

**ESTIMASI KECEPATAN INTERVAL MELALUI
PEMILIHAN *SEMBLANCE* BERDASARKAN NMO
SECARA OTOMATIS**

**Skripsi ini Disusun untuk Memenuhi Persyaratan Meraih
Gelar Sarjana Sains Bidang Geofisika**

Oleh

Satria Yudha Pratama

030402071X



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
2008**

LEMBAR PENGESAHAN

Nama Mahasiswa : Satria Yudha Pratama
NPM : 030402071X
Jurusan : Fisika
Peminatan : Geofisika
Tanggal Sidang : Kamis, 5 Juni 2008
Judul Skripsi : **Estimasi Kecepatan Interval Melalui Pemilihan
Semblance Berdasarkan NMO Secara Otomatis**

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dr. rer. nat. Abdul Haris
Pembimbing

Dr. Syamsu Rosid
Penguji I

Dr. Supriyanto
Penguji II

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, petunjuk, dan ilmu kepada penulis, sehingga akhirnya penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul: **“ESTIMASI KECEPATAN INTERVAL MELALUI PEMILIHAN SEMBLANCE BERDASARKAN NMO SECARA OTOMATIS”** dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar kesarjanaan di Departemen Fisika, Universitas Indonesia. Dan Atas terselesaikannya laporan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada banyak pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik dalam bentuk pengarahan ilmu, maupun moril dan material. Terima kasih sebesar-besarnya penulis tujukan kepada :

1. Bapak Dr. rer. nat. Abdul Haris, selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak mengorbankan waktunya untuk memberikan pengarahan dan pengertian akan banyak hal.
2. Bapak Dr. Syamsu Rosid dan Dr. Supriyanto, selaku penguji I dan II atas waktunya untuk berdiskusi dan masukan yang sangat berharga.
3. Bapak Dr. Azwar Manaf , selaku ketua Departemen Fisika.
4. Bapak Dr. Yunus Daud, selaku Ketua Program peminatan Geofisika FMIPA UI.

5. Kedua orang tua ku dan adikku atas doa dan dukungannya selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Kak Azhari, Juanda, Seno, dan Bedul yang telah memberikan bantuan ilmu yang sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman S1 reguler 2004 yang selalu memberikan dukungan moril dan spiritual, serta banyak informasi berharga kepada penulis.
8. Teman-teman yang melaksanakan Tugas Akhir pada waktu yang bersamaan, terima kasih telah menemani penulis dalam melewati hari-hari yang mendebarkan.
9. Krismansyah yang telah memberikan semangat lebih kepada penulis untuk bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih banyak atas dukungannya.

Penulis juga menyadari laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diperlukan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca semua.

Jakarta, Juni 2008

Penulis

ABSTRAK

Pemilihan *semblance* secara otomatis merupakan metode analisa kecepatan yang dikembangkan untuk mencapai hasil yang maksimal. Hasil ini tentunya berkorelasi dengan koreksi NMO dan kualitas penampang seismik yang terbentuk. *Semblance* merupakan salah satu atribut koherensi pembentuk spektrum kecepatan yang mewakili hubungan satu nilai kecepatan dengan hasil koreksi NMO-nya. Sedangkan nilai *semblance* itu sendiri adalah rasio energi keluaran terhadap energi masukan sinyal seismik yang telah dikoreksi NMO. Hal ini berarti, nilai *semblance* maksimum mewakili hasil koreksi NMO yang paling tepat (datar). Dalam metode ini dilakukan pemilihan nilai-nilai *semblance* maksimum secara otomatis pada setiap interval waktu tertentu. Dengan begitu, didapat nilai kecepatan NMO dan kecepatan *stacking* yang paling tepat, serta kualitas penampang seismik yang baik. Selain itu, dari metode ini juga didapat penampang model kecepatan yang serupa dengan kondisi perlapisan bawah permukaan, termasuk kisaran nilai kecepatan rms dan intrerval di masing-masing lapisan.

Kata kunci: *Semblance*, spektrum kecepatan, pemilihan otomatis, koreksi NMO, kecepatan rms, kecepatan interval

(xii+70) hlm; daftar gambar

Daftar Acuan: 11 (1987-2007)

ABSTRACT

Semblance automatic picking is velocity analysis method which is developed to achieve maximum result. This result definitely correlate with NMO correction and seismic section performance. *Semblance* is one of the coherency atribut forming velocity spectrum that represent the correlation between velocity value and its NMO correction result. While the semblance value itself is output to input energy ratio of seismic signals that have been NMO corrected. This mean, the maximum semblance value represent the best NMO correction result. In this method, the maximum semblance is picked automaticly at certain time interval. Doing that way will give the most precise NMO and stacking velocity value, and also produce a good quality seismic section. In addition, this method also produce velocity model sections that fit with subsurface layering condition, including the range of rms and interval velocity value at every layer.

Keywords: Semblance, velocity spectrum, automatic picking, NMO correction, rms velocity, interval velocity

(xii+70) pages; figure list

Bibliography: 11 (1987-2007)

DAFTAR ISI

	hlm
LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xii
 BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Metodologi Penelitian	5
1.6. Sistematika Penulisan	6
 BAB II. TEORI DASAR	
2.1. Pengolahan Data Seismik	7
2.2. Analisa Kecepatan	10
2.3. NMO (<i>Normal Moveout</i>)	16

2.4. Kecepatan <i>Stack</i> Konstan	19
2.5. Spektrum Kecepatan	20
2.6. Analisa Kecepatan Interaktif	25

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Pemilihan <i>Semblance</i> Berdasarkan NMO secara Otomatis	27
3.2. Aplikasi terhadap Data Sintetik untuk Model Sinklin- Antiklin	30
3.3. Aplikasi terhadap Data Riil	37

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Model Sintetik Sinklin-Antiklin	40
4.2. Data Riil	59

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	70

DAFTAR ACUAN

DAFTAR GAMBAR

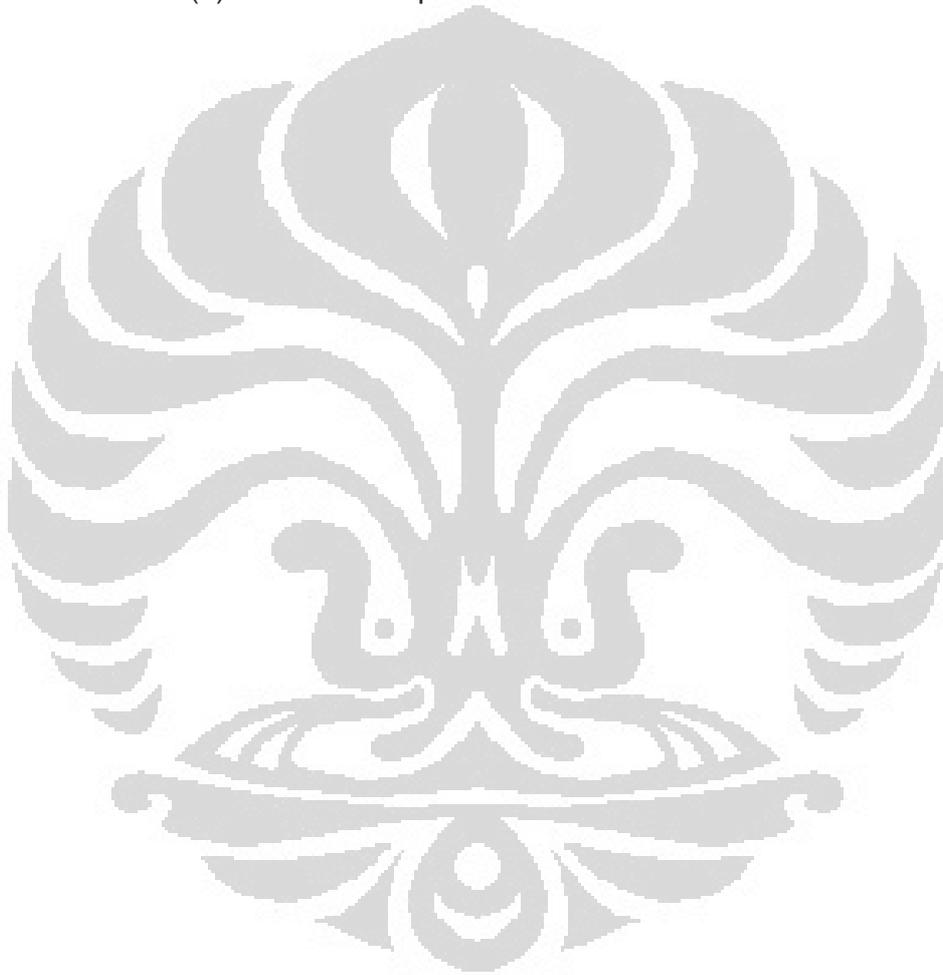
	hlm.
Gambar 1.1. Bagan Metode Penelitian	6
Gambar 2.1. Penjalaran Energi Gelombang Seismik	8
Gambar 2.2. <i>Common Mid Point</i> (CMP) & <i>Common Depth Point</i> (CDP)	10
Gambar 2.3. (a) Kurva Fungsi Kecepatan (b) <i>CMP Gather</i> (c) Spektrum Kecepatan	11
Gambar 2.4. (a) Data Kumpulan CMP (b) Penghitungan Kecepatan <i>Stacking</i>	14
Gambar 2.5. Ilustrasi Penghitungan Kecepatan Interval	16
Gambar 2.6. Koreksi <i>Normal Move Out</i>	18
Gambar 2.7. <i>Reflection Point Smearing</i>	18
Gambar 2.8. (a) Data Kumpulan CMP (b) Data Kumpulan Hasil <i>Stack</i>	21
Gambar 2.9. (a) Data Kumpulan CMP (b) Data Kumpulan Hasil <i>Stack</i>	22
Gambar 2.10. Amplitudo <i>Stack</i> Sepanjang Lengkung Hiperbola	23
Gambar 2.11. (a) Data Kumpulan CMP (b) Plot Kontur dari Spektrum Kecepatan.....	25
Gambar 2.12. Panel analisa kecepatan interaktif	26

Gambar 3.1. Model Kecepatan Interval Sintetik	30
Gambar 3.2. (a) Panel Spektrum Kecepatan dan (b) Data Kumpulan CMP dalam SU untuk CMP 41 & 141	32
Gambar 3.3. Spektrum Kecepatan Data sintetik dalam Matlab untuk Lokasi CMP 41 & 141	33
Gambar 3.4. Hasil Pemilihan <i>Semblance</i> Otomatis Data Sintetik di CMP 41 & 141	36
Gambar 3.5. Spektrum Kecepatan dan Data Kumpulan CMP Riil untuk CMP 9320 & 9470	39
Gambar 4.1. (a) <i>Semblance</i> dan (b) Fungsi Kecepatan rms untuk CMP 61 & 141	41
Gambar 4.2. Lokasi Kumpulan <i>Semblance</i> Tinggi Saat Tidak Ada Sinyal Seismik	42
Gambar 4.3. Fluktuasi Kecepatan Pada Saat Terdapat Sinyal Refleksi	43
Gambar 4.4. (a) Spektrum Kecepatan, (b) Data Kumpulan CMP, dan (c) Nilai Kecepatan rms Tiap Lapisan pada CMP 141....	44
Gambar 4.5. Model Kecepatan rms Sintetik.....	46
Gambar 4.6. (a) Model Kecepatan rms Hasil Pemilihan <i>Semblance</i> Otomatis	46
(b) Model Kecepatan rms Sintetik	47

Gambar 4.7. Hasil Polinomial Fungsi Kecepatan rms pada CMP 141 & 281	51
Gambar 4.8. Hasil Perhitungan Kecepatan Interval di CMP 141 & 281	52
Gambar 4.9. Model Kecepatan Interval (a) Sintetik	53
(b) Hasil Pemilihan <i>Semblance</i> Otomatis	54
Gambar 4.10. Koreksi NMO Menggunakan Hasil Pemilihan <i>Semblance</i> Otomatis untuk CMP 61, 141, & 281	56
Gambar 4.11. Hasil Koreksi NMO dari Metode Analisa Kecepatan Interaktif di CMP 61, 141, & 281	57
Gambar 4.12. Hasil <i>Stack</i> Menggunakan Metode (a) Pemilihan <i>Semblance</i> Otomatis, (b) Analisa Kecepatan Interaktif	58
Gambar 4.13. (a) <i>Semblance</i> dan (b) Fungsi Kecepatan rms Data Riil untuk CMP 9320 & 9470	60
Gambar 4.14. Model Kecepatan rms Data Riil	61
Gambar 4.15. Hasil Kecepatan rms Polinomial untuk Data Riil di CMP 9320 & 9470	62
Gambar 4.16. Hasil Perhitungan Kecepatan Interval Data Riil di CMP 9320 & 9470	63
Gambar 4.17. Model Kecepatan Interval Data Riil	64
Gambar 4.18. Koreksi NMO dengan Pemilihan <i>Semblance</i> Otomatis untuk Data Riil.....	65

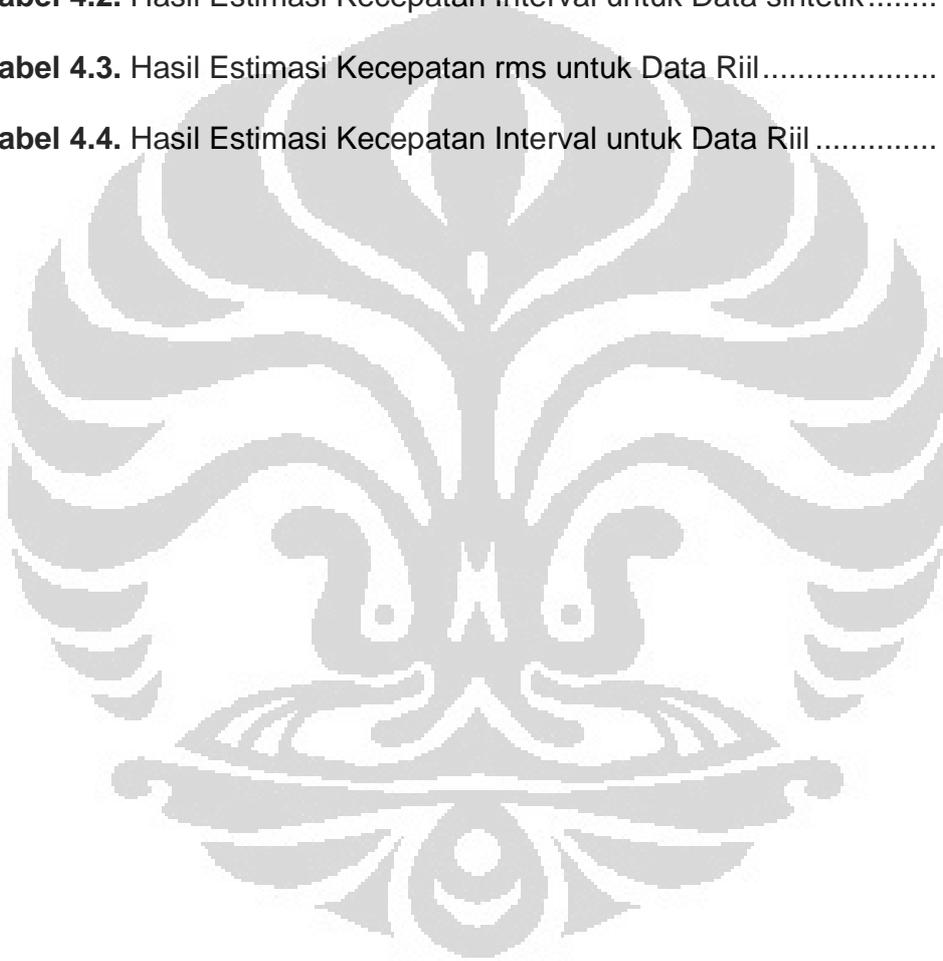
Gambar 4.19. Koreksi NMO dengan Analisa Kecepatan Interaktif
untuk Data Riil..... 66

Gambar 4.20. Hasil Stack untuk Data Riil dengan Metode
(a) Pemilihan *Semblance* Otomatis,
(b) Analisa Kecepatan Interaktif 67



DAFTAR TABEL

	hlm.
Tabel 4.1. Hasil Estimasi Kecepatan rms untuk Data Sintetik	49
Tabel 4.2. Hasil Estimasi Kecepatan Interval untuk Data sintetik.....	55
Tabel 4.3. Hasil Estimasi Kecepatan rms untuk Data Riil.....	62
Tabel 4.4. Hasil Estimasi Kecepatan Interval untuk Data Riil	64



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode seismik sampai saat ini merupakan teknik geofisika yang sangat penting, hal ini terlihat dari segi pengeluaran biaya dan pemakaian tenaga ahli geofisika terbesar di dunia. Keunggulan metode seismik terletak pada tingkat akurasi yang tinggi, resolusi tinggi, dan penetrasi yang dalam. Metode seismik pada prinsipnya digunakan untuk eksplorasi minyak bumi dan gas, informasi seismik menjadi modal penting dalam penentuan lokasi pemboran.

Sebagaimana diketahui bahwa metode seismik eksplorasi memanfaatkan gelombang seismik untuk memetakan struktur geologi bawah permukaan. Gelombang seismik dikirim ke dalam formasi batuan, kemudian diukur waktu penjarannya dari sumber ke perekam. Data berupa sinyal-sinyal seismik biasanya terekam secara digital dalam pita magnetik sehingga dapat diolah dengan komputer guna meningkatkan kualitas sinyal, mengeluarkan informasi-informasi yang signifikan, dan menampilkannya untuk interpretasi geologi.

Gelombang yang dominan dimanfaatkan dalam metode seismik eksplorasi adalah gelombang refleksi. Gelombang refleksi menjalar menurun ke dalam formasi batuan, kemudian di suatu titik pada bidang batas antara

dua lapisan batuan gelombang tersebut terpantul kembali ke permukaan, sehingga arah penjarannya relatif vertikal. Gelombang pantul yang terekam oleh geofon diolah sedemikian rupa dengan komputer, sampai menghasilkan penampang seismik yang benar-benar mencerminkan kondisi geologi bawah permukaan.

Tugas akhir ini membahas salah satu langkah dalam pengolahan data seismik yaitu analisa atau estimasi kecepatan. Kecepatan merupakan parameter fisis yang sangat penting dalam metode seismik. Berdasarkan nilai kecepatanlah metode ini dapat memetakan struktur geologi bawah permukaan. Hal ini menyebabkan proses analisa kecepatan menjadi proses yang sangat penting dan harus dilakukan. Bukan itu saja, analisa kecepatan harus dilakukan semaksimal dan setepat mungkin, karena fungsi kecepatan yang terbentuk digunakan untuk proses-proses selanjutnya seperti koreksi NMO, DMO, *stacking*, dan migrasi. Sehingga bisa dibayangkan proses analisa kecepatan menjadi penentu kualitas penampang seismik yang akan terbentuk. Bahkan ada beberapa proses dalam pengolahan data seismik yang berguna agar proses analisa kecepatan dapat dilakukan dengan kesalahan sekecil mungkin, antara lain *editing*, *True Amplitude Recovery* (TAR), dekonvolusi, filter kecepatan, filter frekuensi, dsb.

Kecepatan yang dianalisa tentunya adalah kecepatan gelombang menjalar dalam suatu formasi batuan. Ada beberapa jenis kecepatan, antara lain kecepatan rms (*root mean square*), kecepatan interval, kecepatan NMO, kecepatan *stacking*, kecepatan rata-rata, dan kecepatan *instantaneous*.

Namun, yang menjadi target dari tugas akhir ini adalah nilai kecepatan interval, yaitu kecepatan lapisan di antara dua reflektor, sedangkan reflektor itu sendiri merupakan bidang batas antara dua lapisan batuan. Jadi dengan kata lain kecepatan interval adalah kecepatan tiap-tiap lapisan. Tentunya nilai kecepatan interval tidak begitu saja dihasilkan dari proses analisa kecepatan, masih ada satu atau dua tahap kalkulasi sebelum mendapatkan nilai tersebut.

Ada beberapa metode untuk melakukan analisa kecepatan, dan sampai saat ini metode-metode baru masih terus dikembangkan guna mencapai hasil yang lebih maksimal, serta kerja yang efektif dan efisien. Tapi dalam tugas akhir ini metode yang digunakan adalah analisa kecepatan melalui pemilihan *semblance* berdasarkan NMO (*Normal Moveout*) secara otomatis. *Semblance* merupakan parameter yang mewakili respon sinyal seismik yang muncul terhadap suatu nilai kecepatan, terutama sinyal refleksi. Kegiatan yang dilakukan dalam metode ini adalah mencari respon-respon terbaik setiap interval waktu tertentu. Sebenarnya respon tersebut berasal dari korespondensi antara nilai kecepatan dengan koreksi NMO. Maka dari itu untuk menguji ketepatan nilai-nilai kecepatan yang sudah dipilih, dilakukan koreksi NMO terhadap data seismik menggunakan fungsi kecepatan yang terbentuk. Koreksi NMO bertujuan merubah pantulan miring menjadi pantulan lurus (normal), atau dengan kata lain meminimalisir jarak antara sumber dan penerima. Setelah diterapkan koreksi NMO, maka lengkung hiperbola sinyal-sinyal refleksi menjadi datar. Dari hasil tersebut akan terlihat apakah proses

analisa kecepatan sudah tepat, atau masih terdapat *over corrected* dan *under corrected*.

Analisa kecepatan dilakukan pada data *Common Depth Point* (CDP) *gather*, yaitu data yang berasal dari beberapa pasang sumber dan penerima namun melewati satu titik pantul yang sama. Selain itu, perlu diketahui juga bahwa kualitas hasil analisa kecepatan akan buruk jika data masih memiliki banyak *noise* koheren, seperti *multipel*. Maka dari itu perlu diterapkan filter untuk mengurangi *noise-noise* tersebut, untuk sinyal *multipel* bisa menggunakan filter f-k (Li, 2007).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka masalah yang dirumuskan dalam tugas akhir ini adalah memperkirakan nilai kecepatan tiap-tiap lapisan memanfaatkan *semblance* berdasarkan NMO. Sedangkan uji ketepatan hasil analisa kecepatan dilihat dengan menerapkan koreksi NMO itu sendiri dan juga *stacking*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah dapat menghasilkan nilai kecepatan lapisan, yaitu nilai-nilai yang dapat memperkuat sinyal-sinyal refleksi dan menghasilkan penampang seismik dengan gambaran model perlapisan yang jelas.

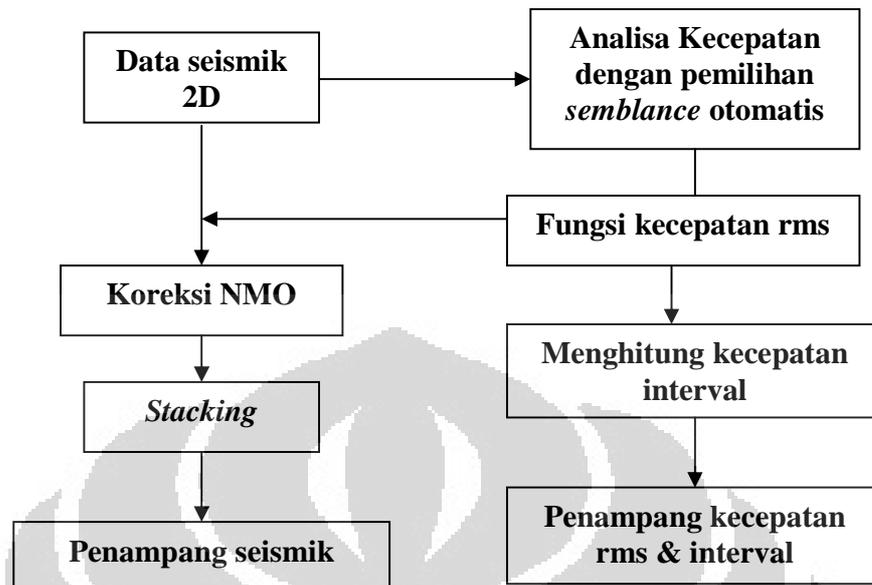
1.4 Batasan Masalah

1. Data yang dipakai adalah data seismik 2D berupa kumpulan CMP (*Common Mid Point gathers*).
2. *Software* yang digunakan adalah *Seismic Unix (SU)*, yaitu untuk membuat *semblance*, melakukan koreksi NMO, dan *stacking*.
3. Hasil yang diharapkan berupa nilai kecepatan yang tepat untuk tiap-tiap lapisan.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Menyusun skrip dalam SU untuk membentuk *semblance*, melakukan koreksi NMO, serta *stacking*. Kemudian membuat skrip dalam Matlab untuk mencari respon terbaik dari *semblance* tersebut.
2. Jika diperlukan, sebelum melakukan analisa kecepatan dilakukan dahulu filter f-k untuk mengurangi multipel.
3. Melakukan analisa kecepatan terhadap data kumpulan CMP. Kemudian menerapkan koreksi NMO berdasarkan fungsi kecepatan yang terbentuk.
4. Melakukan *stacking* terhadap data yang sudah dikoreksi NMO.
5. Menghitung kecepatan interval dari hasil analisa kecepatan menggunakan program Matlab, kemudian membuat model kecepatan.



Gambar 1.1. Bagan metode penelitian.

1.6. Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun sebagai berikut: Bab I merupakan bab pendahuluan yang menjabarkan tentang latar belakang, tujuan studi, pembatasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan. Bab II berisikan teori dasar mengenai analisa kecepatan, koreksi NMO, spektrum kecepatan, serta jenis-jenis metode analisa kecepatan. Bab III menjelaskan mengenai langkah-langkah penelitian dan pengaplikasian metode pemilihan *semblance* otomatis pada data seismik 2D. Bab IV memaparkan hasil penelitian dan berbagai analisa yang mendukung hasil tersebut. Dan terakhir bab V berisikan kesimpulan penelitian serta saran yang perlu dipertimbangkan untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Pengolahan Data Seismik

Data seismik hasil akuisisi di lapangan merupakan data mentah yang masih dipengaruhi oleh banyak faktor yang tidak mencerminkan kondisi bawah permukaan. Untuk mengubah data seismik lapangan menjadi penampang seismik harus dilakukan pengolahan data seismik. Sekarang ini konsep yang sering digunakan untuk pengolahan data seismik adalah konsep pengolahan digital. Dalam konsep ini proses yang dilakukan sepenuhnya adalah proses matematik. Pengolahan data secara digital menggunakan peralatan komputer beserta perlengkapannya dan juga perangkat lunak sebagai sarana penerapan prosedur-prosedur pengolahan.

Proses pengolahan data seismik terbagi menjadi dua kelompok, yaitu proses dasar dan proses lanjutan. Proses dasar menitikberatkan kepada koreksi-koreksi terhadap hal-hal yang mengganggu data. Gangguan dapat terjadi kapan saja mulai saat gelombang menjalar dari sumber sampai ke alat perekam. Gangguan juga dapat berupa apa saja yang dapat mempengaruhi amplitudo gelombang seismik (gambar 2.1). Sebagaimana diketahui bahwa tras seismik merupakan hasil konvolusi antara *wavelet* dengan koefisien refleksi dan ditambah dengan *noise*, mengikuti persamaan

$$s(t) = w(t) * RC(t) + n(t) \quad (2.1)$$

dimana,

$s(t)$ = tras seismik

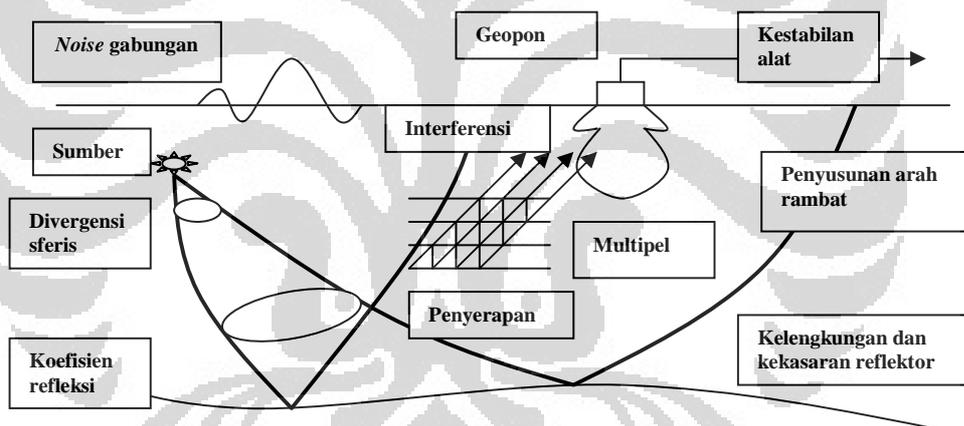
$w(t)$ = *wavelet* seismik

$n(t)$ = *noise*

$RC(t)$ = koefisien refleksi

* = konvolusi

Jadi dalam proses dasar dilakukan berbagai cara untuk menekan faktor *noise* ($n(t)$) menjadi seminimal mungkin. Semua itu berpengaruh terhadap penampilan struktur bawah permukaan secara kualitatif. Sedangkan hal-hal yang berkaitan dengan informasi yang lebih dalam dan lebih teliti dari pada itu diselesaikan dalam proses lanjutan.

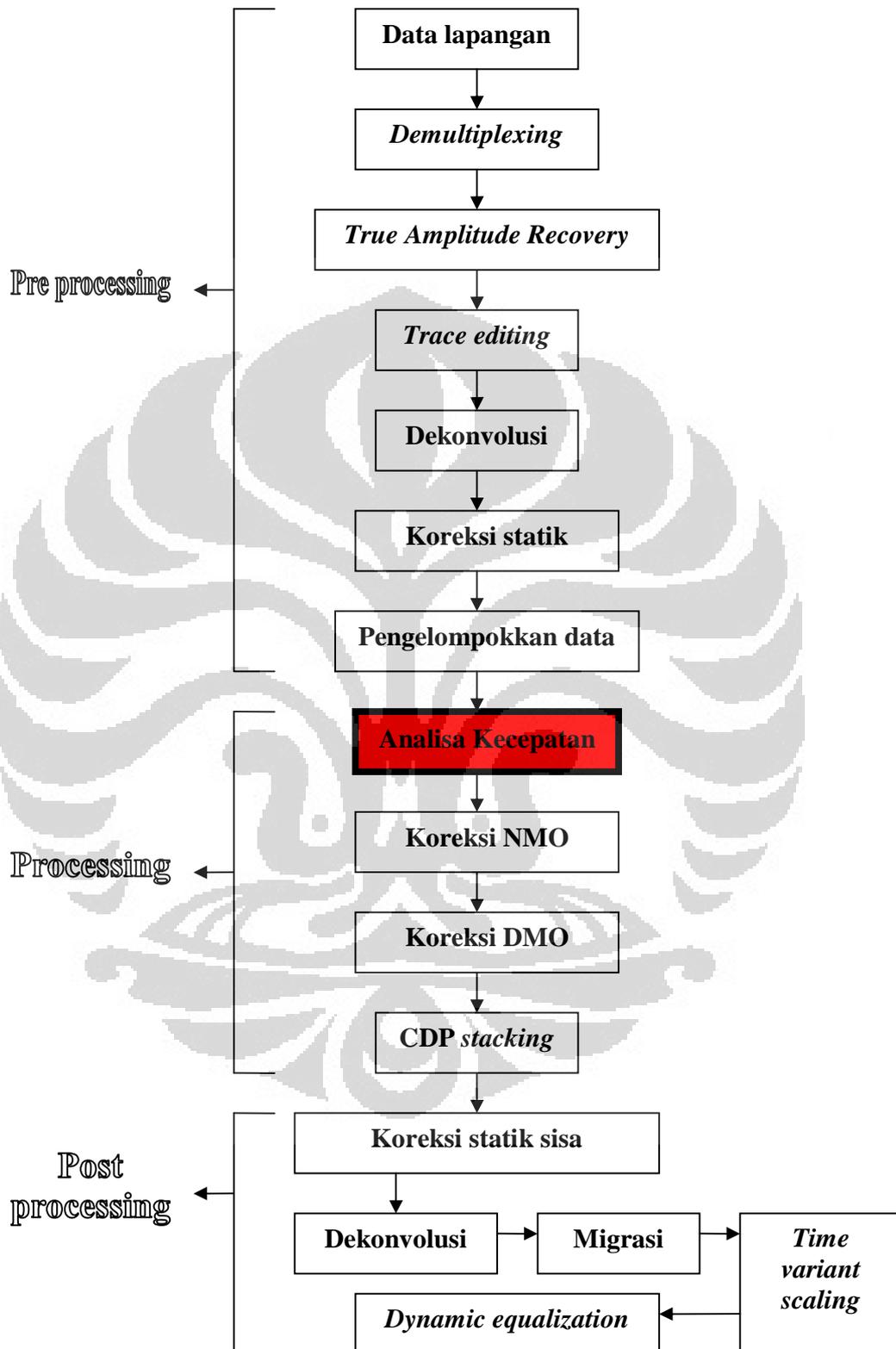


Gambar 2.1. Penjalaran energi gelombang seismik (Munadi, 2002).

Secara umum urutan proses pengolahan data seismik dapat dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu :

- *Pre processing*
- *Processing* atau *analysing*
- *Post processing*

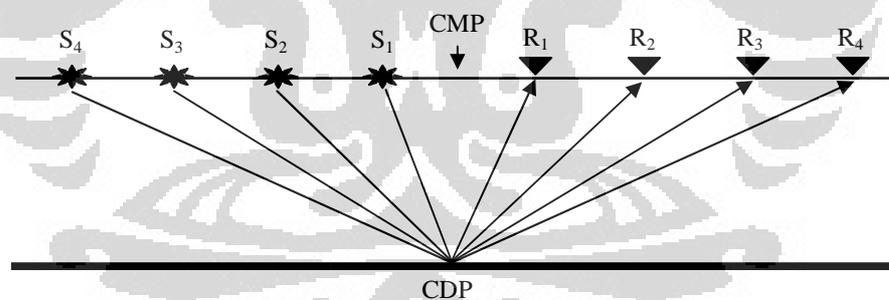
Berikut diagram langkah pengolahan data (Munadi, 2002) :



Dalam tugas akhir ini dilakukan pembahasan mendalam mengenai salah satu proses yang ada pada diagram di atas yaitu analisa kecepatan.

2.2 Analisa Kecepatan

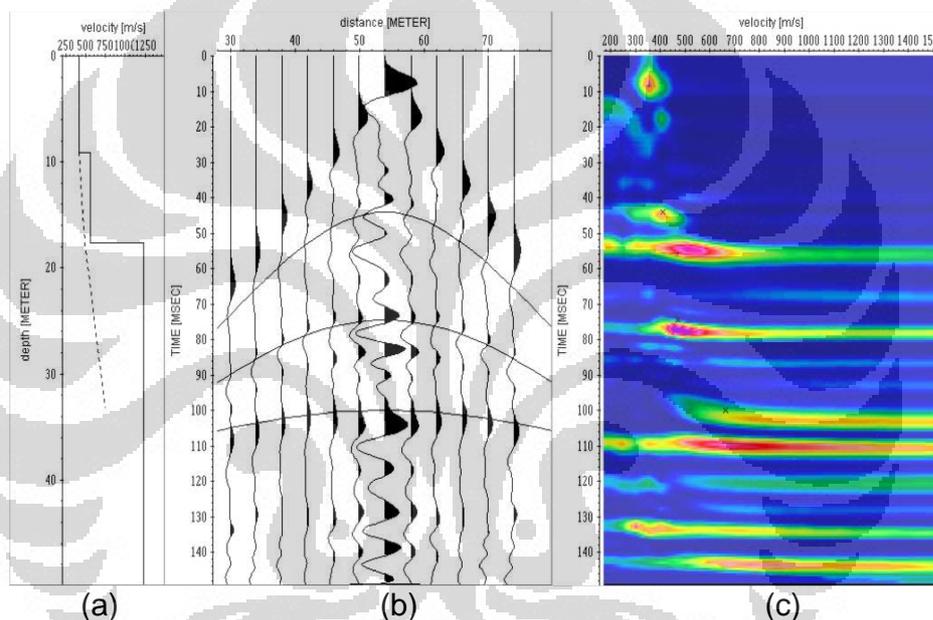
Analisa kecepatan merupakan salah satu proses untuk meningkatkan rasio sinyal seismik terhadap *noise*. Sinyal-sinyal pantul yang terdapat dalam tras-tras seismik membawa informasi mengenai kecepatan lapisan bawah permukaan. Proses Analisa kecepatan biasanya dilakukan terhadap data kumpulan CMP (*Common Mid Point gather*), yaitu data yang terdiri dari beberapa pasang tembakan (*shot*) dan penerima (*receiver*) tapi memiliki titik tengah (CMP) yang sama. Namun jika titik tengah tersebut diproyeksikan ke bidang pantul maka disebut CDP (*Common Depth Point*).



Gambar 2.2. *Common Mid Point (CMP) & common depth point (CDP)*.

Prinsip dasar proses analisis kecepatan adalah mencoba-coba nilai kecepatan sampai memperoleh hasil yang tepat (*trial and error*). Jika kecepatan yang dicari bernilai V_s , maka dilakukan coba-coba nilai kecepatan dari V_1 sampai V_2 , dimana nilai $V_1 < V_s < V_2$, dengan interval, ΔV , yang cukup

kecil. Keluaran dari salah satu tipe analisa kecepatan ialah berupa tabel angka sebagai fungsi kecepatan terhadap waktu tempuh dua arah untuk pantulan tegak lurus (normal), atau yang biasa disebut spektrum kecepatan. Angka-angka ini mewakili hasil penghitungan koherensi sinyal-sinyal pantul sepanjang lengkung hiperbola yang terbentuk dan dipengaruhi oleh kecepatan, offset, dan waktu tempuh.



Gambar 2.3. (a) Kurva fungsi kecepatan (b) *CMP gather* (c) spektrum kecepatan (www.sandmeier-geo.de, 2008).

Gambar 2.3 menampilkan spektrum kecepatan (2.3c) dari data kumpulan CMP (2.3b). Sumbu horizontal pada panel spektrum tersebut adalah kecepatan NMO dari 200 m/s sampai 1500 m/s, sedangkan sumbu vertikalnya adalah waktu tempuh dua arah pantulan normal dari 0 sampai 140 ms. Spektrum yang berwarna merah mewakili nilai koherensi maksimum.

Analisa kecepatan biasa dilakukan dengan memilih nilai-nilai kecepatan berdasarkan koherensi maksimum yang berhubungan dengan pantulan utama, sehingga terbentuk suatu fungsi kecepatan pada lokasi yang dianalisa.

Analisa kecepatan umumnya tidak dilakukan di seluruh lokasi yang ada, tapi hanya diwakili oleh beberapa lokasi saja atau dilakukan untuk setiap interval jarak tertentu. Sedangkan pada lokasi yang tidak dianalisa dilakukan proses interpolasi, hingga akhirnya terbentuk sebuah model kecepatan untuk struktur perlapisan bawah permukaan di satu garis observasi.

Jenis-Jenis Kecepatan

Ada beberapa jenis kecepatan data seismik yang berhubungan dengan waktu datang dan jarak tempuh, antara lain :

1. Kecepatan interval, yaitu kecepatan di antara bidang reflektor atas dengan reflektor bawah, atau bisa juga diartikan sebagai kecepatan tiap-tiap lapisan.
2. Kecepatan rata-rata (\bar{V}), yaitu rata-rata nilai kecepatan dari perlapisan yang dilalui gelombang. Kecepatan ini dirumuskan sebagai :

$$\bar{V} = \frac{\sum_i^n V_i}{n} \quad (2.2)$$

dimana V_i adalah kecepatan masing-masing lapisan, dan n adalah jumlah lapisan. Atau juga bisa diartikan sebagai jarak yang ditempuh

dibagi dengan waktu tempuh (Telford et all, 1990),

$$\bar{V} = \frac{\int_0^t V(t) dt}{\int_0^t dt} \quad (2.3)$$

3. Kecepatan *instantaneous*, yaitu kecepatan di setiap titik pengukuran yang diukur dengan *log* kecepatan.
4. Kecepatan rms (*root mean square*), yaitu akar dari kuadrat rata-rata kecepatan interval. Kecepatan rms selalu lebih besar daripada kecepatan rata-rata kecuali untuk kasus satu lapisan, dirumuskan sebagai :

$$V_{rms} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \right)^{1/2} \quad (2.4)$$

v_i = kecepatan masing-masing lapisan

t_i = waktu tempuh masing-masing lapisan

Kecepatan ini juga tergantung dari jalur yang ditempuh gelombang, sehingga bisa ditulis sebagai

$$V_{rms}^2 = \frac{\int_0^t V^2(t) dt}{\int_0^t dt} \quad (2.5)$$

5. Kecepatan NMO (*Normal Move Out*), yaitu kecepatan untuk melakukan koreksi NMO, atau kecepatan yang dapat membuat

lengkung hiperbola sinyal-sinyal refleksi menjadi datar, dicari melalui persamaan :

$$T_x = \left[T_0^2 + \left(\frac{X}{V_{NMO}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2.6)$$

T_x = waktu tempuh dua arah pada jarak x

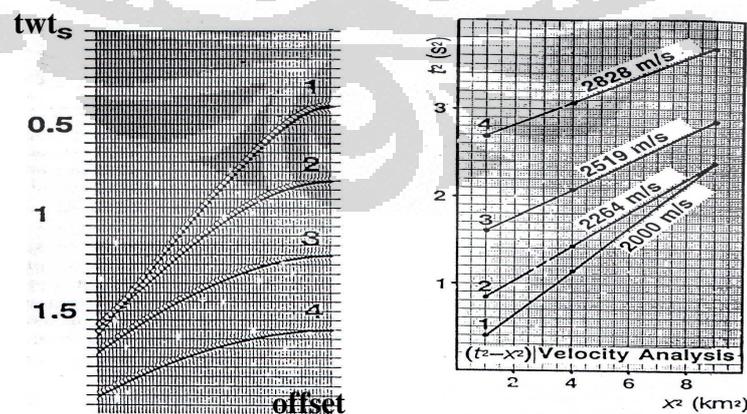
T_0 = waktu tempuh dua arah pantulan normal

X = jarak dari offset nol ke offset x

6. Kecepatan *stacking*, kecepatan yang digunakan saat proses *stacking*.

Walaupun sedikit berbeda namun biasanya kecepatan *stacking* disamakan dengan kecepatan NMO (Yilmaz, 2001).

Sebenarnya parameter utama yang dicari dari analisa kecepatan dalam pengolahan data seismik adalah kecepatan *stacking*, karena kecepatan inilah yang menentukan kualitas tampilan penampang seismik pada akhirnya. Selain menggunakan spektrum kecepatan, kecepatan *stacking* bisa ditentukan dari data kumpulan CMP.



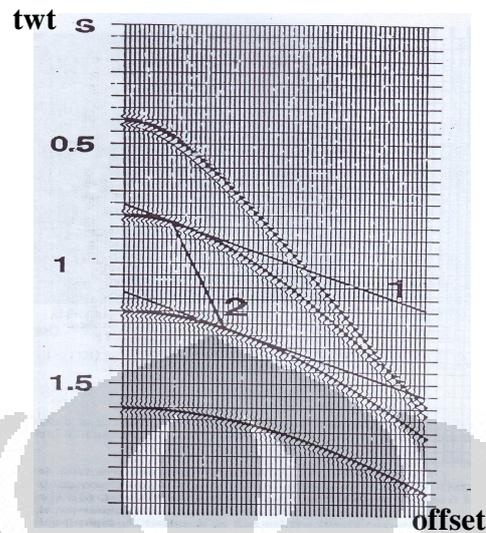
Gambar 2.4. (a) Data kumpulan CMP (b) Penghitungan kecepatan *stacking* (Telford et all, 1990).

Gambar 2.4a merupakan data kumpulan CMP dari data sintetik, sedangkan gambar 2.4b menunjukkan plot waktu datang dari empat sinyal pantul utama pada dua offset yang berbeda dalam ruang $t^2 - x^2$. Kecepatan *stacking* dicari dengan menghubungkan dua titik waktu datang di setiap pemantulan dengan garis lurus. Kebalikan dari kemiringan garis lurus itulah nilai kecepatan *stacking* untuk masing-masing pemantulan.

Kemudian mengenai tugas akhir ini, target yang ingin dicapai adalah mendapatkan nilai-nilai kecepatan interval dari setiap data kumpulan CMP. Namun, fungsi kecepatan yang didapat dari hasil analisa kecepatan merupakan kecepatan rms. Oleh karena itu, untuk mendapatkan kecepatan interval bisa menggunakan persamaan

$$v_{\text{int}} = \sqrt{\frac{v_n^2 t_n - v_{n-1}^2 t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}}}, \quad \begin{array}{l} V_n = \text{kecepatan rms lapisan ke-}n \\ t_n = \text{waktu tempuh} \end{array} \quad (2.7)$$

Selain itu, ada juga cara menghitung kecepatan interval secara manual dari data kumpulan CMP. Prinsip dasarnya diilustrasikan pada gambar 2.5. Pertama, membuat garis yang menyinggung lengkung hiperbola sinyal-sinyal pantul untuk reflektor atas dan bawah. Kemudian menghitung tangensial atau kemiringan dari garis singgung tersebut (*slope 1*). Setelah itu, membuat garis yang menghubungkan titik tangensial reflektor atas dan bawah, lalu mengukur kemiringan garis tersebut (*slope 2*). Maka nilai kecepatan interval sama dengan akar kuadrat dari perkalian antara dua kemiringan tersebut.



Gambar 2.5. Ilustrasi penghitungan kecepatan interval (Telford et all, 1990).

2.3 NMO (*Normal Moveout*)

Perbedaan antara waktu datang gelombang pantul pada masing-masing offset dengan waktu datang gelombang pantul untuk offset nol, inilah yang disebut *normal moveout* (NMO) (Yilmaz, 2001). Adanya jarak offset mengakibatkan waktu datang gelombang pantul tidak membawa informasi langsung dimana letak reflektor berada, hal ini dipengaruhi oleh semakin besar offset semakin lama waktu datangnya. Maka dari itu, waktu datang gelombang seismik perlu dikoreksi NMO terlebih dulu sebelum dilakukan penjumlahan tras atau *stacking*.

Jadi koreksi NMO bertujuan menghilangkan efek jarak offset antara titik tembak dan penerima pada tras-tras dalam satu kumpulan CDP. Atau dengan kata lain koreksi NMO (ΔT_x) membawa gelombang refleksi dari

pantulan miring ke pantulan tegak lurus. Waktu tempuh dua arah gelombang pantul untuk jarak x (T_x) adalah

$$T_x = \sqrt{T_0^2 + \left(\frac{X}{V}\right)^2} \quad (2.8)$$

dan koreksi NMO (ΔT_x) -nya adalah

$$\Delta T_x = T_x - T_0 \quad (2.9)$$

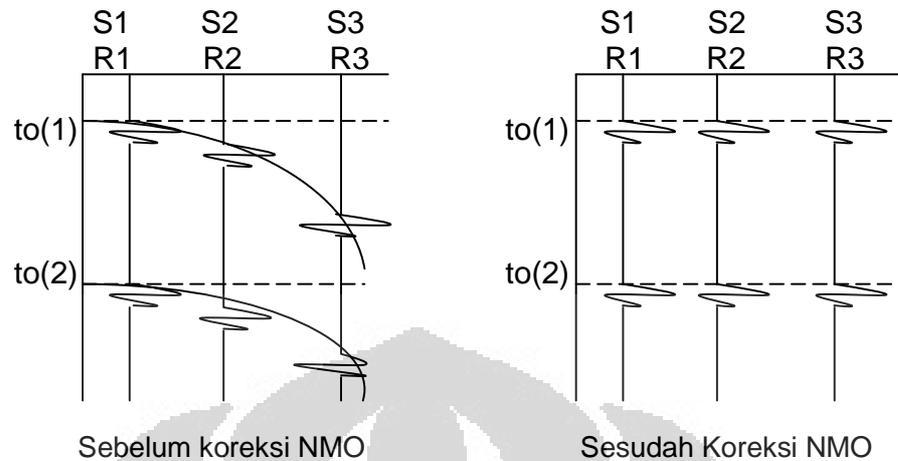
dimana,

$T_0 = 2h/V$, waktu tempuh dua arah gelombang pantul untuk offset nol

X = Jarak *shot-receiver*

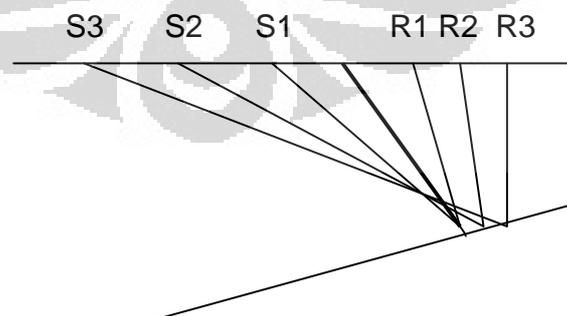
V = kecepatan lapisan

Untuk melakukan koreksi NMO butuh parameter kecepatan yang didapat dari proses analisa kecepatan. Namun sebenarnya kedua proses ini saling berkaitan, koreksi NMO yang tepat memungkinkan didapatkannya nilai kecepatan yang benar dan sebaliknya, nilai kecepatan yang benar yang mampu memberikan koreksi NMO yang tepat. Gambar 2.6 menunjukkan bahwa diterapkannya koreksi NMO menggunakan fungsi kecepatan yang tepat akan membuat lengkung hiperbola yang muncul akibat pengaruh offset berubah menjadi datar. Namun jika menggunakan nilai kecepatan NMO yang lebih kecil dari semestinya maka lengkung hiperbola akan berbalik melengkung ke atas atau disebut *overcorrection*. Dan lengkung hiperbola tidak akan menjadi datar jika kecepatan NMO yang digunakan terlalu besar, hal ini disebut *undercorrection*.



Gambar 2.6. Koreksi *Normal Move Out*.

Koreksi NMO hanya efektif dilakukan pada reflektor datar, jika bidang pantul tidak datar maka terjadi pergeseran titik CDP atau biasa disebut *reflector point smearing* (gambar 2.7). Dalam kondisi seperti ini, koreksi NMO disempurnakan dengan koreksi DMO (*Dip Move Out*). Prinsip koreksi DMO hampir sama dengan koreksi NMO, namun dalam koreksi DMO diperhitungkan juga kemiringan bidang pantul. Sehingga dengan koreksi DMO ini membuat dispersi titik pantul menghilang, dan rasio sinyal terhadap *noise* meningkat.



Gambar 2.7. *Reflection point smearing* (Munadi, 2002).

2.4 Kecepatan *Stack* Konstan

Kecepatan *stack* konstan atau biasa disebut CVS merupakan salah satu metode alternatif untuk melakukan analisa kecepatan tanpa memanfaatkan spektrum kecepatan. Namun sebelum membahas mengenai CVS, terlebih dulu harus diketahui prinsip dasar dari penyapuan kecepatan konstan. Ide dari proses ini adalah melakukan koreksi NMO berulang-ulang kali terhadap satu data kumpulan CMP menggunakan nilai kecepatan konstan yang berbeda-beda. Kemudian diidentifikasi nilai kecepatan mana saja yang menghasilkan koreksi NMO yang tepat untuk masing-masing hiperbola pemantulan, sehingga terbentuklah suatu fungsi kecepatan.

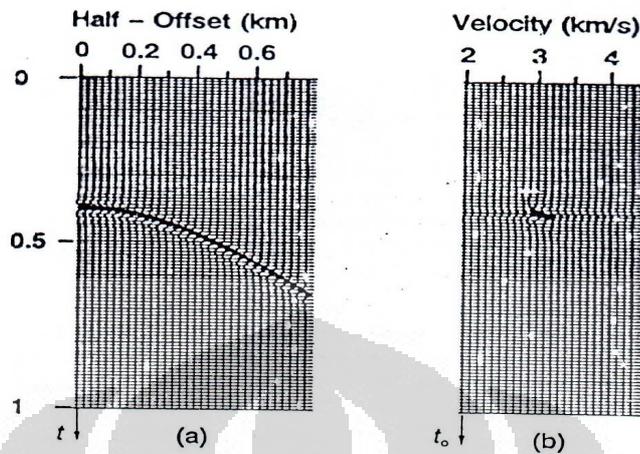
Prinsip dasar metode CVS hampir sama dengan penyapuan kecepatan konstan. Namun pada metode ini yang diidentifikasi bukan hasil NMO melainkan langsung melihat dari kualitas hasil *stack* akhir. Tentunya hasil *stack* tersebut tidak berasal dari satu kumpulan CMP tapi penjumlahan dari banyak kumpulan CMP. Setiap nilai kecepatan pasti menghasilkan kekuatan hasil *stack* yang berbeda-beda untuk masing-masing reflektor. Maka fungsi kecepatan *stack* didapat dengan mengidentifikasi kecepatan mana yang menghasilkan kekuatan *stack* maksimum untuk masing-masing reflektor. Namun perlu diketahui bahwa resolusi *stack* berkurang seiring bertambahnya kedalaman, sehingga sulit untuk menentukan kecepatan mana yang menghasilkan kekuatan *stack* maksimum untuk daerah dalam.

Metode CVS biasa digunakan untuk area dengan struktur bawah tanah yang kompleks. Pada kondisi tersebut, metode ini mengizinkan para

interpreter untuk memilih secara langsung *stack* mana yang memiliki kualitas dan kekuatan terbaik.

2.5 Spektrum Kecepatan

Data kumpulan CMP pada gambar 2.8a terdiri dari satu hiperbola pemantulan yang berasal dari sebuah reflektor datar. Kecepatan lapisan di atas reflektor tersebut diketahui sebesar 3000 m/s. Kemudian kepada data kumpulan CMP ini diterapkan NMO dan *stack* berulang-ulang kali menggunakan kisaran nilai kecepatan konstan dari 2000 m/s sampai 4300 m/s. Gambar 2.8b menampilkan hasil *stack* tras-tras tersebut untuk masing-masing nilai kecepatan dan disusun secara bersebelahan, mulai dari kecepatan paling rendah. Sehingga, data kumpulan CMP yang awalnya berada pada bidang offset terhadap waktu tempuh dua arah, telah ditransformasi ke dalam bidang kecepatan terhadap waktu tempuh dua arah untuk pantulan normal. Hasil proses inilah yang disebut spektrum kecepatan. Pada gambar 2.8b, amplitudo *stack* yang paling tinggi muncul pada kecepatan 3000 m/s. Maka nilai kecepatan inilah yang harusnya dipakai untuk melakukan *stack* terhadap sinyal pantul yang bersangkutan.

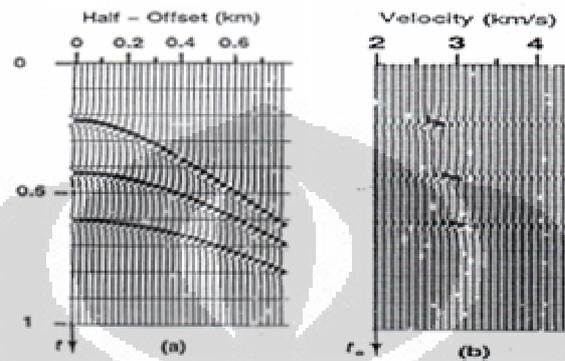


Gambar 2.8. (a) Data kumpulan CMP (b) Data kumpulan hasil *stack*
(Telford et all, 1990).

Data kumpulan CMP yang lebih mewakili model perlapisan bumi ditunjukkan oleh gambar 2.9a. Nilai kecepatan *stack* untuk masing-masing peristiwa pemantulan dipilih berdasarkan amplitudo *stack* atau spektrum kecepatan yang muncul (gambar 2.9b), dan nilai-nilai yang didapat adalah 2700, 2800, dan 3000 m/s. Pemilihan nilai ini juga mengacu pada pemantulan daerah dangkal, sedang, dan dalam. Selain itu, spektrum kecepatan tidak hanya bisa menyediakan fungsi kecepatan *stack*, tapi juga bisa memisahkan antara pemantulan utama dengan multipel.

Kuantitas yang digunakan untuk menghasilkan spektrum kecepatan pada gambar 2.8b dan 2.9b adalah amplitudo *stack*. Namun ketika data kumpulan CMP memiliki rasio sinyal terhadap *noise* yang rendah, maka amplitudo *stack* bukanlah kuantitas terbaik untuk dijadikan spektrum kecepatan. Tujuan dari analisa kecepatan adalah memilih nilai-nilai kecepatan yang bisa menghasilkan koherensi terbaik antar sinyal-sinyal

refleksi sepanjang lengkung hiperbola pada seluruh data kumpulan CMP. Untuk tujuan tersebut, ada beberapa tipe pengukuran koherensi yang bisa digunakan sebagai atribut untuk menghitung spektrum kecepatan.



Gambar 2.9. (a) Data kumpulan CMP (b) Data kumpulan hasil *stack* (Telford et al, 1990).

Pengukuran Koherensi

Gambar 2.10 menampilkan sketsa data kumpulan CMP dengan pemantulan tunggal. Amplitudo *stack*, S , pada waktu tempuh dua arah untuk offset nol didefinisikan sebagai

$$S = \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)} \quad (2.10)$$

dimana $f_{i,t(i)}$ adalah nilai amplitudo untuk tras ke i pada waktu tempuh dua arah, $t(i)$, dan M adalah jumlah tras dalam data kumpulan CMP. Waktu tempuh dua arah, $t(i)$, berasosiasi dengan kecepatan coba-coba, v_{stk} , dirumuskan dengan

$$t(i) = \sqrt{t_0^2 + \frac{x_i^2}{v_{stk}^2}} \quad (2.11)$$

Amplitudo *stack* ternormalisasi, NS , didefinisikan sebagai

$$NS = \frac{\sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}}{\sum_{i=1}^M |f_{i,t(i)}|} \quad (2.12)$$

dimana kisaran nilai NS adalah $0 \leq NS \leq 1$. Amplitudo *stack* ternormalisasi juga didefinisikan pada waktu tempuh dua arah pantulan normal.



Gambar 2.10. Amplitudo *stack* sepanjang lengkung hiperbola
(Telford et all, 1990).

Kuantitas lainnya yang digunakan dalam spektrum kecepatan adalah jumlah korelasi silang tidak ternormalisasi, CC , yang diekspresikan dengan

$$CC = \frac{1}{2} \sum_t \left\{ \left[\sum_{i=1}^M f_{i,t(i)} \right]^2 - \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}^2 \right\} \quad (2.13a)$$

Atau berdasarkan persamaan (2.10),

$$CC = \frac{1}{2} \sum_t \left\{ S_t^2 - \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}^2 \right\} \quad (2.13b)$$

dimana CC dapat diinterpretasikan sebagai setengah perbedaan antara energi *stack* keluaran dengan energi masukan.

Bentuk normalisasi dari CC merupakan atribut lainnya yang bisa digunakan menghitung spektrum kecepatan, diekspresikan dengan

$$NC = MF \sum_t \sum_{k=1}^{M-1} \sum_{i=1}^{M-k} \frac{f_{i,t(i)} f_{i+k,t(i+k)}}{\sqrt{\sum_t f_{i,t(i)}^2 \sum_t f_{i+k,t(i+k)}^2}} \quad (2.14)$$

dimana $MF = 2/[M(M-1)]$.

Atribut lainnya yaitu jumlah energi korelasi silang ternormalisasi, EC, dengan persamaan

$$EC = \frac{2CC}{(M-1) \sum_t \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}^2} \quad (2.15)$$

Kisaran nilai EC adalah $\left[-\frac{1}{(M-1)}\right] \leq EC \leq 1$.

Akhirnya, *semblance*, yaitu rasio energi keluaran terhadap masukan ternormalisasi, memiliki persamaan

$$NE = \frac{1}{M} \frac{\sum_t \left[\sum_{i=1}^M f_{i,t(i)} \right]^2}{\sum_t \sum_{i=1}^M f_{i,t(i)}^2} \quad (2.16a)$$

Berikut ekspresi yang menunjukkan hubungan antara NE terhadap EC:

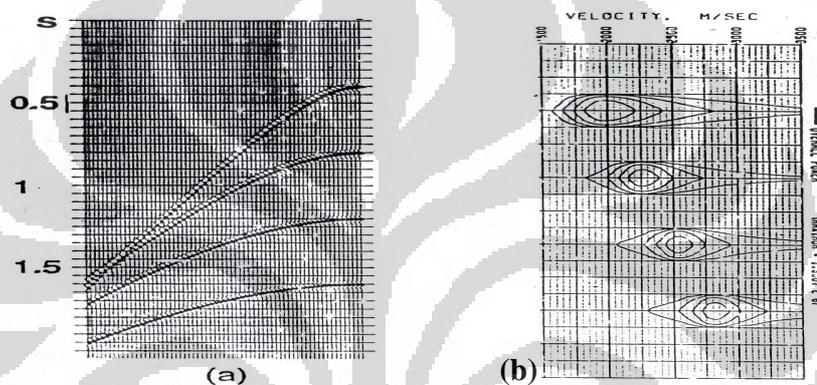
$$EC = \frac{1}{M-1} (M \times NE - 1) \quad (2.16b)$$

dan kisaran nilai NE adalah $0 \leq NE \leq 1$.

Setiap atribut yang digunakan untuk menghasilkan spektrum kecepatan memiliki karakteristik masing-masing. Amplitudo *stack* sangat sensitif terhadap arah polarisasi tras-tras seismik, korelasi silang tidak ternormalisasi lebih cenderung menampilkan pemantulan yang kuat, sedangkan energi korelasi silang ternormalisasi lebih bisa mengeluarkan

spektrum dari pemantulan yang lemah. Berdasarkan persamaan (2.16b), *semblance* merupakan versi bias dari jumlah energi korelasi silang ternormalisasi.

Spektrum kecepatan biasanya tidak ditampilkan seperti pada gambar 2.8b atau 2.9b. Spektrum kecepatan lebih sering diplot dalam bentuk kontur, seperti pada gambar 2.11b.



Gambar 2.11. (a) Data kumpulan CMP (b) Plot kontur dari spektrum kecepatan (Telford et al, 1990).

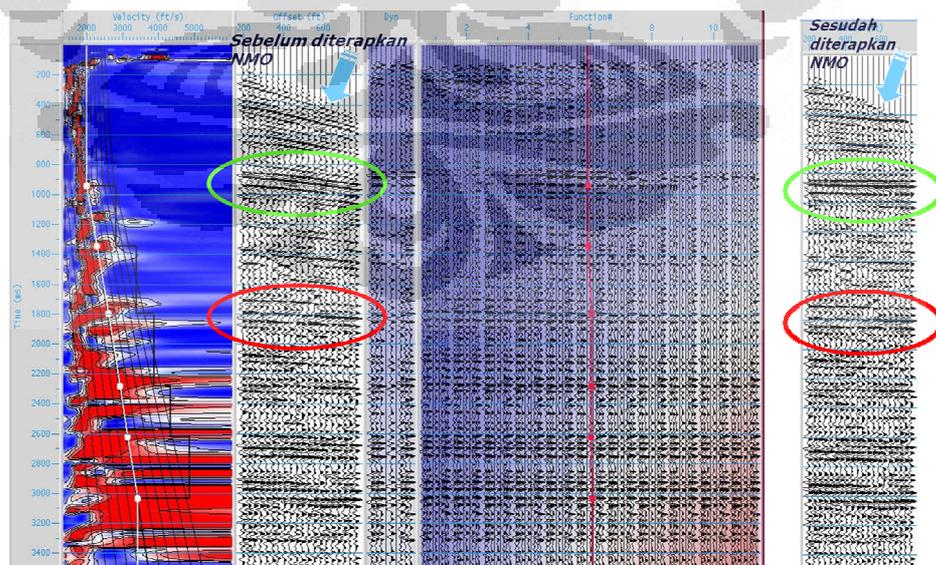
2.6 Analisa Kecepatan Interaktif

Kecanggihan IPTEK sekarang ini membuat efisiensi dalam analisa data seismik jauh meningkat, salah satunya dengan analisa data interaktif. Metode ini menyediakan efisiensi dalam pemilihan dan pengetesan parameter yang dibutuhkan untuk setiap langkah pengolahan data, seperti pemfilteran, dekonvolusi, penguatan, dan terlebih lagi analisa kecepatan.

Dalam analisa kecepatan interaktif, spektrum kecepatan ditampilkan dalam bentuk kontur warna, dan biasanya menggunakan atribut *semblance*. Kemudian yang dilakukan adalah memilih, atau biasa disebut *picking*, warna

yang mewakili koherensi maksimum dari setiap pemantulan utama pada waktu tertentu. Umumnya warna yang mewakili koherensi maksimum adalah merah, sedangkan biru mewakili koherensi minimum, seperti ditunjukkan oleh gambar 2.12. Data kumpulan CMP ditampilkan di sebelah panel spektrum kecepatan dengan skala waktu yang telah disesuaikan. Hal ini memudahkan untuk mengetahui waktu-waktu dimana terdapat pemantulan utama.

Setelah proses *picking* selesai, maka selanjutnya bisa langsung diterapkan koreksi NMO terhadap data kumpulan CMP menggunakan fungsi kecepatan yang sudah terbetuk. Pada proses ini akan dilihat ketepatan dari hasil analisa kecepatan. Jika masih ada lengkung hiperbola yang mengalami *overcorrection* atau *undercorrection*, maka metode analisa kecepatan interaktif memungkinkan untuk mengubah titik-titik *pick* yang dianggap salah. Proses ini dilakukan sampai didapat fungsi kecepatan yang benar-benar tepat dan akurat.



Gambar 2.12. Panel analisa kecepatan interaktif.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pemilihan *Semblance* Berdasarkan NMO Secara Otomatis

Analisa kecepatan dalam tugas akhir ini menggunakan metode pemilihan *semblance* otomatis. Metode ini merupakan pengembangan dari metode analisa kecepatan interaktif, dimana dilakukan pemilihan atau *picking* terhadap *semblance* yang mewakili koherensi maksimum terhadap lengkung hiperbola pemantulan-pemantulan utama. Sebagaimana dijelaskan pada teori dasar analisa kecepatan, koherensi maksimum diwakili oleh nilai *semblance* maksimum, dan setiap nilai *semblance* ditandai oleh warna tertentu dalam spektrum kecepatan. Pada analisa kecepatan interaktif dilakukan pemilihan warna yang mewakili nilai *semblance* maksimum untuk setiap pemantulan utama. Namun pada metode pemilihan *semblance* otomatis, tidak lagi melihat pada warna melainkan langsung memilih nilai-nilai *semblance* yang terbesar. Selain itu, proses pemilihan tidak hanya dilakukan pada waktu-waktu dimana terdapat pemantulan utama saja tetapi untuk setiap selang waktu tertentu, tentunya selang waktu tersebut disesuaikan dengan laju penyampelan (*sampling rate*).

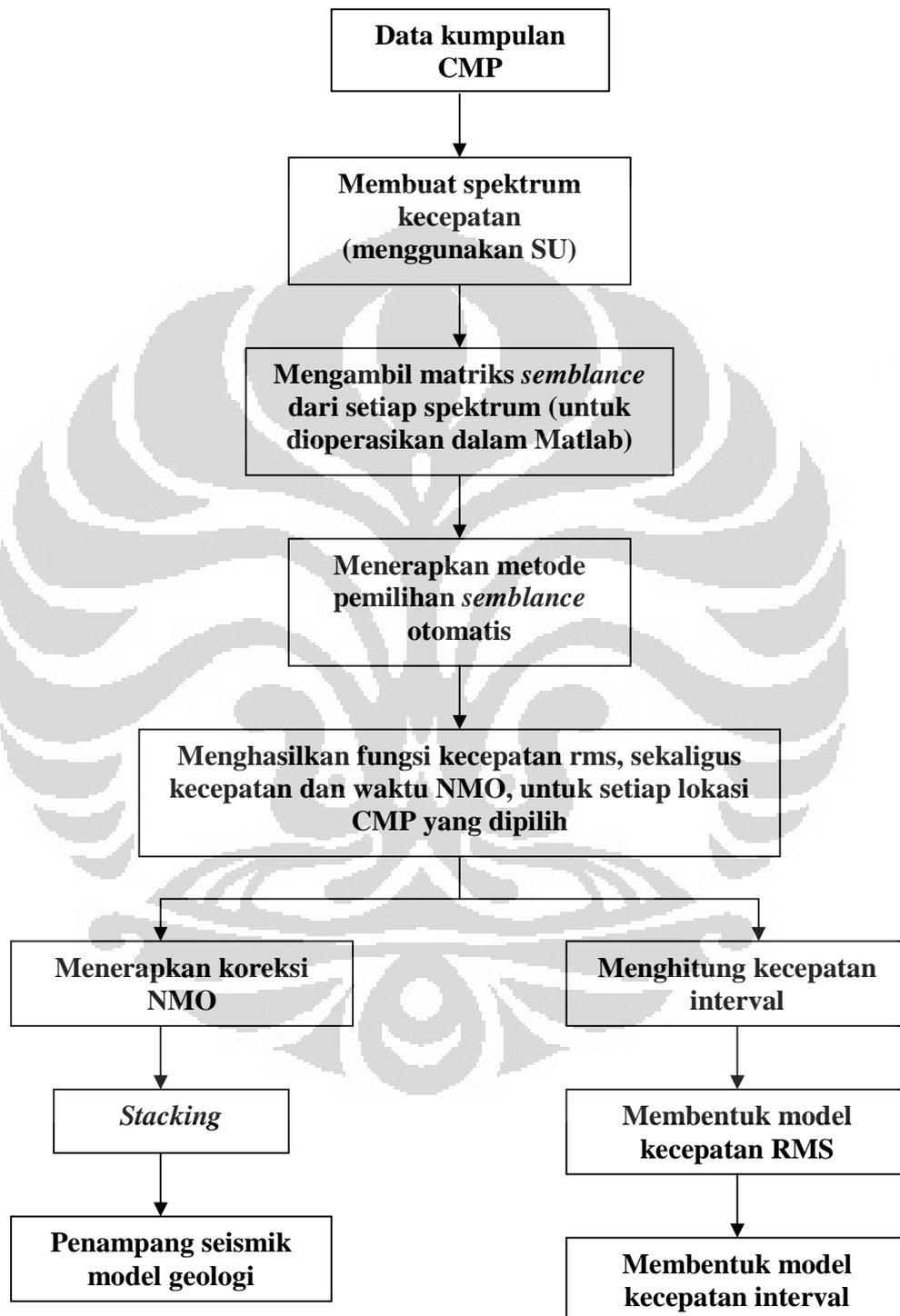
Perlu diketahui bahwa gambar spektrum kecepatan yang muncul pada saat analisa kecepatan menggunakan perangkat lunak komputer merupakan sebuah matriks, dan angka-angka yang menyusun matriks tersebut tidak lain

adalah nilai *semblance*. Baris dari matriks tersebut mewakili waktu tempuh dua arah untuk pantulan normal, dan kolomnya mewakili nilai kecepatan. Sehingga, ukuran matriks tersebut bergantung pada interval waktu dan kisaran nilai kecepatan yang digunakan untuk membentuk spektrum kecepatan.

Matriks inilah yang digunakan dalam metode pemilihan *semblance* otomatis. Untuk setiap baris dari matriks tersebut dilakukan pencarian secara otomatis pada kolom ke berapa terdapat nilai *semblance* maksimum, dari kolom inilah diketahui nilai kecepatan pada waktu tersebut. Sehingga proses pemilihan *semblance* otomatis menghasilkan fungsi kecepatan rms terhadap waktu tempuh dua arah untuk setiap lokasi CMP.

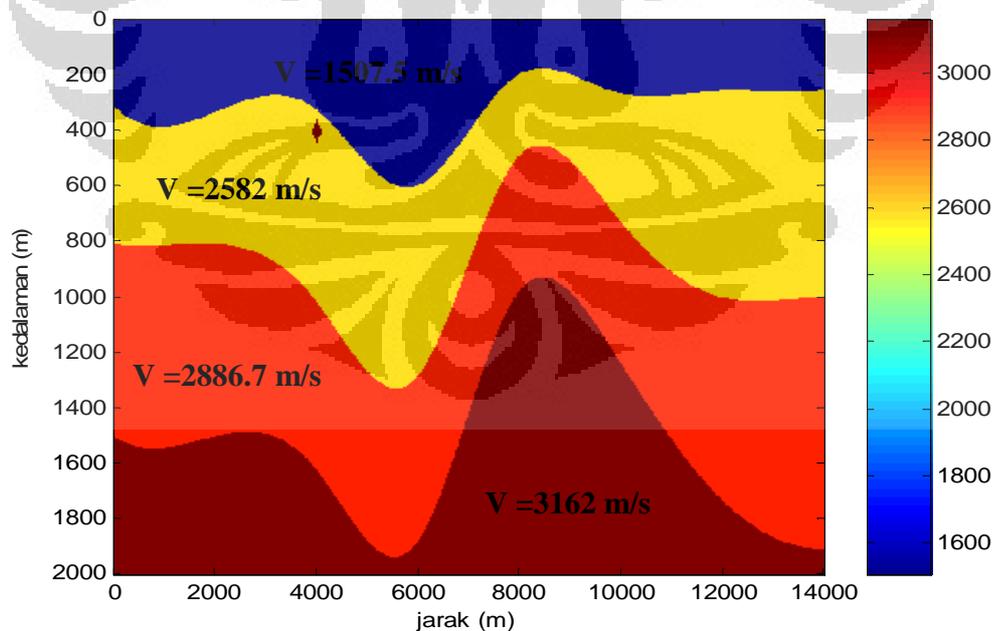
Setelah terbentuk fungsi kecepatan untuk masing-masing lokasi CMP, maka jika semuanya digabungkan menjadi sebuah matriks, kemudian diinterpolasi, akan menghasilkan penampang model kecepatan rms. Model kecepatan ini dapat dijadikan acuan awal menentukan bentuk perlapisan bawah permukaan. Dikatakan demikian karena untuk melakukan interpretasi lebih detil perlu langkah pengolahan selanjutnya, yaitu *stacking* dan migrasi. Dan untuk keperluan tersebut, hasil dari proses pemilihan *semblance* otomatis ini dapat juga dijadikan sebagai kecepatan dan waktu NMO. Sehingga setelah menerapkan metode ini, bisa langsung beranjak ke proses berikutnya, yaitu koreksi NMO, *stacking*, bahkan migrasi.

Untuk lebih jelas mengenai alur kerja metode ini, berikut bagannya :



3.2 Aplikasi terhadap Data Sintetik untuk Model Sinklin-Antiklin

Untuk menguji keberhasilan metode ini, digunakanlah terlebih dulu data sintetik yang sudah diketahui bentuk model kecepatannya. Model ditunjukkan pada gambar 3.1 yaitu berupa sinklin-antiklin dan terdiri dari 4 lapisan dimana kecepatan tiap-tiap lapisan bernilai konstan. Nilai kecepatan lapisan secara berurutan dari lapisan pertama sebesar 1507,5 m/s, 2582 m/s, 2886,7 m/s, dan 3162 m/s. Kecepatan-kecepatan tersebut merupakan nilai kecepatan interval. Kemudian pada model sinklin-antiklin tersebut terdapat juga sebuah objek kecil, tepatnya pada lapisan kedua, yang memiliki nilai kecepatan yang sama dengan kecepatan lapisan keempat. Pemberian objek ini bertujuan untuk mengetahui seberapa detail model kecepatan yang terbentuk dari metode pemilihan *semblance* otomatis ini.



Gambar 3.1. Model kecepatan interval sintetik.

Sebagai informasi bahwa pembentukan model kecepatan sintetik ini memanfaatkan program *General User Interface (GUI)* dengan menggunakan metode *finite difference* berbasis Matlab (Juanda, 2007). Adapun dimensi keseluruhan dari model sintetik ini sebagai berikut :

- interval grid x (dx) = 5 m
- jarak x maksimum = 14000 m
- interval grid z (dz) = 5 m
- kedalaman maksimum = 2000 m

Sama halnya dengan semua metode eksplorasi, langkah pertama yang harus dilakukan terhadap model sintetik ini adalah akuisisi data. Berikut parameter-parameter lapangan saat akuisisi data :

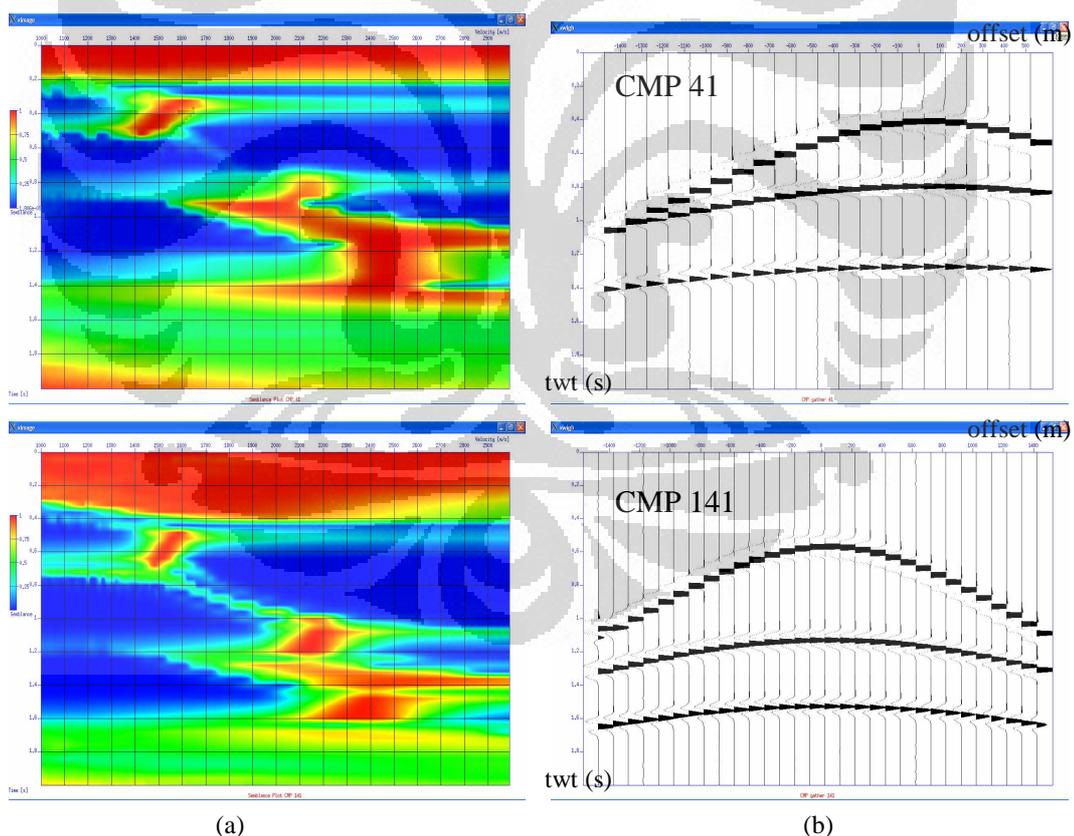
- jumlah *shot* = 200
- jumlah *receiver* = 60
- interval *shot* = 50 m
- interval *receiver* = 50 m
- panjang perekaman = 2 s
- laju penyampelan = 8 ms

Setelah melakukan akuisisi, langkah selanjutnya adalah pengumpulan tras-tras yang berasal dari satu CMP. Jumlah tras dalam satu data kumpulan CMP dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{jumlah tras dalam satu CMP} = \frac{\text{jumlah receiver} \times \text{interval receiver}}{2 \times \text{interval shot}} \quad (3.1)$$

Berdasarkan parameter lapangan di atas, maka dalam satu data kumpulan CMP terdapat 30 tras.

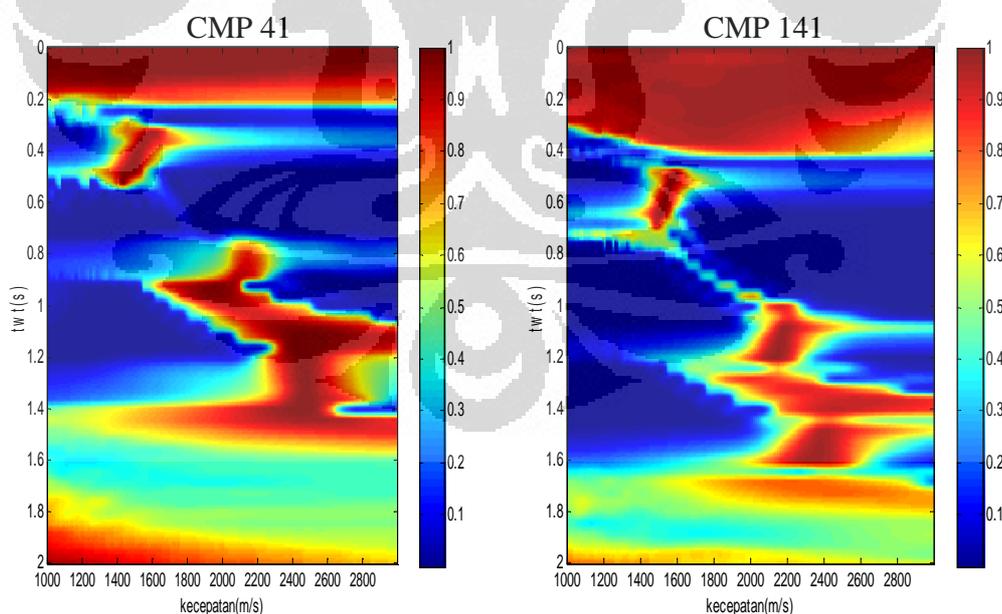
Proses akuisisi data, *shot gather*, dan *CMP gather* semuanya itu dilakukan dengan menggunakan *Seismic Unix* (SU). SU merupakan perangkat lunak pengolahan data seismik yang bebas biaya, biasanya menggunakan sistem operasi *Linux*. Melalui program SU ini pulalah terbentuk spektrum kecepatan untuk setiap data kumpulan CMP yang diinginkan. Tampilan panel spektrum kecepatan dalam SU untuk data sintetik ini ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. (a) Panel spektrum kecepatan dan (b) data kumpulan CMP dalam SU untuk CMP 41 & 141.

Karena data sintetik ini bebas *noise* maka timbul sekumpulan nilai *semblance* yang tinggi pada bagian atas dan bawah dari spektrum kecepatan, dimana tidak terdapat sinyal apapun. Penyebabnya adalah faktor penyebut dan pembilang dalam algoritma SU untuk membentuk *semblance* pada saat itu mendekati nol.

Setiap spektrum kecepatan yang muncul pada SU disimpan dalam bentuk matriks. Kemudian matriks-matriks tersebut diolah dalam program Matlab. Matlab merupakan perangkat lunak yang sangat kompeten dalam menjalankan berbagai operasi matematik, termasuk operasi matriks. Melalui program Matlab inilah metode pemilihan *semblance* otomatis diterapkan. Gambar 3.3 merupakan matriks spektrum kecepatan yang dikeluarkan dari SU dan ditampilkan kembali dalam Matlab.



Gambar 3.3. Spektrum kecepatan data sintetik dalam Matlab untuk lokasi CMP 41 & 141.

Kehalusan tampilan dari spektrum kecepatan yang terbentuk di SU maupun Matlab bergantung pada laju penyampelan untuk membentuk *semblance* tersebut. Laju penyampelan *semblance* dan waktu maksimum untuk data sintetik ini yaitu sebesar 40 ms dan 2 s. Ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan untuk menentukan parameter laju penyampelan *semblance*. Pertama yaitu jarak waktu kemunculan lengkung-lengkung hiperbola sinyal refleksi yang ada pada data kumpulan CMP. Laju penyampelan *semblance* tidak boleh melebihi jarak waktu antar hiperbola tersebut, karena akan membuat koreksi NMO menjadi tidak tepat. Faktor berikutnya adalah tingkat kehalusan, laju penyampelan *semblance* juga akan mempengaruhi kehalusan dari grafik kecepatan rms yang terbentuk. Semakin besar laju penyampelan *semblance*, hasilnya akan semakin halus (*smooth*). Sebenarnya semakin halus grafik kecepatan rms, *trend* perubahan nilai kecepatannya terlihat semakin jelas. Namun tingkat kehalusan ini juga harus dibatasi, jangan sampai batas-batas antar lapisan menjadi tidak sesuai karena lebih mementingkan kehalusan *trend*. Ditambah lagi dengan adanya proses polinomial yang akan membuat grafik menjadi lebih halus, sehingga tingkat kehalusan yang berlebihan bukan hanya berpengaruh pada bentuk perlapisan tapi juga bisa mempengaruhi ketepatan nilai kecepatan tiap-tiap lapisan.

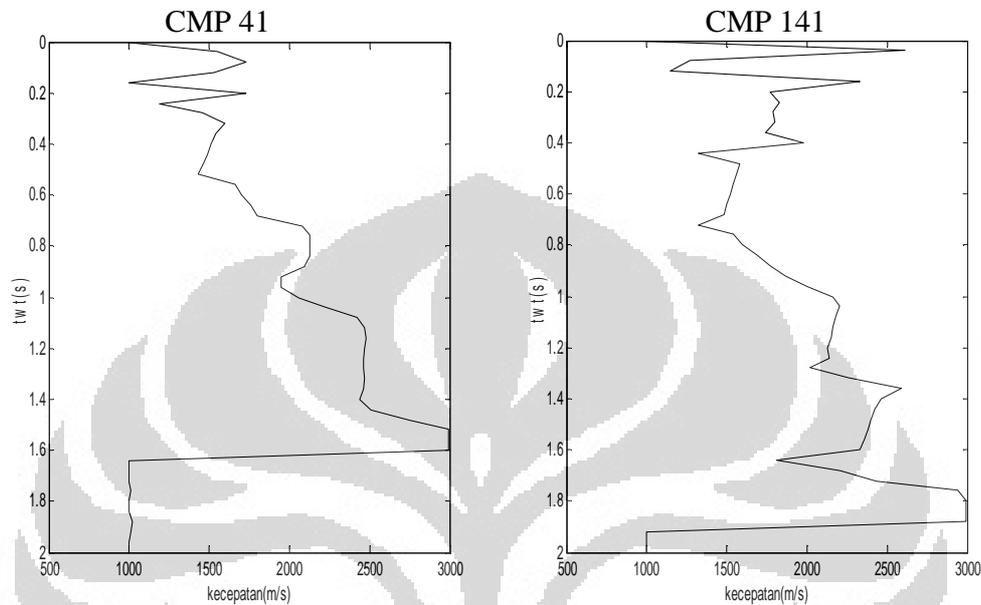
Berdasarkan pertimbangan di atas dan telah melalui percobaan empirik, didapat laju penyampelan *semblance* yang cukup ideal untuk data sintetik ini sebesar 40 ms atau 5 kali dari *sampling rate* akuisisi data.

Mengingat jarak antar lengkung hiperbola yang tidak terlalu sempit dan tidak adanya *noise* pada data, diharapkan laju penyampelan *semblance* sebesar 40 ms dapat menghasilkan grafik kecepatan rms yang halus, tanpa mengurangi kualitas bentuk perlapisan dan hasil koreksi NMO. Sedangkan waktu maksimum 2 s dipilih berdasarkan pertimbangan nilai kecepatan minimum dan maksimum dari model kecepatan, yaitu 1507,5 m/s dan 3162 m/s. Sehingga diharapkan waktu 2 s cukup untuk merekam sinyal dari reflektor terakhir.

Lalu nilai kecepatan yang digunakan untuk membentuk spektrum kecepatan data sintetik ini berkisar antara 1000 m/s sampai 2990 m/s dengan interval 10 m/s. Sehingga berdasarkan parameter laju penyampelan *semblance*, waktu maksimum, dan *range* kecepatan, diketahui dimensi dari matriks pembentuk spektrum kecepatan sebesar 51 x 200.

Selanjutnya, tingkat keakuratan bentuk model kecepatan yang dihasilkan dari metode ini juga bergantung pada jarak antar lokasi CMP yang diambil. Untuk data sintetik ini dipilih 21 lokasi CMP dengan interval jarak 500 m, yaitu dari CMP 21 sampai CMP 425. Dari setiap data kumpulan CMP didapat satu fungsi kecepatan yang tidak lain merupakan matriks satu kolom. Dengan laju penyampelan 40 ms dan waktu maksimum 2 s, maka matriks fungsi kecepatan rms di setiap lokasi CMP berdimensi 51 x 1. Sehingga jika digabungkan fungsi kecepatan dari 21 lokasi CMP, maka akan terbentuk matriks berdimensi 51 x 21. Matriks inilah yang membentuk penampang model kecepatan rms. Namun dengan ukuran matriks ini belum cukup untuk

menghasilkan bentuk perlapisan yang jelas, maka dari itu dilakukanlah interpolasi antar lokasi CMP.



Gambar 3.4. Hasil pemilihan *semblance* otomatis data sintetik di CMP 41 & 141.

Setelah menghasilkan model kecepatan rms, maka bisa dihitung nilai kecepatan intervalnya. Ada dua cara menghasilkan nilai kecepatan interval. Pertama, menghitung kecepatan interval dari fungsi kecepatan rms yang ada di setiap lokasi CMP yang dipilih, kemudian dilakukan interpolasi untuk menghasilkan penampang model kecepatan interval. Atau cara kedua dengan menghitung nilai kecepatan interval langsung dari model kecepatan rms yang sudah diinterpolasi. Kedua cara ini menghasilkan nilai dan bentuk yang kurang lebih sama.

3.3 Aplikasi terhadap Data Riil

Berbeda dengan data sintetik, data riil ini hanya berupa data kumpulan CMP saja, tidak disertai model kecepatan acuan. Selain itu, walaupun data kumpulan CMP ini telah diolah semaksimal mungkin, namun tetap saja sedikit banyak masih mengandung *noise*. Berikut parameter lapangan dari data riil ini :

- jumlah *shot* = 301
- jumlah *receiver* = 120
- interval *shot* = 50 m
- interval *receiver* = 50 m
- panjang perekaman = 4 s
- laju penyampelan = 4 ms

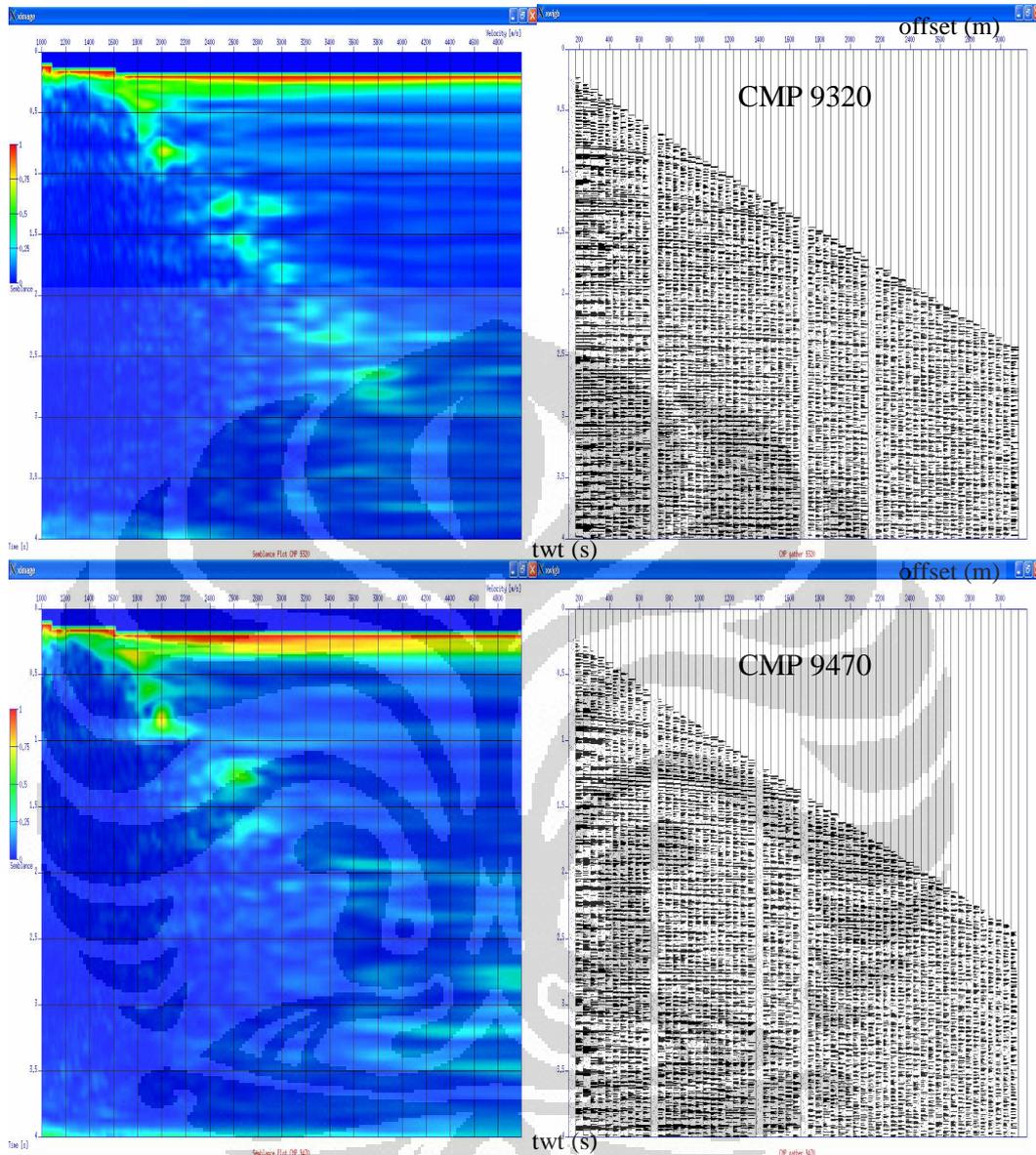
Data ini diolah dalam SU untuk menghasilkan *semblance*, berikut parameter penghitungannya :

- laju penyampelan = 0.02 s (5 kali dari laju penyampelan akuisisi data)
- waktu maksimum = 4 s
- kisaran kecepatan = 1000 – 4990 m/s
- interval kecepatan = 10 m/s

Laju penyampelan *semblance* sebesar 20 ms dipilih dengan pertimbangan yang tidak jauh berbeda seperti pada aplikasi data sintetik. Hanya saja grafik kecepatan rms yang akan didapat nantinya diperkirakan

belum cukup atau tidak sehalus data sintetik, mengingat pada data riil ini lebih banyak mengandung *noise* dan sinyal-sinyal refleksi yang bukan berasal dari reflektor utama. Namun jika laju penyampelan *semblance* dipaksakan untuk diperbesar lagi agar tercapai tingkat kehalusan yang tinggi, bisa mengurangi kualitas koreksi NMO atau mungkin juga bentuk perlapisan. Karena jarak antar lengkung-lengkung hiperbola sinyal refleksi pada data riil ini tidak terlalu jauh, belum lagi data ini dipenuhi oleh sinyal-sinyal lain yang membawa informasi yang tidak boleh diabaikan.

Dengan parameter di atas, maka matriks pembentuk spektrum kecepatan untuk setiap lokasi CMP berdimensi 201×400 . Gambar 3.5 menampilkan spektrum kecepatan data riil untuk beberapa lokasi CMP. Dari data riil yang terdiri dari nomor CMP 9320-9890 ini dipilih 20 lokasi CMP dengan interval jarak 750 m. Dan setelah dilakukan proses pemilihan *semblance* otomatis, maka di setiap lokasi CMP akan dihasilkan fungsi kecepatan yang berupa matriks berdimensi 201×1 . Sehingga jika fungsi kecepatan dari semua lokasi CMP digabungkan akan terbentuk matriks berdimensi 201×20 . Matriks ini kemudian diinterpolasi untuk menghasilkan penampang model kecepatan rms dan interval.



Gambar 3.5. Spektrum kecepatan dan data kumpulan CMP riil untuk CMP 9320 & 9470.

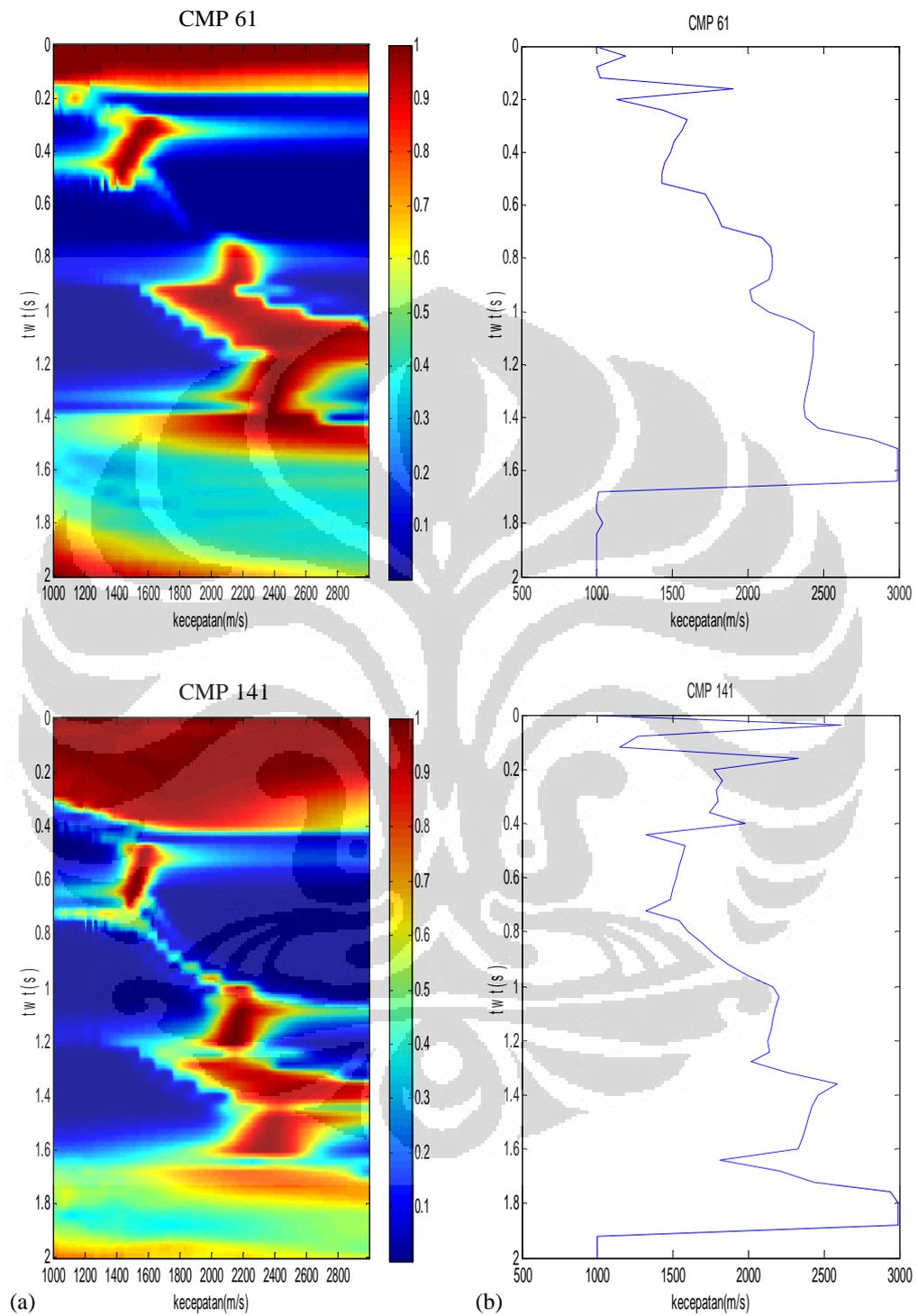
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Model Sintetik Sinklin-Antiklin

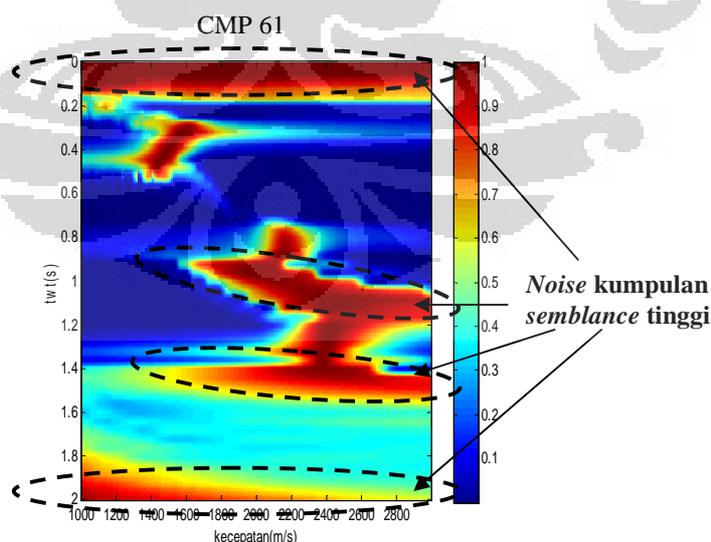
Sebelum membahas mengenai hasil model kecepatan yang terbentuk dari metode pemilihan *semblance* otomatis, lebih baik dibahas terlebih dahulu mengenai elemen-elemen pembentuknya, yaitu fungsi kecepatan rms yang didapat di beberapa lokasi CMP. Dengan menganalisa bagian ini maka akan didapat gambaran tentang keakuratan, kelemahan, maupun keunggulan dari metode ini. Fungsi kecepatan rms untuk lokasi CMP 61 dan 141 yang ditampilkan pada gambar 4.1, menjadi perwakilan untuk analisa kali ini.

Berdasarkan model kecepatan interval sintetik yang ada, maka bisa dihitung model kecepatan rms sintetik di masing-masing lapisan, yaitu secara berurutan 1507,5 m/s, 2114,2 m/s, 2399,5 m/s, dan 2611,1 m/s. Sehingga secara teori, dari setiap lokasi CMP akan muncul empat nilai kecepatan yang dominan. Namun, terlihat pada gambar 4.1 bahwa fungsi kecepatan rms yang didapat tidak sesuai dengan apa yang dibayangkan. Perubahan nilai kecepatan terhadap waktu tidak sehalus model sintetik yang ada, dimana seharusnya nilai kecepatan terus bertambah seiring bertambahnya waktu. Sedangkan dari hasil pemilihan *semblance* otomatis ini terdapat banyak sekali fluktuasi nilai kecepatan. Sehingga secara sepintas sulit menentukan berapa nilai kecepatan tiap-tiap lapisan.



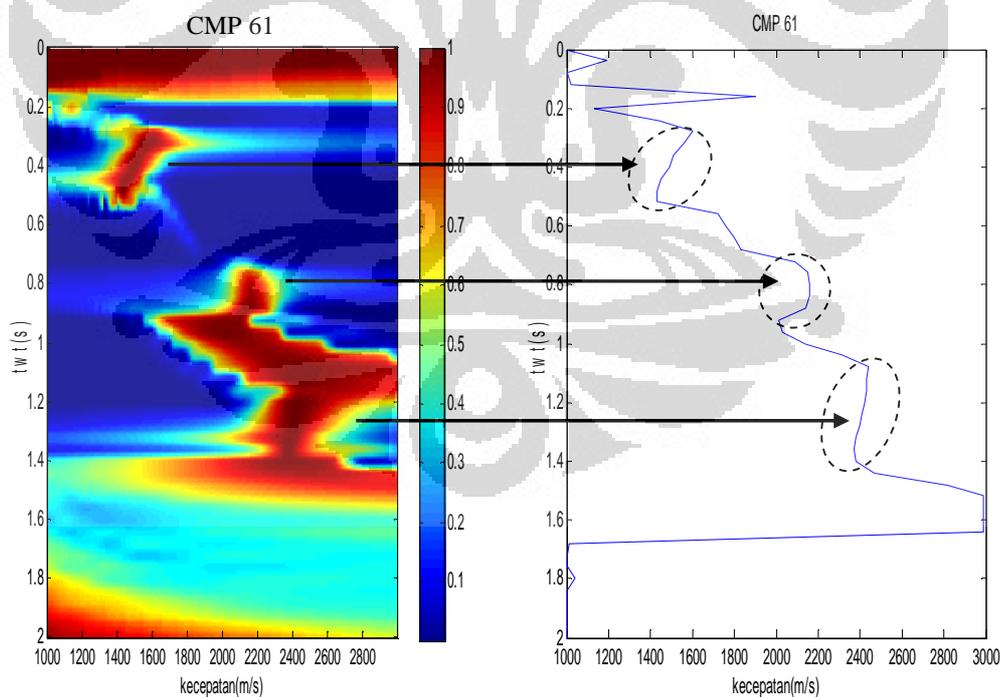
Gambar 4.1. (a) *Semblance* dan (b) fungsi kecepatan rms untuk CMP 61 & 141.

Namun sebenarnya jika diperhatikan lebih seksama, grafik pada gambar 4.1b tetap menampilkan kecenderungan nilai kecepatan untuk bertambah seiring bertambahnya waktu. Hanya saja kecenderungan tersebut terganggu dengan adanya intensitas fluktuasi yang cukup tinggi. Fluktuasi dengan nilai dan intensitas yang tinggi terjadi pada bagian awal dan akhir dari fungsi kecepatan tersebut. Hal ini tentunya berhubungan dengan *semblance* yang terbentuk. Telah dijelaskan dalam bab 3 bahwa pada saat-saat dimana tidak terdapat sinyal-sinyal seismik maka algoritma dalam SU akan menghasilkan kumpulan *semblance* dengan nilai yang relatif tinggi (gambar 4.2). Pada data sintetik tanpa *noise*, kumpulan *semblance* tinggi tidak hanya muncul pada bagian awal dan akhir dari spektrum kecepatan saja, tapi juga bisa muncul di bagian tengah, yaitu di antara sinyal-sinyal refleksi. Hal inilah yang menimbulkan kekacauan atau turun naiknya nilai kecepatan pada fungsi kecepatan di atas.



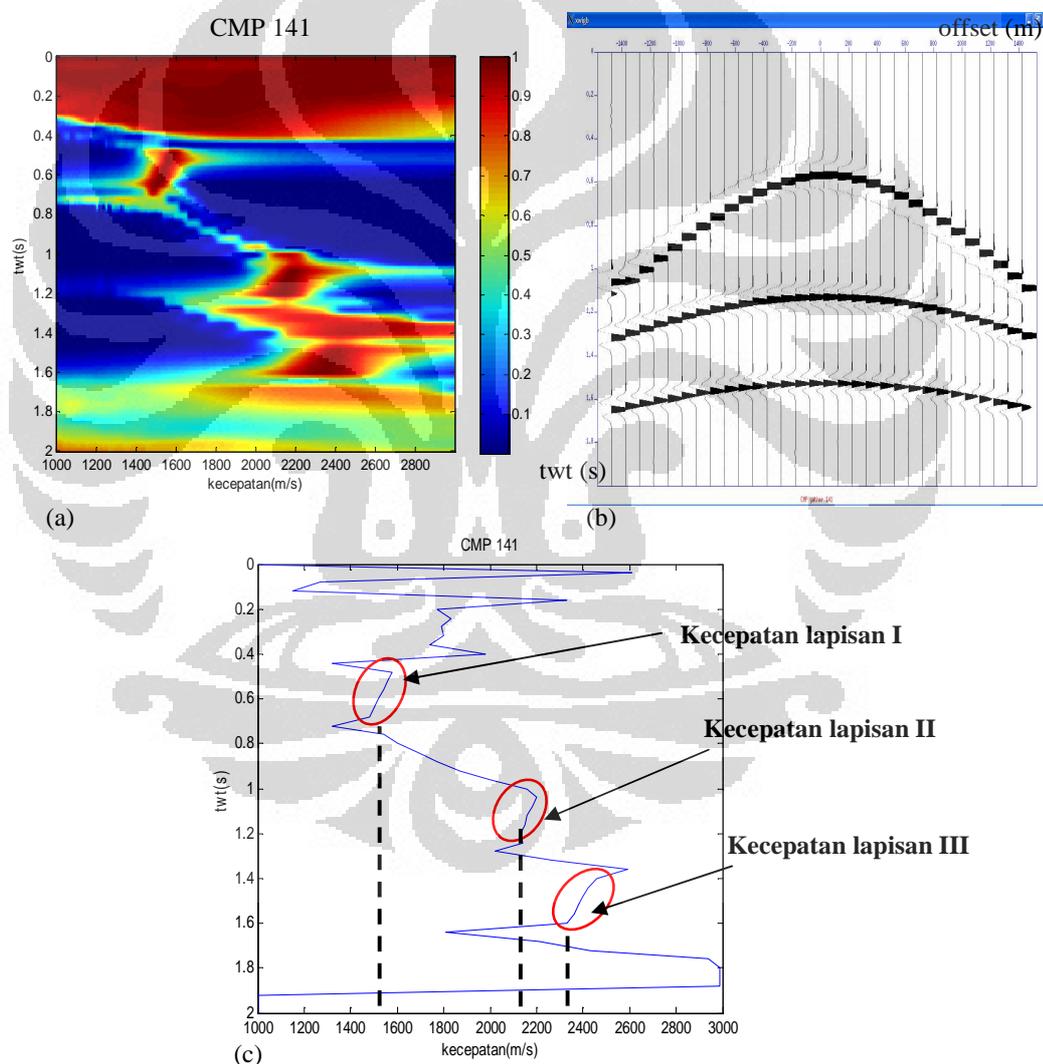
Gambar 4.2. Lokasi kumpulan *semblance* tinggi saat tidak ada sinyal seismik.

Selain pada saat tidak terdapat sinyal seismik, fluktuasi nilai kecepatan juga terjadi saat menemui *semblance-semblance* yang berasal dari sinyal refleksi. Namun nilai fluktuasi pada bagian ini sangatlah kecil. Sebagaimana dilakukan dalam metode analisa kecepatan lainnya, bahwa untuk satu lengkung hiperbola sinyal refleksi didapat satu nilai kecepatan. Namun dalam metode ini, pemilihan nilai kecepatan dilakukan secara otomatis setiap interval waktu tertentu. Dan interval waktu tersebut lebih kecil dari periode sinyal seismik yang muncul. Sehingga, untuk satu lengkung hiperbola sinyal refleksi dilakukan pemilihan nilai kecepatan lebih dari sekali, dan hasilnya didapat satu nilai maksimum kemudian setelah itu nilainya cenderung menurun (gambar 4.3).



Gambar 4.3. Fluktuasi kecepatan pada saat terdapat sinyal refleksi.

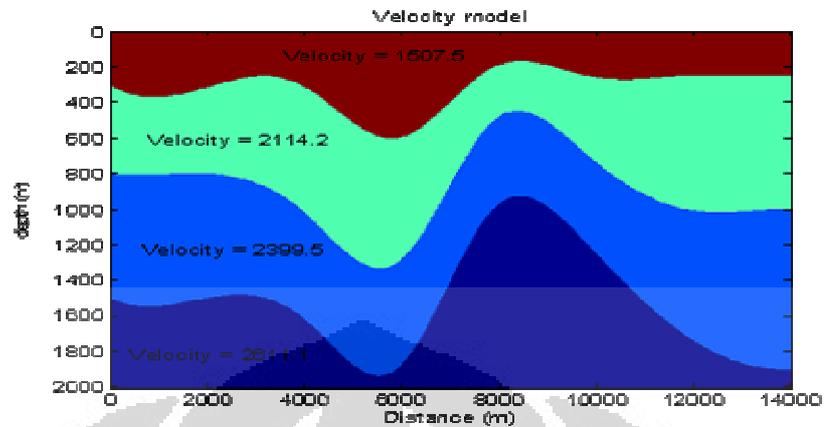
Setelah mengetahui penyebab fluktuasi nilai kecepatan, maka bisa dianalisa bagian atau nilai-nilai mana saja dari fungsi kecepatan rms yang mewakili nilai kecepatan rms di masing-masing lapisan. Nilai tersebut tentunya berasal dari *semblance* yang terbentuk dari sinyal-sinyal refleksi, maka itu untuk mengetahuinya harus mengacu pada spektrum kecepatan dan data seismik yang bersangkutan.



Gambar 4.4. (a) Spektrum kecepatan, (b) data kumpulan CMP, dan (c) nilai kecepatan rms tiap lapisan pada CMP 141.

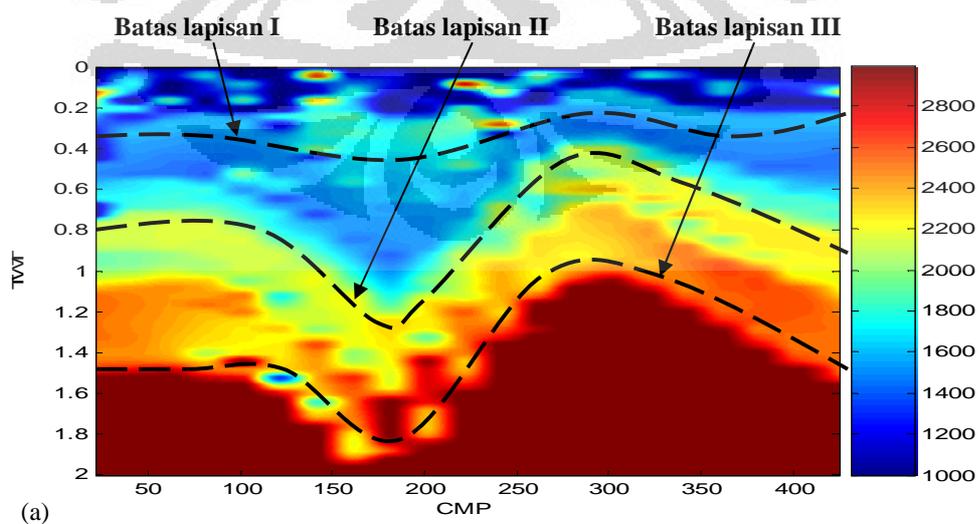
Gambar 4.4b merupakan data kumpulan CMP untuk CMP 141. Pada data terlihat bahwa lengkung hiperbola sinyal-sinyal refleksi dari reflektor pertama mulai muncul pada kisaran waktu 0,4 - 0,6 s, untuk reflektor kedua antara 1 - 1,2 s, dan untuk reflektor ketiga mulai muncul antara 1,4 – 1,6 s. Sedangkan sinyal refleksi dari reflektor terakhir yang mewakili lapisan keempat tidak terekam saat akuisisi data. Hal ini disebabkan oleh panjang perekaman data yang hanya 2 s ternyata lebih kecil dari waktu datang sinyal-sinyal terakhir tersebut.

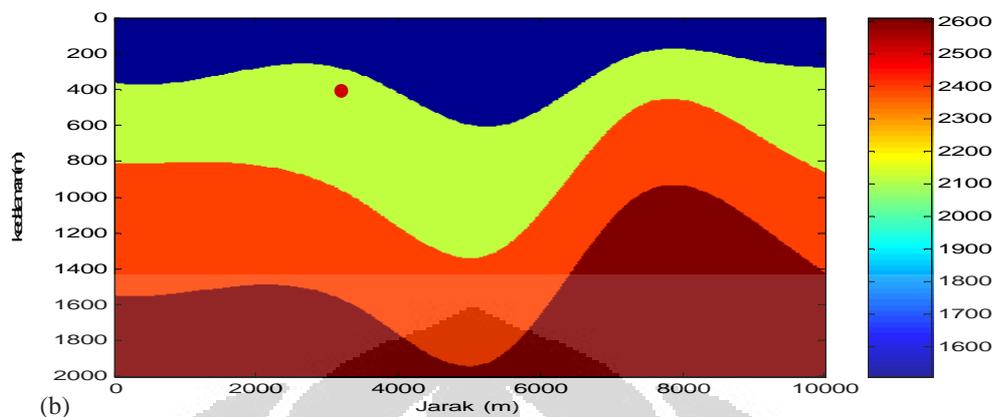
Setelah mengetahui posisi sinyal-sinyal refleksi, maka dengan mengacu pada data tersebut bisa ditentukan nilai mana yang mewakili kecepatan rms di masing-masing lapisan. Sebagaimana diketahui bahwa hiperbola sinyal refleksi dari reflektor pertama mewakili kecepatan untuk lapisan pertama, dan begitu juga untuk sinyal dari reflektor kedua dan ketiga. Dengan demikian, untuk data sintetik ini hanya didapat nilai kecepatan rms sampai pada lapisan ketiga saja. Gambar 4.4c menunjukkan nilai kecepatan rms masing-masing lapisan di CMP 141, dimana untuk lapisan pertama sebesar ± 1500 m/s, pada lapisan kedua senilai ± 2100 m/s, dan lapisan ketiga ± 2300 m/s.



Gambar 4.5. Model kecepatan rms sintetik.

Jika dibandingkan dengan nilai kecepatan rms model sintetik (gambar 4.5), maka nilai kecepatan yang didapat dari metode pemilihan *semblance* otomatis ini tidak jauh berbeda. Namun masalah akan muncul ketika fungsi kecepatan dari semua CMP digabungkan dan membentuk sebuah penampang model kecepatan. Gambar 4.6a menampilkan penampang model kecepatan rms yang dihasilkan dari metode ini.





Gambar 4.6. (a) Model kecepatan rms hasil pemilihan *semblance* otomatis,
(b) Model kecepatan rms sintetik.

Dari segi bentuk, model pada gambar 4.6a bisa dikatakan menampilkan perlapisan yang sudah benar. Jika terlihat ada perbedaan dengan model sintetik maka itu cukup wajar, mengingat model yang terbentuk dari metode ini belum mengalami proses migrasi. Sehingga masih banyak dipengaruhi oleh faktor penjalaran gelombang, terutama difraksi. Selain itu, ternyata metode ini tidak bisa menampilkan objek-objek yang detil atau kecil. Terbukti dari tidak tampilnya objek berupa lingkaran kecil yang berada pada lapisan kedua. Objek tersebut bahkan memberikan efek difraksi gelombang yang cukup tidak beraturan, sehingga menghasilkan daerah buram di sekitarnya.

Kemudian jika membahas mengenai kecocokan nilai antara model kecepatan rms sintetik dengan hasil dari metode ini, akan cukup banyak terdapat perbedaan. Oleh karena itu, diperlukan kejelian dalam menentukan nilai kecepatan rms masing-masing lapisan dari model kecepatan hasil

metode ini. Pertama perlu diketahui bahwa pada gambar 4.4c, nilai yang mewakili kecepatan rms tiap lapisan terletak pada bagian dimana sinyal-sinyal refleksi dari masing-masing reflektor mulai muncul. Dan itu berarti nilai-nilai tersebut hanya berada di sekitar batas antara satu lapisan dengan lapisan di bawahnya. Hasilnya, sebelum mencapai daerah perbatasan tersebut, nilai kecepatan rms suatu lapisan akan terus mengalami perubahan dengan kecenderungan yang relatif positif. Artinya, nilai kecepatan suatu lapisan akan terus bertambah seiring bertambahnya waktu menuju ke nilai yang benar-benar mewakili kecepatan rms di lapisan tersebut, yaitu di perbatasan dengan lapisan di bawahnya. Hal tersebut tentu berbeda dengan model sintetik yang ada, dimana nilai kecepatan untuk satu lapisan selalu konstan, baik secara vertikal maupun lateral. Namun kondisi ini tidak menjadikan model yang dihasilkan dari metode ini menjadi buruk, karena pada kondisi sebenarnya di alam nilai kecepatan satu lapisan tidak akan konstan atau seragam, nilainya akan terus berubah-ubah seiring bertambahnya kedalaman.

Berdasarkan analisa di atas, maka untuk bisa menentukan nilai kecepatan di tiap lapisan harus dilakukan pengamatan sampai pada daerah perbatasan dari lapisan tersebut. Untuk mempermudah pengamatan, pada gambar 4.6a ditunjukkan garis batas antara lapisan I dan II, lapisan II dan III, serta III dan IV. Dan hasil yang didapat ditampilkan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil estimasi kecepatan rms untuk data sintetik.

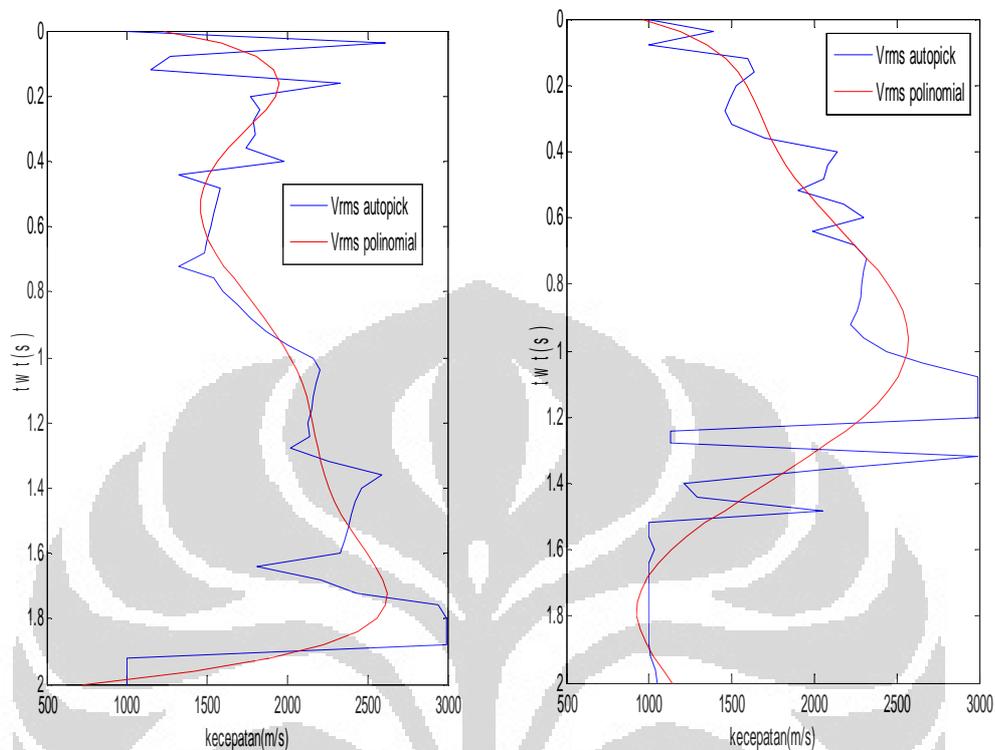
Lapisan	Kecepatan rms estimasi	Kecepatan rms sintetik
I	1000 - 1500 m/s	1507,5 m/s
II	1550 - 2100 m/s	2114,2 m/s
III	2150 - 2500 m/s	2399,5 m/s

Dari tabel di atas, nilai estimasi yang hampir tepat rata-rata terletak pada kisaran akhir dari nilai kecepatan tersebut, hal ini sesuai dengan analisa sebelumnya. Dan untuk lapisan IV tidak bisa ditentukan nilai kecepatannya mengingat data yang diterima hanya sampai pada reflektor ketiga. Sedangkan nilai kecepatan lapisan IV yang tampak pada gambar 4.6a hanya merupakan hasil ekstrapolasi saja. Kemudian jika diperhatikan lebih lanjut, kisaran nilai terbesar ada pada lapisan II. Hal ini tentunya disebabkan karena perbedaan kecepatan antara lapisan II dan I merupakan yang terbesar. Dan dari gambar 4.6a dan 4.6b terlihat bahwa ketidakcocokan nilai yang cukup besar antara model sintetik dengan model yang dihasilkan, juga terletak pada lapisan II. Kecocokan hanya muncul pada bagian akhir saja, yaitu pada batas antara lapisan II dan III.

Hal itu berarti, semakin besar perbedaan nilai kecepatan suatu lapisan dengan lapisan di atasnya, maka semakin besar waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan kecepatan yang tepat di lapisan itu. Sebaliknya, semakin kecil perbedaan nilai tersebut akan semakin cepat didapat kecepatan yang tepat. Hal ini terjadi pada lapisan III yang memiliki perbedaan nilai kecepatan terkecil dengan lapisan II. Untuk menghasilkan kecepatan yang cocok

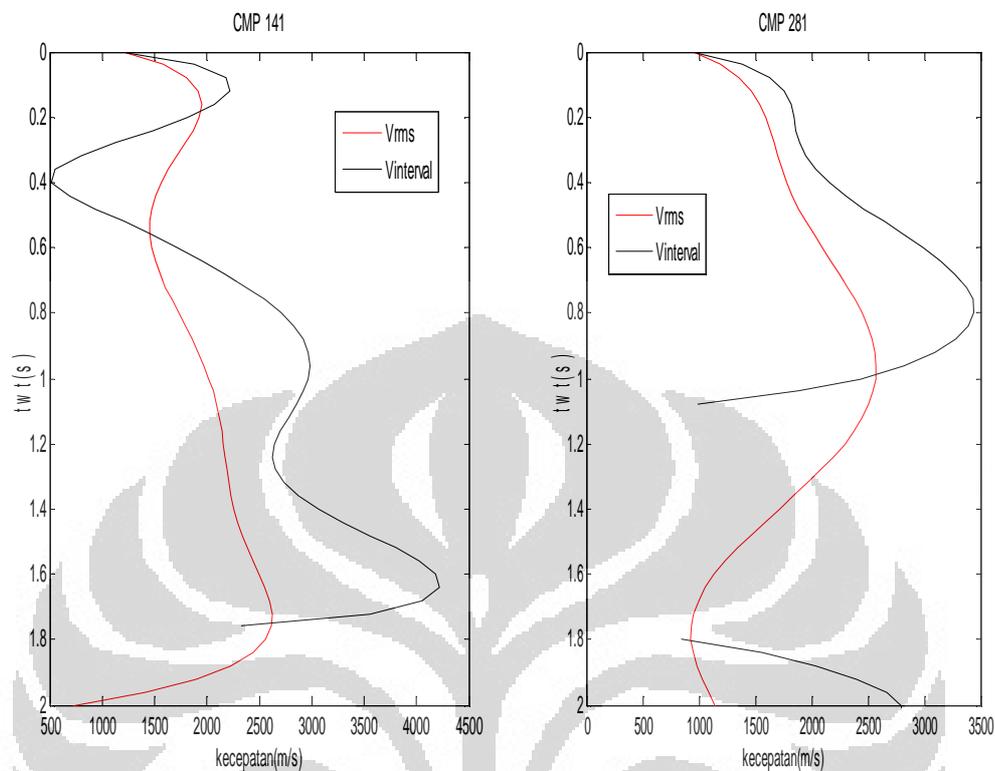
dengan model sintetik, tidak perlu menunggu sampai pada batas dengan lapisan IV. Nilai tersebut sudah mulai muncul sejak setengah bagian dari lapisan III.

Setelah mendapatkan nilai estimasi kecepatan rms di masing-masing lapisan, selanjutnya adalah menghitung kecepatan interval. Menghitung kecepatan interval dari kecepatan rms sebenarnya dapat dilakukan dengan memanfaatkan persamaan 2.7. Tapi persamaan tersebut hanya efektif untuk fungsi kecepatan rms yang nilainya selalu bertambah seiring bertambahnya waktu, sedangkan dari metode ini didapat fungsi kecepatan rms dengan nilai yang berfluktuasi (turun naik). Maka dari itu, untuk mendapatkan nilai kecepatan interval harus dicari terlebih dahulu *trend* atau kecenderungan dari fungsi kecepatan rms di masing-masing lokasi CMP. Untuk mencarinya dihitunglah persamaan polinomial dari fungsi kecepatan rms di setiap lokasi CMP yang dipilih. Gambar 4.7 menampilkan grafik polinomial derajat 6 dari fungsi kecepatan rms pada CMP 141 dan 281. Polinomial derajat 6 dipilih karena mengingat hasil yang diinginkan adalah hasil yang halus dengan *trend* yang jelas. Namun jika diterapkan derajat polinomial yang lebih tinggi, akan muncul kembali fluktuasi nilai kecepatan sebagaimana mengacu pada data awal. Hal ini tentunya tidak diharapkan untuk penghitungan kecepatan interval.



Gambar 4.7. Hasil polinomial fungsi kecepatan rms pada CMP 141 & 281.

Dari hasil polinomial di atas terlihatlah kecenderungan sebenarnya dari nilai kecepatan rms, yaitu bertambah seiring bertambahnya waktu. Sedangkan perubahan naik atau turunnya nilai pada bagian awal dan akhir dari fungsi tersebut, tidak lain pengaruh dari kumpulan *semblance* tinggi yang telah dijelaskan sebelumnya. Dan untuk selanjutnya, kecepatan rms polinomial inilah yang akan digunakan untuk menghitung nilai kecepatan interval. Gambar 4.8 menampilkan hasil perhitungan kecepatan interval di CMP 141 dan 281.

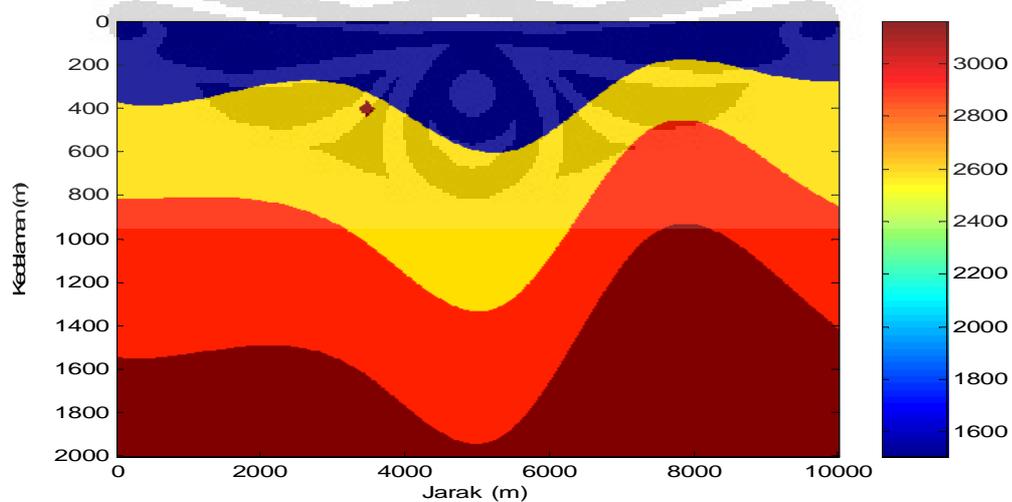


Gambar 4.8. Hasil perhitungan kecepatan interval di CMP 141 & 281.

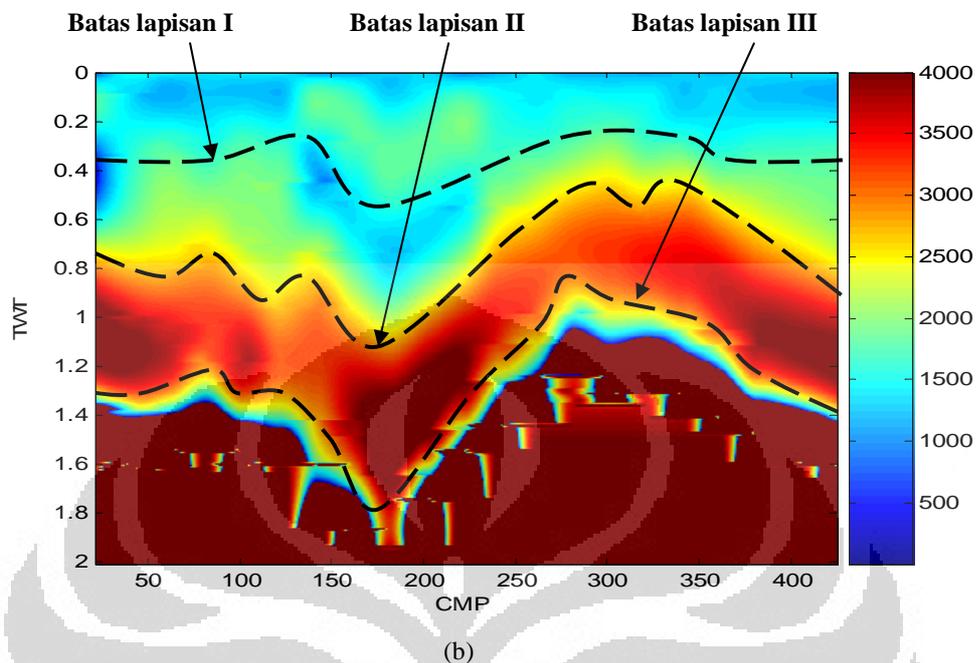
Dari hasil di atas, pertama yang perlu dianalisa adalah bagian yang hilang di ujung-ujung fungsi kecepatan interval. Fungsi kecepatan interval mulai menghilang ketika telah mencapai nilai kecepatan interval untuk lapisan ketiga. Dalam hal ini Lapisan III memiliki nilai kecepatan rms dan interval tertinggi, maka setelah melewati lapisan ketiga nilai kecepatan rms akan turun drastis. Pada kondisi inilah algoritma untuk menghitung kecepatan interval menghasilkan nilai minus (-), dan akar kuadrat dari nilai minus adalah imajiner. Dan pada grafik di CMP 281, nilai kecepatan interval kembali muncul di bagian akhir saat kecepatan rms mulai kembali naik, namun ini

hanyalah efek dari fluktuasi yang tidak beraturan, bukan mencerminkan kondisi kecepatan yang sebenarnya. Bagian yang hilang ini sebenarnya tidak terlalu menjadi masalah, karena lokasinya berada di lapisan keempat yang datanya pun tidak terekam. Sehingga bagian ini bisa diatasi dengan proses ekstrapolasi.

Masalah berikutnya mengenai bentuk lapisan yang akan dihasilkan dari proses polinomial ini. Dari gambar 4.7 terlihat bahwa fungsi kecepatan rms yang tadinya memiliki nilai yang berfluktuasi dan tidak kontinu, setelah di polinomial menjadi halus dan kontinu. Kondisi ini justru menghasilkan bentuk penampang yang berbeda dari model sebenarnya, batas-batas perlapisan juga akan menjadi tidak jelas. Namun hal ini sebaiknya tidak terlalu dipermasalahkan, karena setelah sampai pada tahap ini fokus bukan lagi terletak pada bentuk perlapisan melainkan pada nilai kecepatan interval tiap lapisan. Selain itu, dari model kecepatan rms pada gambar 4.6a sudah didapatkan bentuk perlapisan yang cukup akurat.



(a)



Gambar 4.9. Model kecepatan interval (a) sintetik, (b) hasil pemilihan *semblance* Otomatis.

Gambar 4.9b menampilkan model kecepatan interval hasil dari metode ini. Sama seperti sewaktu menentukan kecepatan rms, untuk menentukan nilai kecepatan interval juga harus dilakukan analisa sampai pada batas tiap-tiap lapisan. Hanya saja kali ini diperlukan ketelitian yang lebih, karena dalam satu lapisan bisa muncul variasi kecepatan secara lateral yang seharusnya tidak ada. Seperti pada lapisan II, di sekitar CMP 150 sampai 200 muncul nilai kecepatan yang relatif lebih rendah. Sebaliknya di lapisan I, pada lokasi CMP yang sama muncul nilai kecepatan yang relatif lebih tinggi. Hal ini kemungkinan besar terjadi akibat difraksi gelombang yang disebabkan oleh objek lingkaran kecil dengan nilai kecepatan tinggi yang ada di lapisan II.

Kemudian variasi lateral juga muncul pada lapisan III, ada tiga lokasi yang memiliki nilai kecepatan yang relatif lebih besar dari sekitarnya. Hal ini dikarenakan pada beberapa lokasi CMP terjadi kenaikan kecepatan rms yang cukup drastis dari lapisan II ke lapisan III. Sehingga nilai kecepatan interval yang didapat untuk lapisan III di beberapa CMP tersebut menjadi jauh lebih besar dari semestinya. Kondisi ini bisa terjadi di lokasi CMP yang memiliki fungsi kecepatan rms dengan intensitas dan nilai fluktuasi yang cukup tinggi. Maka itu, agar estimasi tidak terkecoh dengan masalah variasi kecepatan secara lateral, diperlukan kejelian dalam memilih kecepatan-kecepatan berapa saja yang lebih dominan di lapisan tersebut. Lalu untuk anomali-anomali yang ada di lapisan IV tidak perlu terlalu dipermasalahkan karena itu hanya efek dari pemotongan saat melakukan ekstrapolasi.

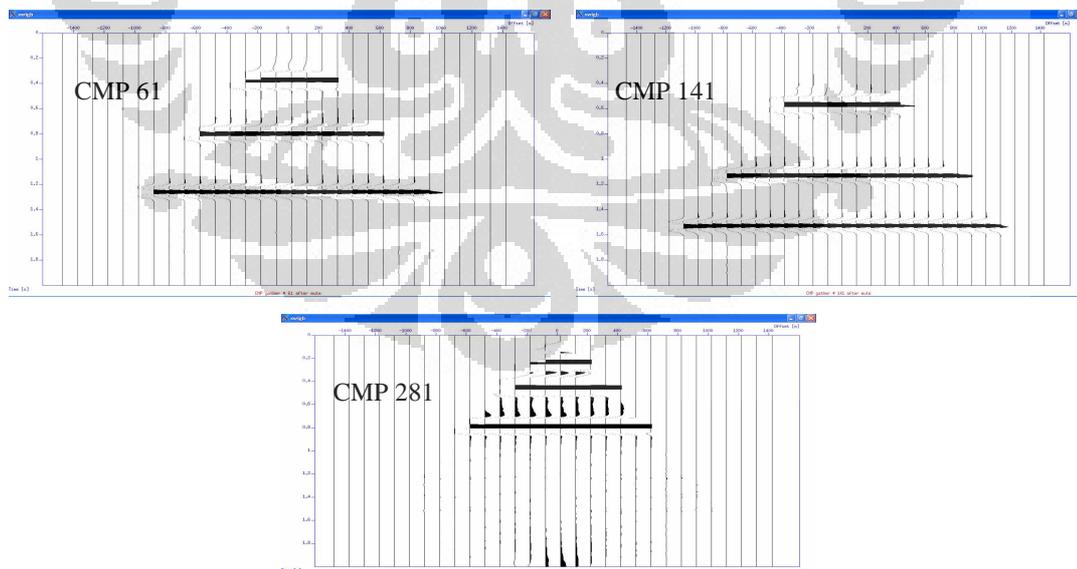
Setelah melakukan analisa di atas, maka dilakukan estimasi nilai kecepatan interval untuk tiap-tiap lapisan berdasarkan model pada gambar 4.9b. Dan hasilnya ditampilkan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil estimasi kecepatan interval untuk data sintetik.

Lapisan	Kecepatan interval estimasi	Kecepatan interval sintetik
I	1000 - 1500 m/s	1507,5 m/s
II	1700 - 2500 m/s	2582 m/s
III	2550 - 3300 m/s	3162 m/s

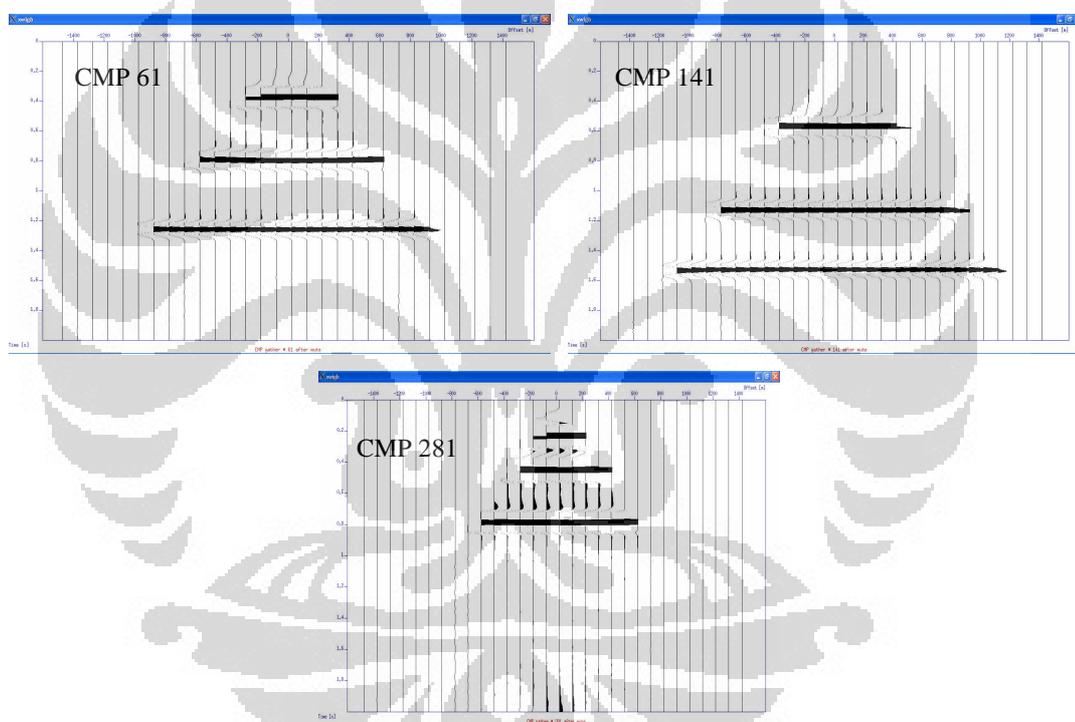
Dari segi kisaran dan ketepatan nilai tidak jauh berbeda dengan estimasi kecepatan rms, dimana lapisan II masih memiliki kisaran nilai terbesar, dan nilai kecepatan interval yang sesuai dengan data sintetik berada di akhir kisaran untuk masing-masing lapisan.

Setelah mendapatkan nilai estimasi untuk kecepatan rms dan interval di masing-masing lapisan, sebagaimana tujuan dari proses analisa kecepatan, yaitu menghasilkan kecepatan dan waktu NMO yang tepat, maka hasil pemilihan *semblance* otomatis di setiap lokasi CMP yang dipilih dapat digunakan untuk melakukan koreksi NMO dan *stacking*. Tentunya yang dijadikan sebagai kecepatan dan waktu NMO adalah fungsi kecepatan rms di masing-masing CMP dan laju penyampelan *semblance*, yaitu dari 0 sampai 2 s dengan interval 8 ms. Gambar 4.10 menampilkan hasil koreksi NMO dari metode ini untuk CMP 61, 141, dan 281.



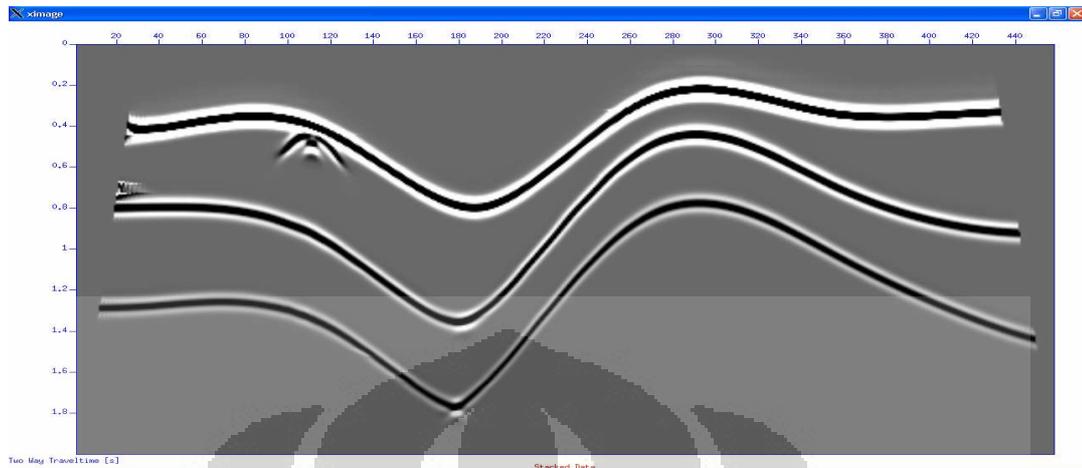
Gambar 4.10. Koreksi NMO menggunakan hasil pemilihan *semblance* otomatis untuk CMP 61, 141, & 281.

Hasil di atas telah disertai dengan proses *muting* untuk menghilangkan efek *NMO stretch*, yaitu terdistorsinya frekuensi gelombang akibat koreksi NMO, sehingga mengakibatkan penambahan nilai periode sinyal seismik. Hasilnya tergolong bagus, dan jika dibandingkan dengan hasil koreksi NMO dari metode lain yaitu analisa kecepatan interaktif, tidak berbeda jauh. Gambar 4.11 menampilkan hasil koreksi NMO menggunakan metode analisa kecepatan interaktif di lokasi CMP yang sama.

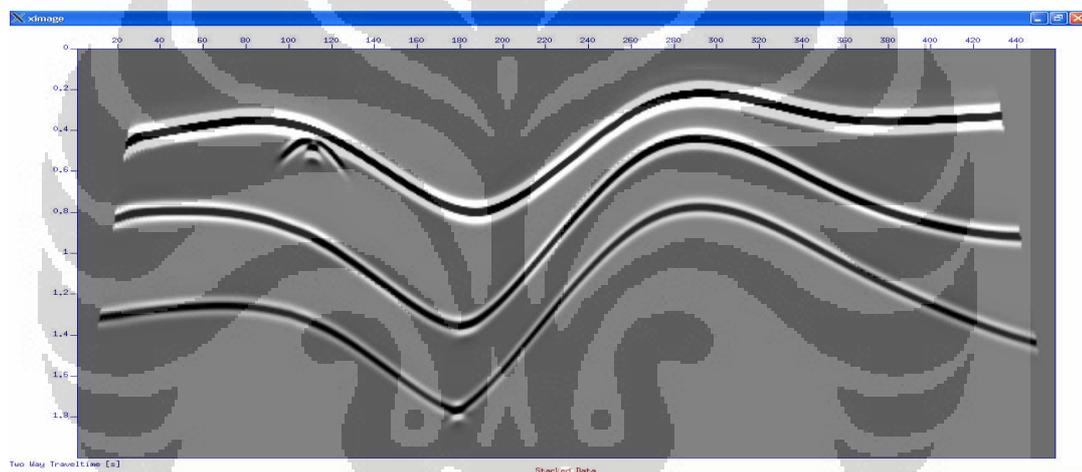


Gambar 4.11. Hasil koreksi NMO dari metode analisa kecepatan interaktif di CMP 61, 141, & 281.

Lalu pada gambar 4.12 ditampilkan hasil *stack* menggunakan metode pemilihan *semblance* otomatis dan juga analisa kecepatan interaktif. Keduanya menghasilkan kualitas penampang seismik yang cukup bagus.



(a)



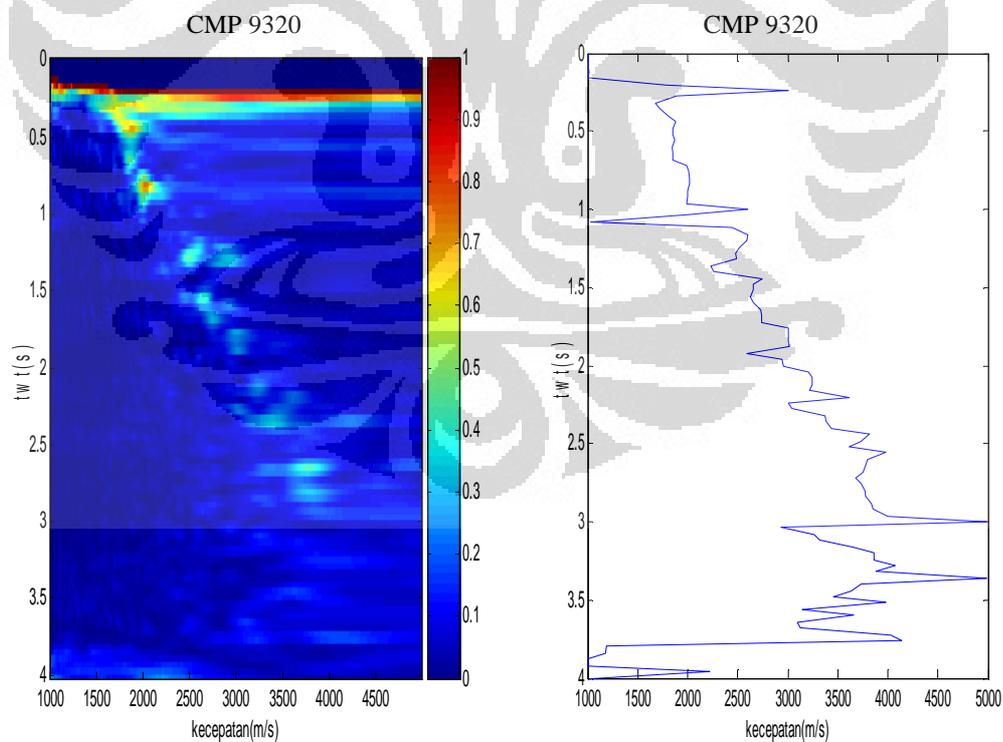
(b)

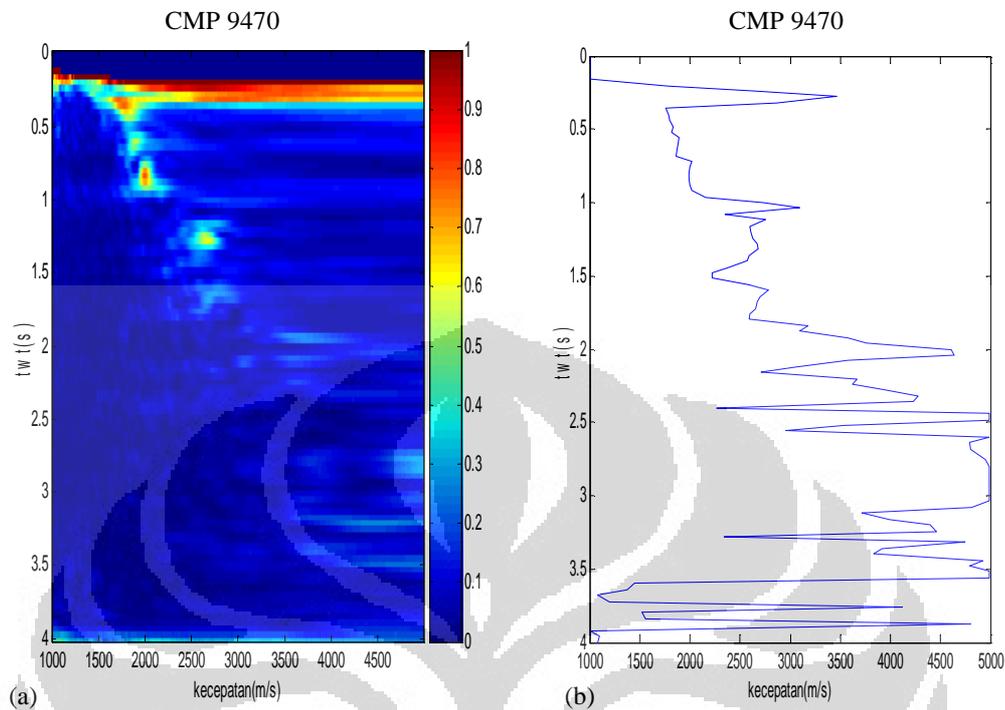
Gambar 4.12. Hasil *stack* menggunakan metode (a) pemilihan *semblance* otomatis, (b) analisa kecepatan interaktif.

Jadi keunggulan analisa kecepatan menggunakan metode pemilihan *semblance* otomatis ini adalah selain dapat menghasilkan kecepatan dan waktu NMO yang detil dan tepat, dapat juga memberikan gambaran tentang model perlapisan bawah permukaan, beserta dengan estimasi nilai kecepatan rms dan interval di masing-masing lapisan.

4.2 Data Riil

Dengan semua analisa yang telah dijabarkan dalam pembahasan untuk data sintetik, diharapkan akan mempermudah estimasi nilai kecepatan rms maupun interval untuk data riil kali ini. Dalam data sintetik, sinyal-sinyal refleksi hanya muncul tepat pada waktu dimana batas-batas lapisan berada. Sedangkan untuk data riil sinyal yang terekam akan lebih rumit. Terlihat dari data kumpulan CMP riil pada gambar 3.5, hampir di setiap waktu penyampelan muncul lengkung-lengkung hiperbola sinyal refleksi yang menandakan adanya reflektor atau batas lapisan. Sehingga spektrum kecepatan yang terbentuk pun menjadi lebih kompleks.



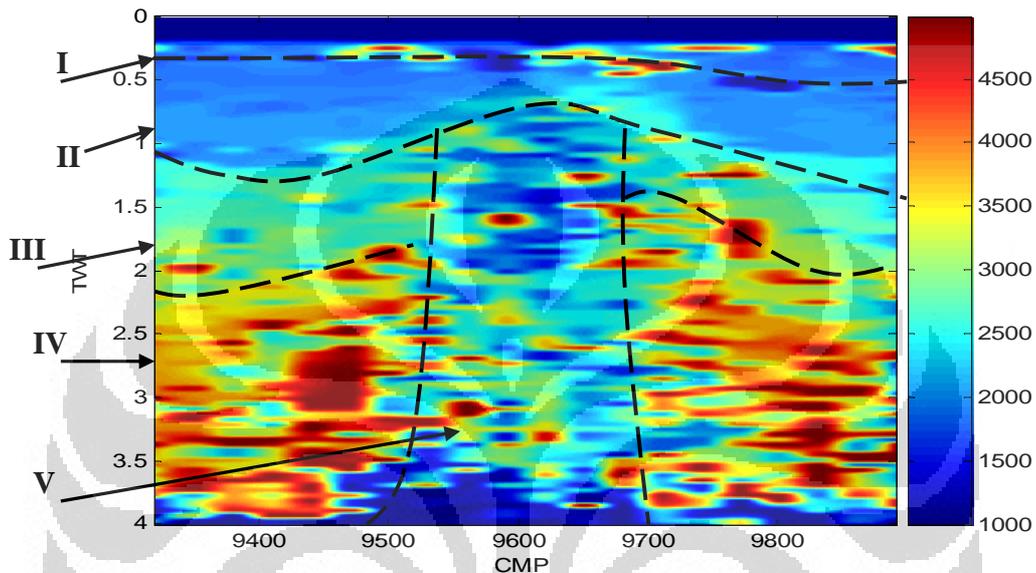


Gambar 4.13. (a) *Semblance* dan (b) fungsi kecepatan rms data riil untuk CMP 9320 & 9470.

Gambar 4.13b menunjukkan hasil pemilihan *semblance* otomatis dari data riil di CMP 9320 & 9470. Seperti yang diperkirakan bahwa fungsi kecepatan rms yang terbentuk akan memiliki intensitas dan nilai fluktuasi yang tinggi. Namun dengan kondisi tersebut masih terlihat bahwa ada kecenderungan fungsi kecepatan rms untuk bertambah seiring bertambahnya waktu. Dan sama seperti data sintetik, pada bagian akhir dari fungsi tersebut nilai kecepataannya mulai cenderung turun.

Dari fungsi kecepatan rms yang terbentuk untuk data riil ini, sangat sulit menentukan nilai-nilai mana yang mewakili kecepatan rms di tiap lapisan. Karena tidak ada informasi mengenai berapa banyak lapisan yang

ada, tiap nilai *semblance* dalam spektrum kecepatan bisa saja berasal dari suatu batas lapisan. Maka dari itu, untuk melakukan estimasi harus melihat langsung pada penampang model kecepatan rms yang terbentuk.



Gambar 4.14. Model kecepatan rms data riil.

Dari gambar 4.14 terlihat bahwa ternyata model geologi yang ada cukup kompleks. Ada suatu lapisan yang berbentuk seperti gunung atau kubah memanjang sampai ke bawah. Bentuk lapisan ini dapat terdeteksi karena memiliki nilai kecepatan relatif lebih rendah dari sekitarnya, sehingga terlihat sekali bahwa lapisan ini memotong lapisan III dan IV, atau bahkan sampai lapisan II.

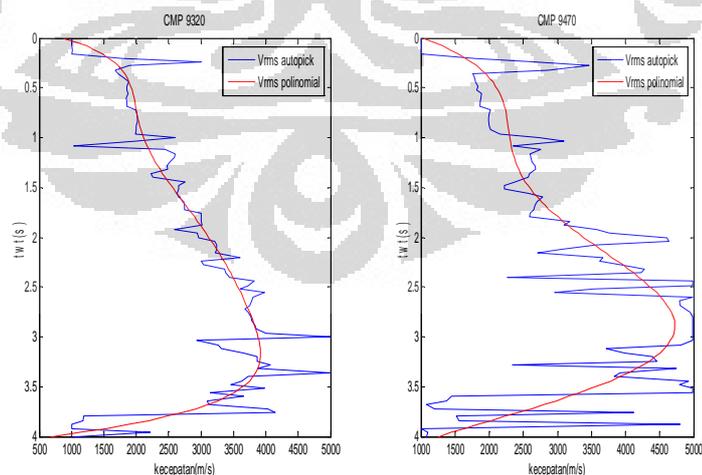
Secara garis besar, model kecepatan rms ini membentuk 4 perlapisan dan satu lapisan kubah yang disebutkan di atas. Dan dengan menggunakan

analisa yang sama seperti data sintetik, didapat nilai kecepatan rms di masing-masing lapisan. Hasilnya tertera pada tabel 4.3.

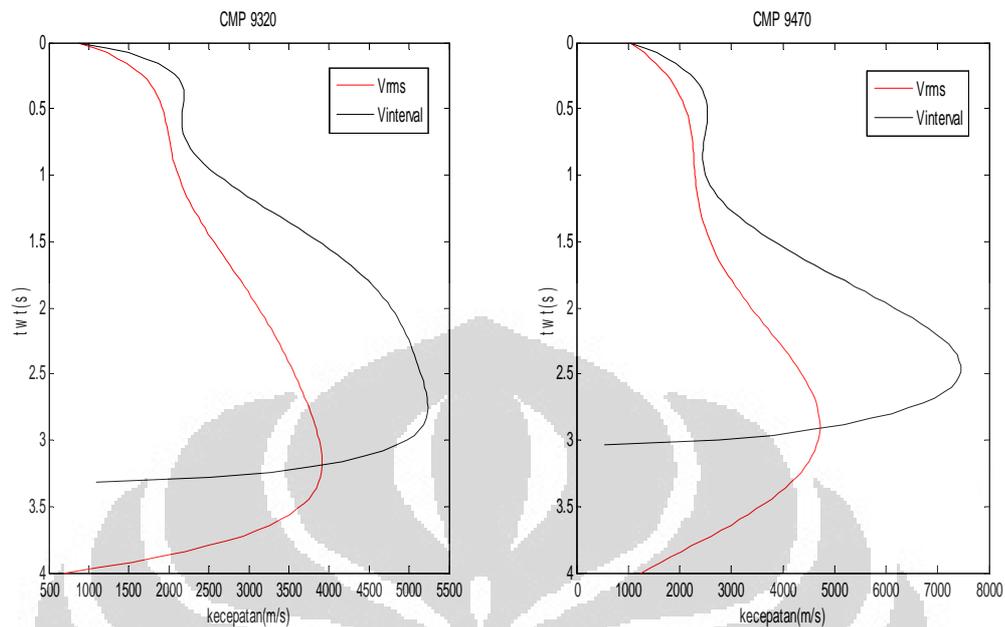
Tabel 4.3. Hasil estimasi kecepatan rms untuk data riil.

lapisan	kecepatan rms estimasi
I	1500 - 2000 m/s
II	2050 - 2600 m/s
III	2700 - 3400 m/s
IV	3500 - 4000 m/s
V (kubah)	2000 - 3000 m/s

Proses selanjutnya adalah menghitung nilai kecepatan interval. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan polinomial di setiap lokasi CMP yang dipilih. Gambar 4.15 menunjukkan hasil polinomial di CMP 9320 dan 9470. Dan gambar 4.16 menampilkan hasil perhitungan kecepatan interval di lokasi CMP yang sama.



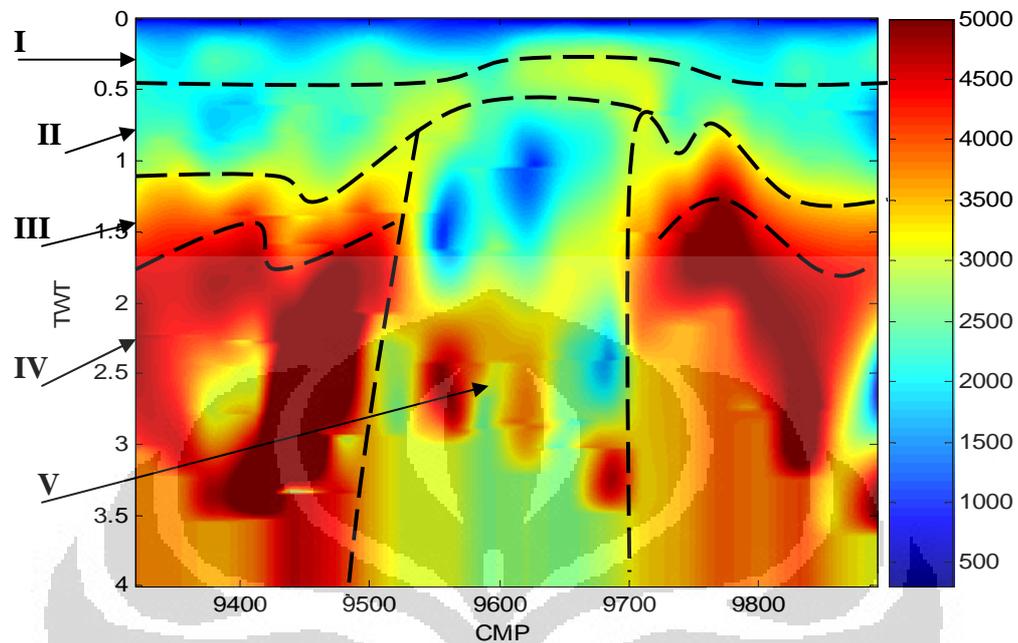
Gambar 4.15. Hasil kecepatan rms polinomial untuk data riil di CMP 9320 & 9470.



Gambar 4.16. Hasil perhitungan kecepatan interval data riil di CMP 9320 & 9470.

Fungsi kecepatan interval yang didapat kondisinya tidak jauh berbeda dengan sewaktu mengolah data sintetik, dan untuk bagian yang hilang akan diberlakukan juga proses ekstrapolasi. Lalu setelah semuanya digabungkan, maka terbentuk model kecepatan interval sebagaimana ditampilkan pada gambar 4.17. Namun perlu diingat bahwa perhatian tidak lagi tertuju pada bentuk perlapisan melainkan hanya pada nilai kecepataannya saja.

Terlihat dari gambar 4.17 bahwa kondisi bentuk perlapisannya sangat berubah drastis, bahkan penampilannya sekarang terlihat kurang teratur. Namun hal ini cukup wajar mengingat betapa sulitnya membuat kondisi riil di alam menjadi sesuatu yang teratur rapih. Walaupun begitu, dari gambar 4.17 masih dapat dengan jelas terlihat batas-batas antar masing-masing lapisan.



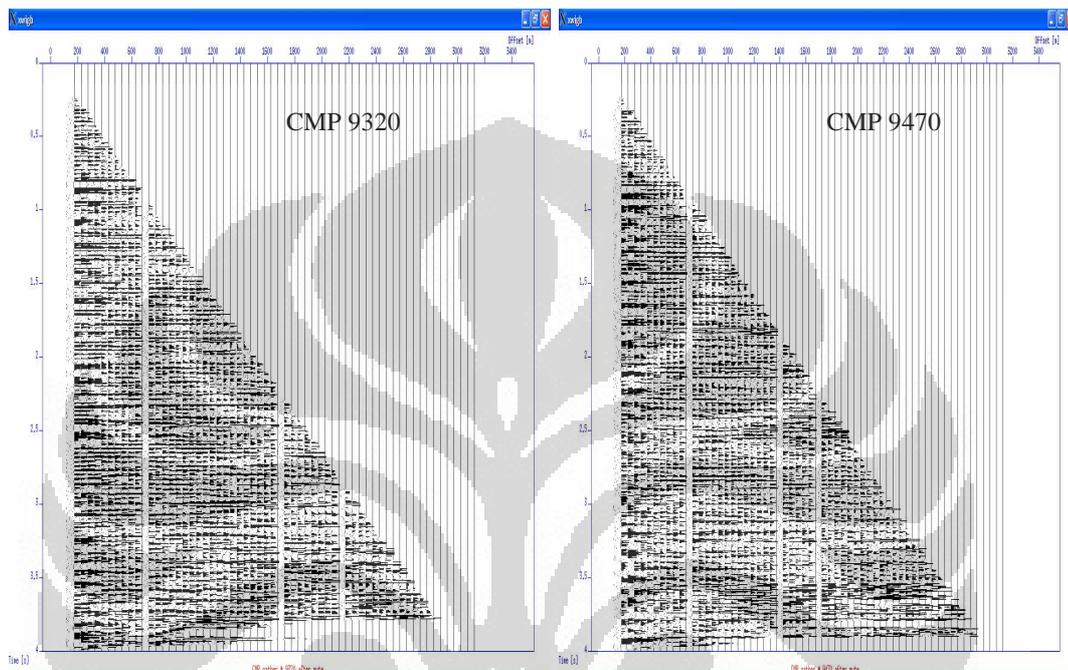
Gambar 4.17. Model kecepatan interval data riil.

Terlihat sekilas bahwa lapisan IV memiliki nilai kecepatan interval terbesar. Namun setelah mencapai nilai maksimum kemudian nilainya cenderung menurun, ini merupakan bagian yang diekstrapolasi. Dan hasil estimasi kecepatan interval berdasarkan model di atas secara keseluruhan ditampilkan dalam tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil estimasi kecepatan interval untuk data riil.

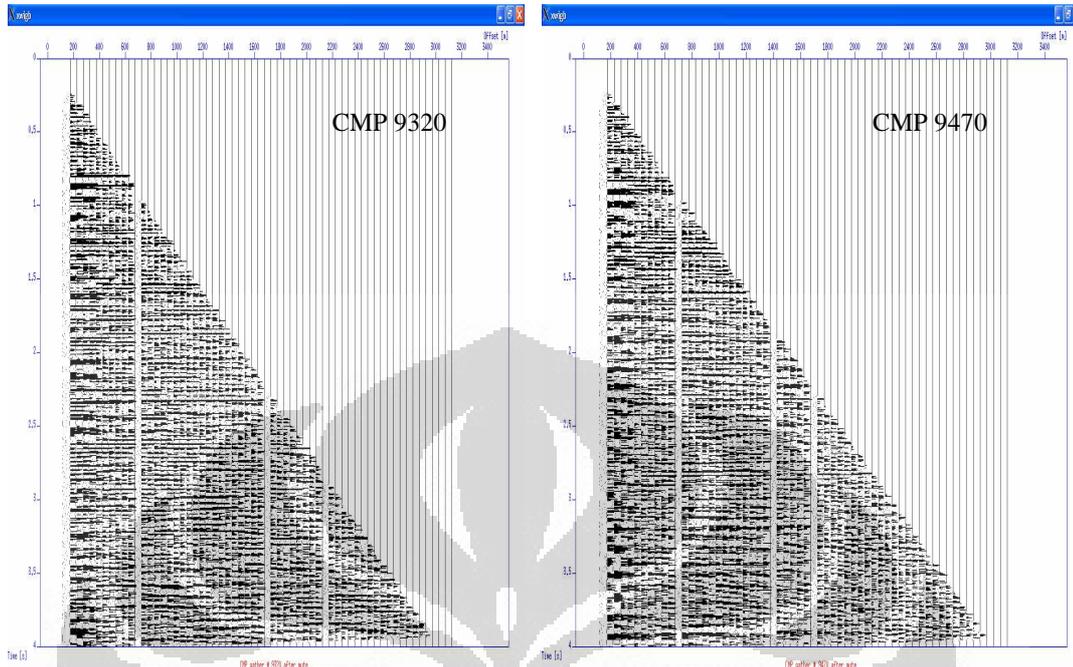
lapisan	kecepatan interval estimasi
I	1500 - 2000 m/s
II	2050 - 3300 m/s
III	3400 - 4300 m/s
IV	4400 - 5000 m/s
V (kubah)	2000 - 3500 m/s

Kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan koreksi NMO. Waktu NMO yang digunakan ialah dari 0 sampai 4 s dengan interval 0,04 s. Hasilnya seperti pada gambar 4.18.



Gambar 4.18. Koreksi NMO dengan pemilihan *semblance* otomatis untuk data riil.

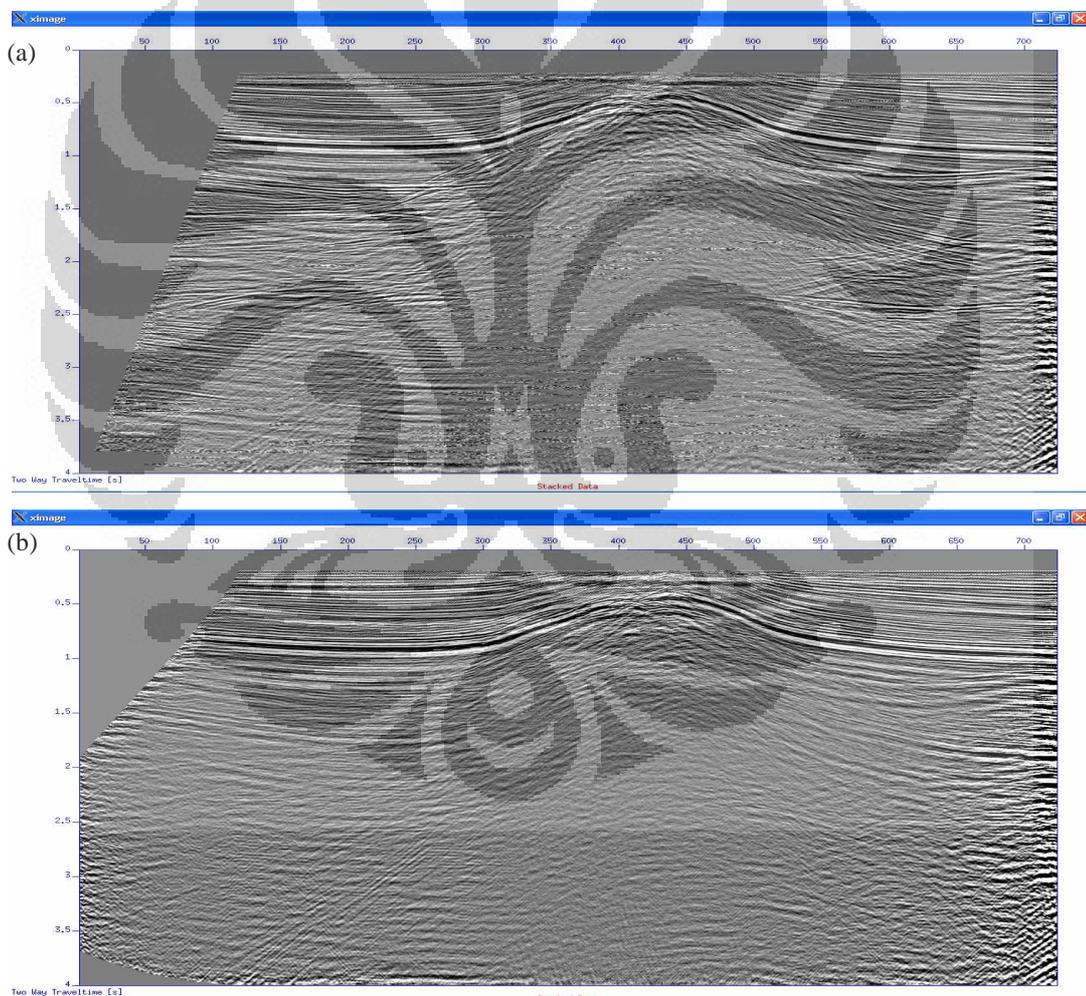
Pada gambar di atas terlihat bahwa sebagian besar lengkung hiperbola sinyal-sinyal refleksi sudah berubah menjadi cukup lurus. Hasil juga telah mengalami proses *muted*, sehingga pengaruh dari efek *NMO stretch* sudah berkurang. Dan jika dibandingkan dengan hasil koreksi NMO dari metode analisa kecepatan interaktif yang ditampilkan oleh gambar 4.19, maka bisa dibilang metode pemilihan *semblance* otomatis ini cukup berhasil.



Gambar 4.19. Koreksi NMO dengan analisa kecepatan interaktif untuk data riil.

Kemudian, hasil *stack* dari kedua metode di atas yang ditunjukkan oleh gambar 4.20, memang menampilkan hasil yang sedikit berbeda. Hasil *stack* dari metode pemilihan *semblance* otomatis sekilas terlihat tidak halus atau banyak *noise*, sedangkan hasil dari analisa kecepatan interaktif terlihat lebih halus. Namun jika dilihat lebih seksama, hasil *stack* dari pemilihan *semblance* otomatis menampilkan reflektor-reflektor yang justru lebih jelas dari pada hasil analisa kecepatan interaktif. Hal ini tidak lain disebabkan oleh perbedaan jumlah dan nilai dari waktu dan kecepatan NMO yang digunakan. Metode analisa kecepatan interaktif menggunakan waktu dan kecepatan NMO lebih sedikit, dan karena datanya cukup kompleks maka

ketidakakuratan pemilihan nilai sangat mungkin terjadi. Sedangkan metode pemilihan *semblance* otomatis menggunakan waktu dan kecepatan NMO yang lebih banyak dengan pemilihan nilai yang sudah teruji. Hanya saja, semakin banyak koreksi NMO yang dilakukan di setiap lokasi CMP semakin besar *NMO stretch* yang muncul, sehingga tidak bisa hilang hanya dengan proses *muting* saja. Hal inilah yang menyebabkan tampilan *stack* dari metode pemilihan *semblance* otomatis terlihat tidak halus.



Gambar 4.20. Hasil *stack* untuk data riil dengan metode (a) pemilihan *semblance* otomatis, (b) analisa kecepatan interaktif.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa untuk data sintetik maupun data riil, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode pemilihan *semblance* otomatis bisa menghasilkan kecepatan dan waktu yang akurat untuk koreksi NMO. Hal ini terbukti atau terlihat pada gambar 4.10 dan 4.18 untuk data sintetik dan data riil. Lengkung-lengkung hiperbola sinyal- sinyal refleksi telah berubah menjadi datar setelah dikoreksi NMO menggunakan hasil analisa kecepatan dari metode ini. Dan jika dibandingkan dengan koreksi NMO menggunakan hasil dari metode analisa kecepatan interaktif, maka hasilnya relatif sama.
2. Keunggulan metode pemilihan *semblance* otomatis adalah tidak perlu lagi memikirkan *semblance* mana yang cocok untuk sinyal-sinyal refleksi tertentu, karena pemilihan *semblance* dilakukan secara otomatis setiap interval waktu yang telah ditentukan. Hal ini tentunya berbeda dengan metode analisa kecepatan interaktif yang sangat rawan akan kesalahan pemilihan posisi dan nilai *semblance*.
3. Metode pemilihan *semblance* otomatis juga bisa memberikan gambaran penampang geologi yang cukup akurat tanpa harus

melakukan *stacking* terlebih dahulu. Keakuratan ini terlihat dari bentuk perlapisan model kecepatan rms untuk data sintetik pada gambar 4.6a yang tidak jauh berbeda dengan model sintetiknya (4.6b).

4. Ditambah lagi, dari setiap model penampang yang terbentuk bisa dilakukan estimasi nilai kecepatan rms dan interval di masing-masing lapisan. Namun perlu diingat bahwa untuk menentukan nilai kecepatan tiap-tiap lapisan diperlukan kejelian dalam menentukan batas-batas antar lapisan. Ketepatan hasilnya bisa dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2, yaitu estimasi nilai kecepatan rms dan interval untuk data sintetik. Dari kedua tabel tersebut terlihat bahwa estimasi kisaran nilai kecepatan di tiap-tiap lapisan sangat mendekati nilai kecepatan sintetiknya.
5. Penampang model kecepatan yang dihasilkan dari metode ini tidak bisa menampilkan objek yang relatif detil atau kecil. Penampang tersebut hanya menampilkan gambaran umum dari model perlapisan yang ada. Contohnya adalah objek bulatan kecil yang ada di lapisan kedua pada model sintetik (gambar 4.6b) tidak tampak pada hasil model kecepatan rms (gambar 4.6a).
6. Masalah lain yang cukup mengganggu adalah efek NMO *stretch*. Jika tidak di atasi dengan proses lebih lanjut, hal ini dapat mengganggu kualitas hasil *stacking*. Contohnya terlihat pada penampang seismik yang dihasilkan melalui metode pemilihan *semblance* otomatis (gambar 4.20a) terlihat lebih kasar dari tampilan penampang seismik

melalui hasil analisa kecepatan interaktif (gambar 4.20b), hal ini tidak lain pengaruh dari efek NMO *stretch*.

5.2. Saran

Dari pengalaman yang didapat setelah melakukan proses pengolahan data untuk Tugas Akhir ini, ada beberapa saran yang cukup bermanfaat:

1. Data kumpulan CMP yang akan dianalisa harus sebersih mungkin dari *noise*. Untuk itu, perlu dilakukan *preprocessing* semaksimal mungkin, terutama filter-filter untuk mengurangi *noise* multipel. Karena *noise* ini sangat mengganggu dalam analisa kecepatan. Namun pengolahan lain seperti TAR, dekonvolusi, dan *editing* juga perlu dimaksimalkan demi menghasilkan kualitas data yang bagus.
2. Karena perangkat lunak yang digunakan dalam metode ini cukup terbuka (*open source*), maka jika diperlukan selain *preprocessing* bisa juga langsung melakukan *editing* terhadap komponen yang membentuk spektrum kecepatan. Dari spektrum tersebut bisa diambil bagian-bagian yang bebas *noise* saja. Cara ini berguna untuk menghilangkan pengaruh sinyal multipel.

DAFTAR ACUAN

- Juanda, 2007. *Pemodelan Respon Seismik Dengan Metode Finite Difference Berbasis Matlab*, Skripsi S1 Fisika, Universitas Indonesia.
- Li, Jintan, and Symes, William W., 2007. *Interval Velocity Estimation via NMO-Based Differential Semblance*, Society of Exploration Geophysicist.
- Munadi, Suprajitno, 2002. *Pengolahan Data Seismik "prinsip dasar dan metodologi"*, University of Indonesia, Depok.
- Mussett, Alan E., and Khan, M.A., *Looking Into The Earth*, Cambridge University Press, New York.
- Scales, John A., 1997. *Theory of Seismic Imaging*, Release 2.2. Samizdat Press
- Sheriff, R.E, and Geldart, L.P, 1995. *Exploration Seismology*, Second Edition. Cambridge University Press, New York.
- Stockwell, John W., and Cohen, Jack K., 2007. *The New SU User's Manual*, Version 3.3, SEG-CWP, Colorado School of Mines.
- Telford, W.M., Sheriff, R.E., and Geldart, L.P, 1990. *Applied Geophysics*, Second Edition. Cambridge University Press, New York.
- www.sandmeier-geo.de/Reflex/refl2da.htm, Wednesday, March 19, 2008, 12:57:14 PM.

Yilmaz, Oz, 1987. *Seismic Data Processing*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.

Yilmaz, Oz, 2001. *Seismic Data Analysis*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa. 292-318

