengan menggunakan transformasi Fourier berdasarkan pemilihan *time window*. Ketika sinyal seismik ditransformasikan menjadi domain frekuensi dengan transformasi Fourier, seluruh karakter frekuensi yang ada diaplikasikan. Transformasi ini tidak disarankan untuk menganalisa sinyal *non-stationary* (Sinha et al, 2005). Pada metode ini, seismogram dipisahkan dengan banyak fungsi *window*. Fourier transform dari *window* seismogram ini kemudian dikomputasikan. Proses ini diulangi dengan perubahan *window* dalam domain waktu.

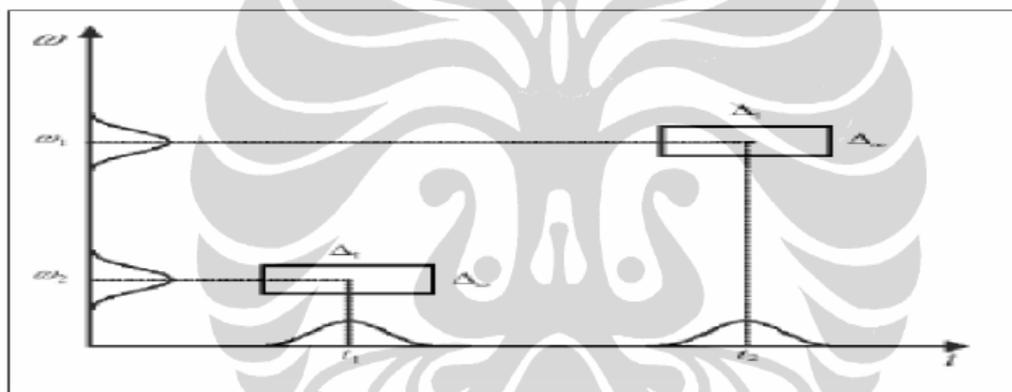
2.2.2 *Continous Wavelet Transform (CWT)*

Metode CWT ini dikembangkan dengan tujuan sebagai alternatif untuk mengatasi masalah resolusi pada metode STFT. Analisis *wavelet* memiliki cara kerja yang sama dengan analisa STFT, yang mana sinyal diperbanyak dengan sebuah fungsi yang sama dengan fungsi jendela pada STFT, dan transformasi dihitung terpisah untuk nilai sinyal yang berbeda.

Pada metode STFT dibutuhkan lebar *window* yang baik sehingga apabila bentuk sinyal sesuai dengan lebar *window*, maka analisa STFT akan menghasilkan gambaran pada domain waktu-frekuensi yang baik. Akan tetapi, pada praktek di lapangan, bentuk sinyal seismik dengan menggunakan STFT kurang baik dalam menghasilkan gambaran pada domain waktu-frekuensi. Kesulitan yang mendasar dalam menganalisa non-stasionary yaitu pada pengaturan lebar *window* yang mempengaruhi resolusi waktu-frekuensi. Pada (**Gambar 2.8**) menjelaskan hubungan ketidakpastian dengan resolusi waktu-frekuensi dengan menggunakan STFT. Seperti yang telah dibahas sebelumnya, kelemahan dari metode STFT adalah keterbatasan penentuan lebar *window* yang tepat untuk menghasilkan resolusi yang baik. Untuk mengatasinya, para ilmuwan menentukan metode CWT dengan skema diagram hubungan ketidakpastian dalam *time*-frekuensi. (**Gambar 2.9**) menunjukkan bahwa penentuan lebar *window* pada metode CWT dapat diatasi sehingga resolusi *time*-frekuensi lebih baik, meskipun pada frekuensi rendah dan tinggi. (Mallat, 1992 ; Goswami dan Chan, 1999)



Gambar 2.9 Skema diagram hubungan ketidak pastian dengan waktu-frekuensi dalam STFT (Matlab, 2009)



Gambar 3.0 Skema diagram hubungan ketidak pastian dengan waktu-frekuensi dalam CWT (Matlab,2009)

Terdapat 2 perbedaan yang cukup mendasar pada STFT dan CWT, yaitu:

1. Pada CWT tidak diperlukan transformasi Fourier pada sinyal jendela. Karena sebuah nilai puncak akan terlihat pada sebuah sinusoida.
2. Lebar jendela pada CWT berubah seiring dengan transformasi pada setiap komponen spektral

Resolusi pada STFT tidak seragam pada keseluruhan penampang waktu-frekuensi. CWT memiliki resolusi waktu yang lebih baik pada frekuensi tinggi, akan tetapi resolusi frekuensinya kurang baik sedangkan pada frekuensi rendah, CWT menghasilkan resolusi frekuensi dan waktu yang lebih baik.

Pada CWT, *wavelet* diskalakan dalam bentuk perubahan waktu terhadap frekuensi. Sebuah *wavelet* mengartikan fungsi dari energi dengan *mean nol*

berdasarkan rentan Hilbert. Dengan skala dan transformasi *wavelet* ini, dapat dihasilkan kumpulan *wavelet* yang merupakan fungsi dari parameter skala dan parameter translasi apabila kumpulan *wavelet* telah ditentukan, maka CWT dalam skala dan translasi bisa ditentukan pula.

Berdasarkan (Sinha et al, 2005), berikut merupakan karakteristik umum *wavelet*

$$\psi_{\sigma,\tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{\sigma}} \psi\left(\frac{t-\tau}{\sigma}\right) \quad (2.1)$$

Dimana $\sigma, \tau \in \mathcal{R}, \sigma \neq 0$

σ = parameter dilatasi yang berhubungan dengan skala

τ = parameter translasi

Dengan catatan *wavelet* telah dinormalisasi $|\psi| = 1$

CWT didefinisikan sebagai perkalian family *wavelet* $\psi_{\sigma,\tau}(t)$

Dengan sinyal $f(t)$, dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

$$F_{\psi}(\sigma, T) = \{f(t), \psi_{\sigma,\tau}(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{\sigma}} \Psi\left(\frac{t-\tau}{\sigma}\right) dt \quad (2.2)$$

Untuk membuat kembali fungsi $f(t)$ dari transformasi *wavelet* menggunakan cara Calderon's *identity* (Daubeschies, 1992) sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{1}{C_{\psi}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Fw(\sigma, \tau) \psi\left(\frac{t-\tau}{\sigma}\right) \frac{d\sigma d\tau}{\sigma^2 \sqrt{\sigma}} \quad (2.3)$$

Dari transformasi invers yang ada kita membutuhkan analisis *wavelet* yang memenuhi “admissibility condition” berikut:

$$C_{\psi} = 2\pi \int \frac{|\Psi(\omega)|^2}{\omega} d\omega < \infty \quad (2.4)$$

Dengan kata lain CWT diidentifikasi sebagai:

$$CWT_x^\psi(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int x(t) \psi^* \left(\frac{t-\tau}{s} \right) dt \quad (2.5)$$

Dimana:

τ adalah translasi

s adalah skala

$\psi^*(t)$ adalah *mother wavelet*

Dari persamaan 2.5, transformasi sinyal pada CWT merupakan 2 variable, yaitu tau (τ) dan s , dimana tau melambangkan translasi, psi $\psi(t)$ adalah *mother wavelet* yaitu fungsi transformasi, yang merupakan *prototype* untuk menghasilkan jendela lain. Kemudian s skala yang didefinisikan sebagai $|1/\text{frekuensi}|$, berhubungan dengan informasi frekuensi.

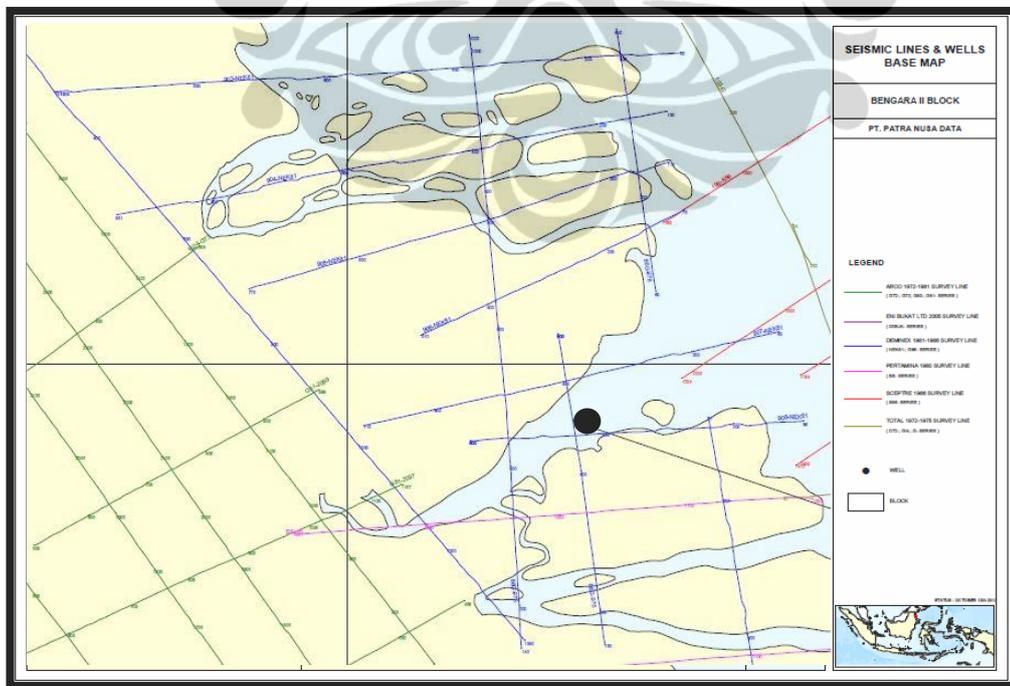
BAB III PENGOLAHAN DATA DAN INTERPRETASI

3.1 Ketersediaan Data

Pada penelitian ini terdapat data seismik 2D *poststack* dan data *log* Sumur 'M' beserta *well report*.

3.1.1 Data Seismik

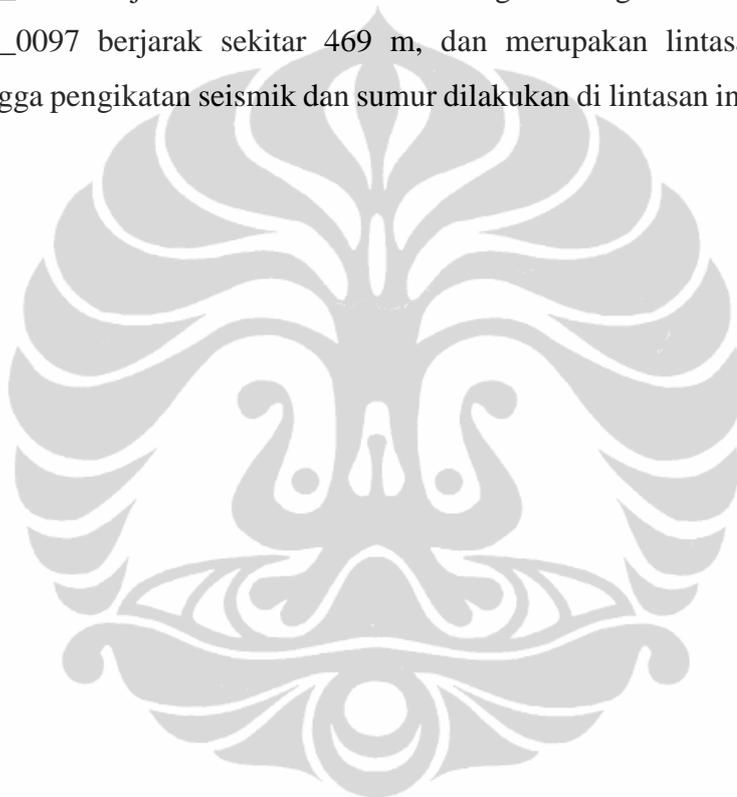
Daerah penelitian dilakukan di daerah Kalimantan Timur. Data yang digunakan berupa sembilan lintasan seismik dari beberapa lintasan yang telah di survey pada tahun 1981-1986 (**Gambar 3.1**). Lintasan survey seismik berada di daerah delta di Kalimantan Timur. Lintasan tersebut terletak di daerah *offshore*, maupun *onshore*. Sekitar 70 persen dari ke-9 lintasan ini terletak di *onshore*. Data seismik berupa data post stack 2D dengan format SEG-Y. Berdasarkan data geologi di Kalimantan Timur, lintasan ini berada di sebagian Cekungan Tarakan.

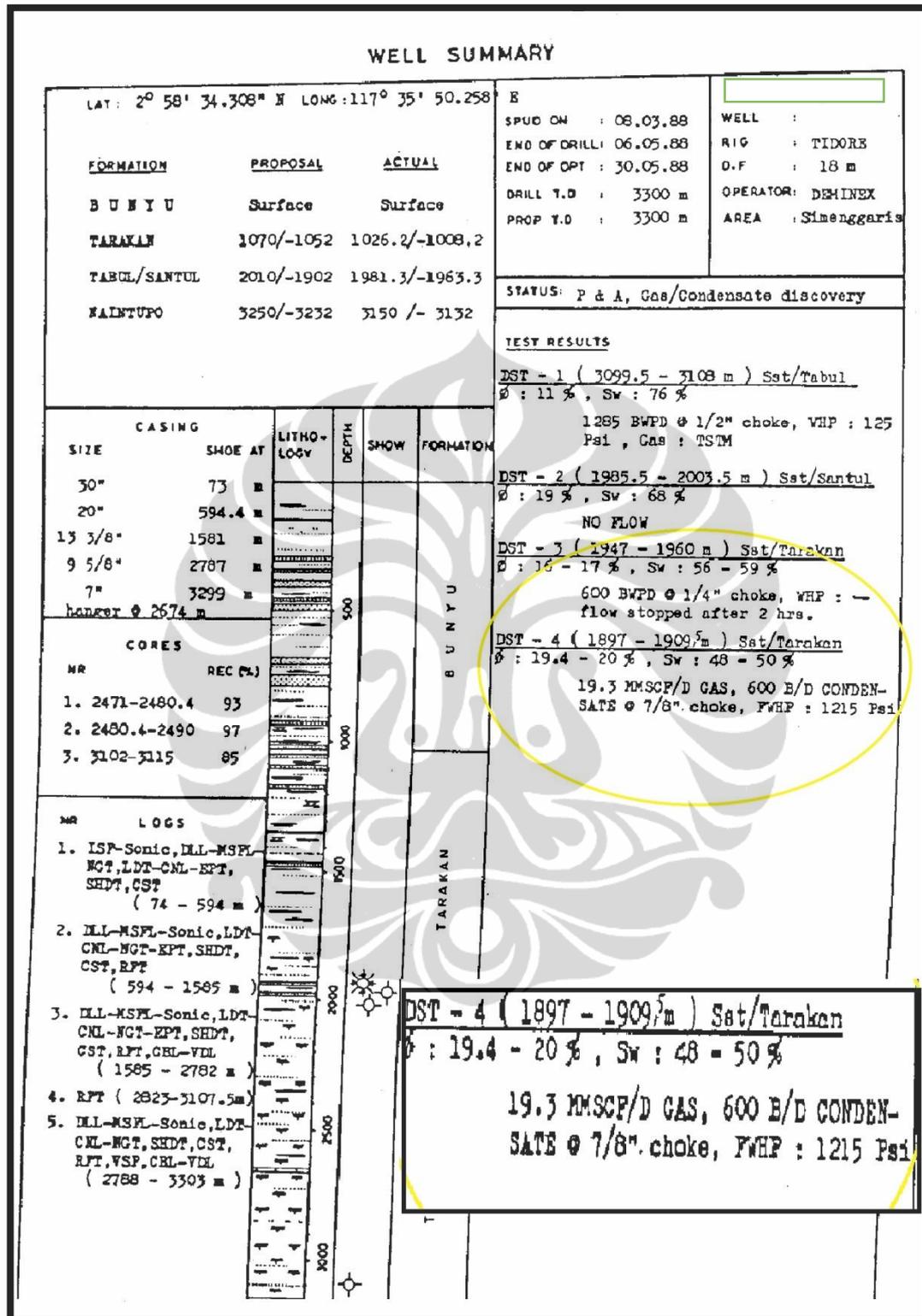


Gambar 3.1 Lintasan pengukuran seismik (biru), lokasi sumur 'M' (lingkaran hitam)

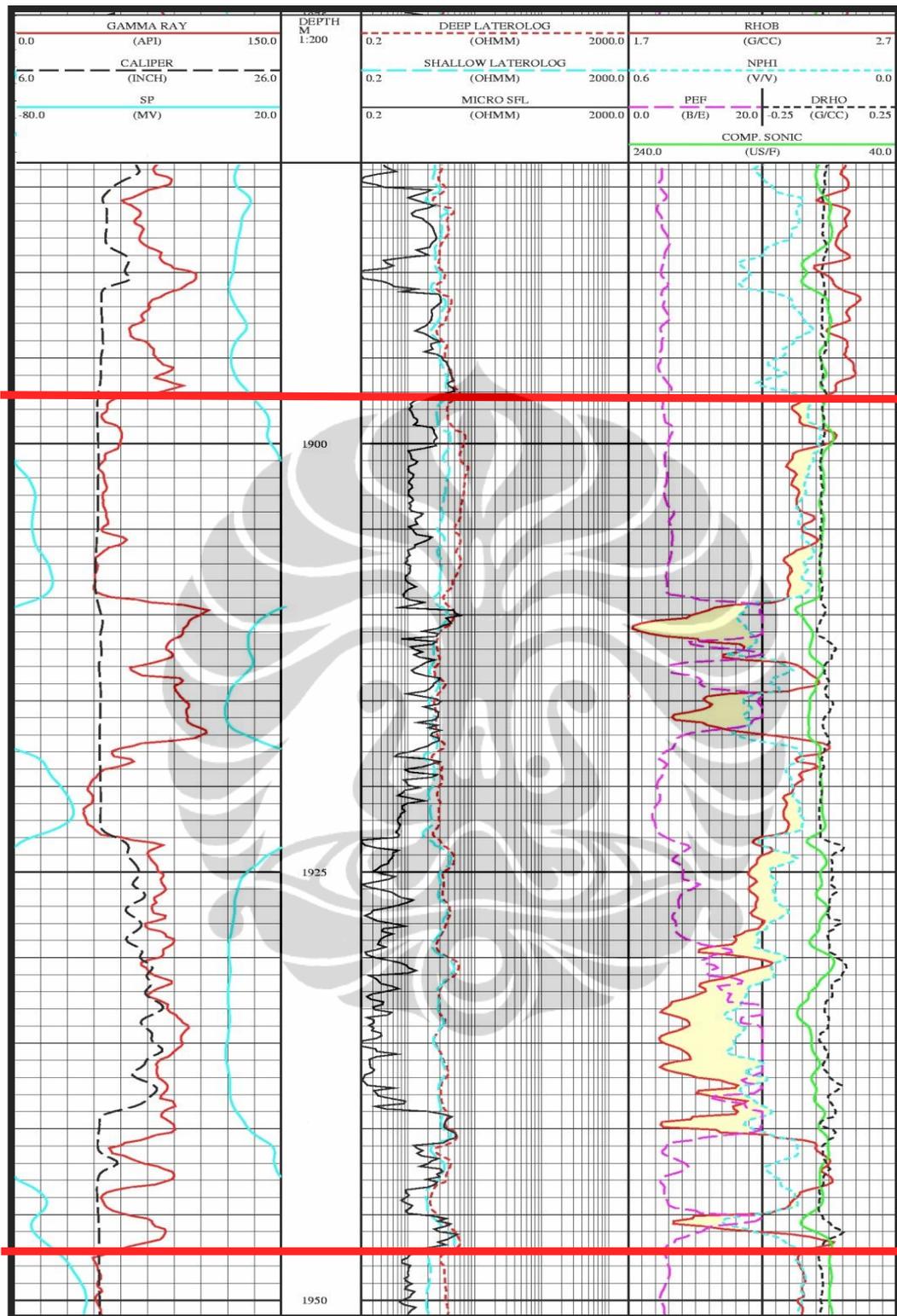
3.1.2 Data Sumur

Dalam penelitian ini terdapat satu data sumur yang digunakan yaitu Sumur 'M'. Sumur ini mempunyai data *check shot* sehingga dapat dilakukan pengikatan pada data sumur dan data seismik. Dari hasil *well report* Sumur 'M' hidrokarbon gas berada pada batas bawah formasi Tarakan di lapisan batu pasir dengan kedalaman sekitar 1900 – 1950 m (**Gambar 3.2**) dan *log* pada kedalaman tersebut dapat dilihat pada (**Gambar 3.3**). Letak sumur pada lintasan seismik 86G-975_SP_0594_0158 berjarak sebesar 490 m. Sedangkan dengan lintasan seismik 908_SP_0600_0097 berjarak sekitar 469 m, dan merupakan lintasan seismik terdekat sehingga pengikatan seismik dan sumur dilakukan di lintasan ini (**Gambar 3.4**).

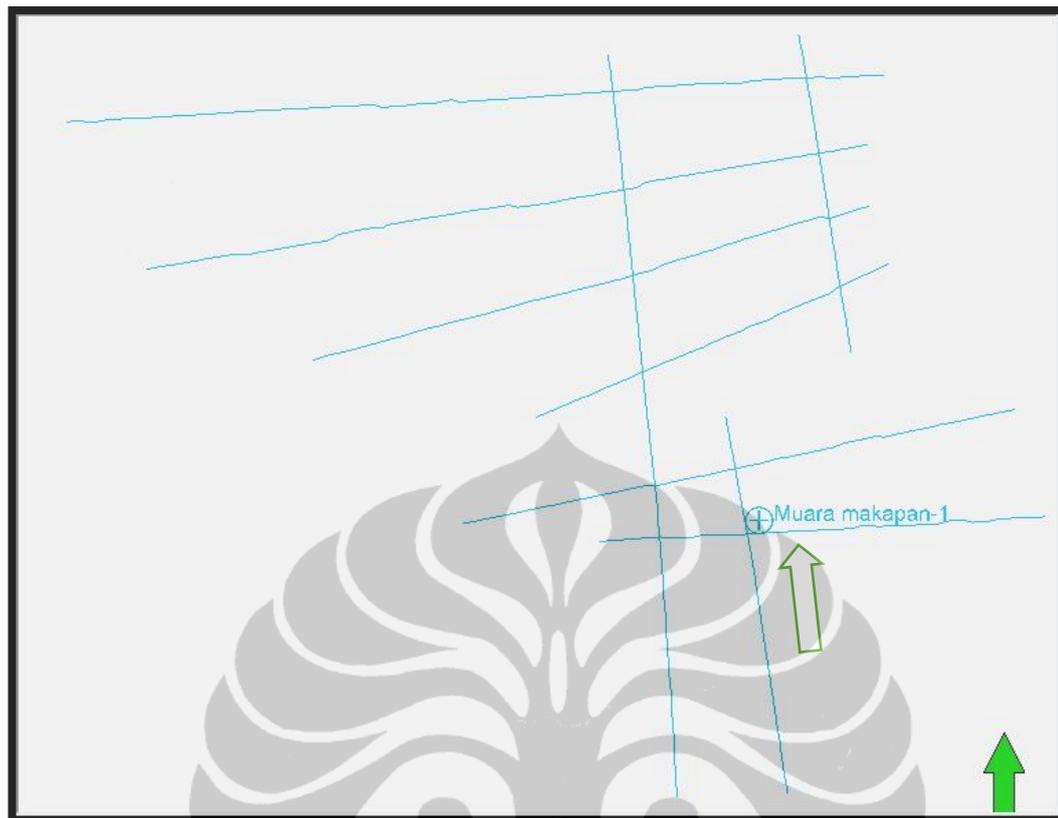




Gambar 3.2 Well Summary sumur 'M', lingkaran kuning menunjukkan keberadaan gas.



Gambar 3.3 Well Log sumur 'M' di sekitar zona target.



Gambar 3.4 Letak sumur 'M' pada lintasan seismik (tanda panah merupakan lintasan terdekat dengan jarak 469 m)

3.2 Pengolahan Data

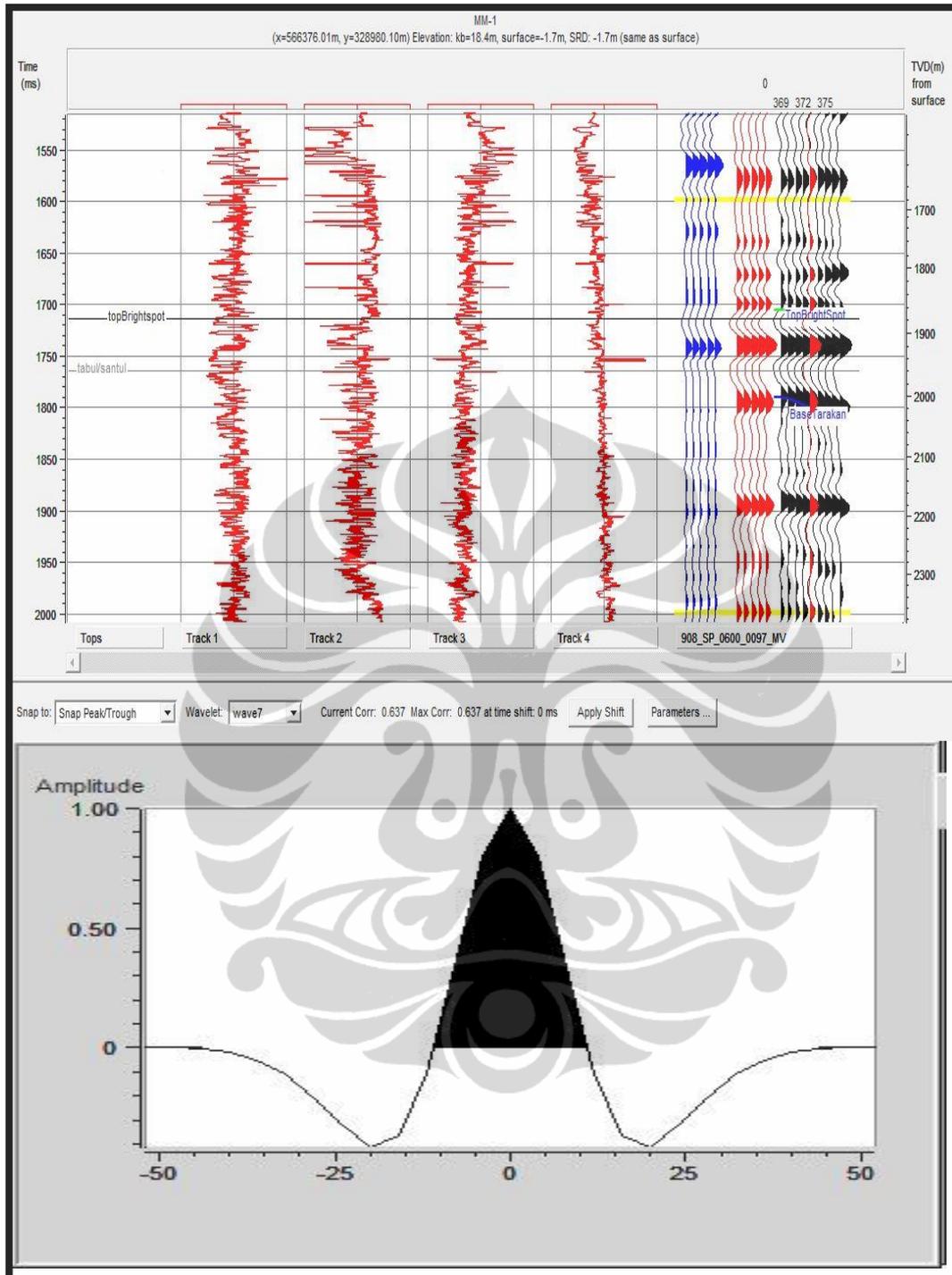
Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan software Petrel, HRS dan Opendtect.

3.2.1 Input Data

Tahap pertama dari pengolahan data adalah menginput semua data yang dibutuhkan untuk proses identifikasi hidrokarbon pada data lapangan 'B'. Data-data yang diinput berupa sembilan lintasan seismik 2D yang digunakan untuk penelitian, dan data *log* Sumur 'M', beserta data *checkshot*, *well head*, *well top* Sumur 'M'. Data seismik 2D berisi tentang data *poststack* 2D; data *log* sumur berisi tentang semua *log* sumur; data *well head* berisi tentang informasi letak sumur, KB, dan *survey elevation*; data *well top* berisi informasi tentang formasi-formasi dan lapisan-lapisan di dalam domain kedalaman. Semua data tersebut diinput ke software Petrel, Opendtect dan HRS.

3.2.2 *Seismic Well Tie*

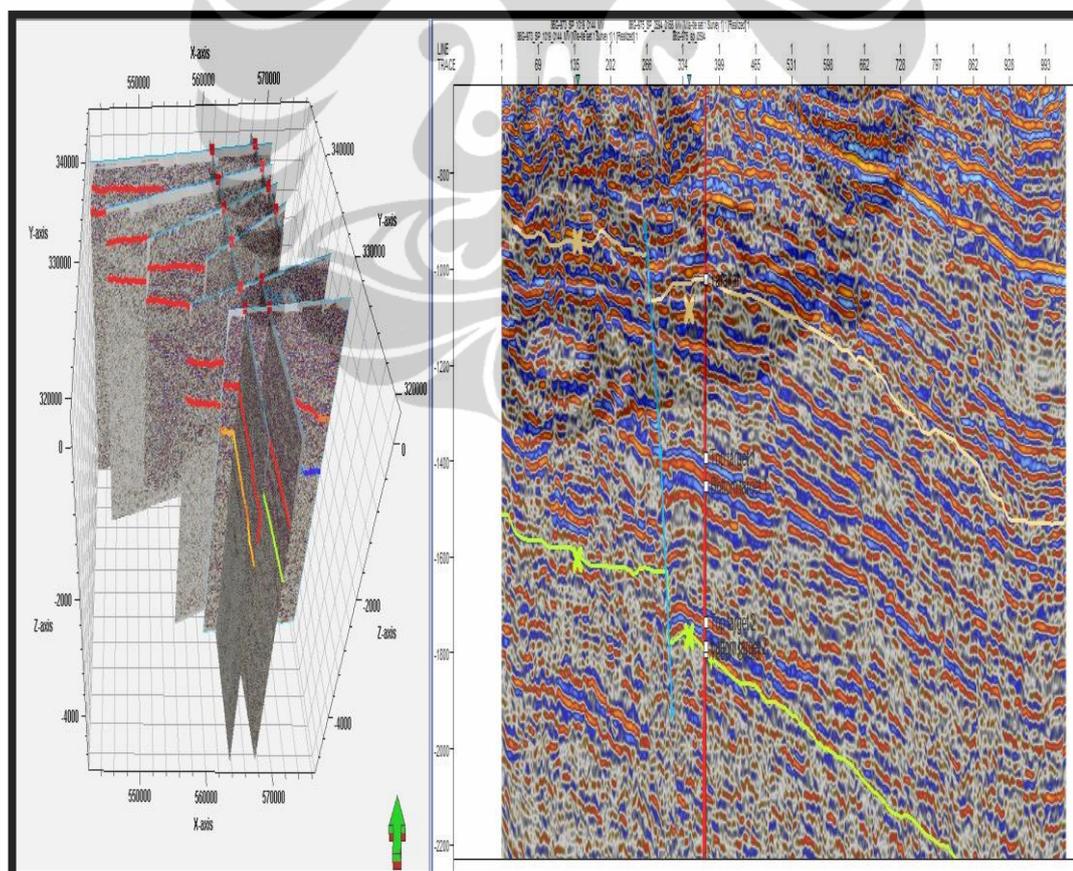
Seismic well tie merupakan sebuah langkah untuk mengikat data sumur dalam domain kedalaman dengan data seismik dalam domain waktu. Untuk melakukan *seismic well tie* dibutuhkan data *checkshot* yang merubah kedalaman data *well* menjadi waktu, sehingga kedua data tersebut mempunyai domain yang sama. Dari data sumur dapat dihasilkan nilai impedansi dan koefisien refleksi. Selanjutnya nilai koefisien refleksi dikonvolusikan dengan *wavelet* sehingga menghasilkan tras seismik dari data *well*, dan tras seismik ini digunakan untuk mengikat ke data seismik. Setelah semua data diinput, proses ini dapat dilakukan. Pengikatan ini dilakukan oleh data sumur dan data seismik yang paling berdekatan yaitu Sumur 'M' dan lintasan seismik 908_SP_0600_0097 yang berjarak 469.41 m. Pengikatan ini dilakukan menggunakan *software* HRS. Pengikatan ini dilakukan dengan *wavelet lenght* 110 ms dan nilai korelasi sebesar 0.637 yang didapat dari lebar *window time* 1600 ms sampai 2000 ms (**Gambar 3.5**). hasil dari data pengikatan di *input* ke dalam *software* petrel dengan tujuan tampilan yang lebih baik untuk proses selanjutnya yaitu interpretasi horison formasi Tarakan.



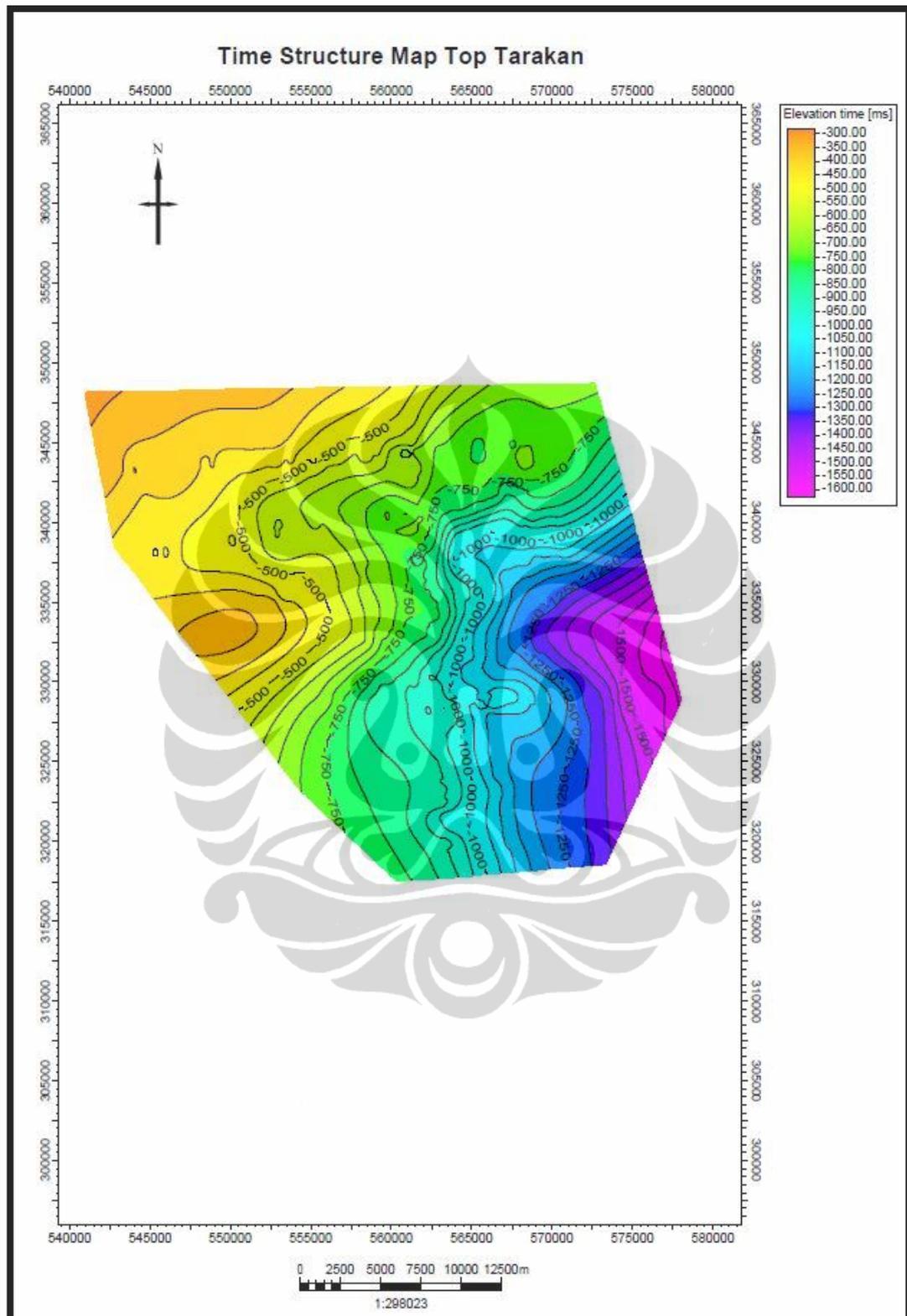
Gambar 3.5 Seismic well tie dan wavelet dengan nilai korelasi sebesar 0.637

3.2.3 Interpretasi Seismik

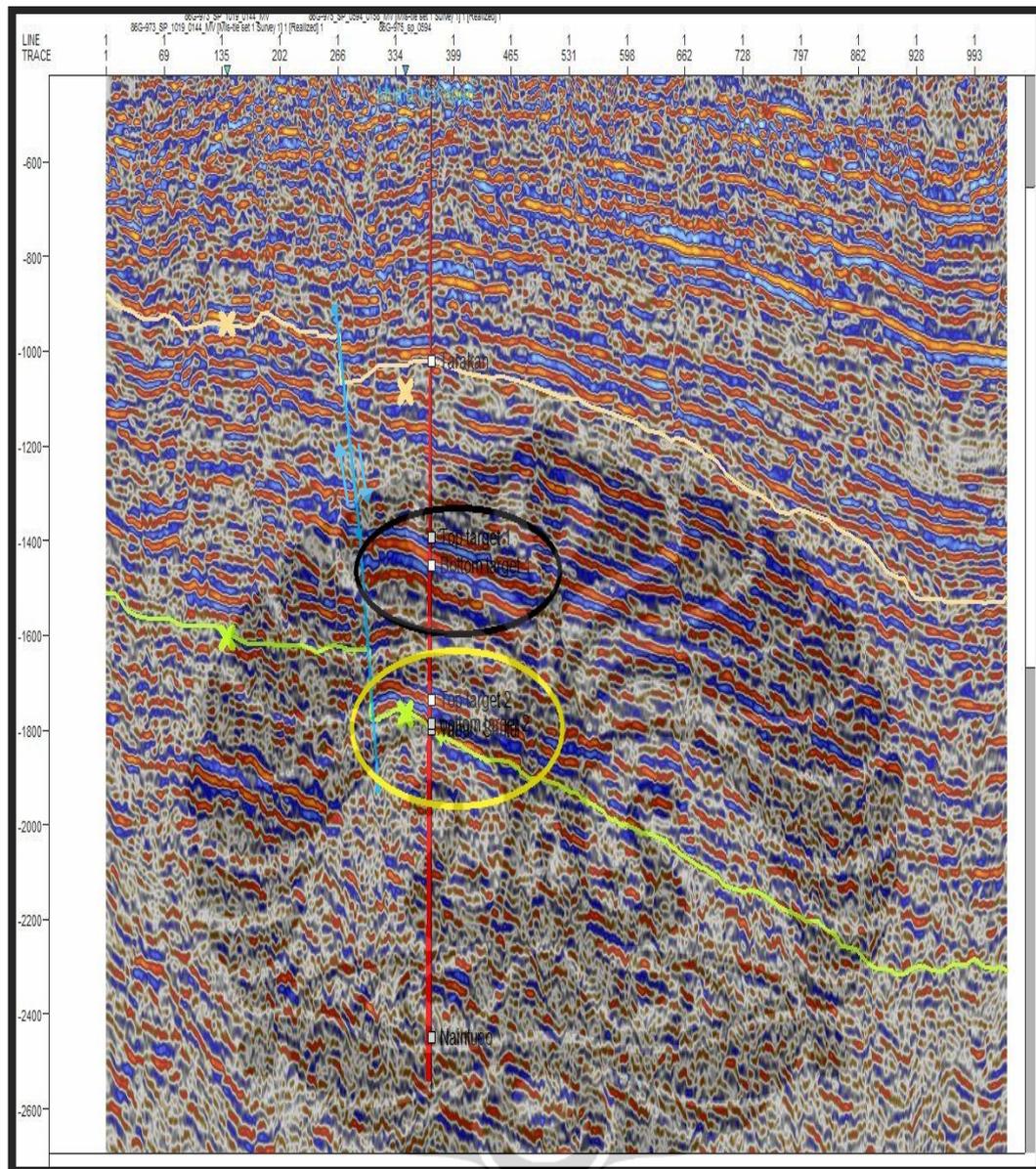
Setelah dilakukan *seismic well tie* dengan melakukan korelasi batas *top* dan *bottom* dari formasi Tarakan, tahapan selanjutnya adalah interpretasi seismik. Interpretasi horison seismik dilakukan dengan menggunakan *software* Petrel. Interpretasi seismik merupakan tahap penentuan batas dari formasi, maupun patahan dari data seismik. Batas formasi ditentukan dari data *well top* yang sudah dikorelasikan berdasarkan formasinya. Proses ini memerlukan pengetahuan tentang geologi di sekitar zona penelitian. *Top* formasi Tarakan berada pada *trough* seismik di *time* 1083 ms dan *bottom* dari formasi Tarakan berada pada *peak* pada *time* 1815 ms, setelah mengetahui letak batas formasi pada data seismik maka dilakukan proses penarikan horison (**Gambar 3.6**). Setelah selesai melakukan *picking top* formasi Tarakan dan *bottom* Tarakan, kita dapat melihat *time structure map* formasi tersebut (**Gambar 3.7**).



Gambar 3.6 Hasil interpretasi seismik pada lintasan 908_SP_0600_0097 dengan sumur 'M'



Gambar 3.7 Time structure map formasi Tarakan.



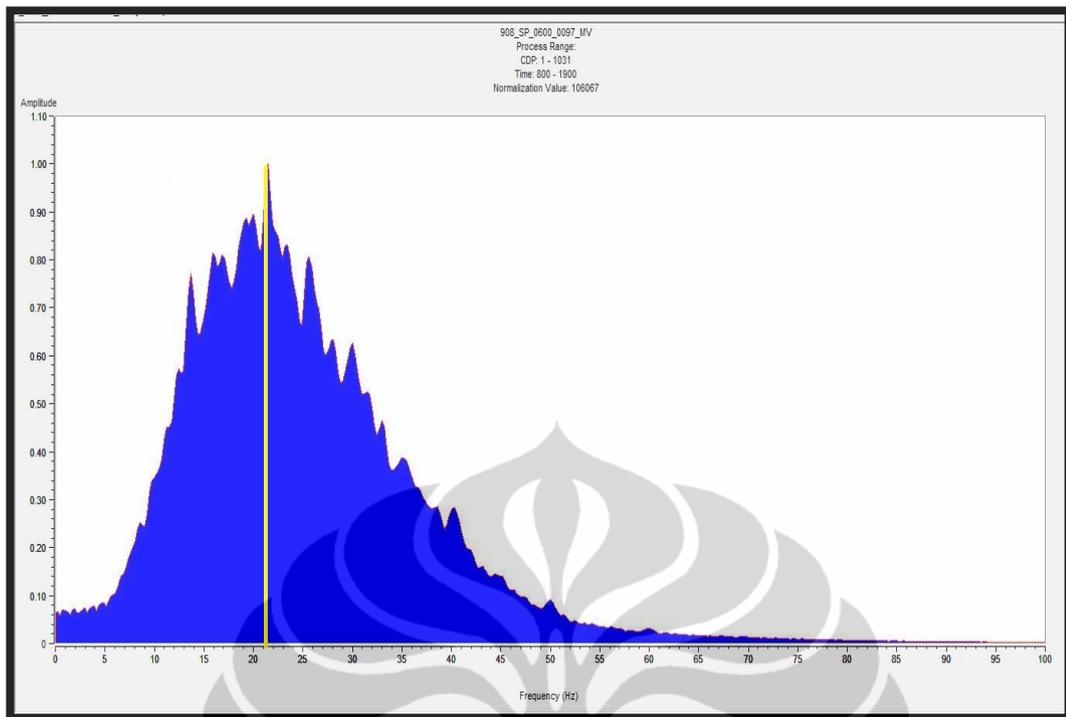
Gambar 3.8 Patahan dan *brightspot* pada seismic line 908_SP_0600_0097.

Pada line 908_SP_0600_0097 terdapat patahan dan terlihat adanya zona *brightspot* yang diduga mengindikasikan adanya hidrokarbon gas (**Gambar 3.8**). Kedua buah *brightspot* yaitu *brightspot 1* (lingkaran hitam) dan *brightspot 2* (lingkaran kuning) akan menjadi zona *interest* dan akan diteliti dari data sumur yang tersedia dan dengan metode dekomposisi spektral berbasis *continuous wavelet transform* (CWT).

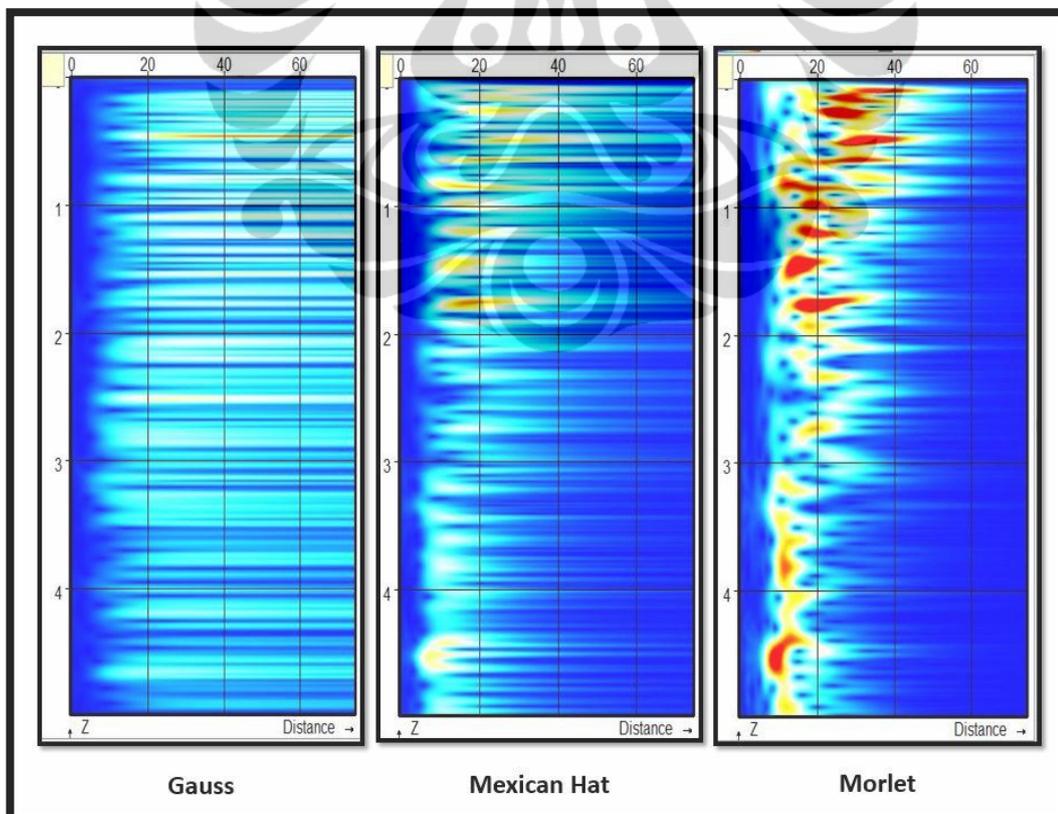
3.2.4 Dekomposisi Spektral

Prinsip yang paling utama dari metode ini adalah dengan mentransformasi data seismik 2D ke dalam domain *time –frequency*. Hasilnya berupa tras seismik di frekuensi tertentu. Metode ini dipercaya dapat merepresentasikan variasi ketebalan lapisan sebagai fungsi waktu dan juga dapat mengidentifikasi kandungan hidrokarbon (terutama gas). Dalam tugas akhir ini, metode dekomposisi spektral digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan hidrokarbon gas pada daerah prospek. Penulis menggunakan *software* Opendtect untuk melakukan metode dekomposisi spektral. Hal pertama yang harus dilakukan adalah menginput semua lintasan seismik yang digunakan berikut horison yang telah kita interpretasi sebagai zona yang dicurigai mengandung hidrokarbon.

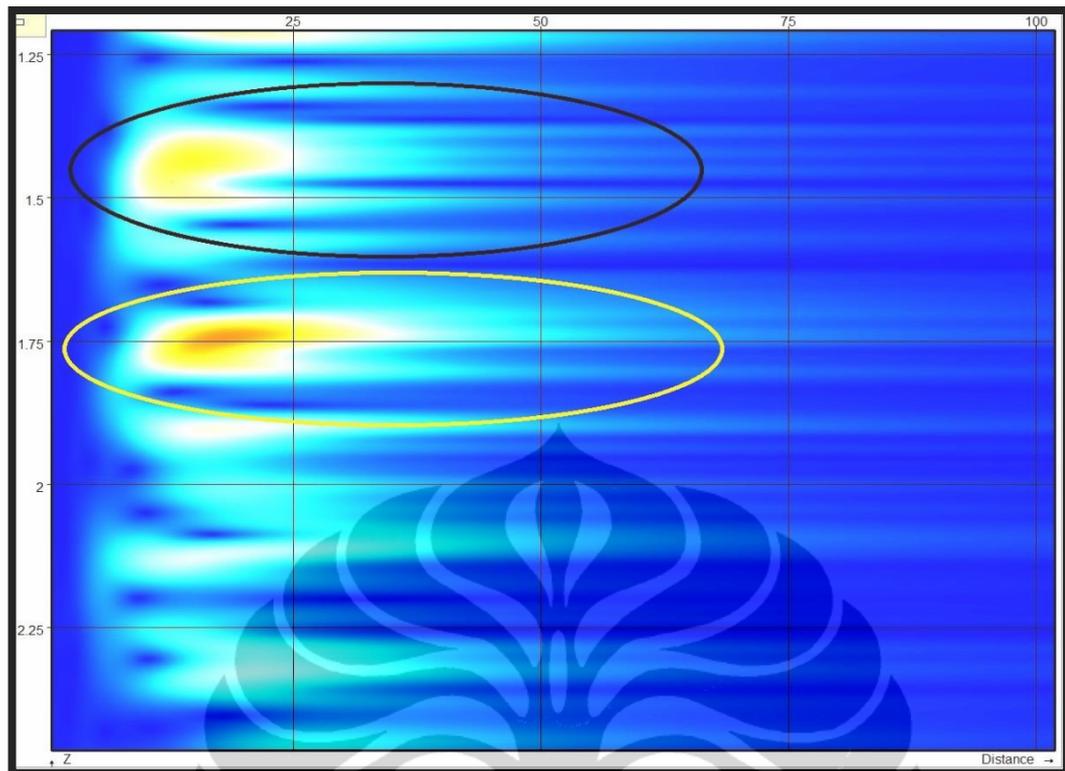
Pada tugas akhir ini, lintasan yang digunakan terfokus kepada lintasan 908_SP_0600_0097 yang merupakan lintasan yang terdekat dengan sumur 'M'. Pada lintasan ini terdapat dua zona *brightspot* yang ingin dilihat responnya. Tahap pertama adalah penentuan frekuensi dominan dari data seismik. frekuensi dominan data seismik jatuh pada 22 hz (**Gambar 3.9**). selanjutnya menganalisa *wavelet* yang digunakan (**Gambar 3.10**). kemudian penentuan frekuensi dominan zona *prospek*. Penentuan frekuensi dilakukan dengan melihat *time frequency spectrum* pada di tras 373 yang merupakan tras yang terdekat dengan sumur (**Gambar 3.11**). kemudian dilihat respon pada kedua *brightspot* tersebut (**Gambar 3.12**).



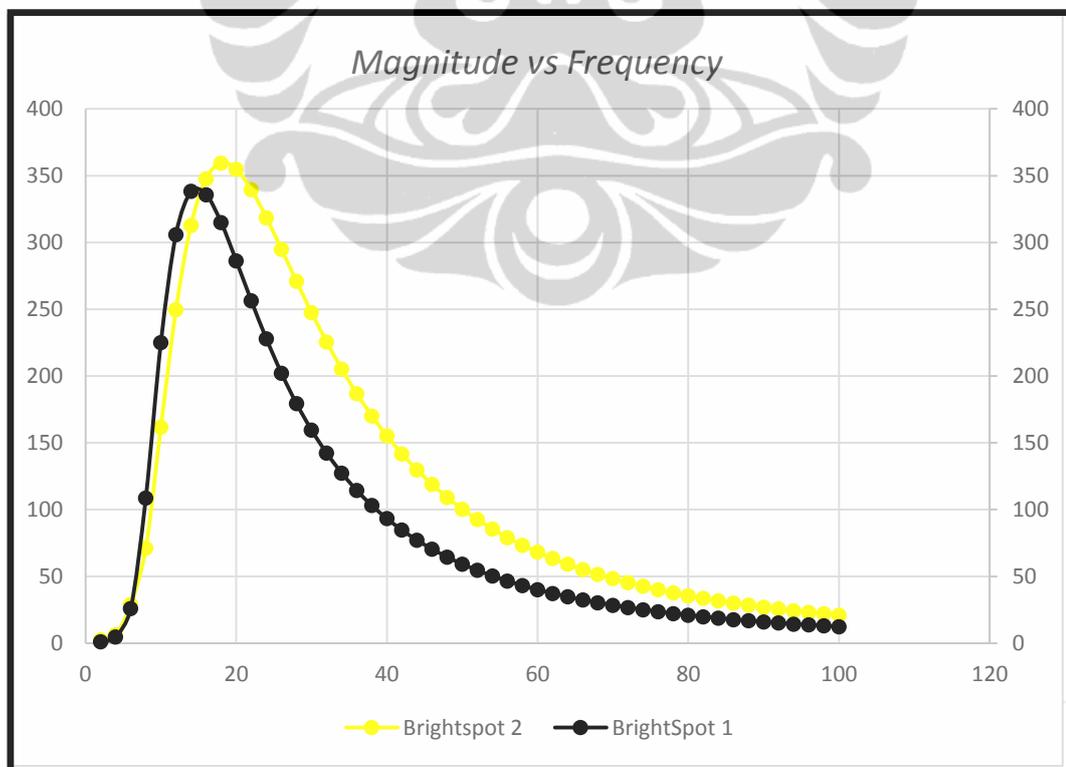
Gambar 3.9 Frekuensi dominan data seismik (800-900 ms)



Gambar 3.10 Perbandingan ketiga jenis *wavelet* pada tras 373.

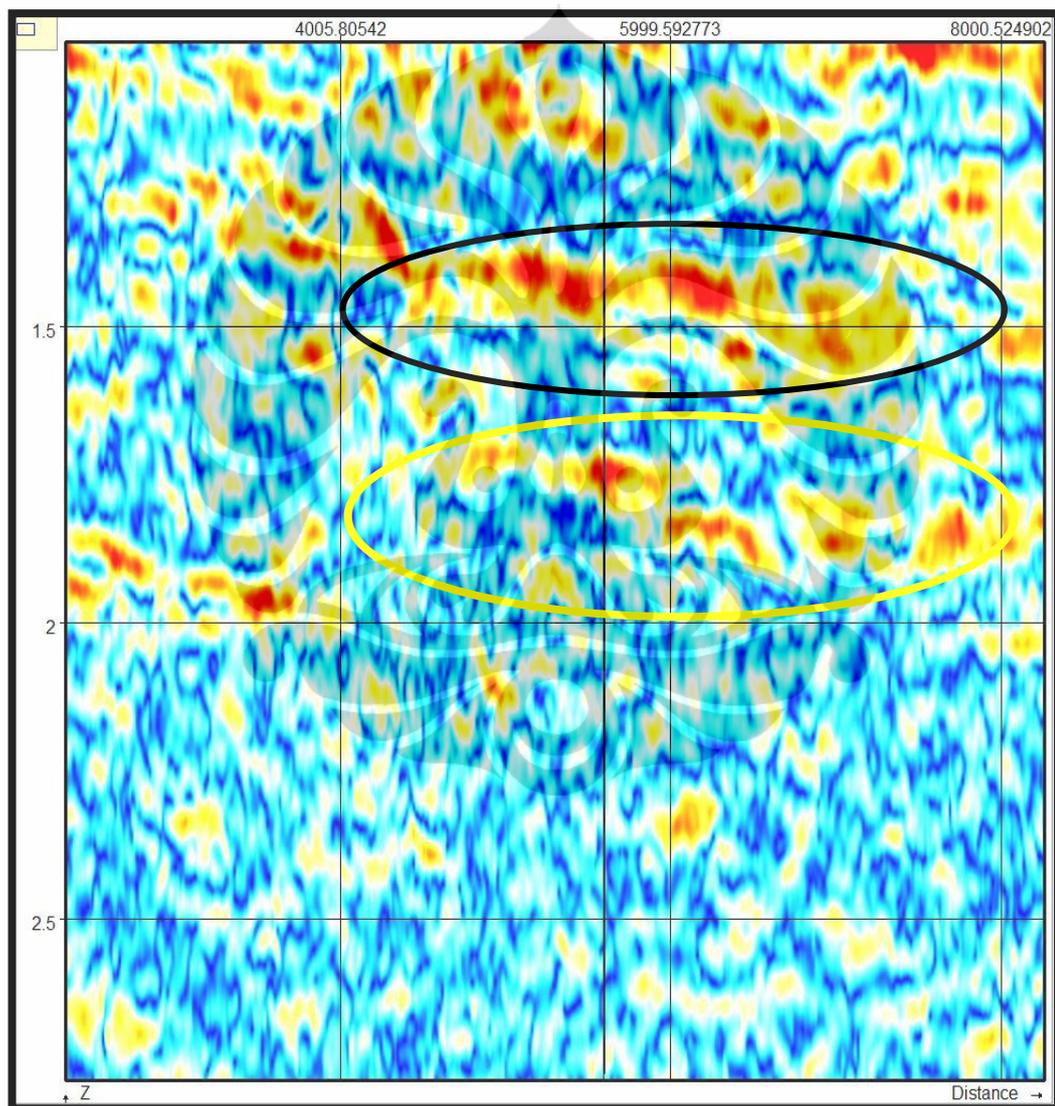


Gambar 3.11 Time frequency spectrum Mexican hat lintasan 908_SP_0699_0097 pada tras 373



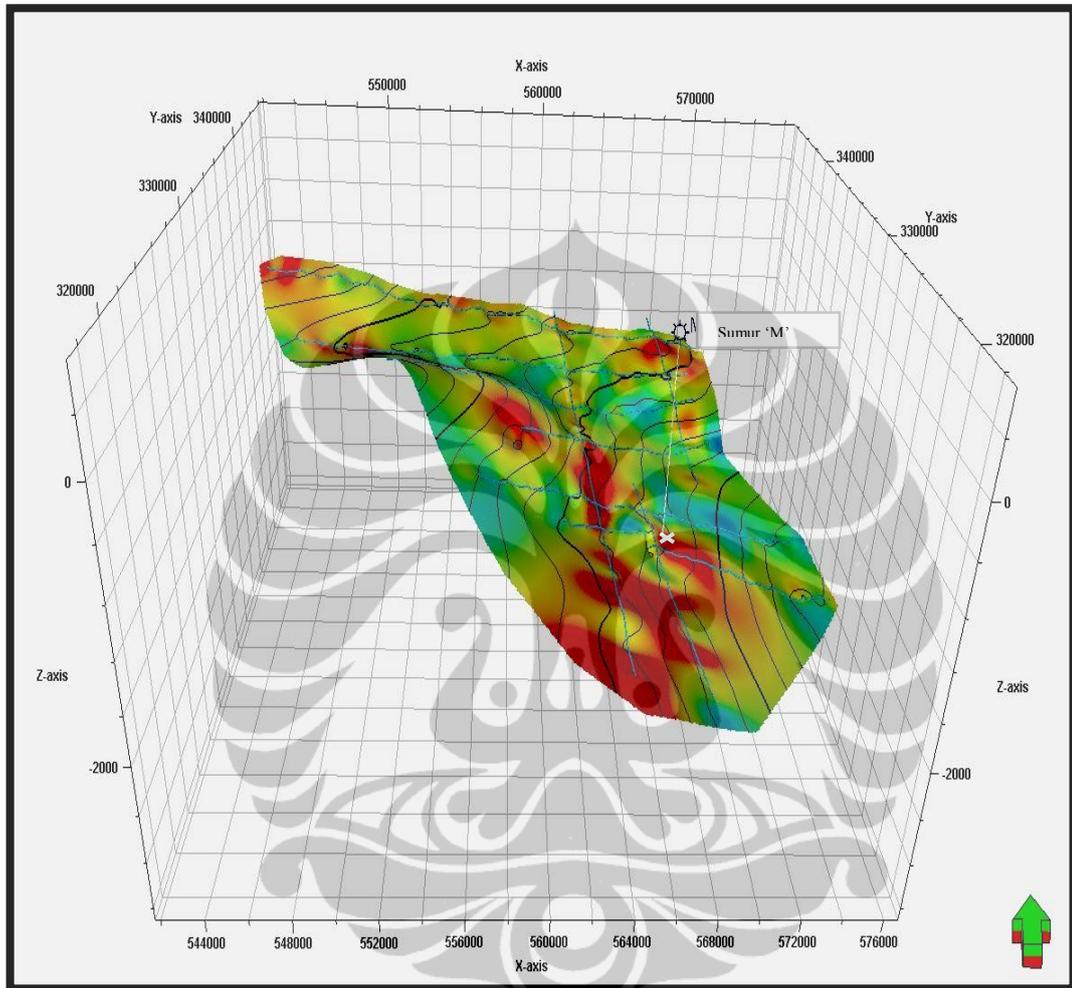
Gambar 3.12 Magnitude vs frequency pada kedua brightspot.

Frekuensi dominan *brightspot* ini jatuh pada frekuensi 16 hz di *brightspot* 1 dan 18 hz di *brightspot* 2 dan merupakan frekuensi yang rendah jika dibandingkan dengan frekuensi dominan pada kedalaman tersebut. Maka kedua frekuensi ini termasuk kedalam anomali pada frekuensi rendah. Selanjutnya dilakukan proses dekomposisi spektral dengan memasukan jenis *wavelet* Mexican Hat pada frekuensi tersebut. Hasilnya ada pada (**Gambar 3.13**) dengan lingkaran hitam adalah zona *brightspot* 1, dan lingkaran kuning adalah zona *brightspot* 2.



Gambar 3.13 Dekomposisi spektral (CWT) frekuensi 18 hz di line 908_SP_0600_0097.

Kemudian dilakukan penyebaran pada reservoir batupasir yang terletak di *bottom* dari formasi Tarakan dengan cara mengekstrak nilai dari magnitudo dekomposisi spektral 18 hz (**Gambar 3.14**).



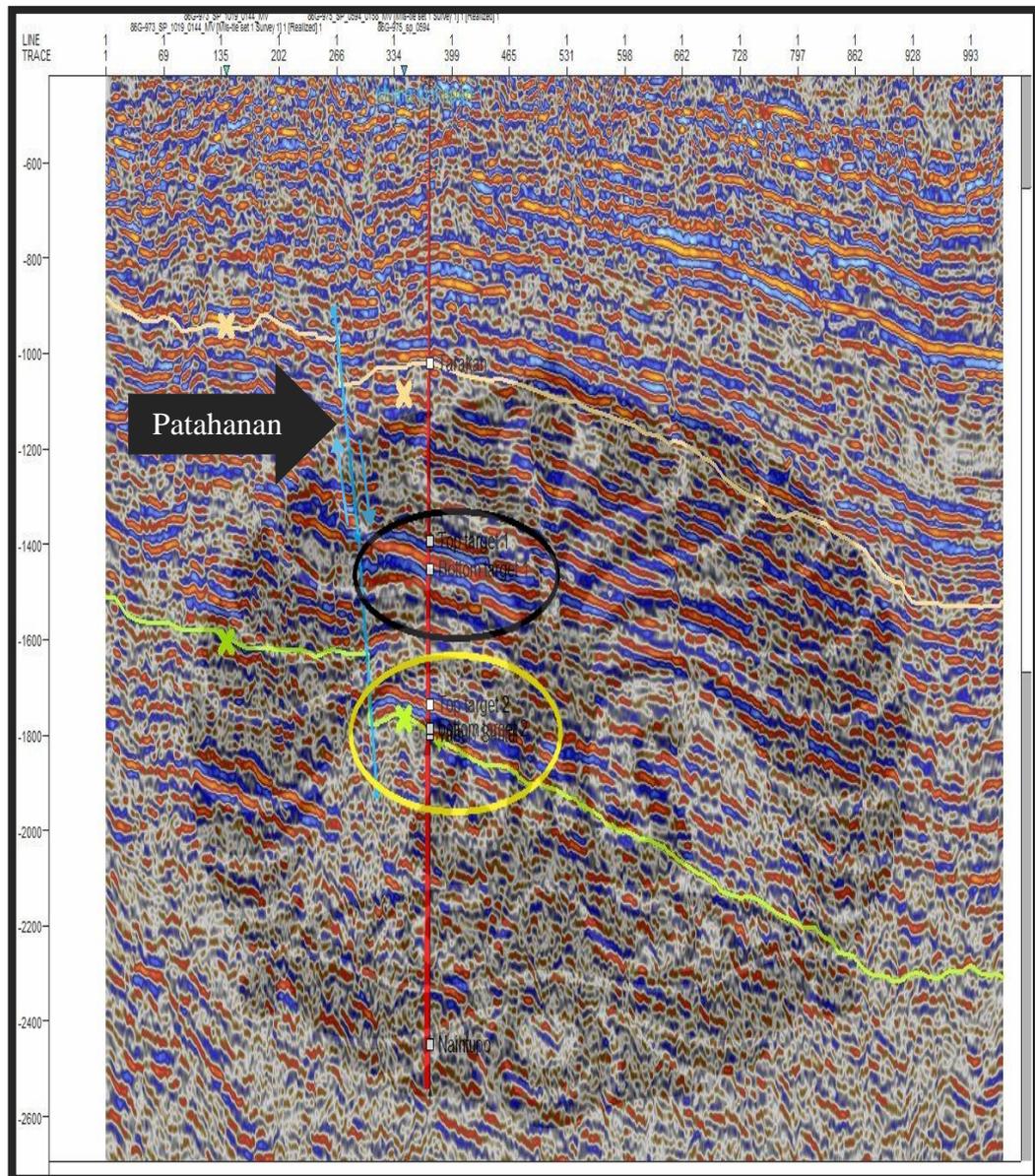
Gambar 3.14 Dekomposisi spektral 18 hz sepanjang horison *base* Tarakan.

BAB IV ANALISIS

4.1 Indikasi Pada Data Seismik

Dari data seismik dapat dilihat indikasi adanya hidrokarbon. umumnya indikasi adanya hidrokarbon terutama gas pada data seismik berupa *brightspot*. Hal ini dikarenakan hidrokarbon biasanya menempati batuan berpori dengan nilai porositas yang besar, dari sudut seismik kenaikan porositas di suatu lapisan menyebabkan pantulan yang kuat terhadap gelombang seismik, jadi pada data seismik terlihat *brightspot*. Pada line seismik 908_SP_0600_0097 di formasi Tarakan terdapat *brightspot* seperti dijelaskan pada bab sebelumnya. *Brightspot* 1 dalam lingkaran hitam jatuh pada *time* antara 1400 ms sampai dengan 1500 ms, pada data *well log brightspot* ini jatuh pada kedalaman 1412 m sampai ke kedalaman 1489 m. Untuk *brightspot* 2 di dalam lingkaran kuning jatuh pada *time* 1700 ms sampai 1800 ms pada *well* jatuh pada kedalaman 1850 m sampai pada 2000 m. Dari data *well report* dikedalaman ini terdapat lapisan batu pasir yang menghasilkan gas. *Top* lapisan reservoir batupasir itu jatuh pada *trough* yang berada tepat diatas *pick* yang merupakan batas dari formasi Tarakan ke Tabul. Karena jika dilihat dari nilai akustik impedansinya lapisan batupasir berada di impedansi akustik lebih rendah daripada lapisan atasnya yang menjadi seal dari sistem petroleumnya. Diduga keberadaan *brightspot* ini dikarenakan oleh keberadaan hidrokarbon tersebut. Pada (**Gambar 4.1**) dapat dilihat dari data seismik adanya patahan yang membuat hidrokarbon gas terjebak. Dari data geologi batuan induk berada pada formasi Tabul. Sehingga memungkinkan lapisan batupasir di *bottom* formasi tarakan terisi oleh hidrokarbon yang berasal dari formasi tabul sebagai batuan induknya. Kemungkinan hidrokarbon bermigrasi secara vertikal dari formasi tabul ke lapisan batu pasir di *bottom* formasi tarakan melewati struktur patahan yang ada.

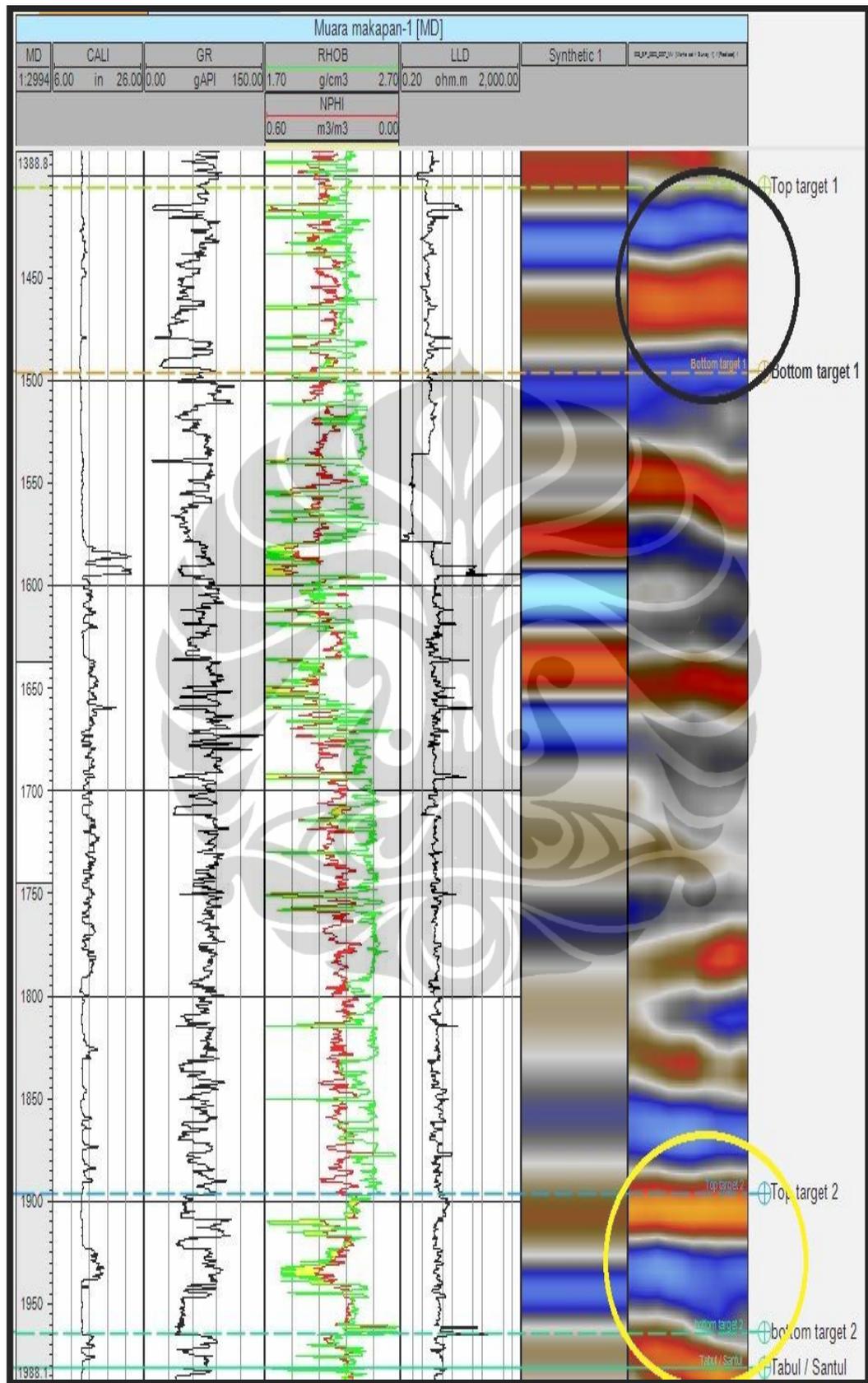
4.2



Gambar 4.1 Brightspot dan patahan pada formasi Tarakan.

4.3 Zona Interest

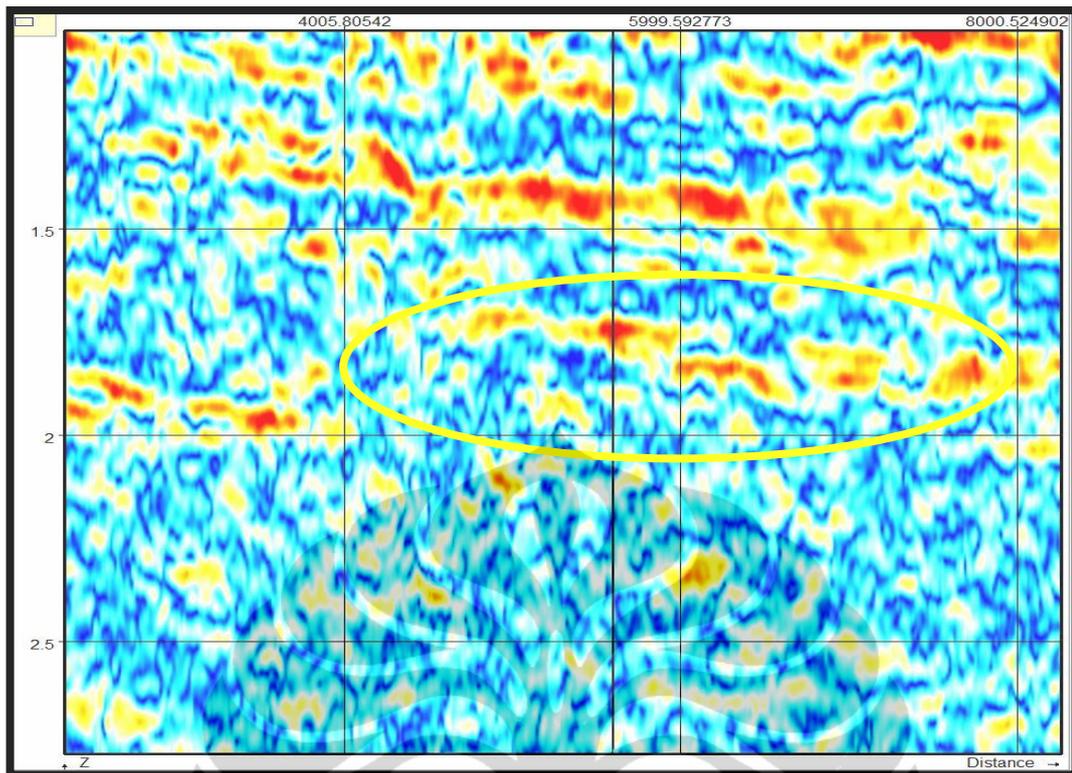
Penentuan zona *interest* dapat dianalisis dari data *log* yang mengindikasikan adanya hidrokarbon di zona tersebut. Pada penelitian ini zona interest ditentukan dengan mengkorelasikan data-data *log* Gamma ray, NPHI, RHOB, Caliper, dan LLD. Dari data Gamma ray kita dapat mengidentifikasi lapisan *shale* atau *non-shale*, dimana pada zona *interest* penelitian ini terlihat bahwa nilai *log* Gamma Ray yang berkisar antara 65 API, di kedalaman tersebut diduga merupakan lapisan batupasir. Dari data NPHI dapat dilihat hidrogen *content* di daerah tersebut, dari data RHOB dapat dilihat densitas di zona tersebut, dan di *log* NPHI pada zona *interest* terlihat bahwa nilai NPHI zona tersebut berkisar antara 0.3 V/V, dan nilai RHOB berkisar antara 1.9 G/CC. Terjadinya cross over di kedua *log* tersebut mengidentifikasikan adanya hidrokarbon di zona tersebut, begitu pula nilai *log* LLD yang besar semakin mendukung bahwa di lapisan tersebut terdapat hidrokarbon (**Gambar 4.2**). Pada data seismik zona tersebut berada pada zona *brightspot* 2. Data *log* sumur untuk *brightspot* 1 dapat dilihat di (**Gambar 4.2**). pada data *log* di zona *brightspot* 1 terlihat data RHOB yang besar dan data *log* lainnya tidak menggambarkan lapisan ini adalah batupasir.



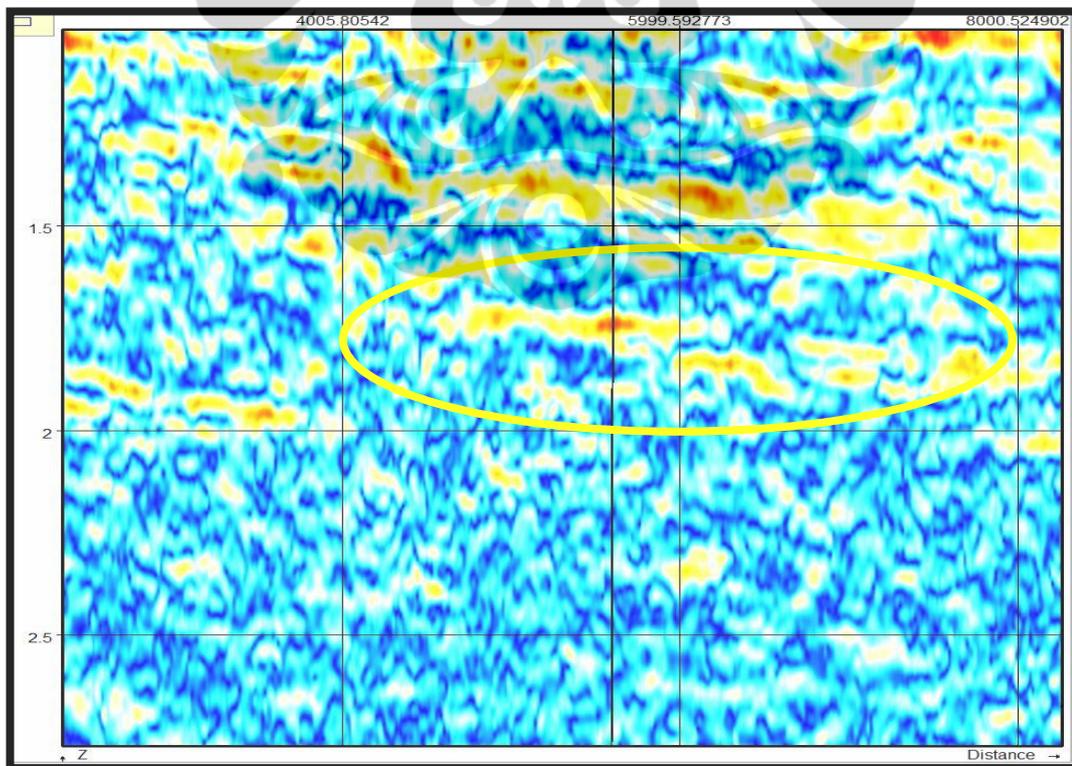
Gambar 4.2 Data log pada zona target (*brightspot 1* dan *brightspot 2*)

4.4 Dekomposisi Spektral

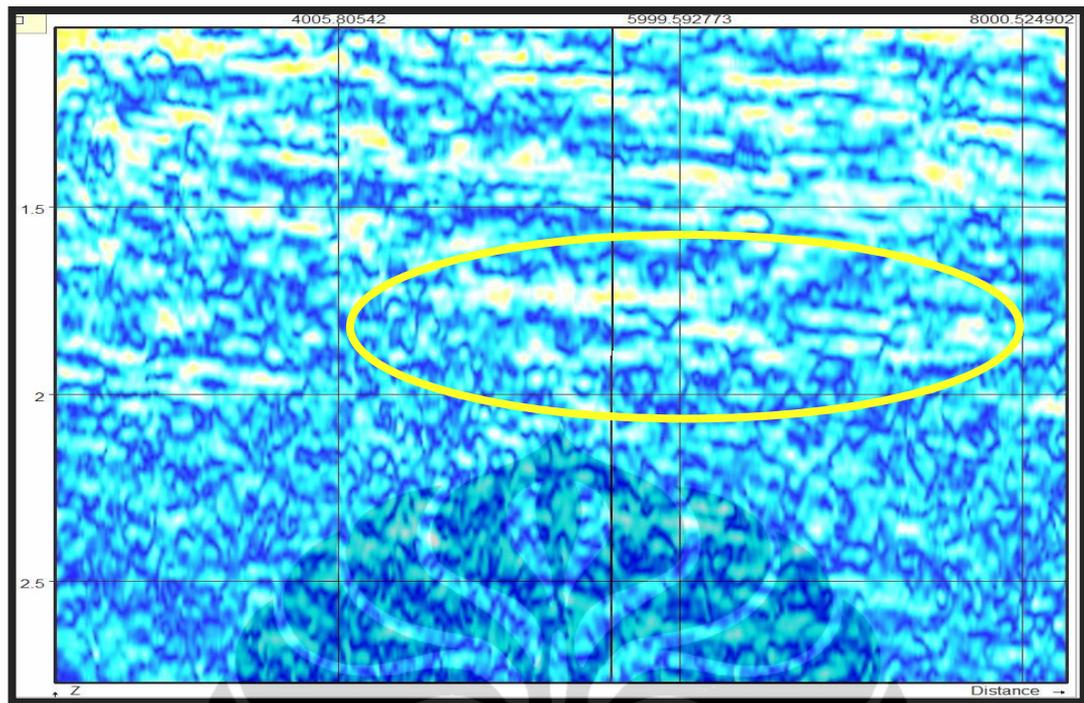
Metode dekomposisi spektral digunakan untuk melihat respon pada seismik di zona *interest*. Dekomposisi spektral yang digunakan dalam penelitian ini adalah dekomposisi spektral berbasis *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan *wavelet* Mexican hat. Alasan menggunakan wavelet ini dapat dilihat pada (**Gambar 3.10**) yang merupakan respon pada lapangan 'B' dimana pada *wavelet* Gauss resolusi terhadap *time* cukup baik hanya saja wavelet ini tidak dapat memisahkan pada pola kenaikan frekuensi; sedangkan pada wavelet Morlet resolusi *time* kurang baik akan tetapi *wavelet* ini memiliki resolusi terhadap kenaikan frekuensi yang sangat baik dibandingkan yang lainnya; pada wavelet Mexican hat dapat dilihat respon yang sangat baik untuk resolusi terhadap *time* dan resolusi terhadap kenaikan frekuensi yang cukup baik sehingga pada penelitian ini menggunakan jenis wavelet Mexican hat. Hasil dari dekomposisi spektral yang dilakukan pada lintasan 908_SP_0600_0097 mengindikasikan adanya hidrokarbon di lapisan batupasir di zona *brightspot* 2 pada formasi Tarakan. Untuk menganalisa penyerapan amplitudo gelombang pada frekuensi tinggi dilakukan dekomposisi spektral dengan menaikkan frekuensi. Hasil dekomposisi spektral pada frekuensi 18 hz dapat dilihat pada (**Gambar 4.3**), hasil dekomposisi spektral frekuensi 25 hz dapat dilihat pada (**Gambar 4.4**), dan hasil dekomposisi spektral pada frekuensi 35 hz dapat dilihat pada (**Gambar 4.5**). terlihat nilai amplitudo dari zona *brightspot* 2 akan mengecil seiring dengan pertambahan frekuensi, hal ini dikarenakan karena nilai absorbansi amplitudo gelombang pada hidrokarbon terutama gas akan bertambah seiring bertambahnya frekuensi. Setelah itu dilakukan penyebaran hasil spektral dekomposisi di lapisan reservoir batupasir *bottom* formasi Tarakan. Hasilnya dapat dilihat pada (**Gambar 4.6**). Terlihat pada daerah dengan kontur yang tinggi terdapat warna merah yang menandakan bahwa pada daerah tersebut terdapat indikasi gas. Hal ini dimungkinkan karena masa jenis gas yang cenderung kecil dibandingkan dengan masa jenis air maupun minyak sehingga gas tersebut menempati tempat yang cenderung lebih tinggi.



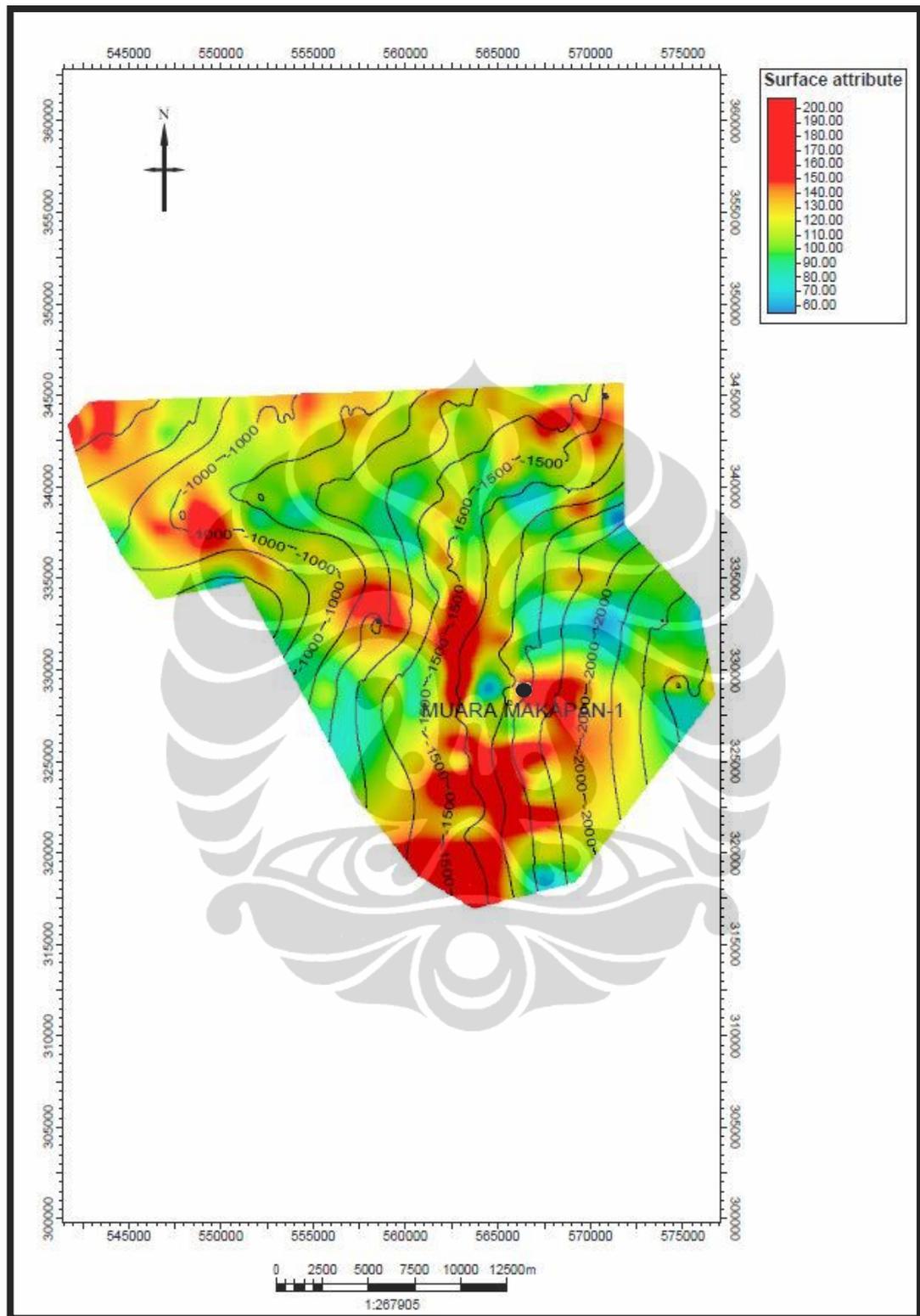
Gambar 4.3 Dekomposisi spektral pada frekuensi 18 hz.



Gambar 4.4 Dekomposisi spektral pada frekuensi 22 hz.



Gambar 4.5 Dekomposisi spektral pada frekuensi 35 hz.



Gambar 4.6. Dekomposisi spektral 18 hz sepanjang horison *bottom* Tarakan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan,

1. Metode dekomposisi spektral dapat mendeteksi keberadaan hidrokarbon terutama gas dengan memanfaatkan anomali frekuensi rendah.
2. Pada proses dekomposisi spektral anomali hidrokarbon gas pada reservoir batupasir formasi Tarakan terlihat di frekuensi 18 hz.
3. Pada data seismik di *line* 908_SP_0600_0097 lapangan 'B', indikasi hidrokarbon gas terlihat pada zona brigspot 2.
4. Penyebaran hidrokarbon pada reservoir batupasir formasi Tarakan berada pada bagian Selatan dan Barat Laut dari lapangan 'B'.

5.2 Saran

Penelitian ini bersifat kuantitatif perlu dilakukan analisis lanjutan dengan metode Q faktor untuk mengetahui nilai dari arbsorbansi gelombang seismik pada zona hidrokarbon gas.

DAFTAR PUSTAKA

- Biantoro., Elan, 1996, Tarakan Sub-Basin Growth Faults, North-East Kalimantan : Their roles in Hydrocarbon, Twenty-First Silver Anniversary Convention, Jakarta.
- Barber, A.J, 1985, The relationship between the tectonic evolution of Southeast Asia and hydrocarbon occurrences.
- Cohen, L, 1995, Time-Frequency Analysis.
- Elen, H., et all , 2008, Middle Miocene Meliat Formation in the Tarakan Island, IPA Thirty Second Annual Exhibition, Jakarta
- John, Kingston, 1988, Undiscovered Petroleum Resources of Indonesia, United States Departement of The Interior Geological Survey.
- Kresandi, Rama., 2013, Metode Dekomposisi Spektral dengan Metode Continuous *Wavelet* Transform (CWT) dalam Mengidentifikasi Shale Prospektif di Lapangan “X”, Universitas Indonesia.
- Laughlin, K, Garossino, P., and Partyka, G., 2003, Spektral Decomposition for Seismic Stratigraphic Patterns, Geophysical Corner.
- Letini, Darman, 1996, Aspects of The Neogen Tectonic History and Hydrocarbon Geology of The Tarakan Basin, Proceedings of Indonesian Petroleum Association 25th Annual Convention, Jakarta.
- Mallat, s., 1999, A *Wavelet* Tour of Signal Processing. 2nd ed. : Academic Press.
- Michael D., Burnett., John,P, 2004, Advances in Spectral Decomposition and Reflectivity Modelling in the Frio Formation of the Gulf Coast.

- Pergina, Kemala., 2011, Analisis Dekomposisi Spektral Untuk Identifikasi Penyebaran Lateral Lapisan Tipis Batubara Menggunakan Metode CWT, Universitas Indonesia.
- Partyka, G., J Gridley, and J. Lopez. 1999, Interpretational Applications of Spectral Decomposition in Reservoir Characterization. The Leading Edge.
- Sinha, S., 2003, Time-Frequency Attribute of Seismic Data using Continuous *Wavelet* Transform: SEG2003.
- Sinha, S., Partha, S., Routh, P.S., Anno, P.D. and Castagna J.P., 2005, Spectral Decomposition of Seismic Data with CWT, Geophysics.
- Febuana Putra, Andy., 2010, Kombinasi Penerapan Metode Inversi Seismik dan Dekomposisi Spektral dalam Penentuan Sebaran Reservoir Minyak pada Lapangan Minyak Fatih, Cekungan Tarakan, Kalimantan Timur, Universitas Indonesia.
- Satyana, A. H., Nugroho, D., Surantoko., 1999, Tectonic Control on The Hydrocarbon Habitats of the Barito, Kutei, and Tarakan Basin, Eastren Kalimantan, Indonesia; Major Dissimilarities in Adjoining Basins, Journal o Asian Earth.
- Wahdanadi, 2011. Advance Interpretation of Spectral Decomposition Method for Estimating Oil Reservoir Distribution : A Case Study. Proceeding JCM Makassar 2011.