

Skripsi Geofisika

**IDENTIFIKASI STRUKTUR SESAR DAN LINGKUNGAN
PENGENDAPAN MENGGUNAKAN DEKOMPOSISI SPEKTRAL DAN
RGB BLENDING PADA DATA SEISMIK 3D
(Studi Kasus Lapangan ‘AM’ Cekungan Sumatera Selatan)**



Oleh :

AKMAL

H221 12 268

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2017

HALAMAN JUDUL

**IDENTIFIKASI STRUKTUR SESAR DAN LINGKUNGAN
PENGENDAPAN MENGGUNAKAN DEKOMPOSISI SPEKTRAL DAN
RGB BLENDING PADA DATA SEISMIK 3D**

(Studi Kasus Lapangan ‘AM’ Cekungan Sumatera Selatan)

*Diajukan untuk Melengkapi Tugas Akhir dan Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Pada Program Studi Geofisika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin*

OLEH :

AKMAL

H22112268

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2017

LEMBAR PENGESAHAN

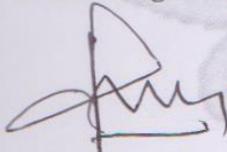
**IDENTIFIKASI STRUKTUR SESAR DAN LINGKUNGAN
PENGENDAPAN MENGGUNAKAN DEKOMPOSISI SPEKTRAL DAN
RGB BLENDING PADA DATA SEISMIK 3D
(STUDI KASUS : LAPANGAN 'AM' CEKUNGAN SUMATERA
SELATAN)**

**AKMAL
H 221 12 268**

Makassar, 24 Mei 2017

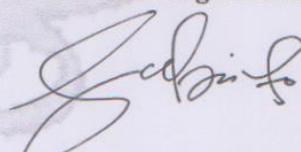
Disetujui oleh:

Pembimbing Utama



**Dr. Muh. Altin Massinai, MT. Surv
NIP. 196406161989031006**

Pembimbing Pertama



**Sabrianto Aswad, S.Si, MT
NIP. 197805242005011002**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya orisinal saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk sesuatu gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau di lembaga pendidikan lainnya dimanapun, kecuali bagian yang telah dikutip sesuai kaidah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan dalam batas tertentu dibantu oleh pihak pembimbing.

Penulis

Akmal

ABSTRAK

Lapangan AM merupakan lapangan yang terletak pada daerah Blok Jabung, Sub-Cekungan Jambi, Cekungan Sumatera Selatan. Sub-Cekungan ini terbentuk akibat proses megasekuen tektonik berupa proses *rifting* dan inversi yang menghasilkan endapan alluvial, fluvial, fluvio-deltaik hingga laut dalam. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk melihat gambaran lingkungan pengendapan khususnya pada Formasi Talang Akar, Baturaja, dan Gumai serta mengidentifikasi struktur sesar dari data seismik 3D dengan mengaplikasikan metode Dekomposisi Spektral dan *RGB (red, green, and blue) Blending*. Dekomposisi Spektral mentransformasikan sinyal seismik dari domain waktu ke domain frekuensi. Sementara, *RGB blending* mengkombinasikan tiga frekuensi dari frekuensi rendah, tengah dan tinggi menjadi satu hasil keluaran volume yang kaya warna yang merupakan hasil perpaduan frekuensi tersebut. Metode ini menampakkan secara detail struktur sesar dan lingkungan pengendapan pada Lapangan AM. Berdasarkan hasil penelitian terdapat tiga orientasi sesar utama dan satu orientasi sesar minor pada lapangan ini. Sesar utama berarah NW-SE, NE-SW, dan, NNW-SSE serta sesar minor dengan orientasi NE- SW. Kemudian, pada Formasi Talang Akar teridentifikasi adanya karakteristik lingkungan pengendapan berupa endapan *alluvial fan* dan *braided channel*, pada Formasi Baturaja berupa endapan karbonat, dan pada Formasi Gumai berupa endapan sistem deltaik dan *offshore transition*.

Kata kunci : Dekomposisi Spektral, *RGB Blending*, Struktur Sesar, Lingkungan Pengendapan.

ABSTRACT

The AM Field is located in the Jabung Area, Jambi Sub-basin, South Sumatra Basin. This basin is formed by the mega sequences tectonic processes of rifting and inversion with various deposits as alluvial, fluvial, fluvio-deltaic, and deep marine. The purpose of this study is to determine depositional environment especially on the Talang Akar, Baturaja, and Gumai Formation and also to identify fault orientation based on seismic data using Spectral Decomposition and RGB (red, green, and blue) Blending method. The Spectral Decomposition transforms seismic signal from time to frequency domain. While RGB Blending combines three of frequencies which consist of low, middle, and high frequency to become volume output with several colors which represents the mixing of the frequency. This method reveals the fault presence clearly and depositional environment in the AM Field. Result shows that there are three main fault orientations with trend NW-SE, NE-SW, NNW-SSE and one minor fault orientation with trend NE-SW. Then, on the Talang Akar Formation it has recognized a characteristic of depositional environment as alluvial fan and braided channel deposit, on Baturaja as carbonate, and also on Gumai Formation as deltaic system and offshore transition deposit.

Keywords : Spectral Decomposition, RGB Blending, Fault, Depositional Environment

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah, segala puji dan syukur bagi Allah, Tuhan tempat kita menggantungkan harapan, tempat memohon ampunan dan perlindungan. Segala puji atas semua nikmat yang telah Ia berikan kepada hamba-hamba-Nya, khususnya bagi orang-orang yang beriman dan yang menuntut ilmu. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah untuk Rasulullah Muhammad saw, Nabi akhir zaman. Juga kepada sahabat beliau, serta para pengikutnya yang tetap istiqomah menjalankan sunnahnya.

Tugas akhir ini berjudul “Identifikasi Struktur Sesar dan Lingkungan Pengendapan Menggunakan Dekomposisi Spektral dan *RGB Blending* pada Data Seismik 3D (Studi Kasus : Lapangan AM Cekungan Sumatera Selatan)” yang diajukan sebagai syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains di Program Studi Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini mengkaji tentang aplikasi metode dekomposisi spektral dalam interpretasi data seismik mengenai lingkungan pengendapan dan struktur sesar yang merupakan bagian dari kajian sedimentologi geologi struktur yang penulis pernah ambil di bangku kuliah. Dekomposisi spektral sendiri merupakan bagian dari mata kuliah Analisis Sinyal dan Fisika Matematika “fismat” yang konsepnya adalah Transformasi Fourier.

Sebagai bagian dari rasa syukur dan terima kasih, gelar sarjana sains yang akan saya peroleh ini, saya dedikasikan kepada kedua orangtua saya tercinta, ibunda Bajirah dan ayahanda Ibrahim. Tanpa mereka, tidaklah berarti apa yang saya raih ini, melalui kekuatan cinta dan doa mereka yang tulus sejak saya dalam kandungan,

masa kecil, remaja, dan hingga saat ini. Karena mereka, penulis dapat melalui setiap rintangan hidup. Semoga Allah membalas kasih sayang mereka di Akhirat kelak. Amin.

Selain itu, untuk kesembilan kakak saya dan kakak ipar saya. Abu Ammar dan kakak ipar pertama saya, kak Hasna Dia, ummu Ammar, yang seperti kakak sekaligus ibu saya sendiri karena sejak saya masih kecil 'balita' kakak pertama saya sudah menikah dengan beliau. Kakak ipar saya yang satu ini merupakan kakak yang penulis paling sering curahkan hati baik menyangkut permasalahan kuliah, asmara maupun tentang kesulitan-kesulitan pilihan yang penulis hadapi. Terutama pada penyusunan tugas akhir ini. Jazakumullah khair. Kepada Ayah Salsa dan istrinya, kak Haris dan kak Unda, yang sampai tahap akhir kuliah, mereka masih senantiasa *mensupport* penulis dari segi finansial dan juga doa tentunya. ummu Mirda dan kak Mora, kak Dhaniel, Abu Sophie dan isterinya, kak Nadi dan abinya Abdi. Kak Beti dan Abu Salman yang begitu dermawan, telah membelikan laptop dan juga membiayai penulis di akhir penyusunan tugas akhir ini. Kak Liang dan ayah Fika, dan kakak terakhir saya, Arham Ibrahim. Jazakumullahu khairan katzirah. Serta keluarga dekat saya, saudara-saudara dan ibu dari ibu dan ayah saya, sepupu-sepupu saya, dan dua puluh lebih kemanakan saya. Jazakallah.

Suatu keberhasilan juga tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan dan doa dari orang lain. Oleh karena itu penulis berkewajiban untuk mengucapkan terima kasih, kepada :

1. Pembimbing utama penulis, bapak Dr. Muh. Altin Massinai, MT. Surv, dengan kebaikan dan kedermawanannya, beliau telah banyak membantu penulis dari sejak

sebelum berangkat penelitian di Jakarta sampai penulis menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakumullahu khair. Semoga Allah membalas semunaya.

2. Bapak Sabrianto Aswad, S.Si, MT selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu, bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis. Beliau adalah satu dosen yang menginspirasi saya selama menjadi mahasiswa. Semoga Allah membalas kebaikan bapak serta keluarga Anda.
3. Pembimbing penulis di Petrochina Intrnational Companies ; Pertama, kepada M. Noor Alamsyah, M.Si atau sapaan akrab beliau, mas Koko. Banyak ilmu yang penulis dapat dari beliau, kebaikan dan kedermawanan beliau kepada penulis. Kedua, Kak Muhtar atau disapa kaka Daeng di kantor, yang bersedia hati membimbing saya di perusahaan. Memberikan arahan, ilmu, kebaikan, dan keramahannya kepada penulis. Ketiga, kepada co-pembimbing penulis, Mbak Bella Safitri dan Teh Lia Reulina Kataren, panggilan akrab, kak Bess dan kak Lia. Mereka adalah dua yang tak bisa bandingkan kebaikannya kepada penulis, sajak tugas akhir di perusahaan sampai saat ini.. Jazakumullahu khair.
4. Bapak Wakil Ketua DPR dan Bapak Bupati Pangkep; yang telah membantu penulis selama mengambil Tugas Akhir di Jakarta. Terkhusus Bapak Wakil Ketua DPR, Puang Nanrang, terima kasih banyak atas dukungannya baik berupa dukungan moril dan juga materi serta doanya.
5. Bapak Dr. Hasanuddin, M.Si selaku dosen penguji dan dosen penasehat akademik penulis, bapak Drs. Erfan, M.Si dan Ibu Makharani, S.Si, M.Si yang juga selaku penguji, terima kasih atas saran yang telah diberikan demi kesempurnaan skripsi ini.

6. Bapak Dr. Eng Amiruddin selaku Dekan FMIPA Unhas, bapak Dr. Tasrief Surungan, M.Sc selaku Ketua Jurusan Fisika, bapak Syamsuddin, S.Si, MT selaku Sekretaris Jurusan Fisika, Ibu Nurhasanah, S.Si, M.Si selaku Koordinator Seminar, seluruh staf dosen pengajar serta staf pegawai akademik Jurusan Fisika dan Fakultas MIPA UNHAS yang telah membantu kelancaran penyelesaian skripsi ini.
7. Segenap keluarga besar di Petrochina lantai 19 khususnya di departemen eksploitasi, eksplorasi dan reservoir yang senantiasa membantu penulis selama melaksanakan Tugas Akhir; Pak Bambang, Bu Susan (Sekretaris Manager Eksploitasi, terima kasih hadiahnya waktu penulis mau balik ke Makassar), Mba' Ayu, Mba' Dian, Mas Budi, Mas Israna (teman sekubikal, yang selalu jadi tempat bantuan untuk memprint paper-paper. Terimakasih mas), Mbak Devi, Mbak Nida (thank you untuk ilmu dan pertemanannya. Terima kasih juga telah menjadi keluarga, dan mengajak liburan dan lebaran idul adha di Bandung), Mas Randi, Mas Risyad, Mas Kris, Mbak Pande, Mbak Addina, Mbak Fifi, Mas Beri, Mas Okto, Mas Wicak dan Mas Febri, Mas Arnas, Mas Indra, Mbak Uci, Mbak Gita, dan Mbak Dina.
8. Terkhusus, ibu Puji Utami Senior HRD Petrochina, dan mas Anton Sujarwadi HRD Petrochina yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan Tugas Akhir di Petrochina. serta Pak Wid (Bapak Satpam) yang memotivasi penulis untuk tetap semangat mengerjakan tugas akhir ini, beliau kadang menjadi teman ngobrol kalau penulis sedang jenuh dengan data. Jazakallah.

9. Teman seperjuangan Tugas Akhir di Petrochina, Lukito, yang telah banyak membantu penulis, menjadi sahabat sekaligus guru selama penulis mengerjakan data penelitian ini. Kepada Locana, Radikna, Jeje, Ardisha, Putra, Syita, Suma, Dara, Veny, dan Mas Rangga. Thank you guys. See you again.
10. Teruntuk Kak Mita, Rizal, kak Iwan, bokap dan nyokapnya rizal, terima kasih sudah menjadi keluarga penulis waktu di Jakarta. Semoga Allah membalas semuanya.
11. Kepada Mbak Sasa, mama Ratu, mbak Ema, anaknya mam Ratu, bapak tentara (yang menyembunyikan identitasnya), kepala mess pemda, terima kasih sudah menjadi teman dikala penulis pulang dari kantor, teman berbincang, bersantai, dan melepas penat dari kantor. Anda sudah menjadi keluarga penulis selama di Jakarta.
12. Teman-teman seperjuangan Himafi 2012 sejak Pengkaderan, Panitia, sampai Pengurus Himpunan. Geofisika 2012; Yawan, Faisal, Sul, Asraf, Faiz, Arif, Yusuf, Irpan, Anca, Jabal, Gedo, Maksun, Jamal, Ichal, Matra, Gangga, Jemi, Ashari, Aul, Chia, Mela, Niza, Sari, Tri, Citra, Wulan, Uzy, Fitri, Jeje burung hantu, Desy, Putri, Thia, Ika, Uci, Anggun dan Icha. Fisika 2012; Banyal, Didin, Syahrul, Syahril, Atm, Vivi, Wana, Indah, Ruman, Menceng, Nurul, Lilis, Nina, Yeti, Sahra. Thank you guys untuk kebersamaannya, ceritanya, semuanya adalah pokoknya. Terima kasih sudah jadi teman penulis selama kurang lebih lima tahun.
13. Keluarga besar KKN Tematik 90 Miangas. Teman-teman seperjuangan di tapal perbatasan Indonesia. Perjuangan mengarungi Lautan Banda, Ambon, Ternate, Manado, Tahuna, dan puluhan pulau di ujung utara Indonesia. Mereka orang-

orang luar biasa! Terima kasih untuk kalian, Kak Riza Darma Putra (supervisor) telah menemani perjalanan kami, kak Peto elektro (orang terbaikk kalo minta tolong pasti adai yang penting adaki di makassar, paling suka diajak nanjak dan paling gokil juga di gunung. Thank you bro. Kak Budi teknik (hati-hati sama ini anak, kalo marah nasemprotko itu, tapi redah sendiriji. Tapi penyayang ini anak, buktinya disayang sekali sama pacaranya. Hahah. Kak Abi mesin (paling enak diajak nanjak, ada yang bawakan carrier wkwkwk, tidak banyak bicara tapi banyak ketawa kalo digunung, paling safety). Kak Jae mesin, pernah diskusi filsafat waktu mau tiba di Miangas, (hebat logikanya ternyata ini anak. Mantap kanda), gokil, enak diajak minum kopi. Kak Ell elektro, kak Appang arsitek, kak Bayu, kak Esa sastra, bro Ipul sospol, kak Ahid kelautan, kak Jul elektro, kak Fatir unifa, kak Acca unifa, kak Chalik unismuh, kak abim umi, kak dhani unm, Kordinator pulau (korpul, hampir lupa wkwkwk, orang luar biasa ini, napimpin anggotanya 98 orang. Hahah) Ikkal kedok, Asrul uin, Sukri kelautan, artisnya miangas, jago menyanyi apalagi main gitar, tukang cukurnya juga anak miangas. Afwan uin, Abbas ilmu tanah, Rizki Ridwan hukum, Ahmad Uin, gokil ini anak. Ichal satgas, bang Jefri Unm, Aan kedok, Abdi, Cul, kak Nawi Kandi peternakan, Wawan, premannya kedok, Budi Farmasi (Pernah menjabat ketua BEM Farmasi, ini anak pernah muntah waktu pergi berneleyen bersama papa dan bang Jono, (tidak kuat dgn ombak haha), Eki kelautan, Ikkal unismuh, Andi caprof, salah satu teman terbaikk penulis, baik sekali, tidak sekke, kalau mau bermalam dirumahnya, dia langsung yang jemput, dan kalau pulang, dibawa bajunya juga pulang dan tidak dikembalikanmi (jarangja saya, andiyari ji itu paling sering.

Wkwk) thank u bgt bro. Selama'ko diperantuan. Andiyari balesu (wah inimi pelakunya. Teman terbaik juga tawwa. Baiki memang anaknya). Arif hukum. Iklas kedok gigi (dokter gigi yang baik dan penyabar) Firman kedok, Sabran Jamil Pulubuhu (tidak asing toh nama "Pulubuhu", siapa di? dia adalah saudara serumah dulu di Miangas. Anak kesangannya mama asri. Lebih rajinki pergi ambil air dibanding saya. Lebih sering nyuci piring. Ckckck. Kami adalah keluarga paling hangat di miangas. Tidak percaya? Liatmi poin 14). Kak Aris (Ketua BEMnya dlu Ekonomi dimasanya). Bang Noval, Sospol, Cabu Uin, Bang Adi Unifa, Sandi kedok (banyak sekali odo2nya ini ana), Rafi (hampirko kulupa rafi haha). Cewek-ceweknya yang strong; Nurul ekonomi, Imex, anak cantiknya kedok, (Hmm. Belakangan baru tahu ternyata ada kaitannya dengan kak Peto. Oupss). Syura psikolog (wanita paling anggun. Hmm.) Medi kedok (Dokternya miangas, cantik, mashaaAllah, dan baik anaknya), Anti ekonomi (apa mau kubilang di, hm. Saudaranya irma baper di miangas). Syoka (haha, teman cewekku itu dari mipa na, pernah tenggelam di laut, terbalik perahunya waktunya kerja proker wkwkwk. Dikira tidak adami. Haha. Lucu ini anak. Pernah juga hilang tasnya dikapal. Menangiski. Saya sebagai teman angkatannya jadi tidak tega liatki -,- tapi akhirnya kudapatkanji. Bahagiame kembali haha). Arini (cantik anaknya hmm tapi adami yang punya. Enak diajak makan dan ngobrol. Dan perindu orangnya. haha). Ifa (Ketua himpunan pertambangan UMI dimasanya. Luar biasa ini perempuan!) Linda Farmasi (cewek paling tomboi ini. Baik anaknya. Tidak baperji), kak fifi, Kak Rani, Izzah psikologi (Sepertinya ada something. Wkwkwk. Manis orangnya dan sabarki, dan sepertinya kalau jadi isteri bisa mendidik baik anak-anaknya (itu

karena penulis dlu pernah satu proker di kelas III SD) jadi tau orangnya gimana. hahaha). Mashita sospol, reporter kknt miangas (hmm. Sering dipanggil wanita tak beralis oleh sesama kaumnya. Tapi tdk baperji anaknya dan semakin PD ji kalau dibilangi), icha fkm, nurul fkm, fitri pertanian, irma sospol (anak paling baper ini. Muhamma' tidak di Miangas, tidak di makassar, baper terus. Tapi kalau redami, baik ji lagi. Tapi, baik tawwa, dan tidak sekke. Ika traveller (keliling indonesia mi). Mita peternakan. Rara (Sesuai kriteria penulis, cantik, tinggi, rambut panjang, sedikit kurus. Tapi, kriteria ji ini. Ini anak baik, santai, tidak mudahji baper, tapi pernah baper dlu sekali). Virgi kedok (wao, sepertinya klo ada pasiennya lsg kabur, jutek orangnya klo lg marah. Bahaya ini anak. Tapi, diluar itu, ini anak penyayang orangnya, perhatikanki juga. Suka melihat pesawat terbang, ada filosofinya, kepada penulis pernah ia cerita. Akan tertuang dalam tulisan nnt. Harapannya kepada penulis). Winda HI (maskot Miangas, yang satu ini cewek yang luar biasa, ceketan, strong, cerdas, lincah, dan enak diajak cerita-cerita), Intan hukum, Jungzahra kedok gigi, dwi psikolog, atika dan intan keperawatan, dan terakhir mami (ya panggilannya sj mami, seperti sifatnya ia seperti seorang mami. Dewasa, santai, enak diajak ngobrol, bae, tidak sekke, dan tidak baperji. Tapi kalau baperki, mendingan jangan dlu muncul di depannya. Salah satu teman terbaik). Sepertinya masih ada yang tidak tersebut namanya, tapi penulis sudah lelah. Intinya, KKNT Miangas 90. YOU GUYS, Luar Biasa!

14. Terkhusus keluarga kecil saya di Miangas- Mama Asri tercinta, Mama Lena, Papa Jacob, Oma, Kak Nana, Kak Nani, sikecil Arya, dan saudara KKN saya, Kak Acca, Sabran Jamil Pulubuhu, Wawan Madda. Terima kasih untuk

kekeluargaannya, kedermawanannya, kebaikan dan kasih sayangnnya selama kami di sana, penulis banyak belajar arti kekeluargaan selama di sana. Terima kasih untuk kehangatannya sampai saat ini. Semoga kalian baik-baik saja di sana.

15. Teman-teman AAPG (Kak Anjel, kak Jusri, kak Pius, kak Ilmi, Iyan, Mada, Restu, Abu, Indri, Indri, April, Richy, Niza, Asraf, Sari, Gedo, Didin), thank you guys.
16. Teman-teman penulis di Forum Lingkar Pena Unhas (Kak Bata, kak Azure, kak Jum, kak Isma, Kak Syahri, kak Ceki yang sekarang sudah di Aberdeen, UK, kak Ikbal, Diah, Alga, Dian, Rahma, Eki) terima kasih banyak semua.
17. Kanda-kanda pengurus Himafi 2010, adik-adik 2013 dan 2014, terima kasih.
18. Serta kepada semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan namanya.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Makassar, Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v

DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Batasan Masalah.....	4
I.3 Tujuan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Geologi Regional.....	5
II.1.1 Sejarah Struktural.....	6
II.1.2 Gambaran Stratigrafi dan Paleogeografi.....	8
II.2 Konsep Dekomposisi Spektral.....	14
II.2.1 Transformasi Fourier	16
II.2.2 <i>Continuous Wavelet Transform</i>	18
II.2.3 Transformasi Wavelet Gabor.....	20
II.3 <i>Red, Green and Blue (RGB) Color Blending</i>	21
II.4 Lingkungan Pengendapan	23
II.4.1 Alluvial dan Fluvial.....	24
II.4.2 Lingkungan Delta.....	26

II.4.2 Paparan Karbonat.....	27
II.5 Analisa Struktur	29
II.5.1 Struktur Sesar.....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	31
III.2 Ketersediaan Data	31
III.2.1 Data Primer	31
III.2.2 Data Sekunder	32
III.3 Tahapan Penelitian.....	32
III.3.1 Tahapan Persiapan	33
III.3.2 Pengolahan Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Interpretasi Dekomposisi Spektral dan <i>RGB Blending</i>	39
IV.1.1 Formasi Talang Akar Bawah	40
IV.1.2 Formasi Talang Akar Atas.....	42
IV.1.3 Formasi Baturaja	44
IV.1.4 Formasi Gumai (MFS-3).....	46
IV.1.5 Formasi Gumai (MFS-4).....	48
IV.1.6 Formasi Gumai (GUF).....	49
BAB V PENUTUP	

V.1 Kesimpulan.....	51
V.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	

(James & Kendall, 1992).....	28
Gambar 2.18 Karakteristik perbedaan kelas sesar (Davis, 1984)	30
Gambar 3.1 Basemap Penelitian	32
Gambar 3.2 Hasil input data seismik, horison dan sumur.....	33
Gambar 3.3 Lapisan target tiap formasi.....	35
Gambar 3.4 Nilai frekuensi dominan tiap formasi.....	35
Gambar 3.5 Bagan alir dekomposisi spektral dan <i>rgb blending</i>	37
Gambar 3.5 Bagan alir penelitian.....	38
Gambar 4.1 Horison Slice, 50 ms dibawah top Formasi Talang Akar Bawah	40
Gambar 4.2 a. Horison Slice, 20 ms dibawah top Formasi Talang Akar	
Bawah b. Ilustrasi <i>Development style of Allvial Fans</i>	41
Gambar 4.3 Horison slice, 25 ms di atas top formasi Talang Akar Bawah	42
Gambar 4.4 Horison slice, 40 ms di atas top formasi Talang Akar Bawah	43
Gambar 4.5 Horison Slice, 10 ms di bawah top horizon Formasi Baturaja	44
Gambar 4.6 Horison Slice, 20 ms di bawah top horizon Formasi Baturaja	45
Gambar 4.7 a. Geometri lingkungan pengendapan delta pada Formasi	
Gumai (MFS-3) horison slice 40 ms di bawah top horizon	
MFS-3 b. Ilustrasi fisiografi delta (Allen and Coadou, 1982)...	47
Gambar 4.8 a. Geometri lingkungan pengendapan delta pada Formasi	
Gumai (MFS-3) horison slice 20 ms di bawah top horizon	

MFS-3. b. Ilustrasi fisiografi delta (Allen and Coadou, 1982)... 48

Gambar 4.9 Geometri lingkungan pengendapan pada Formasi Gumai

(MFS-4) horison slice 20 ms di bawah top lapisan MFS-4.... 49

Gambar 4.10 Geometri lingkungan pengendapan pada Formasi Gumai

lapisan GUF. horison slice 70 ms di bawah top lapisan GUF 49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi lingkungan pengendapan (Selley, 1988).....	24
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 *Data Conditioning*
- Lampiran 2 Formasi talang akar bawah (Oligosen Akhir)
- Lampiran 3 Formasi Talang Akar Atas (Miosen Awal)
- Lampiran 4 Korelasi Sumur *flatening* Formasi Baturaja (BRF)
- Lampiran 5 Formasi Baturaja (BRF)
- Lampiran 6 Formasi Gumai (MFS-3)
- Lampiran 7 Formasi Gumai (MFS-4)
- Lampiran 8 Formasi Gumai (GUF)
- Lampiran 9 Contoh Transformasi Fourier Kontinyu
- Lampiran 10 Contoh Transformasi Fourier Diskrit
- Lampiran 11 Short time fourier transform (stft) dan continous wavelet transform (cwt) dalam matlab

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pemahaman terhadap sejarah struktur dan lingkungan pengendapan memberikan sebuah arti penting dalam eksplorasi minyak dan gas bumi. Kombinasi antara keduanya dapat merefleksikan sejarah sedimentasi dan sejarah geologi dalam suatu cekungan.

Beberapa metode dan pendekatan ilmiah dapat dilakukan untuk membantu interpretasi, baik melalui pendekatan metode geofisika maupun geologi. Pendekatan geofisika yang biasa dilakukan, seperti metode analisis versus offset (AVO), inversi AI, ekstraksi atribut, dan metode pendekatan lainnya. Sementara, pendekatan seperti analisis fasies seismik, analisa log sumur, dan korelasi sekuen stratigrafi, merupakan pendekatan geologi yang biasa digunakan untuk membantu dan memperkuat interpretasi. Kedua pendekatan tersebut memiliki peranan yang sama pentingnya dalam interpretasi untuk pencarian hidrokarbon.

Lapangan AM merupakan salah satu lapangan yang berada di Cekungan Sumatera Selatan, tepatnya di Sub-Cekungan Jambi. Cekungan ini mulai terbentuk sejak zaman Pra-Tersier. Kemudian diumur Eosen sampai Oligosen Awal, mulai terbentuk Formasi Lahat dan Formasi Talang Akar yang diendapkan pada lingkungan alluvial ke *fluvial deltaic* pada masa *syn-rift*. Selanjutnya, diendapkan Formasi Baturaja dan Formasi Gumai seiring terjadinya transgresi yang mengubah deposisi pengendapan dari lingkungan darat ke lingkungan *marine* (Ginger and Fileding, 2005).

Berdasarkan informasi distribusi paleogeografi Ginger dan Fielding, 2005, secara lokal, lapangan AM diendapkan pada lingkungan alluvial ke fluvial dan *marginal marine* pada Formasi Talang Akar selama Oligosen Akhir sampai Miosen Awal (*Earliest Miocene*). Selanjutnya, pada Formasi Baturaja, lingkungan pengendapannya berubah menjadi lingkungan *open marine shale* seiring berlanjutnya fase transgresi yang terjadi pada Cekungan Sumatera Selatan, dimana pada bagian sisi barat lapangan terdapat endapan karbonat yang diendapkan pada lingkungan *platform* dan lingkungan *reef*. Terakhir diendapkan Formasi Gumai pada lingkungan pro-delta atau *offshore transition*.

Sistem lingkungan pengendapan yang cukup kompleks di atas membutuhkan analisis interpretasi yang lebih jauh. Metode pendekatan yang dianggap memberikan gambaran yang baik dalam hal pencitraan dan penggambaran geometri bawah permukaan perlu dilakukan untuk membantu intepretasi. Pengolahan konvensional seperti data amplitudo seismik, dan data sumur dianggap belum cukup. Selain itu ekstraksi atribut, seperti atribut *coherance* dan *envelope* yang pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya belum dapat memberikan gambaran secara detail mengenai geometri bawah permukaan.

Dalam penelitian ini, penulis mencoba menggunakan pendekatan lain yang diharapkan dapat membantu interpretasi dan memberikan hasil yang lebih baik mengenai penggambaran geometri bawah permukaan tersebut. Metode Dekomposisi Spektral dipilih karena kemampuannya yang dapat bekerja dalam kawasan waktu-frekuensi dapat mendeteksi keberadaan hidrokarbon, gambaran stratigrafi, dan fitur geologi bawah permukaan seperti struktur sesar dan *channel*

(Partyka, et al., 1999; Castagna, et al., 2003; Hall dan Trouillot, 2004; Weish, et al., 2008; Khanna, et al., 2010; Roniwibowo, et al., 2010; Chopra dan Marfurt, 2016).

Beberapa penulis lain sebelumnya seperti Johann dan Ragagnin, 2003, juga telah membuktikan penerapan metode dekomposisi spektral dalam penggambaran diskontinuitas geologi dan variabilitas ketebalan lapisan di Cekungan Campos, Brazil. Di Indonesia, khususnya di Cekungan Sumatera Tengah juga pernah dilakukan metode yang sama oleh Suhirmanto, 2007. Penelitian tersebut mengenai interpretasi paleogeografi lingkungan pengendapan dan sistem sesar di Sub-Cekungan Aman utara.

Oleh sebab itu, penulis mencoba menerapkan Metode Dekomposisi Spektral dalam mengidentifikasi geometri sistem sesar dan lingkungan pengendapan di lapangan AM, Cekungan Sumatera Selatan. Selain metode dekomposisi spektral penulis juga melakukan metode RGB (*red, green, blue*) *Blending*. Metode ini mampu memberikan hasil yang semakin detail mengenai gambaran citra bawah permukaan karena kemampuannya mengkombinasi tiga frekuensi yang berbeda; frekuensi rendah, tengah, dan tinggi menjadi satu input. Kombinasi ketiganya dapat menampakkan fitur geologi bawah permukaan secara detail (Handerson, et al., 2007; McArdle and Ackers, 2012; Cooke, et al., 2014; Gilani dan Martinez, 2015).

I.2 Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan data seismik 3D Post-Stack dengan asumsi bahwa *preprocessing* sebelumnya telah dilakukan secara benar dan log sumur sebagai validasi.
2. Penerapan Metode Dekomposisi Spektral dan *RGB Blending* untuk identifikasi struktur sesar dan lingkungan pengendapan.
3. Fokus penelitian pada lapangan AM, Cekungan Sumatera Selatan, Sub-Cekungan Jambi, dengan lingkup area dari Formasi Talang Akar Bawah (LTAF), Talang Akar Atas (UTAF), Batu Raja, dan Gumai (MFS-3, MFS-4, dan GUF)

I.3 Tujuan

1. Untuk mengidentifikasi Struktur Sesar pada Lapangan AM, dari tiap formasi; LTAF, UTAF, Batu Raja, Gumai (MFS-3, MFS-4, dan GUF) melalui Metode Dekomposisi Spektral dan *RGB bending*.
2. Untuk mengetahui Gambaran Lingkungan Pengendapan dari tiap Formasi; LTAF, UTAF, Batu Raja, Gumai (MF-3, MFS-4, dan GUF) berdasarkan hasil Dekomposisi Spektral dan *RGB bending*.

Sumatera Selatan dibagi menjadi Sub-Cekungan: Jambi, Palembang Utara, Palembang Tengah, Palembang Selatan, dan Bandar Jaya Basin (Gambar 2.1) Cekungan ini terdiri dari sedimen tersier yang berbaring tidak selaras (*unconformity*) di atas permukaan metamorfik dan batuan beku Pra-Tersier (Bishop, 2001).

II.1.1 Sejarah Struktural

Struktur yang terdapat dalam Cekungan Sumatera Selatan merupakan dari 3 tiga tektonik utama yaitu : Orogenesa Mesozoikum Tengah, tektonisme Kapur Akhir-Eosen, dan Orogenesa Plio-Pleistosen (de Coster, 1974). Dua aktivitas pertama menghasilkan konfigurasi dasar termasuk *half-graben*, *horst*, dan blok (de Coster, 1974; Pulonggono, et al., 1992).

Ginger dan Fielding (2005) membagi sejarah cekungan Sumatera Selatan ke dalam tiga tektonik megasekuen. Ketiga tektonik tersebut yaitu :

1. Syn – Rift Megasequence (c. 40 - c. 29 Ma)

Terjadi pada Eosen sampai Oligosen dimana pada masa *Syn-rift* ini, kerak kontinen pada area Sumatera Selatan mengalami ekstensional yang menghasilkan *half-grabens*. Geometri dan orientasi *half-grabens* tersebut dipengaruhi oleh heterogenitas *basement*. Pada awalnya, proses ekstensional ini berorientasi timur-barat, sehingga menghasilkan *horst* dan graben yang berarah utara-selatan. Sumatera Selatan mengalami gerak rotasi searah jarum jam sekitar 15° sejak Miosen, kemudian menghasilkan graben yang berarah utara-timur-laut – selatan-barat-daya.

2. *Post – Rift Megasequence (c. 29 – c. 5 Ma)*

Proses *rifting* berhenti sekitar 29 juta tahun yang lalu. Pada masa ini terjadi penurunan cekungan (*subsidence*) disertai kenaikan muka air laut yang tinggi mengakibatkan transgresi berkepanjangan. Puncak maksimum *flooding surface* terjadi pada 16 juta tahun yang lalu yang hampir membanjiri seluruh cekungan.

Selanjutnya, laju penurunan cekungan bergerak secara lambat dan diiringi pengisian sedimen ke dalam cekungan secara cepat. Proses ini disebut sebagai regresi. Terjadi sekitar 16 – 5 juta tahun yang lalu.

3. *Syn – Orogenic/Inversion Megasequence (c. 5 Ma – Present)*

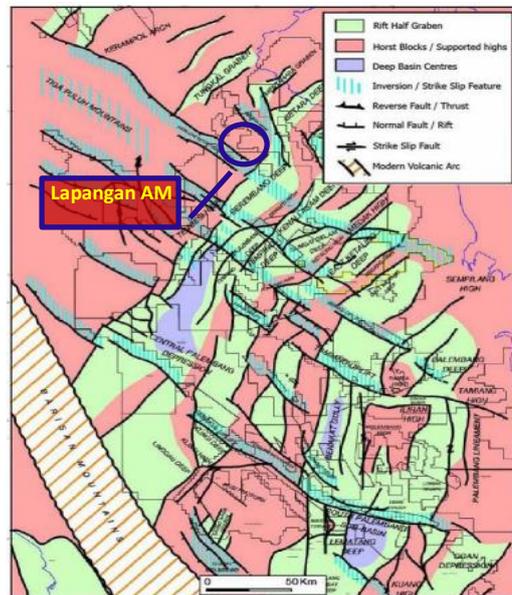
Pada masa ini terjadi proses orogenesis yang tersebar secara luas, yaitu seperti Orogenesa Barisan yang melewati Sumatra Selatan sejak 5 juta tahun yang lalu sampai sekarang. Selain proses orogenesis, terdapat pula bukti pengangkatan lokal pada awal 10 juta tahun yang lalu. Lipatan transpressional yang berarah barat laut – timur tenggara terbentuk melewati cekungan dan memotong *syn-rift fabric*. Pada masa ini pula terbentuk beberapa jebakan struktural pembawa hidrokarbon dimana pada beberapa tempat terjadi akumulasi minyak yang akhirnya terekspos. Selain lipatan yang memanjang secara transpressional, penurunan cekungan terus berlangsung seiring dengan masuknya suplai sedimen ke dalam cekungan.

Menurut Suta dan Xiaoguang (2005), perkembangan struktur maupun evolusi cekungan sejak Tersier merupakan hasil interaksi dari ketiga arah struktur utama yaitu :

1. Struktur Pola Jambi; berarah timurlaut-baratdaya,
2. Struktur Pola Sumatra; berarah baratlaut-tenggara, dan

3. Struktur Pola Sunda; berarah utara-selatan.

Hal inilah yang membuat struktur geologi di daerah Cekungan Sumatra Selatan lebih kompleks dibandingkan cekungan lainnya di Pulau Sumatra.



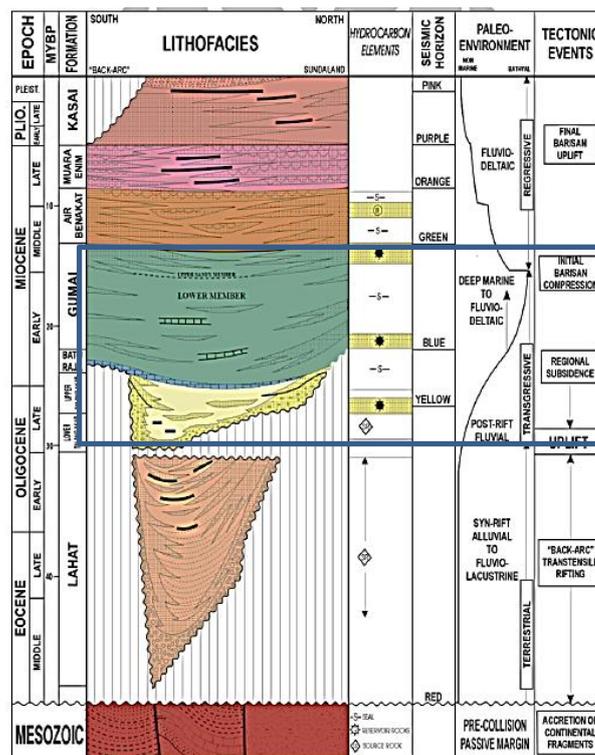
Gambar 2.2 Elemen Struktur Utama Cekungan Sumatra Selatan (Ginger dan Fielding, 2005).

Struktur geologi berarah timurlaut-baratdaya atau Pola Jambi sangat jelas teramati di Sub-Cekungan Jambi. Terbentuknya struktur berarah timurlaut-baratdaya di daerah ini berasosiasi dengan terbentuknya sistem graben di Cekungan Sumatra Selatan. Struktur lipatan yang berkembang pada Pola Jambi diakibatkan oleh pengaktifan kembali sesar-sesar normal tersebut pada periode kompresif Plio-Plistosen yang berasosiasi dengan sesar mendatar (*wrench fault*). Namun, intensitas perlipatan pada arah ini tidak begitu kuat (Satya, 2010).

II.1.2 Gambaran Stratigrafi dan Paleogeografi

Cekungan Sumatera Selatan diendapkan dalam cekungan sedimentasi *back arc basin*. Cekungan Sumatera Selatan ini sangat dipengaruhi oleh relief batuan

dasarnya, yang selama pengendapan tahap pertama penurunan dasar cekungan lebih cepat daripada sedimentasi atau fase transgresi, sehingga terbentuk urutan fasies nonmarine, transisi, laut dangkal, dan akhirnya laut dalam. Kemudian terjadi sedimentasi yang lebih cepat dari pada penurunan dasar cekungan atau fase regresi yang menghasilkan urutan sebaliknya dari pada terdahulu (Koesoemadinata, 1980; Pulungguno, et al., 1992).



Gambar 2.3 Kolom Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (Saifuddin et al., 2001)

Tatanan stratigrafi yang terdapat di Sub-Cekungan Jambi terdiri atas beberapa formasi yang diendapkan secara berurutan, mulai dari formasi yang tertua sampai formasi yang paling muda (Gambar 2.3). Formasi tersebut yaitu; Formasi Lahat, Formasi Talang Akar Bawah (LTAF), Formasi Talang Akar Atas, Formasi Baturaja, Formasi Gumai, Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim, dan Formasi

Kasai. Lingkup penelitian ini berada pada Formasi Talang Akar Bawah (LTAF), Formasi Talang Akar Atas, Formasi Baturaja, dan Formasi Gumai.

1. *Basement*/ Batuan Dasar (Pra-Tersier dan Tersier Awal)

Batuan dasar atau *basement* Cekungan Sumatera Selatan terdiri atas pertemuan kompleks antara batuan beku, metamorf, dan batuan sedimen, yang masing-masing memiliki umur dan komposisi yang berbeda-beda dengan konfigurasi batuan dasar berorientasi barat laut-tenggara. Batuan dasar yang paling tua diperkirakan merupakan bagian dari Lempeng Mikro Malaka, yang membentang di bagian utara dan selatan dari cekungan ini. Lebih jauh ke bagian selatan terdapat sisa-sisa deformasi Lempeng Mikro Mergui (Ginger dan Fielding, 2005).

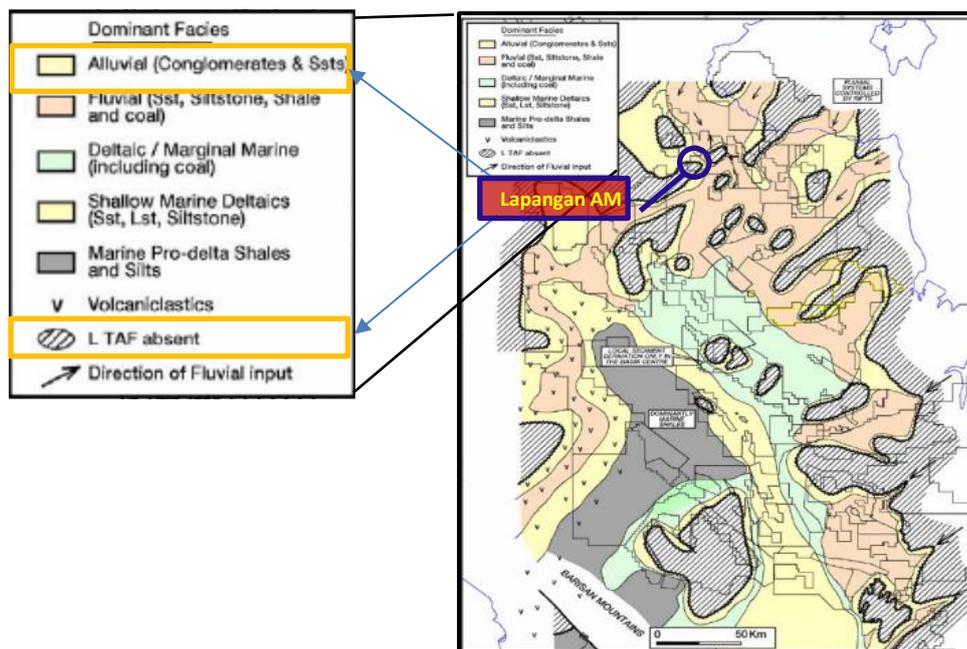
2. Formasi Lemat/Lahat (Eosen sampai Oligosen Tengah)

Pengendapan di Cekungan Sumatera Selatan mulai berlangsung pada Eosen sampai Oligosen Awal (de Coster, 1974). Endapannya, dari pemboran, terdiri dari sikuen klastik berbutir kasar, tufaan atau granit (Anggota Kikim), secara selaras ditumpangi oleh serpih, batulanau, batupasir, dan batubara yang diendapkan di lingkungan danau dan tepian danau (Anggota Benakat). Formasi ini umumnya menipis atau hilang di bagian tepi graben dan pada tinggian intra-graben, tetapi ketebalannya dapat mencapai lebih dari 1000 m di Sub-Cekungan Palembang Selatan dan Palembang Tengah (Ginger dan Fielding, 2005).

3. Formasi Talang Akar (Oligosen Akhir sampai Miosen Awal)

Selama fase penurunan termal *syn-rift* akhir sampai *post-rift* awal dari evolusi tektonik Cekungan Sumatera Selatan, terjadi pengendapan fluviatil dan delta yang luas di hampir seluruh cekungan. Suatu pola sedimentasi mulai dari sedimen

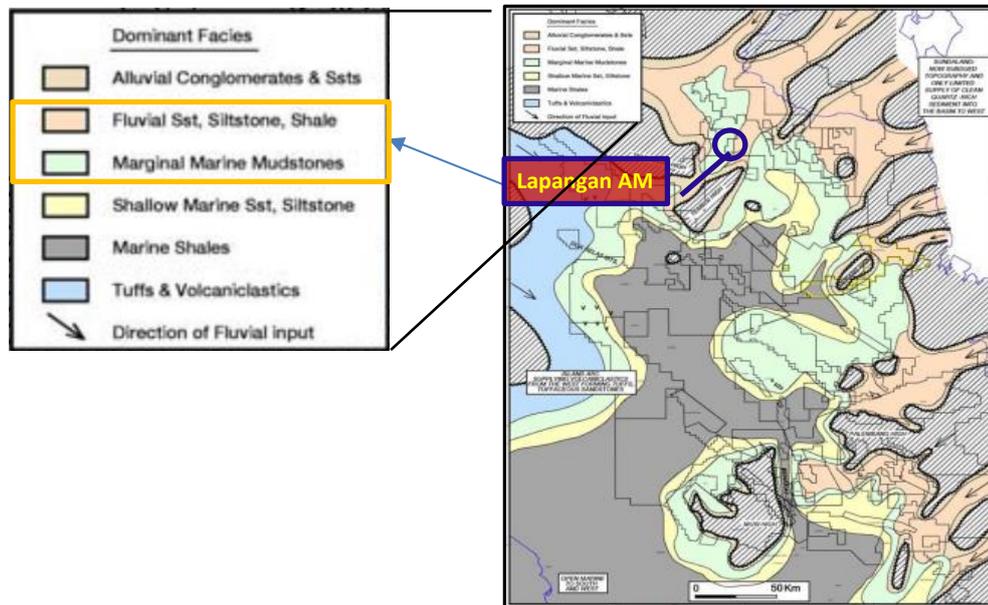
proximal kaya pasir sampai sedimen *distal* miskin pasir dari lingkungan *meander* dan *overbanks* bersisipan dengan sedimen-sedimen daerah tepi laut sampai sedimen laut seiring dengan menerusnya gejala penurunan cekungan. Endapan-endapan ini sering sangat tebal di pusat cekungan dan menipis ke arah tinggian dan tepi cekungan (Ginger dan Fielding, 2005). Gambar 2.4 memperlihatkan distribusi lingkungan pengendapan selama waktu Oligosen Akhir yang ekuivalen dengan Formasi Talang Akar Bawah.



Gambar 2.4 Gambaran paleogeografi Formasi Talang Akar Bawah, Oligosen Akhir (Ginger dan Fielding, 2005)

Berdasarkan gambar 2.4, lapangan penelitian diendapkan pada lingkungan *alluvial* dengan litologi *conglomerates* dan *sandstones* di sisi timurlaut, sementara pada sisi baratdaya, memperlihatkan ketidakhadiran formasi Talang Akar Bawah (LTAFA). Hal ini disebabkan oleh adanya tinggian basement pada daerah tersebut.

Sampai Miosen Awal siklus transgresi masih berlanjut mengganti lingkungan pengendapan dari *fluvial* ke lingkungan *deltaic*, *marginal marine*, dan *shallow marine* atau laut dangkal. Distribusi fasies yang ekuivalen dengan formasi Talang Akar Atas ditunjukkan pada gambar 2.5

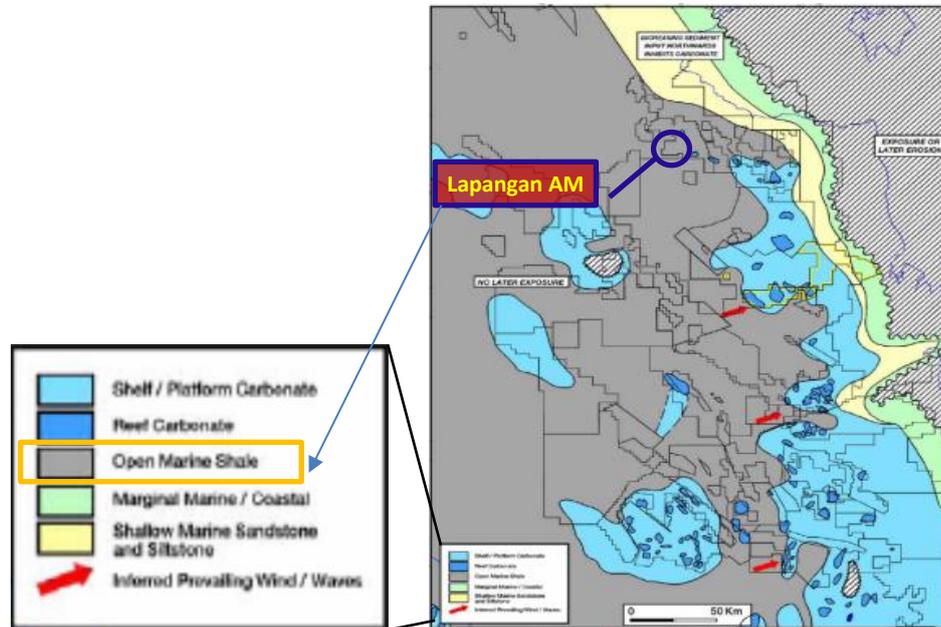


Gambar 2.5 Gambaran paleogeografi Formasi Talang Akar Atas, *Earliest Miocene* (Ginger dan Fielding, 2005)

4. Formasi Baturaja (Miosen Awal)

Transgresi berlangsung menerus sampai Miosen Awal dengan pengendapan serpih di daerah-daerah graben dan kondisi laut dangkal di daerah-daerah tinggian masuk ke cekungan atau *intrabasinal* dan sebagian besar bagian timur cekungan. Produksi karbonat besar-besaran terjadi pada saat ini dan menghasilkan pengendapan batugamping baik di bagian *platform* dari tepi cekungan maupun sebagai terumbu di bagian tinggian masuk cekungan atau *intra-basinal*. Reservoir karbonat berkualitas tinggi umum dijumpai di bagian selatan cekungan, namun lebih sedikit

di Sub-Cekungan Jambi di utara cekungan (Ginger & Fielding, 2005). Distribusi pengendapan ditunjukkan pada gambar 2.6



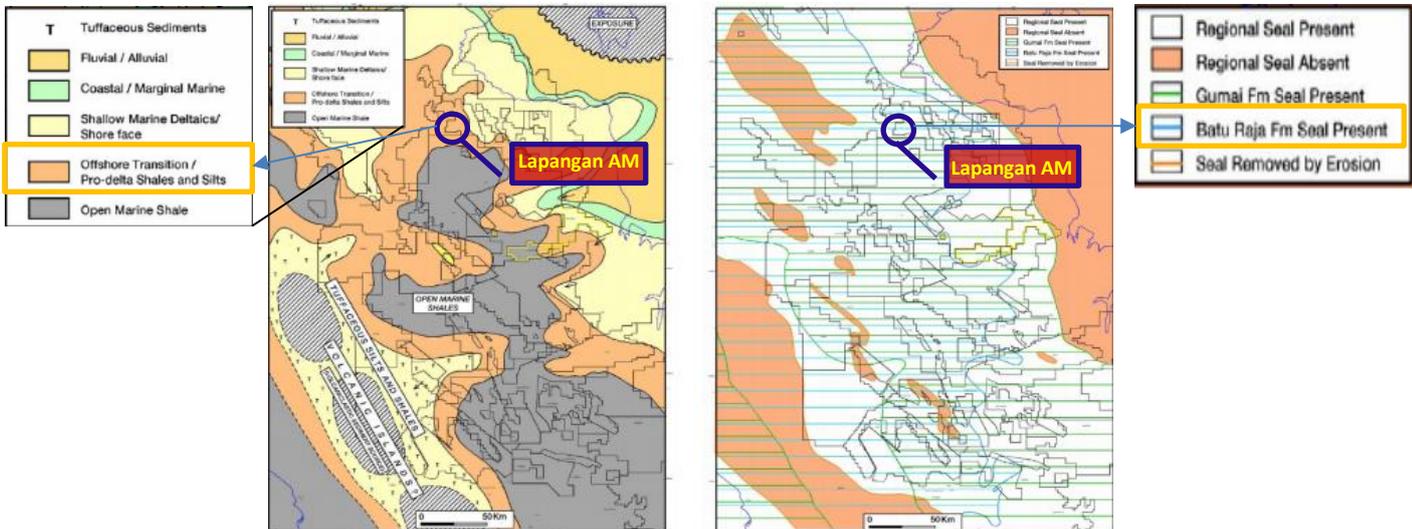
Gambar 2.6 Gambaran paleogeografi, Formasi Baturaja, Miosen Awal (Ginger dan Fielding, 2005)

5. Formasi Gumai

Berlanjutnya transgresi pada Miosen Awal menghasilkan pengendapan serpih, batulanau, dan batupasir yang disebut Formasi Gumai dan sedikit pengendapan karbonat di bagian tinggian *basement*. Selama puncak transgresi, pengendapan serpih glaukonitan mendominasi seluruh cekungan dan membentuk batuan penyekat regional.

Kemudian, progradasi endapan delta di seluruh cekungan terjadi dan selanjutnya endapan ini digantikan oleh endapan transisi dan kemudian oleh endapan serpih laut. Daerah-daerah *platform* di bagian timur dan timur laut merupakan daerah asal

sedimen meskipun demikian pada saat ini sedimen volkaniklastik juga bersumber dari tinggian-tinggian volkanik di bagian barat.



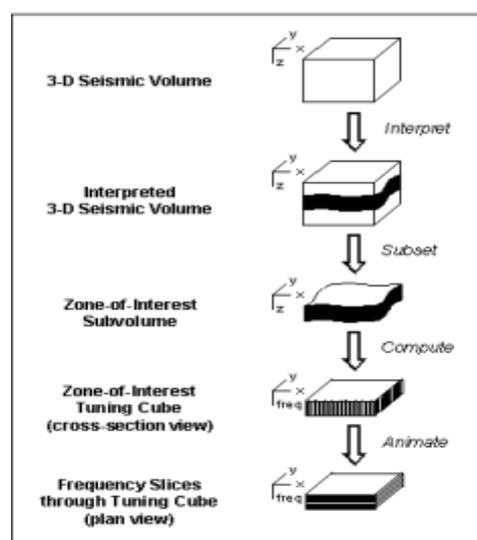
Gambar 2.7 Gambaran *paleogeography* Formasi Gumai; a. *Maximum regression*, b. *Maximum transgression* (Ginger dan Fielding, 2005)

II.2 Konsep Dekomposisi Spektral

Dekomposisi spektral memberikan sebuah gagasan baru dalam memanfaatkan data seismik dan *discret fourier transform* (DFT) untuk penggambaran dan pemetaan lapisan tipis dan diskontinuitas geologi pada suatu data seismik 3-D (Partyka, et al., 1999). Selain itu, sejak respon frekuensi tinggi pada sebuah reflektor dapat teratenuasi oleh kehadiran kompresi fluida, dekomposisi spektral dapat membantu mendeteksi keberadaan hidrokarbon (Castagna, et al., 2003).

Dengan mengubah sinyal seismik ke dalam domain frekuensi, spektrum amplitudo dapat mendeliniasi variabilitas ketebalan lapisan sementara spektrum fasa mengindikasikan diskontinuitas geologi secara lateral. Teknologi ini mampu mendelineasikan tatanan stratigrafi (seperti *sand channel*) dan tatanan struktur yang melibatkan sistem patahan kompleks dalam survei 3-D (Partyka, et al., 1999).

Pendekatan umum yang digunakan dalam dekomposisi spektral untuk mengkarakterisasi reservoir dan penggambaran fitur geologi adalah melalui suatu zona yang disebut *zona of interest* atau “Tuning Cube”. Konsep dasar dari *Tuning Cube* bahwa refleksi dari lapisan tipis memiliki karakteristik penggambaran yang baik pada kawasan frekuensi. Penggambaran karakteristik ini menunjukkan ketebalan lapisan tipis yang dapat dihasilkan di bawah $\frac{1}{4}$ panjang gelombang (Suhirmanto, 2007). *Tuning Cube* ini memiliki irisan frekuensi, yang mana setiap irisan frekuensi dinormalisasi sehingga mencakup rentang amplitudo yang sama dan dapat ditingkatkan dengan faktor skala tunggal untuk animasi dan interpretasi (Kerr dan Howard, 2002). *Animating* melalui penggambaran dekomposisi spektral memungkinkan *interpreter* untuk mendeteksi perbedaan halus dan diskontinuitas lateral yang tidak jelas dalam standar *imaging* yang disebabkan oleh efek *tuning* lapisan geologi (perubahan ketebalan) atau heterogenitas (Johann and Ragagnin, 2003).



Gambar 2.8 Transformasi data amplitudo ke domain frekuensi dalam bentuk *zone of interest tuning cube* (Partyka, et al., 1999)

Metode alternatif yang digunakan dalam dekomposisi spektral seperti *Fourier Transform*, *Continuous Wavelet Transform (CWT)*, *S-Transform*, dan *Matching Pursuit* (Chopra & Marfurt, 2016), masing-masing metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing tergantung terhadap aplikasi dimana metode tersebut cocok digunakan.

Dalam *software* Svi Pro, algoritma yang digunakan dalam dekomposisi spektral atau *frequency decomposition* (istilah dalam modul FFA/SVI Pro) adalah *Fourier Transform* dan *Continuous Wavelet Transform (CWT)*. Dalam penelitian ini sendiri, penulis menggunakan mode *Constant Q* dalam pemilihan *set* dekomposisi pada workflow *frequency decomposition*. Algoritma *Constant Q* ini analog dengan *Continuous Wavelet Transform* (Gilani and Martinez, 2015) dan wavelet yang digunakan adalah *Gabor Wavelet*. *Constant Q* merupakan rasio antara bandwidth frekuensi dengan frekuensi pusat yang konstan dan hasilnya mirip dengan *Gabor Wavelet Transform* (Handerson, et al., 2007, McArdle and Ackers, 2012).

II.2.1 Transformasi Fourier

Dalam konsep sinyal, dikenal dua jenis sinyal, yaitu sinyal stasioner dan sinyal non-stasioner. Sinyal stasioner didefinisikan sebagai sinyal dengan kandungan frekuensi yang tidak berubah terhadap waktu dan seluruh komponen yang muncul sepanjang waktu akan selalu konstan. Sedangkan sinyal non-stasioner merupakan sinyal yang kandungan frekuensinya bervariasi terhadap waktu dan seluruh komponen frekuensi yang muncul sepanjang waktu tersebut tidak konstan atau berubah-ubah sepanjang waktu. Hal ini bisa disebabkan oleh faktor seperti kompleksitas kondisi

geologi dan litologi di bawah permukaan, variasi ketebalan serta faktor atenuasi (Risyad, 2012).

Untuk sinyal non-stasioner seperti seismik, kandungan frekuensinya berubah terhadap waktu sehingga diperlukan suatu analisis dalam kawasan waktu-frekuensi. Dengan menggunakan transformasi fourier bisa diperoleh informasi kandungan frekuensi dalam suatu sinyal runtun waktu, tetapi tidak bisa diperoleh informasi perubahan frekuensi-frekuensi tersebut terhadap waktu (Ardiyanto, 2009).

Transformasi Fourier dirumuskan sebagai (Foufoula and Kumar 1994) :

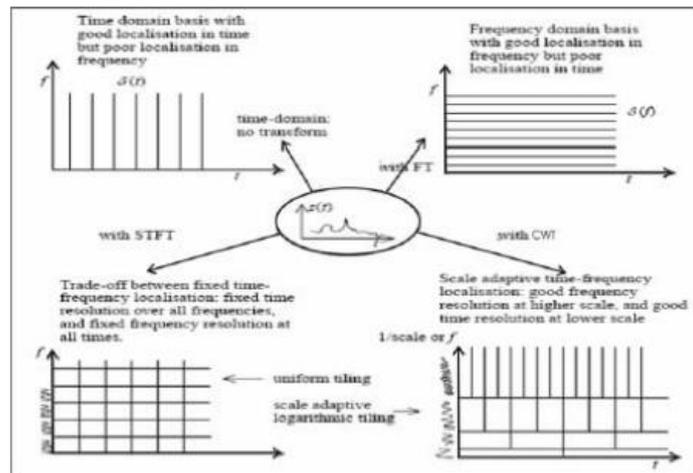
$$f(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (2.1)$$

Sedangkan kebalikannya adalah

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (2.2)$$

dimana $f(t)$ adalah sinyal fungsi waktu, $f(\omega)$ adalah hasil transformasi fourier dari $f(t)$, t adalah waktu, ω adalah frekuensi, dan $i \omega t$ adalah euler fungsi sinus kosinus. Para ilmuwan mengembangkan analisa fourier biasa yang menghasilkan sinyal 2-D dalam waktu dan frekuensi, kemudian melakukan *short-time window* setelah dilakukan transformasi fourier. Metode ini dikenal dengan nama *Short-Time Fourier Transform* (STFT). Akan tetapi, resolusi time frekuensi dengan menggunakan STFT terbatas pada penentuan lebar window. Permasalahan penentuan lebar window dalam analisa time-frekuensi diatasi dengan metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT) (Yusrie, 2007).

Gambar 2.9 memperlihatkan perbedaan transformasi waktu-frekuensi dari beberapa metode.



Gambar 2.9 Perbedaan secara visual dari waktu – frekuensi *non*-stasioner dari beberapa transformasi (Helbet, 2007).

Dari gambar tersebut dapat dilihat perbedaan dari tiga metode transformasi. Pada Transformasi Fourier (*FT*) terlihat lokalisasi frekuensi baik dalam domain frekuensi tetapi kurang baik dalam lokalisasi waktu. Pada Transformasi Fourier Waktu Singkat (*STFT*) lokalisasi waktu-frekuensi memiliki window yang tetap dalam waktu dan frekuensi. Adanya window yang tetap pada semua frekuensi dan resolusi frekuensi yang tetap pada semua waktu. Terakhir, adalah Transformasi Wavelet Kontinu atau Continuous Wavelet Transform (*CWT*) dengan menerapkan skala untuk melokalisasi waktu-frekuensi, resolusi frekuensi yang bagus pada skala besar dan resolusi waktu yang baik pada skala rendah (Helbet, 2007).

II.2.2 Continuous Wavelet Transform (CWT)

Kehadiran Transformasi Wavelet Kontinu atau *Continuous Wavelet Transform* (*CWT*) didatangkan sebagai solusi dari kekurangan Transformasi Fourier Waktu Singkat (*STFT*). Seperti disebutkan sebelumnya, bahwa *STFT* memiliki kendala

dalam penentuan lebar window, sehingga kurang baik dalam melokalisasi waktu-frekuensi.

Metode *CWT* digunakan dengan cara menentukan jenis wavelet untuk keperluan analisis signal dalam kawasan time-frekuensi sehingga memperoleh resolusi time-frekuensi yang baik. Proses analisis time-frekuensi dilakukan dengan cara mengkonvolusi signal dengan wavelet, resolusi frekuensi diperoleh dengan mendilatasi wavelet menggunakan skala tertentu dan resolusi waktu diperoleh dengan mentranslasi wavelet dengan faktor translasi tertentu. Penentuan inilah menjadikan metode Continuous Wavelet Transform (*CWT*) menghasilkan analisis yang mempunyai resolusi tinggi (Yusrie, 2007).

Dalam metode *CWT*, wavelet yang digunakan berubah bentuk untuk setiap frekuensi yang berbeda sehingga menghasilkan resolusi yang lebih baik. Wavelet disebut juga sebagai atom time-frekuensi.

Wavelet didefinisikan sebagai fungsi $\psi(t) \in L^2(\mathbb{R})$ dengan zero mean yang terletak pada frekuensi dan waktu.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (2.3)$$

Dengan melakukan dilatasi dan translasi pada wavelet $\psi(t)$ akan menghasilkan family wavelet :

$$\psi_{\sigma, \tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{\sigma}} \psi\left(\frac{t-\tau}{\sigma}\right) \quad (2.4)$$

Dimana $\sigma, \tau \in \mathfrak{R}$ dan σ tidak sama dengan 0.

σ = Parameter dilatasi yang berhubungan dengan skala

τ = Parameter translasi

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

Continuous wavelet transform (CWT) dapat didefinisikan sebagai perkalian family wavelet $\psi_{\sigma, \tau}(t)$ dengan sinyal, dapat dilihat sebagai berikut (Yusrie, 2007) :

$$Fw(\sigma, \tau) = \langle f(t), \psi_{\sigma, \tau}(t) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{\sigma}} \psi\left(\frac{t-\tau}{\sigma}\right) dt \quad (2.5)$$

Di mana ψ merupakan komplek *conjugate*.

Pada metode CWT resolusi time-frekuensi yang dihasilkan lebih baik, meskipun pada frekuensi rendah dan tinggi (Mallat, 1999; Goswami and Chan, 1999). Analisis time-frekuensi dengan metode CWT memberikan resolusi frekuensi yang tinggi pada frekuensi rendah dan resolusi waktu yang tinggi pada frekuensi tinggi (Sinha, et al., 2005).

II.2.3 Transformasi Wavelet Gabor

Dekomposisi spektral dilakukan untuk mengestimasi respon fasa dan amplitudo dengan cara mengkonvolusikan input sinyal dengan sebuah fungsi window tunggal (Ashtari and Arzani (2016) :

$$\psi_{\sigma, \xi, \tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{\sigma}} \psi\left(\frac{t-\tau}{\sigma}\right) e^{i\xi t} \quad (2.6)$$

Dimana σ adalah parameter dilatasi yang berhubungan dengan skala, τ merupakan parameter translasi, dan ξ merupakan frekuensi modulasi. $\psi_{\sigma, \xi, \tau}(t)$ dikenal sebagai atom 'time-frekuensi'.

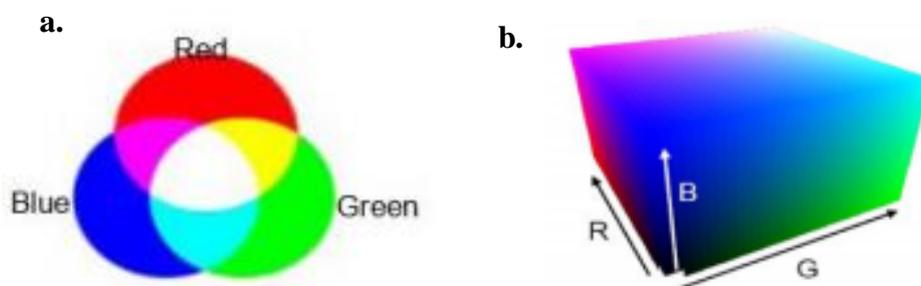
Dalam alur kerja dekomposisi spektral dalam SVI Pro, wavelet yang digunakan adalah Wavelet Gabor. Wavelet Gabor memiliki kelebihan yaitu karakteristik lokalisasi waktu/frekuensinya (Henderson, et al., 2007). Wevelet Gabor didefinisikan secara matematis sebagai berikut :

$$\psi_{\sigma, \xi, \tau}(t) = e^{-\pi(t-\tau)^2} e^{i\xi t} \quad (2.7)$$

Wavelet ini dapat digunakan dalam dua mode yang berbeda : dalam mode pertama, dicapai dengan cara modulasi frekuensi (ξ) konstan dan skala (σ) bervariasi. Cara ini disebut sebagai *Constant Q* mode, dimana merupakan rasio antara bandwidth frekuensi dengan frekuensi pusat yang konstan (Astari & Arzani, 2016). Mode *Constant Q* memberikan hasil yang mirip dengan Transformasi Wavelet Gabor (Mallat, 1989).

II.3 Red, Green and Blue (RGB) Color Blending

Model RGB (*red*, *green*, dan *blue*) merupakan sebuah model warna yang menggunakan warna-warna primer; merah, hijau dan biru. Tiap komponen memiliki intensitas warna dari yang rendah sampai tinggi (Gambar 2.10 a). Jika setiap komponen ditetapkan sebagai intensitas nol, maka hasil pencampuran ketiga warna tersebut akan berwarna gelap atau hitam dan jika masing komponen berintensitas tinggi maka campuran memberikan warna putih. Dan sebagai intensitas setiap perubahan komponen, campuran akan memiliki warna yang berbeda, yang membentuk ruang warna RGB (Gambar 2.10 b).



Gambar 2.10 a). Model warna RGB, b). Ruang warna RGB

Dalam model warna RGB, pencampuran dari dua komponen warna akan menghasilkan warna sekunder dimana campuran merah dan hijau akan

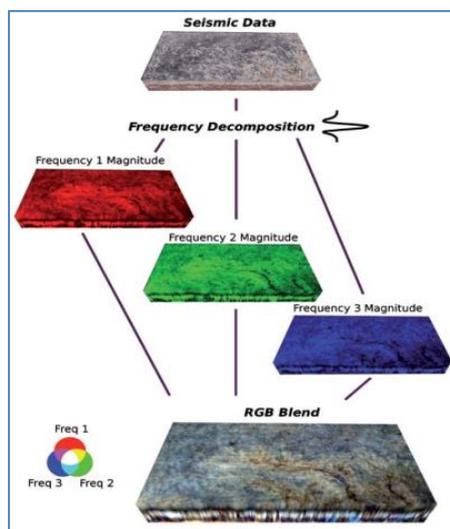
menghasilkan warna kuning. Merah dan biru menghasilkan warna ungu, dan warna biru dan hijau akan menghasilkan warna *cyan* atau biru kehijau-hijauan.

Sebuah citra RGB dibentuk dengan memilih suatu warna berdasarkan posisi di dalam ruang warna 3D yang mana didefinisikan oleh nilai di dalam tiga input, seperti yang dituliskan secara matematis pada persamaan 2.8 :

$$C_{out}(x,y,z) = C(I_R(x,y,z), I_G(x,y,z), I_B(x,y,z)) \quad (2.8)$$

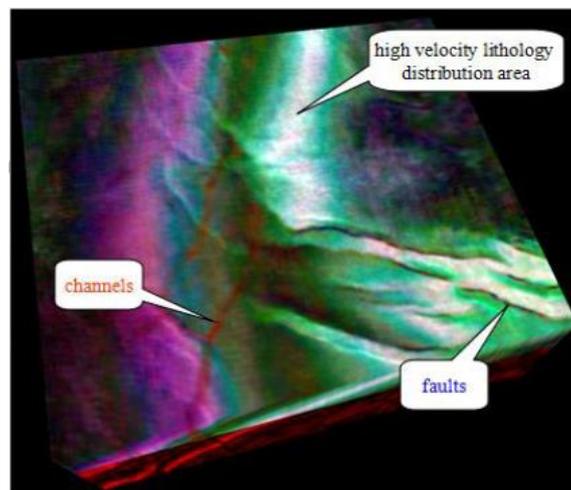
$C_{out}(x,y,z)$ merupakan warna yang ditetapkan pada titik (x,y,z) , dalam citra output, dan $I_R(x,y,z)$, $I_G(x,y,z)$, $I_B(x,y,z)$ merupakan nilai-nilai pixel pada titik (x,y,z) dalam citra input yang ditetapkan untuk mengendalikan kontribusi warna merah, hijau, dan biru (Cao, et al., 2015).

Perbedaan warna dan intensitas dalam *RGB Blending* bergantung pada banyaknya variabel yang berkaitan dengan frekuensi dan amplitude sinyal, dalam hal ini, bergantung pada geometri dan properti batuan di bawah permukaan. (McArdle & Ackers, 2012).



Gambar 2.11 Gambar *Frequency Decomposition* dan *RGB Color Blending* ((McArdle & Ackers, 2012)

Oleh karena itu, interpretasi geologi yang tepat bergantung pada pemahaman makna dari pola warna yang kompleks. Dan biasanya warna yang menonjol akan lebih menarik karena bisa mewakili fitur geologi bawah permukaan (Cao, et al., 2015). Seperti pada contoh (gambar 2.12) yang diberikan oleh Cao, et al., 2015, dapat dikenali adanya tiga fitur geologi yang berbeda dari perbedaan intensitas warna yang dihasilkan *rgb colour blending*. Zona putih dengan warna yang terang mewakili area distribusi untuk batuan berkecepatan tinggi. Garis gelap di bagian tenggara dapat diartikan sebagai patahan, dan lekukan yang terus menerus dengan warna merah muda diinterpretasikan sebagai *channel*.

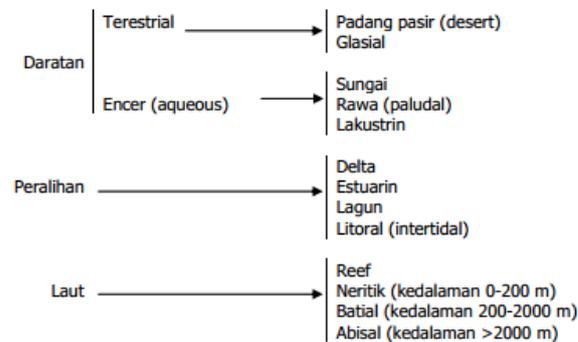


Gambar 2.12 Volume hasil *RGB Color Blending* (Cao, et al., 2015)

II.4 Lingkungan Pengendapan

Lingkungan pengendapan atau *sedimentary environment* adalah bagian dari permukaan bumi dimana proses fisik, kimia, dan biologi berbeda dengan daerah yang berbatasan dengannya (Selley, 1988). Dengan kata lain, setiap lingkungan pengendapan memiliki karakteristik fisika, kimia, dan biologi tertentu yang dapat

menghasilkan endapan sedimen tertentu pula. Secara umum, lingkungan pengendapan dapat dibagi tiga : darat, transisi, dan laut.

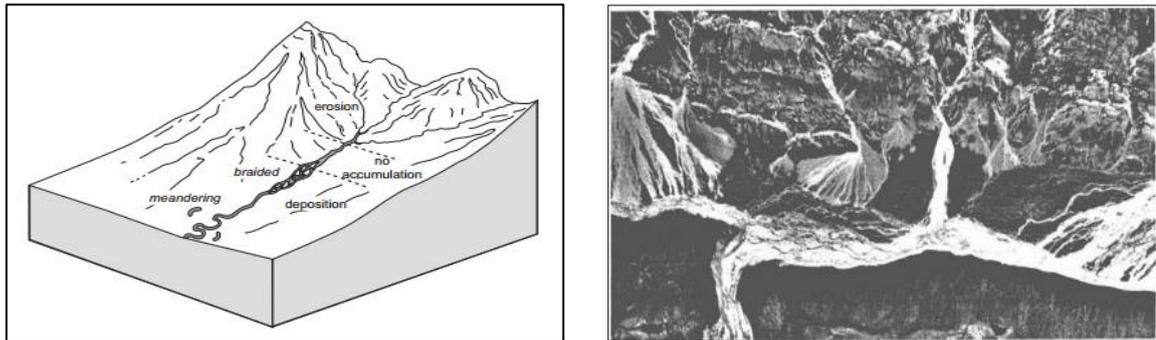


Tabel 2.1 Klasifikasi lingkungan pengendapan (Selley, 1988)

II.4.1 Alluvial dan Fluvial

Sistem Alluvial dan fluvial biasanya dicirikan dengan adanya endapan kipas alluvial dan sungai. Kipas aluvial adalah endapan sedimen yang berbentuk seperti kipas dan terbentuk oleh aliran sungai. Dapat ditemui pada muka pegunungan yang mempunyai kemiringan curam, dan dengan tiba-tiba menjadi suatu kemiringan yang landai.

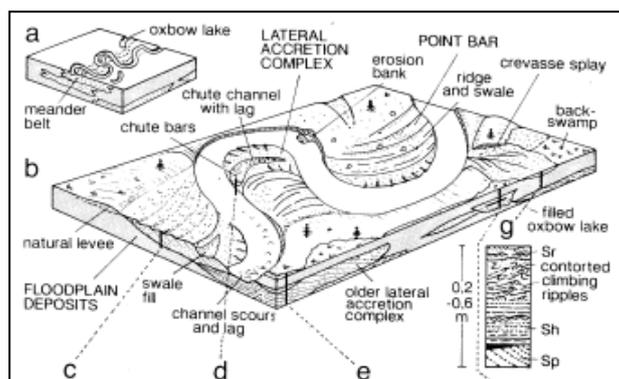
Kipas alluvial ditemukan berasosiasi dengan bermacam-macam lingkungan, tergantung kepada kondisi topografi dan iklim. Asosiasi yang sangat umum adalah dengan lingkungan fluvial, dimana kipas aluvial berasosiasi dengan endapan *braided river* di daerah pegunungan (Gambar 2.13.a). Sudut kemiringan kipas aluvial jarang melebihi 10° umumnya diantara 3° s/d 6° , radius dari kipas aluvial bervariasi dari beberapa ratus meter sampai 10 km lebih (Pohan, 2007). Pada gambar 2.13.b merupakan contoh kipas alluvial yang ada di pegunungan Mackenzie.



Gambar 2.13.a Asosiasi lingkungan pengendapan alluvial dan fluvial (Nichols, 1999). **b.** Kipas alluvial di pegunungan Mackenzie (Walker, 1992)

Sementara, pada lingkungan fluvial dicirikan dengan adanya endapan sungai teranyam (*braided river*) dan sungai berkelok (*meandering channel*). Sungai teranyam dapat ditemukan pada daerah datar dengan energi arus yang cukup lemah. Pada tipe sungai ini, dicirikan dengan debit air dan pengendapan sedimen tinggi (gambar 2.13.a)

Sungai berkelok dicirikan dengan alirannya yang berkelok-kelok. Pada sungai tipe ini, erosi secara umum lemah sehingga pengendapan sedimennya kuat. Aliran sungai sering berpindah tempat secara mendatar. Hal ini terjadi karena pengikisan tepi sungai pada aliran air utama. Kalau proses ini berlangsung lama akan mengakibatkan aliran sungai semakin bengkok kemudian terputus yang menghasilkan danau bekas aliran sungai yang disebut *oxbow lake*.

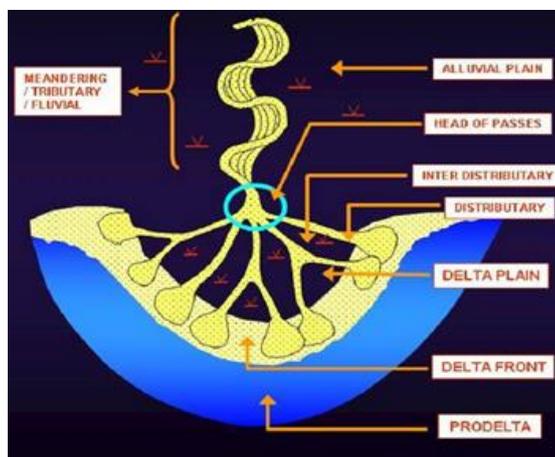


Gambar 2.14 Morfologi sungai berkelok (Einsele, 1992).

II.4.2 Lingkungan Delta

Delta didefinisikan oleh Bhattacharya dan Walker (1992) sebagai “Discrete shoreline protrusion formed when a river enters an ocean or other large body of water”. Menurut Tucker, 1981 delta merupakan sebuah lingkungan yang sangat kompleks dimana beberapa faktor utama mengontrol proses distribusi sedimen dan morfologi delta, faktor-faktor tersebut adalah energi sungai, pasang surut, gelombang, iklim, kedalaman air dan subsiden.

Secara fisiografi, delta dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian : *delta plain*, *delta front*, dan *pro delta*.



Gambar 2.15 Fisiografi Delta (Allen, 1994)

Delta plain merupakan bagian dari delta yang karakteristik lingkungannya didominasi oleh proses fluvial dan tidal. *Delta front* merupakan daerah di mana endapan sedimen dari sungai bergerak memasuki cekungan dan berasosiasi dengan proses *basinal*. Sedangkan *pro delta* adalah bagian delta yang paling menjauh ke arah laut, biasa disebut sebagai *front slope*.

II.4.3 Paparan Karbonat

Sebagian besar sedimen karbonat terutama diendapkan pada paparan laut dangkal (platform). Karbonat platform dapat juga terjadi pada tepi blok kratonik dalam cekungan intrakratonik, melintasi top bank-bank lepas pantai, dan daerah daerah positif lainnya pada paparan (Wilson & Jordan, 1983).

Ada tiga tipe dasar paparan karbonat yang dapat dikenali, yaitu :

1. Paparan karbonat rimmed

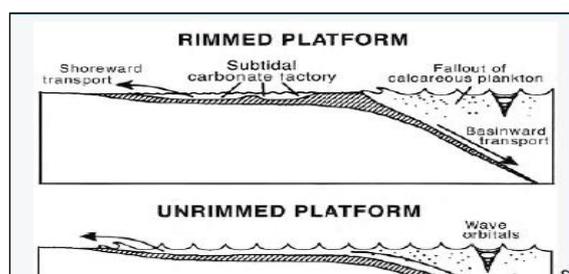
Merupakan platform dangkal yang ditandai oleh perubahan lereng yang jelas pada bagian tepi luarnya ke dalam air yang lebih dalam. Pada daerah perubahan (break) ini biasanya berupa barrier yang hampir mendekati menerus disepanjang tepi platform.

2. Paparan karbonat unrimmed atau *open platform*

Merupakan paparan yang tidak ditandai oleh barrier marginal yang jelas. Paparan ini biasanya terjadi pada bank-bank tropis besar yang dingin dan dalam semua karbonat daerah dingin (James & Kendall, 1992).

3. Ramp

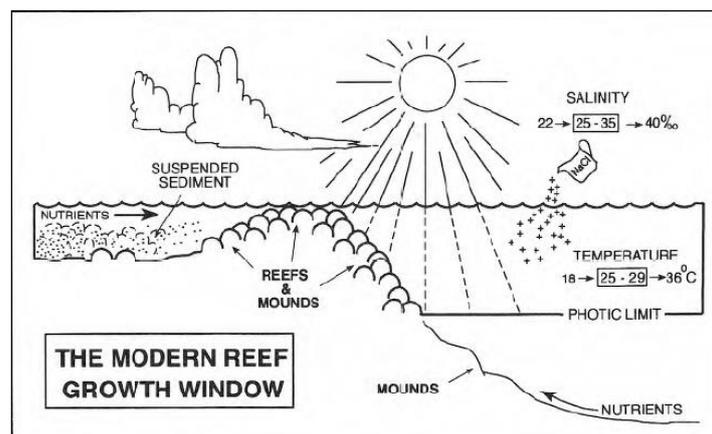
Merupakan paparan unrimmed dengan kemiringan landai (kurang dari 1 derajat) pada daerah endapan air dangkal menerus ke arah slope dengan hanya sedikit perubahan (break) kemiringan ke dalam fasies yang lebih dalam. Perubahan kemiringan pada ramp ini tidak ditandai oleh trend terumbu yang jelas, tetapi gundukan pasir diskontinyu mungkin dijumpai disepanjang tepi paparan ini, dimana energi air tinggi.



Gambar 2.16 Paparan karbonat (James & Kendall, 1992)

Pertumbuhan karbonat membutuhkan lingkungan yang cukup ideal :

1. Kedalaman cukup, tidak terlalu dalam/dangkal
2. Penetrasi Cahaya; Tidak panas/dingin (hangat)
3. Salinitas; Kadar garam cukup (tidak terlalu tawar/asin)
4. Jernih (tidak terlalu byk sedimen klastik darat)
5. Makanan cukup, tapi, tidak terlalu banyak.



Gambar 2.17 Lingkungan ideal pertumbuhan karbonat (James & Kendall, 1992)

II. 5 Analisa Struktur

Salah satu aspek yang penting dalam interpretasi struktur adalah pemahaman penyebab terbentuknya struktur tersebut. Pada dasarnya, struktur dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori umum (Sukmono, 1999).

1. Struktur primer yang disebabkan oleh proses kerak dalam sehubungan dengan pergerakan lempeng, seperti sesar pinggir cekungan, sesar geser San Andreas, dll. Secara definisi semua struktur primer ini melibatkan batuan dasar.
2. Struktur sekunder yang secara langsung berhubungan dan merupakan konsekuensi langsung dari struktur primer. Contohnya adalah lipatan yang terbentuk akibat pensesaran lapisan yang lebih dalam dan lain-lain.
3. Struktur pasif yang berkembang sebagai konsekuensi atau efek sisa dari efek struktur primer dan sekunder. Misalnya pensesaran lokal pada punggung antiklin dan lapisan kompeten, diapir garam yang dirangsang oleh penurunan cekungan, perlipatan akibat sesar geser, dll.

II.5.1 Struktur Sesar

Berdasarkan geometri dan kinematikanya, sesar dapat dibagi menjadi tiga kategori (Sukmono, 1999).

1. Sesar normal

Sesar normal adalah sesar dimana pergeseran ke arah *dip* adalah dominan dan bagian *hanging wall* bergerak relatif turun dibandingkan dengan *foot wall*.

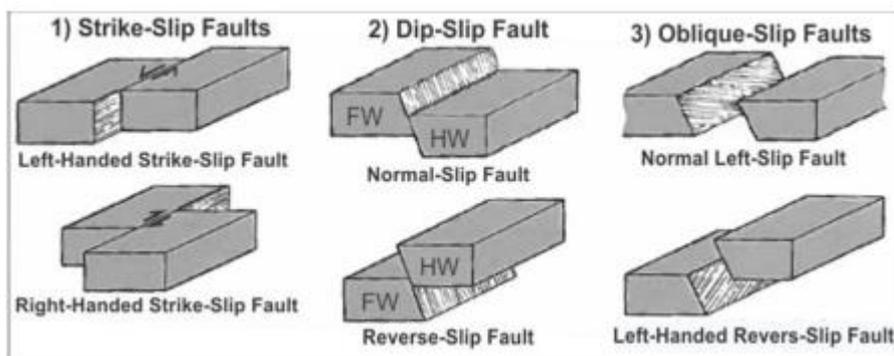
2. Sesar naik dan anjak

Sesar naik mempunyai pergeseran dominan searah kemiringan dimana blok *hanging-wall* relatif bergeser ke arah atas dibandingkan dengan blok *foot wall*.

Sesar naik sudut rendah sering disebut sebagai sesar anjak untuk membedakan dengan sesar naik sudut tinggi.

3. Sesar Geser atau *Wrench*

Sesar geser mempunyai pergeseran dominan searah jurus sesar. Sesar ini umumnya mempunyai kemiringan vertikal dan bila panjangnya lebih dari satu kilometer maka sering melibatkan batuan dasar. Sesar geser skala besar sering disebut sebagai *wrench* sesar transkuren.



Gambar 2.18 Karakteristik perbedaan kelas sesar (Davis, 1984)

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama empat bulan sejak tanggal 25 Juli – 25 November 2016 di *Petrochina International Companies in Indonesia*, Jakarta. Lapangan penelitian berada di Cekungan Sumatera Selatan, tepatnya di Sub-Cekungan Jambi.

III.2 Ketersediaan Data

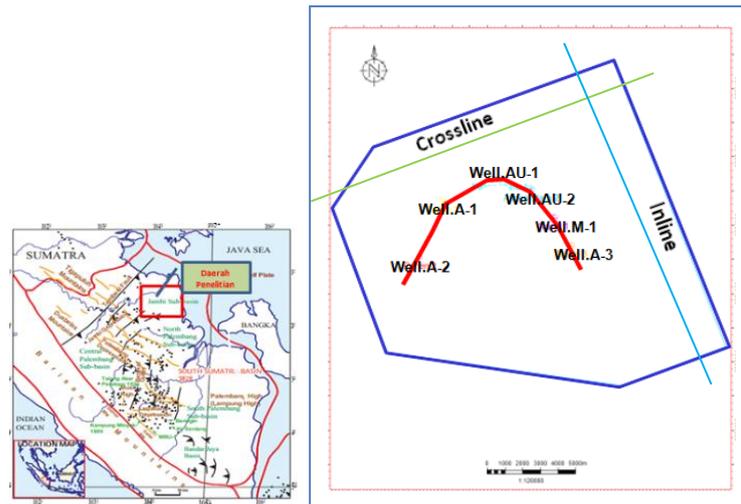
III.2.1 Data Primer

1. Data Seismik 3D

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data seismik 3-D hasil migrasi post-stack dengan inline 850 – 1829, crossline 570 – 1500, time 282 – 2000 yang mencakup keseluruhan formasi pada lapangan AM dari Formasi Talang Akar Bawah, Talang Akar Atas, Baturaja, dan Formasi Gumai. Data tersebut diasumsikan bahwa *processing* sebelumnya telah dilakukan secara benar.

2. *Base Map*

Base Map merupakan peta dasar penelitian yang menunjukkan area survei dan posisi sumur. base map daerah penelitian ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Basemap Penelitian

III.2.2 Data Sekunder

1. Korelasi Sumur

Korelasi sumur merupakan data sekunder dari internal perusahaan yang merupakan korelasi stratigrafi. Korelasi stratigrafi tersebut digunakan untuk membantu interpretasi lingkungan pengendapan (lampiran 4).

2. Data Horizon (Surface)

Horizon digunakan sebagai input dalam proses *frequency decomposition* dan *RGB blending*

3. Data sumur dan *final checkshot* (setelah *well seismic tie*)

Informasi dalam data sumur hanya berupa nilai TVD/TVDSS dan koordinat sumur. Sementara data *final checkshot* digunakan untuk mengikat sumur sehingga dapat diinput ke dalam SVI Pro.

III.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

III.3.1 Tahapan Persiapan

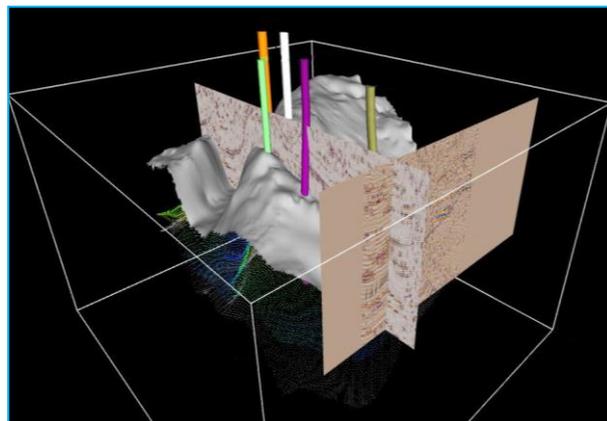
1. Studi Literatur, yakni mengumpulkan bahan-bahan referensi mengenai geologi regional, dekomposisi spektral dan *rgb blend*, serta referensi lain yang mendukung penelitian
2. Pengumpulan data, yakni mengumpulkan data yang akan digunakan dalam penelitian berupa data seismik 3D Post-Stack, data sumur, dan data horizon (*surface*).

III.3.2 Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak SVI Pro dari FFA dan beberapa software sebagai penunjang, seperti Humpson Russel, Microsoft Word dan Microsoft Excel.

1. Input Data

Tahap pertama yang dilakukan dalam pengolahan data ini adalah dengan menginput data seismik 3D ke dalam SVI Pro berdasarkan parameter *trace headers* data tersebut yang meliputi inline, crossline, world X, world Y. Selanjutnya, menginput horizon (*surface*) dan sumur, serta data *checkshot*.



Gambar 3.2 Hasil input data seismik, horison, dan sumur

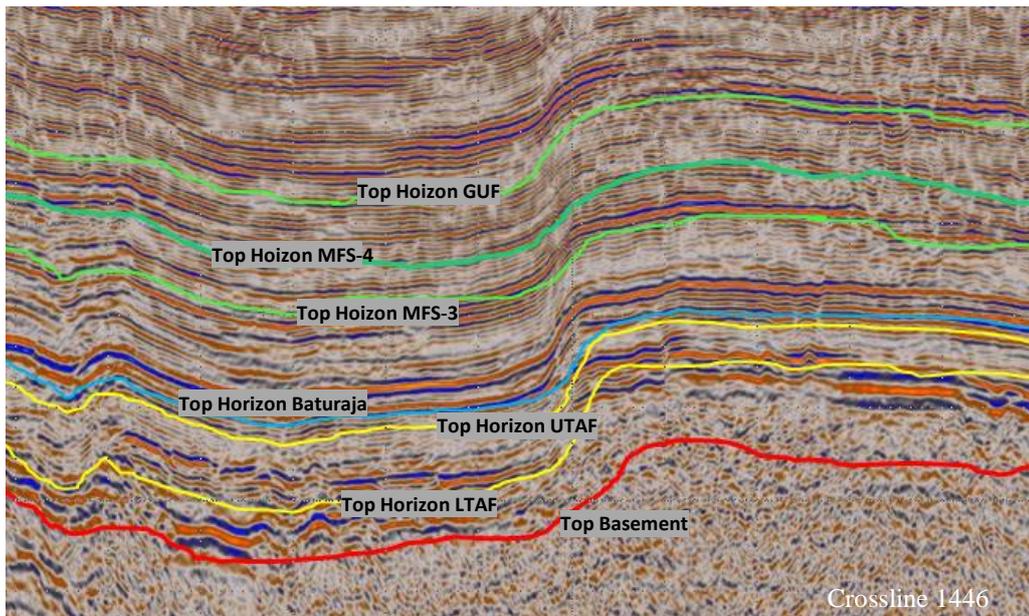
2. *Data Conditioning* (Filtering Noise)

Sebelum dilakukan dekomposisi spektral, dilakukan *data conditioning* atau pengkondisian data yang bertujuan untuk mereduksi *noise* pada data serta meningkatkan kontinuitas refleksi seismik. Noise merupakan seluruh fenomena yang tidak berkaitan dengan aspek geologi atau sinyal yang tidak berkaitan dengan refleksi primer yang dapat menurunkan kualitas interpretasi, sehingga perlu dinetralisir efeknya. Meskipun telah dilakukan pemrosesan data yang intensif, efek dari bising masih tertinggal dalam rekaman seismik (Sukmono, 1999) untuk itu dilakukan pengkondisian data untuk menangani masalah tersebut.

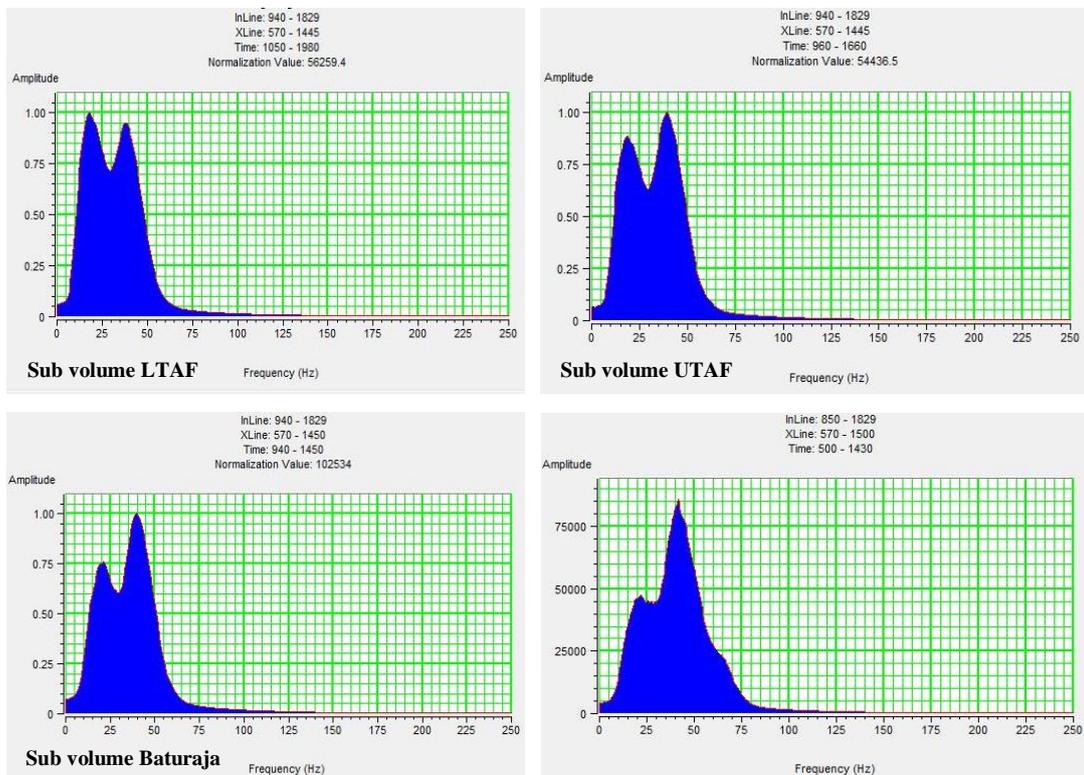
Dalam modul ffa, ada beberapa modul untuk filtering data atau pengkondisian data, seperti Tdiffusion, SO FMH Filter, dan SO Noise Filter. Dalam penelitian ini, penulis melakukan Tdiffusion dan SO FMH Filter. Tdiffusion dilakukan untuk meningkatkan kontinuitas refleksi seismik dan secara bersamaan menjaga dan mempertahankan *subtle-subtle fault*. Sementara SO FMH Filter berfungsi untuk meningkatkan *signal to noise ratio* dan mereduksi random bahkan koheren noise.

3. Dekomposisi Spektral dan *RGB Blending*

Hasil *data conditioning* menjadi input dekomposisi spektral. Sebelum dilakukan dekomposisi spektral dan *rgb blending*, perlu diketahui *region of interest* (ROI) dalam hal ini lapisan tiap formasi serta frekuensi dominan yang dimiliki tiap lapisan. Adapun lapisan target pada penelitian ini meliputi lapisan formasi; Talang Akar Bawah (LTAF), Talang Akar Atas (UTAF), Baturaja, dan Gumai, yang meliputi (MFS-3, MFS-4, dan GUF). Gambar 3.3 dan 3.4 memperlihatkan lapisan target dan frekuensi dominan tiap formasi.



Gambar 3.3 Lapisan target tiap formasi

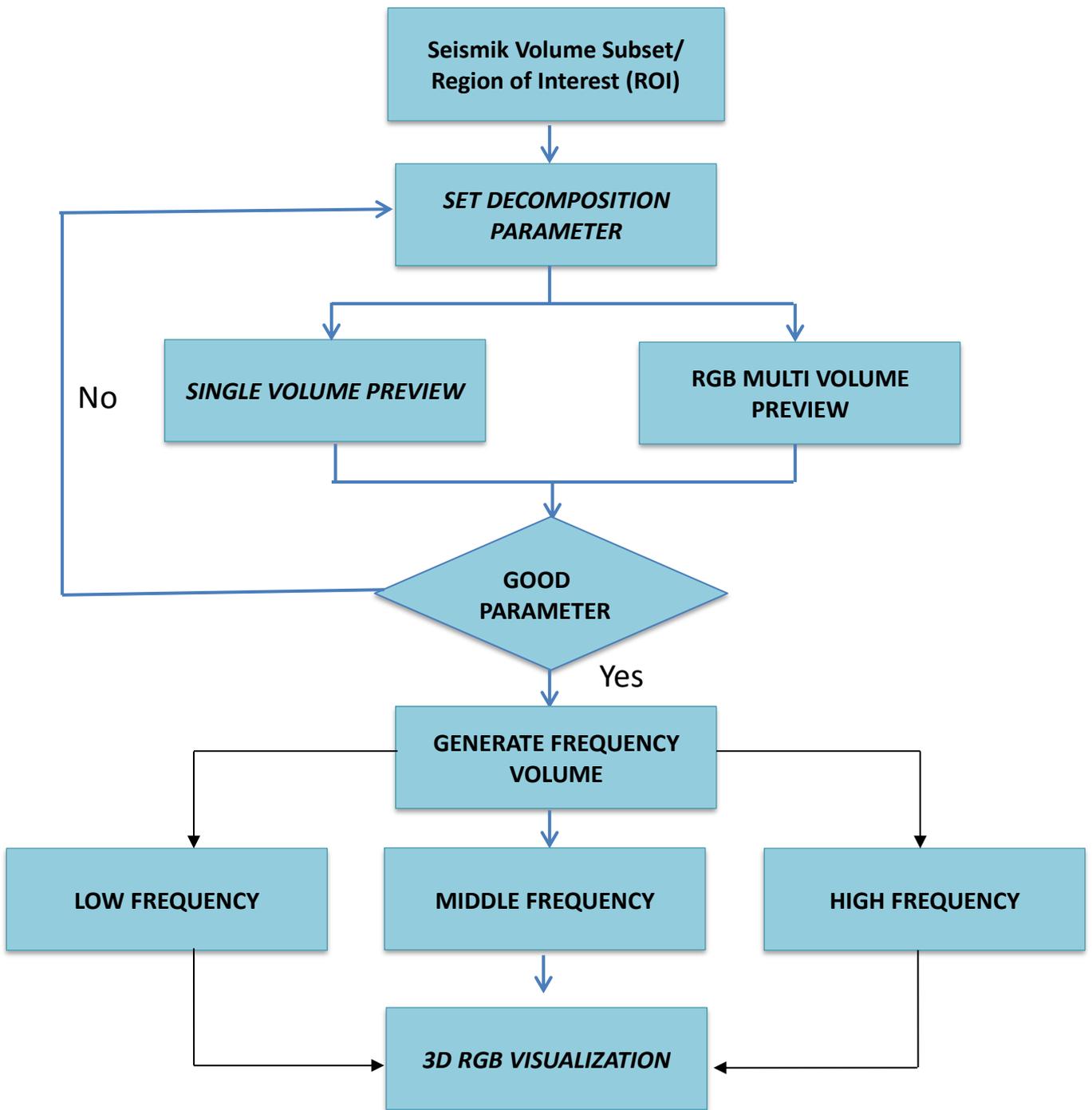


Setelah diketahui lapisan target tiap formasi, *sub volume* seismik dipersempit

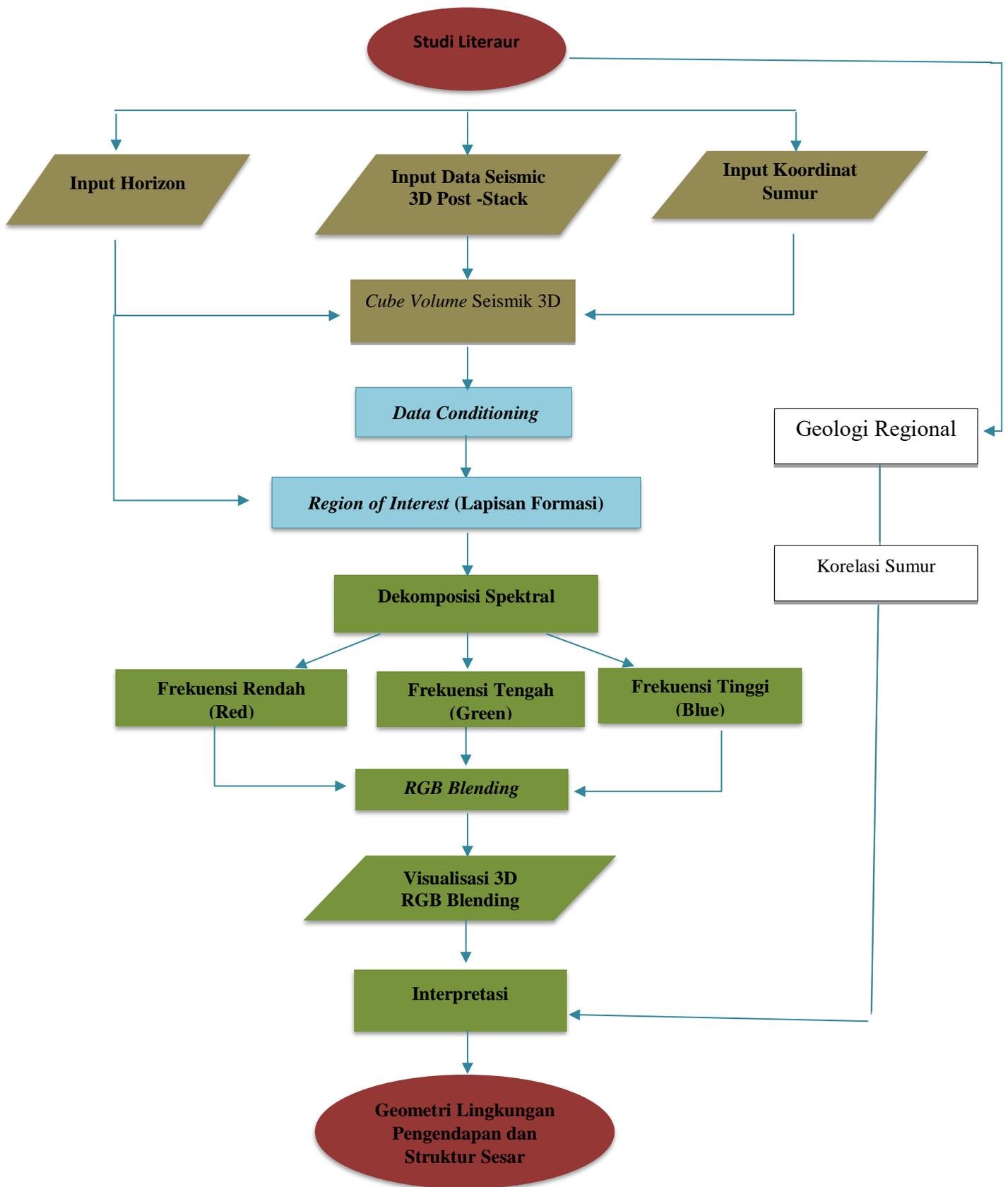
(*dicut*) melalui tool ROIs yang tersedia pada perangkat SVI Pro. Lapisan tiap formasi diketahui dari masing-masing horizon yang telah diinput sebelumnya

sehingga pemotongan cube volume didasarkan pada masing-masing horizon formasi (gambar 3.3). Selanjutnya, masing-masing *region of interest* (lapisan formasi) dilakukan dekomposisi spektral. Algoritma yang digunakan dalam dekomposisi spektral pada perangkat ini adalah mode *Constant Q*. *Constant Q* ini analog dengan *Continuous Wavelet Transform* (Gilani and Martinez, 2015) yang memiliki kelebihan dalam melokalisasi waktu dan frekuensi (Mallat, 1999; Goswami and Chan, 1999). Tahap selanjutnya adalah melakukan *rgb blending* dengan memilih frekuensi rendah sebagai warna merah, frekuensi tengah mewakili warna hijau dan frekuensi tinggi mewakili warna biru kemudian dicampur menjadi satu input volume frekuensi. Pemilihan frekuensi untuk *rgb blending* ditempuh dengan cara *trial and error* sampai ditemukan hasil pencampuran yang memberikan visualisasi yang baik dalam hal ini penggambaran fitur-fitur geologi bawah permukaan. Tapi, pemilihan frekuensi ini tetap berdasar pada rentan nilai frekuensi dominan pada tiap lapisan formasi.

Tampilan warna pada hasil *rgb blending* merepresentasikan tiga frekuensi yang berbeda sesuai dengan pilihan frekuensi yang telah dipilih sebelumnya. Jika terdapat warna merah, artinya daerah tersebut didominasi oleh frekuensi rendah. Warna hijau berarti didominasi oleh frekuensi tengah, dan biru didominasi oleh frekuensi tinggi. Hasil *rgb blending* juga akan menghasilkan warna baru yang merepresentasikan perpaduan frekuensi (gambar 2.10 a).



Gambar 3.5 Bagan alir dekomposisi spektral dan *rgb blending*



Gambar 3.6 Bagan alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mencakup beberapa formasi dari lapangan AM, Cekungan Sumatera Selatan. Formasi tersebut adalah; Talang Akar Bawah (LTAF), Talang Akar Atas (UTAF), Baturaja (BRF), dan Formasi Gumai. Formasi Gumai sendiri dibagi menjadi tiga sub lapisan yaitu Sub; MFS-3, MFS4 dan GUF. Interpretasi hasil Dekomposisi Spektral dan *RGB Blending* ini, berdasarkan informasi paleogeografi sebelumnya dan dibantu dengan korelasi sumur sebagai validasi.

IV.1 Interpretasi Hasil Dekomposisi Spektral dan *RGB Blending*

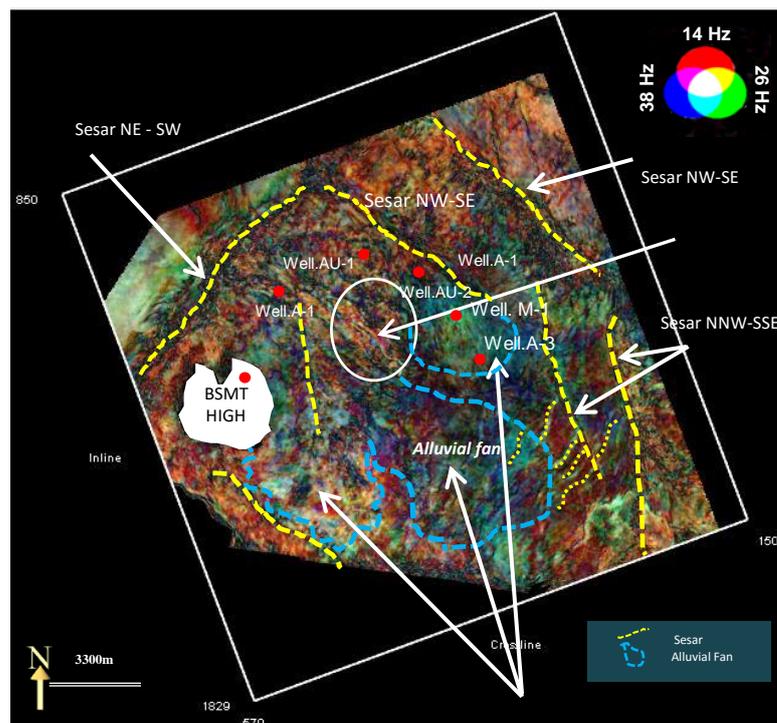
Penelitian ini menggunakan horison slice untuk melihat geometri distribusi lingkungan pengendapan tiap formasi. Sementara, pemilihan frekuensi; rendah, tengah, dan tinggi, untuk *rgb blending* ditempuh dengan melakukan *trial and error*, sampai ditemukan nilai frekuensi yang memberikan hasil visualisasi yang terbaik baik dalam hal ini gambaran fitur geologi bawah permukaan. Tetapi, tetap berdasar pada rentan frekuensi dominan pada tiap lapisan formasi (gambar 3.4).

Tampilan warna yang dihasilkan *RGB (red, green, and blue) Blending* merupakan representasi dari frekuensi (rendah, tengah, dan tinggi) yang telah dipilih sebelumnya. Warna merah mewakili frekuensi rendah, warna hijau mewakili frekuensi tengah, dan warna biru mewakili frekuensi tinggi. Jika terdapat warna merah, artinya daerah tersebut didominasi oleh frekuensi rendah. Warna hijau berarti didominasi oleh frekuensi tengah, dan biru didominasi oleh frekuensi tinggi. Jika terdapat warna baru, misalnya kuning, maka daerah tersebut didominasi dua frekuensi, yaitu frekuensi rendah dan frekuensi tengah (gambar 2.10.a). Begitu pun

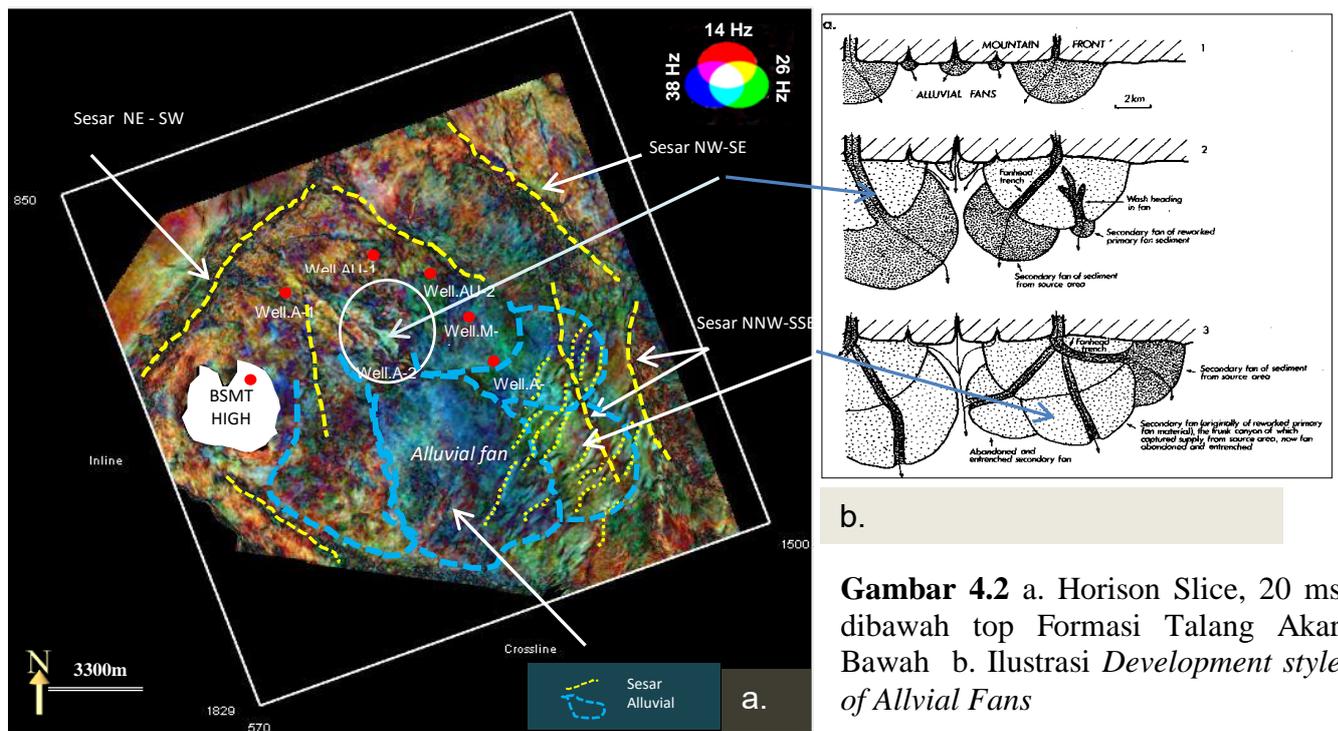
dengan *cyan* dan *magenta* yang merupakan kombinasi dua warna primer. Sedangkan apabila suatu daerah berwarna putih, berarti daerah tersebut didominasi oleh tiga frekuensi dominan; rendah, tengah dan tinggi. Sementara bila pada pada suatu daerah berwarna gelap (hitam) merepresentasikan ketiadaan frekuensi yang diinterpretasikan sebagai sesar.

IV.1.1 Formasi Talang Akar Bawah

Untuk melihat distribusi geometri lingkungan pengendapan pada formasi ini, top horison LTAF dishifting sampai 50 ms ke bawah (gambar 3.3) dengan interval masing-masing 10 ms. Komponen frekuensi yang dipilih 14, 26, dan 38 Hz yang masing-masing mewakili frekuensi rendah, tengah dan tinggi. Sebelumnya telah dilakukan beberapa frekuensi yang berbeda. Hasil yang diberikan pada frekuensi 14, 26, dan 38 Hz ini merupakan visualisasi yang paling baik.



Gambar 4.1 Horison Slice, 50 ms dibawah top Formasi Talang Akar Bawah.



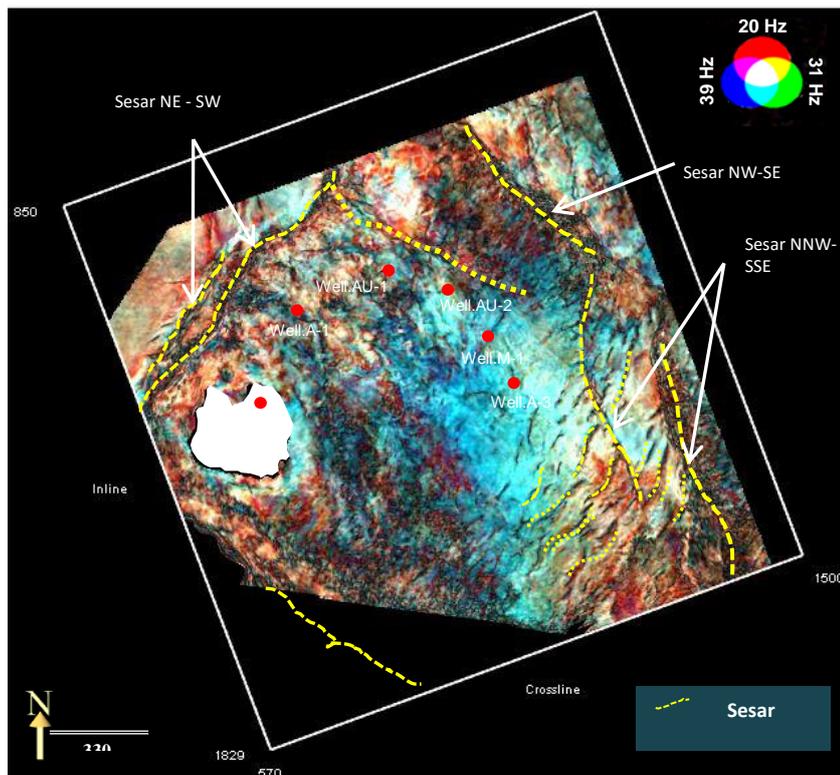
Gambar 4.2 a. Horison Slice, 20 ms dibawah top Formasi Talang Akar Bawah b. Ilustrasi *Development style of Allvial Fans*

Berdasarkan paleogeografi Lapangan AM yang telah dibahas di bab II, bahwa pada Formasi Talang Akar Bawah, diendapkan pada lingkungan Alluvial. Hasil yang diberikan dekomposisi spektral dan *rgb blending* pada horison slice 50 ms di bawah top horison formasi Talang Akar Bawah memperlihatkan adanya zona menarik yang menyerupai alluvial fan yang terhampar cukup luas dengan tren baratlaut – tenggara (gambar 4.1). Sedangkan fitur sesar sangat terlihat jelas pada formasi ini. Beberapa sesar utama memiliki tren NW- SE, NNW- SSE, dan NE – SW serta sesar-sesar kecil pada sisi tenggara. Pada sisi barat daya, terdapat tinggian basement seperti yang juga terlihat pada peta paleogeography Ginger and Fielding, 2005 yang memperlihatkan tidak adanya distribusi formasi pada sisi tersebut (*LTAF absent*). Sementara pada horison slice 20 ms (gambar 4.2), alluvial fan masih terlihat dimana diinterpretasikan terjadi perkembangan *secondary fan* di sisi timur. Pada harizon

slice 10 ms mendekati top horizon LTAF, alluvial fan tersebut terlihat semakin terhampar. Seperti informasi geologi sebelumnya bahwa akibat siklus transgresi yang terus berlanjut pada formasi ini, mengakibatkan perubahan lingkungan pengendapan dari lingkungan alluvial ke fluvial-deltaik dan berangsur-berangsur masuk ke lingkungan *marginal marine*. Perkembangan *alluvial fan* tersebut dapat dilihat pada lampiran 2.

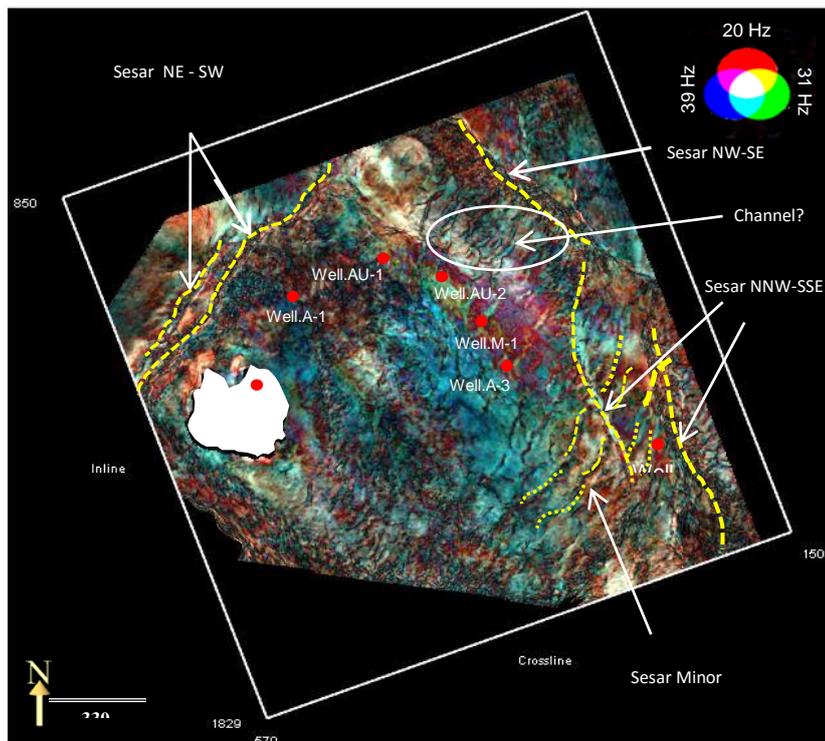
IV.1.2 Formasi Talang Akar Atas

Pada formasi ini, top horizon LTAF *dishifting* sampai 60 ms ke atas dengan interval 5 ms. Komponen frekuensi yang dipilih adalah 20, 31, and 39 Hz. Berdasarkan peta paleogeografi Ginger and Fielding 2005, Lapangan AM diendapkan pada lingkungan fluvial dan *marginal marine* di sisi baratdaya.



Gambar 4.3 Horison slice, 25 ms di atas top formasi Talang Akar Bawah

Lingkungan fluvial biasanya dicirikan dengan endapan *meandering channel* dan asosiasi *braided channel*. Target yang ingin dicapai pada formasi ini adalah adanya keberadaan fitur channel, seperti informasi geologi yang diketahui bahwa Formasi Talang Akar Atas merupakan formasi yang diendapkan pada lingkungan Fluvial.



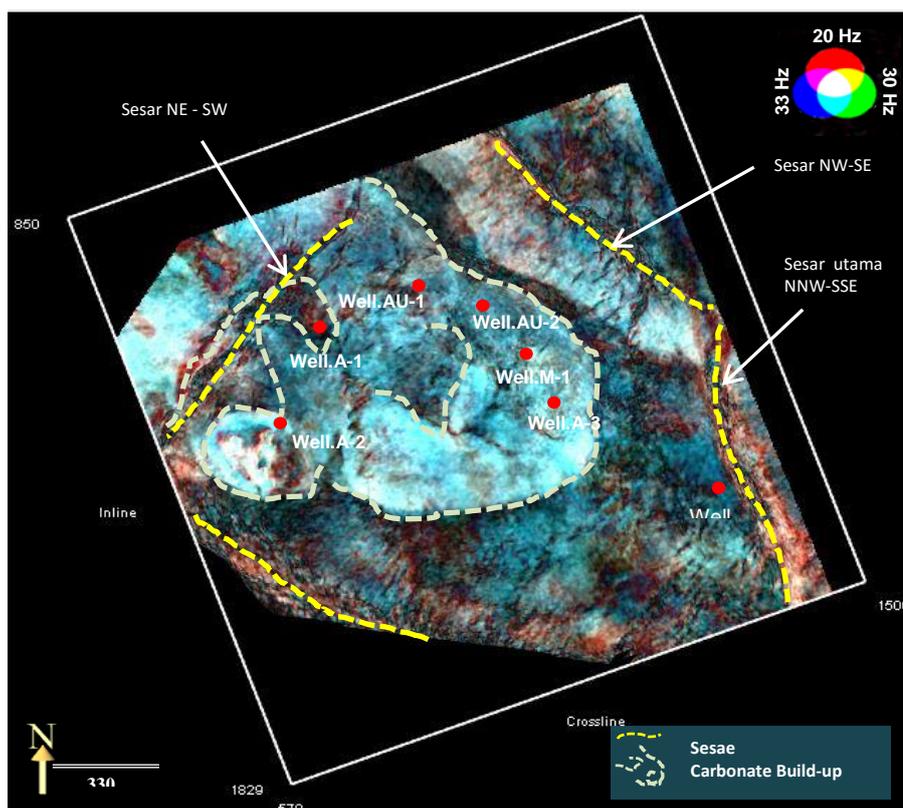
Gambar 4.4 Horison slice, 40 ms di atas top formasi Talang Akar Bawah

Pada gambar 4.3, berdasarkan hasil dekomposisi spektral dan *rgb blending* tidak memperlihatkan adanya karakteristik channel pada lapisan ini. Sementara pada gambar 4.4 yaitu pada horison slice 40 ms di atas top formasi Talang Akar Bawah terlihat adanya karakteristik yang menyerupai *braided channel* (sisi timur laut) meskipun belum dapat diinterpretasikan dengan pasti karena karakteristik channel ini mungkin saja sesar minor seperti yang ada pada bagian sisi tenggara lapangan. Sementara struktur sesar pada formasi ini masih memiliki tren yang sama dengan

Formasi Talang Akar Bawah. Perkembangan geometri lingkungan pengendapan pada formasi ini dapat dilihat pada lampiran.3

IV.1.3 Formasi Baturaja

Pada lapisan formasi ini, top horison BRF *dishifting* ke bawah sampai 20 ms mendekati top horizon UTAF. Frekuensi yang dipilih untuk *rgb blending* yaitu 20, 30, dan 33 Hz.



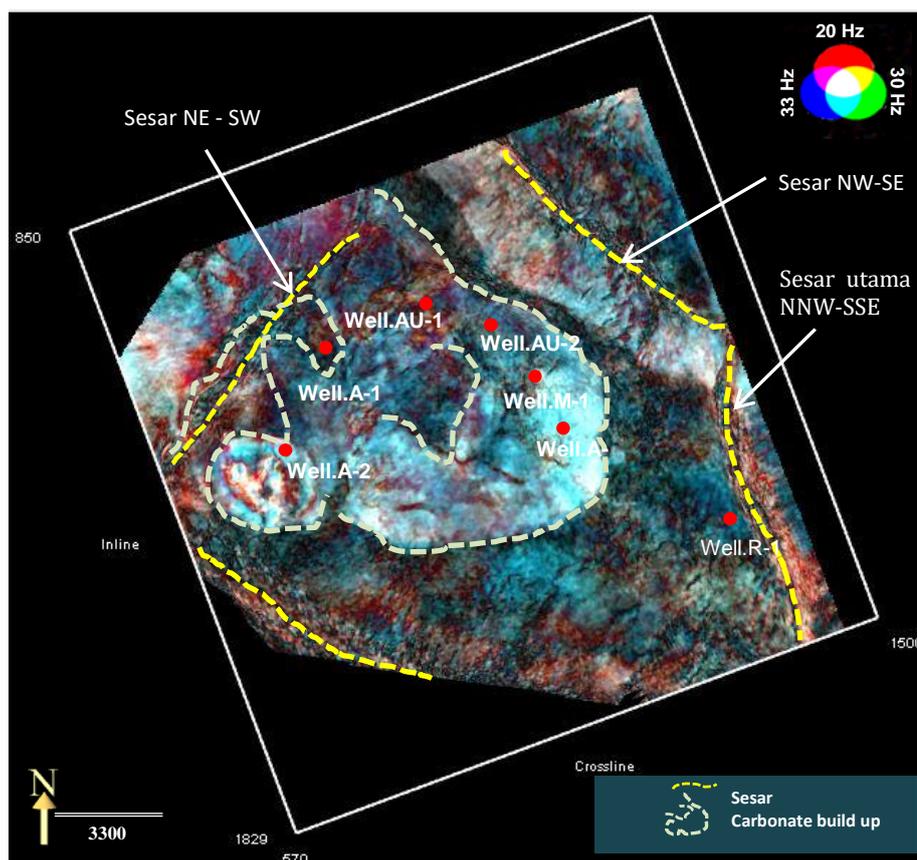
Gambar 4.5 Horison Slice, 10 ms di bawah top horizon Formasi Baturaja

Berdasarkan informasi geologi, endapan karbonat terjadi besar-besaran pada formasi ini, baik di bagian *flatfom* maupun tinggian cekungan (Ginger and Fielding, 2005). Meskipun lebih sedikit pada sub-Cekungan Jambi.

Informasi korelasi sumur *flatening* yang diperoleh dari internal perusahaan bahwa pada formasi ini terdapat adanya endapan karbonat *build-up*, pada pada beberapa

sumur terutama sumur Well.A-2 dan Well.A-3 yang memiliki ketebalan yang cukup tebal dibanding sumur lainnya (lampiran 4).

Hasil yang diperoleh dari dekomposisi spektral dan *rgb blending* memberikan gambaran yang baik mengenai distribusi endapan karbonat tersebut. Daerah yang memiliki warna biru terang diinterpretasikan sebagai distribusi endapan karbonat *build-up*.



Gambar 4.6 Horison Slice, 20 ms di bawah top horizon Formasi Baturaja

Seperti pada lampiran.4.bahwa sumur yang memiliki lapisan karbonat yang cukup tebal berada pada Sumur Well.A-2 dan Sumur Well.A3. Sementara sumur lainnya tidak begitu tebal bahkan sangat tipis, terutama pada Sumur Well.A-1.

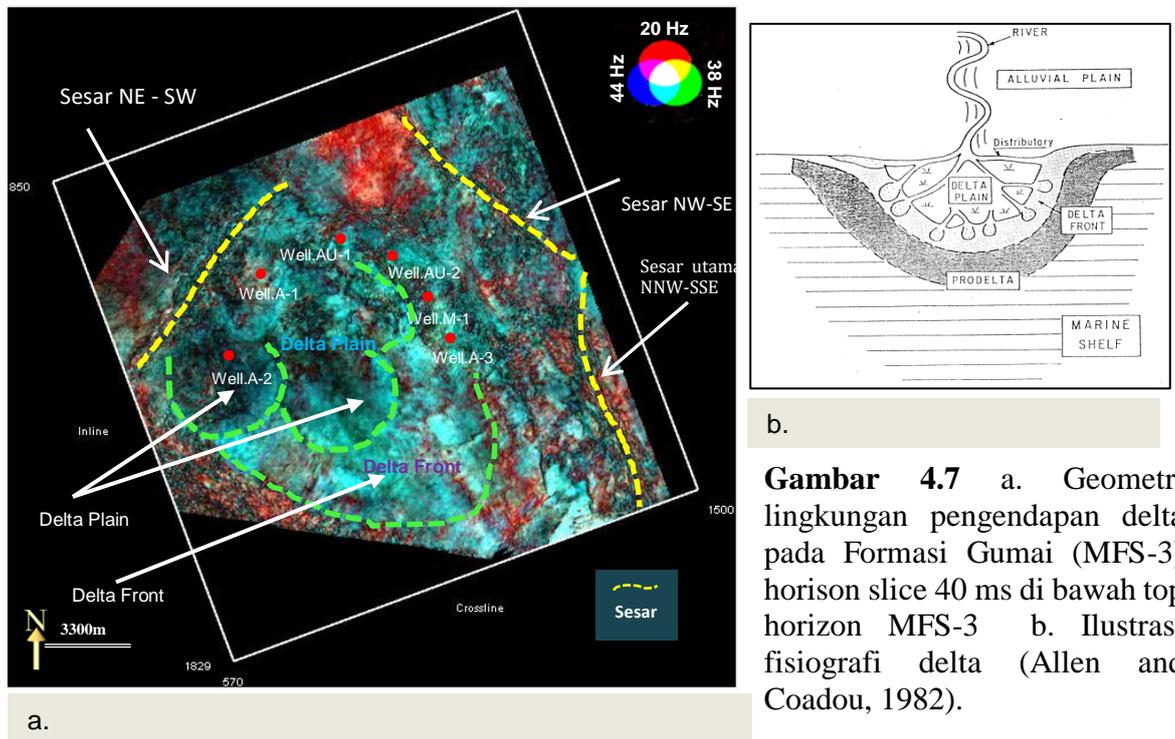
Hasil *rgb blending* memperlihatkan zona pada Sumur Well.A-1 memiliki warna merah yang membedakan dengan warna pada posisi sumur lain. Sedangkan warna paling terang berada pada posisi Sumur Well.A-2 dan Sumur Well.A3 (gambar 4.5). Hal ini sesuai dengan informasi pada Sumur Well.A-2 dan Well.A3. Pada horison slice 20 ms di bawah top horizon formasi BRF (gambar 4.6) menunjukkan geometri distribusi karbonat tersebut mulai menipis, karena horison slice 20 ms mendekati top formasi Talang Akar Atas yang diinterpretasikan bahwa endapan karbonat pada saat itu belum terlalu tumbuh. Zona yang memiliki warna paling terang diinterpretasikan sebagai karbonat *bulid-up*. Lampiran 5 memperlihatkan perkembangan distribusi pertumbuhan karbonat berdasarkan hasil dekomposisi spektral dan *rgb blending*.

IV.1.4 Formasi Gumai (MFS-3)

Frekuensi yang digunakan untuk lapisan MFS-3 ini yaitu, 20, 38, dan 44 hz. Berdasarkan informasi stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (gambar 2.3), Formasi Gumai diendapkan pada awal puncak transgresi kemudian disusul oleh progradasi endapan delta di seluruh cekungan dan selanjutnya endapan ini digantikan oleh endapan transisi dan kemudian endapan serpih laut (Ginger and Fielding, 2005). Keseluruhan interpretasi pada penelitian ini sangat dibantu oleh informasi geologi daerah penelitian, informasi peta paleogeografi dari Ginger dan Fielding.

Hasil dekomposisi spektral dan *rgb blending* teridentifikasi adanya karakteristik fisiografi sistem delta pada lapisan ini. Dapat dilihat pada horison slice, 40 ms di bawah top horizon lapisan MFS-3. Fisiografi tersebut terdiri atas endapan *delta*

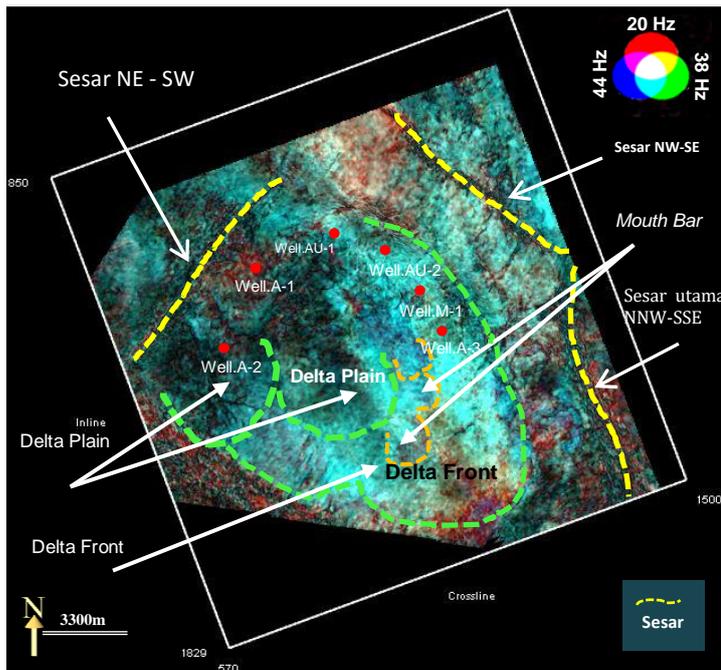
plain dan *delta front* yang terhampar ke sisi tenggara lapangan penelitian (gambar 4.7).



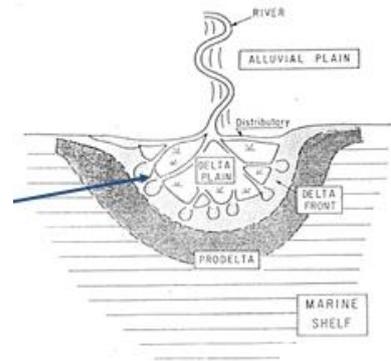
Gambar 4.7 a. Geometri lingkungan pengendapan delta pada Formasi Gumai (MFS-3) horison slice 40 ms di bawah top horizon MFS-3 b. Ilustrasi fisiografi delta (Allen and Coadou, 1982).

Pada horison slice 20 ms di bawah top horizon MFS-3, bagian timur sisi luar delta plain diinterpretasikan sebagai *mouth bar* (gambar 4.8.a). Sampai pada top horizon MFS-3 kehadiran *mouth bar* tersebut semakin tidak jelas (Lampiran 6). Hal ini sesuai informasi geologi dari Ginger dan Fielding 2005 bahwa formasi Gumai mulai diendapkan pada awal puncak transgresi yang disusul oleh progradasi endapan delta kemudian masuk ke lingkungan endapan transisi lalu masuk ke lingkungan *marine* pada saat terjadinya regresi.

Lapisan MFS-3 diinterpretasikan sebagai lapisan endapan delta kemudian semakin ke atas endapan tersebut berubah menjadi endapan transisi laut.



a.

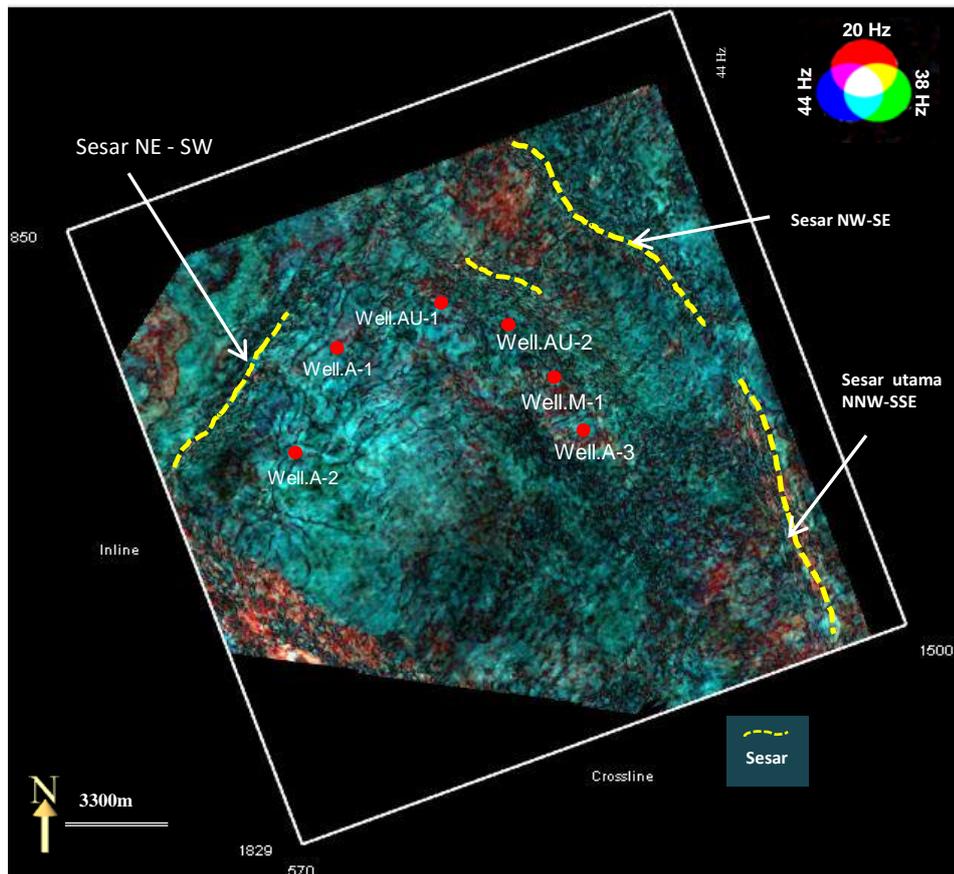


b.

Gambar 4.8 a. Geometri lingkungan pengendapan delta pada Formasi Gumai (MFS-3) horison slice 20 ms di bawah top horizon MFS-3. b. Ilustrasi fisiografi delta (Allen and Coadou, 1982)

IV.1.5 Formasi Gumai (MFS-4)

Pada lapisan MFS-4, frekuensi yang digunakan sama dengan fekuensi lapaisn MFS-3 yaitu, 20, 38, dan 44 hz. Untuk melihat geometri pengendapan pada lapisan formasi ini, top horison MFS-4 *dishifting* 60 ms ke bawah dengan interval 10 ms. Hasil dekomposisi spektral dan *rgb blending* dapat dilihat pada gambar 4.9 atau pada lampiran 7 untuk keseluruhan horizon slice dari top horison MFS-4 sampai 60 ms ke bawah. Dari gambar 4.9 dengan horizon slice, 20 ms dapat dilihat bahwa pada lapisan formasi ini, tidak ditemukan karakteristik geometri lingkungan pengendapan yang menarik. Hal ini dikarenakan pada lapisan ini sudah masuk ke lingkungan transisi laut atau bagian dari pro delta. Sehingga distribusi lingkungan pengendapannya terlihat terhampar. Sedangkan gambaran struktur sesar sudah tidak begitu terlihat jelas sebelumnya, meskin masih dengan tren yang sama.

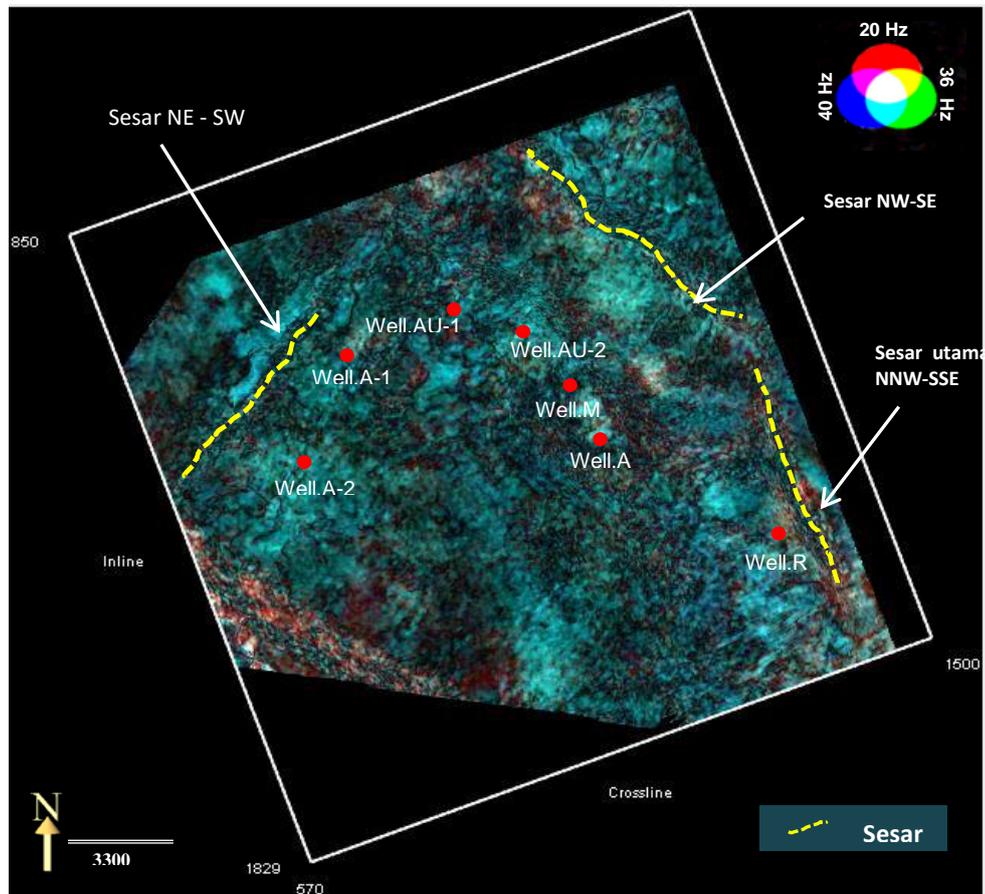


Gambar 4.9 Geometri lingkungan pengendapan pada Formasi Gumai (MFS-4) horison slice 20 ms di bawah top lapisan MFS-4

IV.1.6 Formasi Gumai (GUF)

Pada lapisan ini, top horison GUF dishifting ke bawah mendekati top horison MFS-4 dengan interval 10 ms sampai 80 ms ke bawah, dengan frekuensi 20, 36 dan 40 Hz. Geometri lingkungan pengendapan yang dihasilkan hampir sama dengan lapisan MFS-4. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai lingkungan pendendapan marine dengan endapan yang terhampar. Tren sesar pada lapisan ini masih sama dengan tren pada formasi sebelumnya. Namun, kenampakan sesar tersebut semakin kecil. Gambar di bawah menunjukkan gambaran lingkungan pengendapan yang diambil pada horison slice 70 ms dan di bawah top horison GUF. Untuk melihat

keseluruhan lapisan ini, dapat dilihat pada lampiran 8 dengan slicing dari 80 ms sampai top formasi GUF.



Gambar 4.10. Geometri lingkungan pengendapan pada Formasi Gumai lapisan GUF. horison slice 70 ms di bawah top lapisan GUF

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

1. Teknik Dekomposisi Spektral dan *RGB Blending* mampu mendeteksi keberadaan Struktur Sesar dengan detail pada Lapangan AM, Cekungan Sumatera Selatan dengan orientasi Sesar Utama berarah NW-SE, NE-SW, dan, NNW-SSE dan Sesar Minor dengan orientasi NE- SW. Orientasi sesar ini sama disetiap formasi pada Lapangan AM.
2. Hasil Dekomposisi Spektral dan *RGB Blending*, memperlihatkan gambaran lingkungan pengendapan alluvial pada interval Formasi Talang Akar Bawah, dengan adanya karakteristik kipas alluvial pada formasi tersebut; pada interval Formasi Talang Akar Atas yang secara regional merupakan lingkungan fluvial, dicirikan dengan karakteristik *braided channel* namun masih perlu dianalisis lebih lanjut apakah itu channel atau sesar-sesar minor; pada interval Formasi Baturaja dicirikan dengan adanya gambaran distribusi endapan karbonat; dan pada interval Gumai, dicirikan dengan lingkungan sistem deltaik atau dominan bagian dari delta plain dan delta front pada lapisan MFS-3 dan distribusi endapan lingkungan *marine transition* atau pro delta pada lapisan MFS-4 dan GUF .

V.2 Saran

1. Perlu dilakukan beberapa pendekatan lain seperti ekstraksi atribut untuk identifikasi struktur sesar pada lapangan ini.
2. Diperlukan analisa sumur lebih lanjut dan beberapa metode lain untuk memperkuat interpretasi lingkungan pengendapan yang berkembang pada lapangan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen. G.P, 1994, *Sediment Patterns and Facies in the Modern Mahakam Delta*,
- Ardiyanto, Didik. 2009, *Analisis Waktu-Frekuensi Seismik Berbasis Transformasi Wavelet : Deteksi Reservoar Hidrokarbon*. Tesis Universitas Indonesia.
- Ashtari, Ahmad & Arzani, A., 2016, *Seismic Spectral Decomposition and Inversion for Buried Channels Delineation : a Case Study from the Asmari Reservoir, Southwestern Iran*, first break vol. 34.
- Bhattacharya, J.P. and Walker, R.G., 1992. Deltas. In: Walker, R.G. and James, N.P. (Eds), *Facies Models. Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, pp. 157-178.
- Bishop, M.G., 2001, *South Sumatra Basin Province, Indonesia: The Lahat/Talang Akar-Cenozoic Total Petroleum System*. U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, Central Region Energy Resources team, Open File Report 99-50S.
- Cao, Jianhua., Yue, Y., Zhang, K., Yang, J., Zhang, X., 2015, *Subsurface Channel Detection Using Color Blending of Seismic Attribute Volumes*. International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition Vol.8, No.12 (2015), pp.157-170
- Castagna, J. P., S. Sun, and R. Siegfried, 2003, *Instantaneous Spectral Analysis : Detection of Low-Frequency Shadows Associated with Hydrocarbons*. The Leading Edge, 22, hal 120, 122, 124-127, February 2003
- Chopra, Satinder & Marfurt, Kurt J., (2016), *Adding Value to Spectral Decomposition*. Halliburton, Landmark. <http://www.epmag.com/adding-value-spectral-decomposition-833676>
- Cooke, N., Szafian, P., Gruenwald, R., Schuler, L., 2014, *Forward Modelling to Understand Colour Responses in an HDFD RGB Blend around a Gas discovery*, first break, vol. 32, p. 87-93
- Darussalam, Ucuk. 2009. *Wavelets Transform : Overview Teknis*. Jurnal Artificial, ICT Center Unas, Vol. 3 No. 1
- Davis, G. H. (1984). *Structural geology of rocks and regions*. New York: Wiley.
- Einselle, G., 1992. *Sedimentary, Basins, Evolution, Facies and Sedimentary Budget*. Springer-Verlag, Berlin.

de Coster, G.L., 1974, *The Geology of the Central and South Sumatra Basins*. Proceedings Indonesian Petroleum Association 3rd Annual Convention, p. 77-110.

Foufoula, E., and Kumar, P., 1994. *Wavelets in Geophysics*, Academic Press

Gilani, Syed F., and Martínez, Luis Gómez, 2015. *The application of data conditioning, frequency decomposition and RGB colour blending in the Gohta discovery (Barents Sea, Norway)*. first break volume 33.

Ginger, David and Fielding, K., 2005, *The Petroleum Systems and Future Potential of The South Sumatra Basin*. Proceedings Indonesian Petroleum Association. Thirtieth Annual Convention & Exhibition, p. 67-89

Goswami, J. C., and Chan, A. K., 1999, *Fundamentals of Wavelet-theory, Algorithms, and Applications* : John Wiley & Sons Inc.

Hall, M., and Trouillot, E., 2004, *Predicting Stratigraphy with Spectral Decomposition*, CSEG National Convention, p. 1-3

Harris Moore & Wilson, 1985, Carbonate depositional environment, modern and ancient. *Colorado School of Mine Quarterly*, v80, no 4, p. 1-60.

Helbet, Ricky. 2007. *Evaluasi Penerapan Transformasi Wavelet Kontinyu (CWT) untuk Pemodelan Lapisan Tipis Membaji dan Indikator Hidrokarbon (DHI) pada Studi Kasus Model Marmousi 2*. ITB Bandung

Henderson, J., Purves, S.J. and Leppard, C., 2007, *Automated delineation of geological elements from 3D seismic data through analysis of multichannel, Volumetric spectral decomposition data*. First Break, **25**, 87–93.

James & Kendall, 1992, *Introduction to carbonate and evaporite facies models : Facies model, response to sea level change*, Geological Association of Canada

Johann, Paulo and Ragagnin, G., 2003. *Spectral Decomposition Reveals Geological Hidden Features in The Amplitude Maps from a Deep Water Reservoir in the Campos Basin*. Brazil. Sociedade Brasileira de Geofisika.

Kerr, J.D., and Howard, B., 2002, *Frequency Spectral Decomposition Breathes New Life into Seismic Interpretation Workflows*. EAGE 64th Conference & Exhibition — Florence, Italy.

Khanna, A.K., Verma, A.K, Dasgupta, R., and Bharali, 2010, *Application of Spectral Decomposition for Identification of Channel Sand Body in Oil's Operational area in Upper Assam Shelf Basin, India- A Case Study*, 8th Biennial International Conference & Exposition on Petroleum Geophysics, P-92, p.1-5.

- Koesoemadinata, R. P. 1980. *Geologi Minyak dan Gas Bumi, jilid I dan II*. ITB: Bandung.
- Mallat, S., 1989, *A Theory of Multi Resolution Signal Decomposition, the Wavelet Representation*, IEEE Trans Pat.and Mach. Intell., 11, 674-693.
- Mallat, S., 1999, *A Wavelet Tool at Signal Processing*, 2nd ed. : Academic Press, San Diego, CA.
- McArdle, N., and Ackers, M. (2012), *Understanding Seismic Thin-bed Responses Using Frequency Decomposition and RGB Blending. First Break* , **30**, 57-65.
- Nichols, G., 1999. *Sedimentology and Stratigraphy*. Blackwell Science Ltd., Oxford, 355p.
- Partyka, G, J Gridley & J Lopez (1999), *Interpretational applications of spectral decomposition in reservoir characterization*, The Leading Edge, 18, 353–360 March 1999.
- Pohan, M. P., 2007. *Pembentukan Kipas Aluvial di Daerah Sinunukan, Kecamatan Batang Natal, Kabupaten Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara*. PSDG
- Pulunggono, A., Haryo, S. Agus, and Kosuma, C. G., 1992, Pre-Tertiary and Tertiary fault systems as a framework of the South Sumatra Basin; a study of sarmaps: Proceedings Indonesian Petroleum Association Twenty First Annual Convention, October, 1992, p. 339-360.
- Reineck, H.E. and Singh, I.B., 1980, *Depositional Sedimentary Environments*. 2nd, Springer, Verlag, Heidenberg, New York, 549p.
- Risyad, Muhammad. 2012. *Penerapan Metode Dekomposisi Spektral untuk Pemetaan Batupasir Tipis Minyak pada Lapangan X Cekungan Sumatera Tengah*. ITB Bandung.
- Roniwibowo, A., Ardiyanto, D., Maula, F., dan Lestari, Sri, 2010. *Integrasi Metode Spektral Decomposition dan Seismic Fcies Analysis untuk Mengetahui Distribusi Reservoar Hidrokarbon*. Jurnal Geofisika.
- Saifuddin, F. Soeryowibowo, M., Suta, N. I., and Chandra, B., 2001, *Acoustic Impedance as a Tool to Identify Reservoir Targets : A Case Study of NE Betara- 11 Horizontal Well, Jabung Block, South Sumatera*, Proceedings Indonesian Petroleum Association, 28th Convention.
- Satya, Drestanta Yudha, 2010. *Pemodelan Reservoar pada Formasi Talang Akar Bawah, Lapangan Yapin, Cekungan Sumatera Selatan*. ITB Bandung.
- Selley, R.C., 1988. *Applied Sedimentology*. Academic Press, San Diego.

Suhirmanto, Agus. 2007. *Aplikasi Dekomposisi Spektral dalam Interpretasi Paleogeografi Sistem Lakustrin-Rift di Sub-Cukungan Aman Utara Cekungan Sumatera Tengah*. ITB Bandung.

Sukmono, Sigit, 1999., *Interpretasi Seismik Refleksi*, Jurusan Teknik Geofisika, ITB, Bandung.

Suta. I Nyoman and L. Xiaoguang, 2005, *Complex Stratigraphic and Structural Evolution of Jabung Subbasin and It's Hydrocarbon Accumulation : Case Study from Lower Talang Akar Reservoir, South Sumatera Basin, Indonesia. International Technology Conference, Qatar*.

S. Silva, B. S. Santos and J. Madeira. 2011. Using color in visualization: A survey, *Computers & Graphics*, vol. 35, no. 3.

Tucker, M.E., 1981. *Sedimentary Petrology-An Introduction to the origin of sedimentary rocks*, 67, Blackwell Scientific Publications, LTD, London.

Walker, R.G. dan James, N.P. 1992. *Facies Models*. Geological Association of Canada.

Wilson J.L. & C Jordan, 1983, *Carbonate depositional environment* : AAPG Mem 33

Weish, A., Brouwer, F.G.C., 2008, *Spectral Decomposition of Seismic Reflection Data to Detect Gas Related Frequency Anomalies*. 70th EAGE Conference and Exhibition, Italy.

Yusrie, Bahrul U. K. I., 2007. *Interpretasi Dekomposisi Spektrum dalam Karakterisasi Reservoir menggunakan Short Time Fourier Transform dan Continuous Wavelet Transform*. ITB Bandung.