



UNIVERSITAS INDONESIA

STUDI KOMPARASI INVERSI SEISMİK ANTARA METODE *BAND LIMITED* DAN *LINEAR PROGRAMMING SPARSE SPIKE* PADA DATA SEISMİK

SKRIPSI

AGUS RIYANTO

0806315401

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

JUNI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

STUDI KOMPARASI INVERSI SEISMIK ANTARA METODE *BAND LIMITED* DAN *LINEAR PROGRAMMING SPARSE SPIKE* PADA DATA SEISMIK

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

AGUS RIYANTO

0806315401

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

JUNI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri
dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk
sudah saya nyatakan dengan benar

Nama : Agus Riyanto

NPM : 0806315401

Tanda tangan : 

Tanggal : Jumat, 15 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Agus Riyanto

NPM : 0806315401

Program Studi : Fisika

Judul skripsi : Studi Komparasi Inversi Seismik Metode Bandlimited dan Linear Programming Sparse Spike pada Data Seismik.

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. rer. nat. Abdul Haris

()

Pembimbing II : Prof. Dr. Suprayitno Munadi

()

Penguji I : Drs. M. Syamsu Rosid, P.Hd

()

Penguji II : Dr. Eng. Supriyanto, M.Sc

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 14 Juni 2012

"Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal. Yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia. Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka. " (Ali Imran:190-191).

"Jangan pernah menganggap belajar sebagai suatu kewajiban, tetapi anggaplah ia sebagai suatu kesempatan menyenangkan untuk membebaskan diri dalam mempelajari keindahan alam dan kehidupan. Belajar adalah untuk kebahagiaanmu sendiri dan akan memberikan keuntungan bagi masyarakat tempatmu bekerja nanti."

(Albert Einstein)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamin, segala puji hanya milik Allah tuhan semesta alam, atas limpahan taufik dan keberkahanNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul: **"Studi Komparasi Inversi Seismik antara Metode Bandlimited dan Linear Programming Sparse Spike pada Data Seismik"** dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa terlimpah kepada Baginda Muhammad Salallahu 'Alaihi Wassalam, beserta segenap keluarga, sahabat dan pengikutnya yang setia hingga akhir zaman.

Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana di Departemen Fisika, Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini sulit kiranya bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Kedua Orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doa selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. rer. nat. Abdul Haris, selaku Pembimbing I yang telah rela mengorbankan banyak waktunya untuk memberikan pengarahan kepada penulis serta berbagai fasilitas yang diberikan.
3. Bapak Prof. Dr. Suprajitno Munadi, selaku Pembimbing II yang sudah dengan sabar dan baik hati memberikan pengarahan dan ilmu yang berharga kepada penulis selama mengerjakan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Syamsu Rosid selaku penguji I sekaligus Ketua sidang seminar Tugas Akhir, yang telah memberikan saran dan koreksinya dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini serta atas ilmu yang telah diberikan selama di Fisika.
5. Bapak Dr. Eng. Supriyanto M. Sc. selaku penguji II atas waktunya untuk berdiskusi dan segala masukan serta koreksinya dalam laporan tugas akhir ini.

6. Seluruh Dosen dan Karyawan Departemen Fisika UI, khususnya Ibu Ratna yang telah banyak membantu penulis dalam mengurus surat-surat dan berbagai berkas untuk melengkapi syarat pengajuan skripsi dan seminar.
7. Teman – Teman seperjuangan Fisika UI angkatan 2008 atas dukungan dan telah memberi warna dalam hidup penulis selama kurun waktu 4 tahun.
8. Teman-teman seperti Andi, Jonathan dan Chrisna atas kerja sama yang baik serta dukungan selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
9. Teman-teman senior dan junior Fisika UI yang memberi semangat dan dukungan moril terhadap penulis.
10. Seluruh pihak yang membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini baik secara langsung dan tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah membalas jasa semua pihak tersebut diatas dengan sebaik-baiknya balasan. Penulis juga menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu perlu kiranya saran dan kritik yang membangun demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Jakarta, Juni 2012

Penulis

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

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, penulis yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agus Riyanto
NPM : 0806315401
Program Studi : S-1 Reguler Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

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

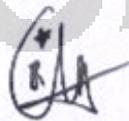
Studi Komparasi Inversi Seismik Metode *Bandlimited* dan *Linear Programming Sparse Spike* Pada Data Seismik.

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

Demikian pernyataan ini penulis buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 15 Juni 2012

Yang menyatakan,



(Agus Riyanto)

ABSTRAK

Nama : Agus Riyanto

Program Studi : Fisika

Judul : Studi Komparasi Inversi Seismik Antara Metode *Bandlimited* dan *Linear Programming Sparse Spike* pada data seismik.

Inversi seismik telah diaplikasikan untuk membantu proses interpretasi data seismik dengan menghasilkan parameter impedansi akustik yang dapat berguna dalam karakterisasi suatu reservoir hidrokarbon. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan inversi seismik antara lain : BLIMP (*Bandlimited Impedance Inversion*), *Model Based Inversion* dan *Sparse Spike Inversion*. Pada kasus ini dibandingkan dua buah metode antara *bandlimited inversion* dan *linear programming sparse spike inversion*. Metode *bandlimited* menggunakan deret tras seismik sebagai koefisien refleksi untuk kemudian dilakukan penambahan *low frequency trend* dari data impedansi sumur kepada setiap tras seismik. Sedangkan untuk metode *linear programming sparse spike inversion* mempergunakan deret reflektivitas hasil proses dekonvolusi yang masih bersifat *bandlimited* diolah dengan metode pemograman linier untuk menghasilkan deret reflektivitas yang *sparse spike*. *Linear programming sparse spike inversion* menunjukkan hasil impedansi akustik dengan karakteristik yang *blocky* sedangkan metode *bandlimited* menghasilkan impedansi akustik dengan karakter *smooth* menyerupai tras seismik. *Linear programming sparse spike* memiliki daya pisah yang lebih baik dibandingkan metode *bandlimited* tampak dari keberhasilan metode ini menunjukkan kemungkinan adanya patahan pada zona target yang tidak dapat ditunjukkan oleh metode *bandlimited*.

Kata kunci : *Bandlimited Impedance Inversion*, *Linear Programming Sparse Spike Inversion*, impedansi akustik.

xvi + 65 halaman : 68 Gambar, 3 tabel dan 4 bagan

Daftar Acuan : 7 (1983-2008)

ABSTRACT

Name : Agus Riyanto
Study Program : Physics
Title : Comparison of Seismic Inversion Method between Bandlimited and Linear Programming Sparse Spike.

Seismic inversion method has been applied to the interpretation of seismic data and has been successful for mapping acoustic impedance distribution which is useful for reservoir characterization. There are at least three methods of post stack seismic inversion, Band Limited Impedance Inversion, Model Based Inversion and Sparse Spike Inversion. In this study it has been compared two inversion methods between bandlimited inversion and linear programming sparse spike inversion. Bandlimited inversion method uses seismic trace as series of reflection coefficient then added low frequency trend of acoustic impedance from well to each seismic trace. The other side linear programming sparse spike inversion uses linear programming algorithm for producing sparse spike reflection coefficient. Linear programming sparse spike inversion result acoustic impedance with blocky structure and the other hand bandlimited show smooth structure like seismic trace. Linear programming sparse spike inversion has better resolution than bandlimited inversion, linear programming sparse spike inversion could show existence of fault in target zone which bandlimited failed to show it.

Keyword : *Bandlimited Impedance Inversion, Linear Programming Sparse Spike Inversion*, acoustic impedance.

xvi + 65 pages : 68 figures, 3 tables dan 4 charts

Bibliography : 7 (1983-2008)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR BAGAN	xvi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Metode Penelitian.....	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
2. TEORI DASAR	5
2.1. Inversi Seismik.....	5
2.2. Model Konvolusi.....	6
2.3. Bandlimited Impedance Inversion.....	9
2.4. Linear Program Sparse Spike Inversion	10
2.5. Pemrograman Linier	16
2.6 Metode Simplex	18
3. PENGOLAHAN DATA	24
3.1. Pengolahan Data Sintetik.....	24
3.1.1. Band Limited Impedance Inversion	27
3.1.2. Linear Programming Sparse Spike Inversion	36
3.2. Data Real.....	46

3.3.1. Konversi Satuan Kedalaman Pada Menjadi Two Way Time	47
3.2.2. Picking Horizon	50
3.2.3. Band Limited Impedance Inversion	52
3.2.4. Linear Programming Sparse Spike Inversion	53
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1. Hasil Pengolahan Data Sintetik	56
4.2. Hasil Pengolahan Data Real.....	61
5. KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	64
DAFTAR ACUAN	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Proses pembentukan model <i>trace seismic</i> tanpa noise.....	6
Gambar 3. 1	Model startigrafi (diadopsi dari Introduction to seismic inversion method, Brian H. Russel).....	24
Gambar 3. 2	Log sintetik berdasarkan model bumi dari Gambar 1 (a) log v_p , (b) log densitas, dan (c) log impedansi hasil perkalian v_p dengan densitas	24
Gambar 3. 3	Model bumi yang dibuat dari data impedansi akustik dengan jumlah CDP 75.....	25
Gambar 3. 4	Koefisien refleksi pada satu tras	25
Gambar 3. 5	Ricker wavelet dengan frekuensi dominan 30 Hz	26
Gambar 3. 6	Penampang seismik sintetik dengan jumlah tras seismik 75	26
Gambar 3. 7	Spektrum <i>amplitude</i> dari tras seismik	28
Gambar 3. 8	Spektrum <i>amplitude</i> impedansi akustik	28
Gambar 3. 9	Trend dari log impedansi.....	29
Gambar 3. 10	Log impedansi yang sudah dikurangi trend linier.....	29
Gambar 3. 11	Spektrum <i>amplitude</i> impedansi akustik yang sudah dikurangi trend linier	30
Gambar 3. 12	Spektrum <i>amplitude</i> dari proses <i>bandpass filter</i> dan juga integrasi yang dilakukan dalam domain frekuensi.....	30
Gambar 3. 13	Hasil tras seismik yang sudah diintegrasikan dan juga dilakukan <i>bandpass filter</i>	31
Gambar 3. 14	Hasil dari integrasi tras seismik yang di eksponensialkan.....	31
Gambar 3. 15	Hasil dari eksponensial kemudian dikurangi nilai <i>mean</i>	31
Gambar 3. 16	Spektrum <i>amplitude</i> dari langkah 4	32
Gambar 3. 17	Spektrum <i>amplitude</i> dari langkah (5) dikalikan pengali skalar yang sudah dihitung pada langkah (6).....	32
Gambar 3. 18	Spektrum <i>amplitude</i> dari langkah (2) yang sudah dilakukan <i>lowpass filter</i> 10 Hz	33
Gambar 3. 19	Spektrum <i>amplitude</i> hasil gabungan proses <i>lowpass filter</i> dan <i>bandpass filter</i> dari langkah (7) dan (8).....	33

Gambar 3. 20 Hasil <i>inverse Fourier transform</i> terhadap spektrum <i>amplitude</i> gabungan.....	34
Gambar 3. 21 Nilai impedansi hasil proses BLIMP berwarna merah, dibandingkan dengan model impedansi input berwarna biru.	34
Gambar 3. 22 Penampang impedansi hasil inversi BLIMP terhadap penampang seismik dari Gambar 3.6.....	35
Gambar 3. 23 Koefisien refleksi hasil proses dekonvolusi antara tras seismik dengan <i>wavelet</i>	38
Gambar 3. 24 Perbandingan koefisien refleksi hasil inversi <i>sparse spike</i> dengan koefisien refleksi dari model impedansi.....	38
Gambar 3. 25 Perbandingan tras seismik input (biru) dengan tras seismik yang dihasilkan dari konvolusi antara koefisien refleksi hasil inversi dengan <i>wavelet</i> (merah).	39
Gambar 3. 26 Perbandingan impedansi akustik (biru model impedansi input, merah impedansi hasil proses rekursif, hijau impedansi hasil perumusan kr sebagai fungsi kontinyu).....	39
Gambar 3. 27 Perbandingan impedansi akustik hasil inversi dengan $\alpha=1$ (biru impedansi input, inversi rekursif, hijau inversi kontinyu).....	40
Gambar 3. 28. Koefisien refleksi dekonvolusi yang masih bersifat <i>bandlimited</i> ..	40
Gambar 3. 29 Koefisien refleksi hasil dekonvolusi (merah) dengan koefisien refleksi input(biru)	41
Gambar 3. 30 Perbandingan koefisien refleksi hasil L_p (merah) dengan koefisien refleksi hasil dekonvolusi(biru)	41
Gambar 3. 31 Perbandingan koefisien refleksi hasil L_p (merah) dengan model koefisien refleksi input(biru)	42
Gambar 3. 32 Perbandingan tras seismik antara tras seismik input(biru) dengan tras seismik hasil konvolusi antara koefisien refleksi hasil inversi dengan <i>wavelet</i> (merah)	42
Gambar 3. 33 Perbandingan model impedansi akustik input(biru), impedansi akustik hasil inversi rekursif(merah) dan impedansi akustik inversi kontinyu(hijau).....	43
Gambar 3. 34 Perbandingan impedansi akustik ketika $\alpha=4$	43

Gambar 3. 35 Koefisien refleksi dekon(merah) dengan model koefisien refleksi input(biru).....	44
Gambar 3. 36 Perbandingan koefisien refleksi dekon(biru) dengan koefisien refleksi hasil lp(merah).....	44
Gambar 3. 37 Perbandingan koefisien refleksi hasil lp(merah) dengan model koefisien refleksi input(biru)	45
Gambar 3. 38 Perbandingan tras seismik input(biru) dengan tras seismik hasil lp(merah)	45
Gambar 3. 39 Perbandingan model impedansi akustik input(biru) dengan impedansi hasil inversi rekursif (merah) dan inversi kontinyu (hijau) dengan nilai $\alpha = 1$	46
Gambar 3. 40 Perbandingan impedansi aksutik hasil lp <i>sparse spike</i> (a) $\alpha=4$, (b) $\alpha=6$ dan (c) $\alpha=7$	46
Gambar 3. 41 Penampang seismik real inline 39.....	47
Gambar 3. 42 Log sumur vp, density dan juga data impedansi akustik.....	47
Gambar 3. 43 Log impedansi akustik yang sudah dikonversi dari satuan meter menjadi twt(ms)	48
Gambar 3. 44 Proses penyesuaian event tras seismik dengan koefisien refleksi sumur	49
Gambar 3. 45 Data impedansi akustk dari sumur yang sudah disesuaikan dengan rentang waktu dari data seismik.....	50
Gambar 3. 46 Zona target pada data impedansi akustik	50
Gambar 3. 47 Proses picking horizon pada penampang seismik.....	51
Gambar 3. 48 Hasil picking horizon pada inline 39	51
Gambar 3. 49 Spektrum <i>aplitude</i> pada tras seismik 4.....	52
Gambar 3. 50 Model bumi pada zona target yang diperoleh dari proses ekstrapolasi data impedansi akustik	52
Gambar 3. 51 Hasil impedansi akustik pada daerah target dengan proses inversi BLIMP	53
Gambar 3. 52 Wavelet hasil ekstraksi metode statistik dengan lebar 100ms.....	53

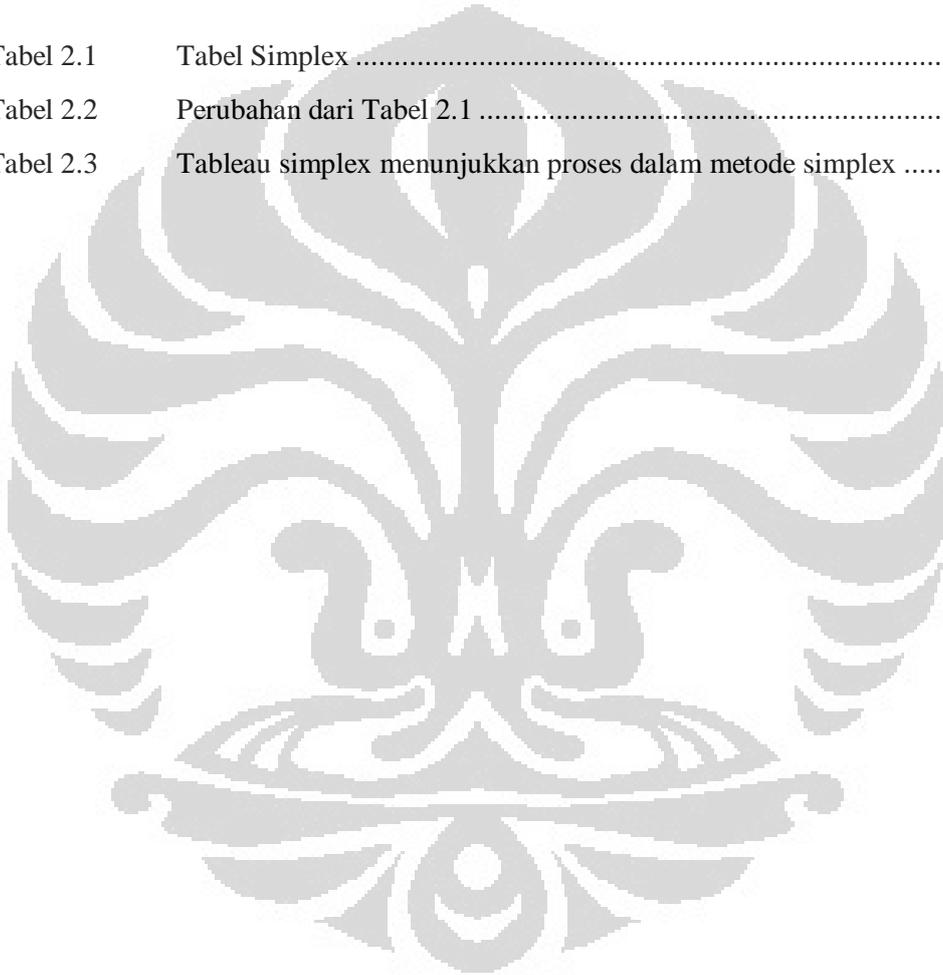
Gambar 3. 53 Hasil proses dekonvolusi yang dikerjakan dalam domain frekuensi hasil pembagian spektrum amplitude tras seismik dengan spektrum amplitude wavelet hasil ekstraksi	54
Gambar 3. 54 Koefisien refleksi hasil dekonvolusi pada zona target	54
Gambar 3. 55 Penampang impedansi hasil inversi LP sparse spike	55
Gambar 4.1 Model bumi sintetik yang dipergunakan pada pengolahan data sintetik	56
Gambar 4. 2 Penampang impedansi hasil inversi metode BLIMP	56
Gambar 4. 3 Penampang impedansi akustik hasil inversi LP sparse spike dengan nilai alpha=0	57
Gambar 4. 4 Penampang impedansi hasil inversi LP sparse spike dengan alpha=1	57
Gambar 4. 5 Hasil inversi LP sparse spike dengan input koefisien refleksi masih bersifat bandlimited dengan parameter alpha=1	58
Gambar 4. 6 Hasil inversi LP sparse spike dengan input koefisien refleksi masih bersifat bandlimited dengan parameter alpha=4	58
Gambar 4. 7 Hasil LP sparse spike untuk kasus kr input masih bersifat bandlimited serta mengalami shifting dengan parameter alpha=1	59
Gambar 4. 8 Hasil LP sparse spike untuk kasus kr input masih bersifat bandlimited serta mengalami shifting dengan parameter alpha=4	60
Gambar 4. 9 Hasil LP sparse spike untuk kasus kr input masih bersifat bandlimited serta mengalami shifting dengan parameter alpha=6	60
Gambar 4. 10 Hasil LP sparse spike untuk kasus kr input masih bersifat bandlimited serta mengalami shifting dengan parameter alpha=7	61
Gambar 4. 11 Penampang impedansi akustik hasil inversi metode BLIMP pada zona target.....	62
Gambar 4. 12 Hasil impedansi akustik metode LP sparse spike	62
Gambar 4. 13 Waktu pengerjaan metode BLIMP (kiri), LP Sparse Spike (kanan)	63

DAFTAR BAGAN

Bagan 2.1	Diagram alir penelitian.....	3
Bagan 3. 1	Diagram alir metode BLIMP.....	27
Bagan 3. 2	Diagram alir LP <i>Sparse spike</i>	36
Bagan 3. 3	Algoritma Linier Program.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Simplex.....	19
Tabel 2.2	Perubahan dari Tabel 2.1.....	20
Tabel 2.3	Tableau simplex menunjukkan proses dalam metode simplex.....	23



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemanfaatan Metode Geofisika dalam dunia industri minyak dan gas bumi sangat penting keberadaannya. Metode Geofisika dimanfaatkan dalam memperoleh dan membuat gambaran bawah permukaan yang menjadi acuan dalam proses eksplorasi. Metode geofisika dapat juga dimanfaatkan untuk melakukan karakterisasi reservoir. Metode seismik refleksi merupakan metode utama dalam pencarian hidrokarbon, baik dalam tahap eksplorasi maupun pada tahap produksi dan pengembangan. Metode ini dapat menggambarkan keadaan geologi bawah permukaan bumi dengan baik, sehingga perangkap-perangkap hidrokarbon, baik struktur maupun stratigrafi dapat dikenali dengan baik.

Tidak hanya memberikan informasi terkait struktur geologi yang dapat menjadi jebakan hidrokarbon, selain itu dari data seismik ini dapat pula diperoleh parameter fisis yang berguna dalam karakterisasi suatu reservoir hidrokarbon. Salah satu parameter yang dapat dipergunakan dalam tahap interpretasi suatu reservoir yakni impedansi akustik. Parameter ini merupakan parameter tersembunyi yang tidak dapat langsung diperoleh dari data seismik, namun memerlukan proses inversi untuk memperolehnya. Inversi seismik sendiri dapat diartikan sebagai proses penentuan karakteristik fisik batuan dan fluida yang menghasilkan rekaman seismik (Haris, 2009). Salah satu kesulitan dari proses inversi yaitu sifat data seismik yang memiliki keterbatasan pita frekuensi, hal ini menyebabkan permasalahan ketidakunikan terhadap hasil dari proses inversi.

Salah satu upaya untuk mengatasi masalah ketidakunikan ini yaitu dengan menambahkan data impedansi dari sumur pemboran sebagai data frekuensi rendah pada data seismik, dan cara ini pada awalnya dikenal dengan istilah 'SAIL' (*Seismic Approximate Impedance Log*) yang kemudian berkembang dan lebih dikenal sebagai metode *Band Limited Impedance Inversion*. Namun tetap

saja cara tersebut masih memiliki keterbatasan pita frekuensi. Upaya selanjutnya dilakukan dengan membuat model bumi yang mengasumsikan bahwa bumi tersusun atas lapisan yang homogen sehingga koefisien refleksi dapat dituliskan sebagai suatu fungsi delta dirak yang hanya memiliki nilai pada waktu tertentu saja, sedangkan pada waktu yang lain akan bernilai nol. Model seperti ini memiliki spektrum frekuensi yang tak terbatas (Oldenburg et. al. , 1983).

Kedua upaya tersebut merupakan proses dalam inversi seismik untuk memperoleh Gambaran impedansi akustik yang benar dan tepat, sehingga dapat mempermudah dalam proses interpretasi suatu reservoir serta mengurangi resiko kegagalan dalam pemboran. Oleh sebab itu sebagai salah satu bentuk pembelajaran bagi penulis, maka dalam skripsi ini penulis melakukan penelitian terhadap kedua buah metode tersebut.

1.2. Tujuan

Tugas akhir ini bertujuan:

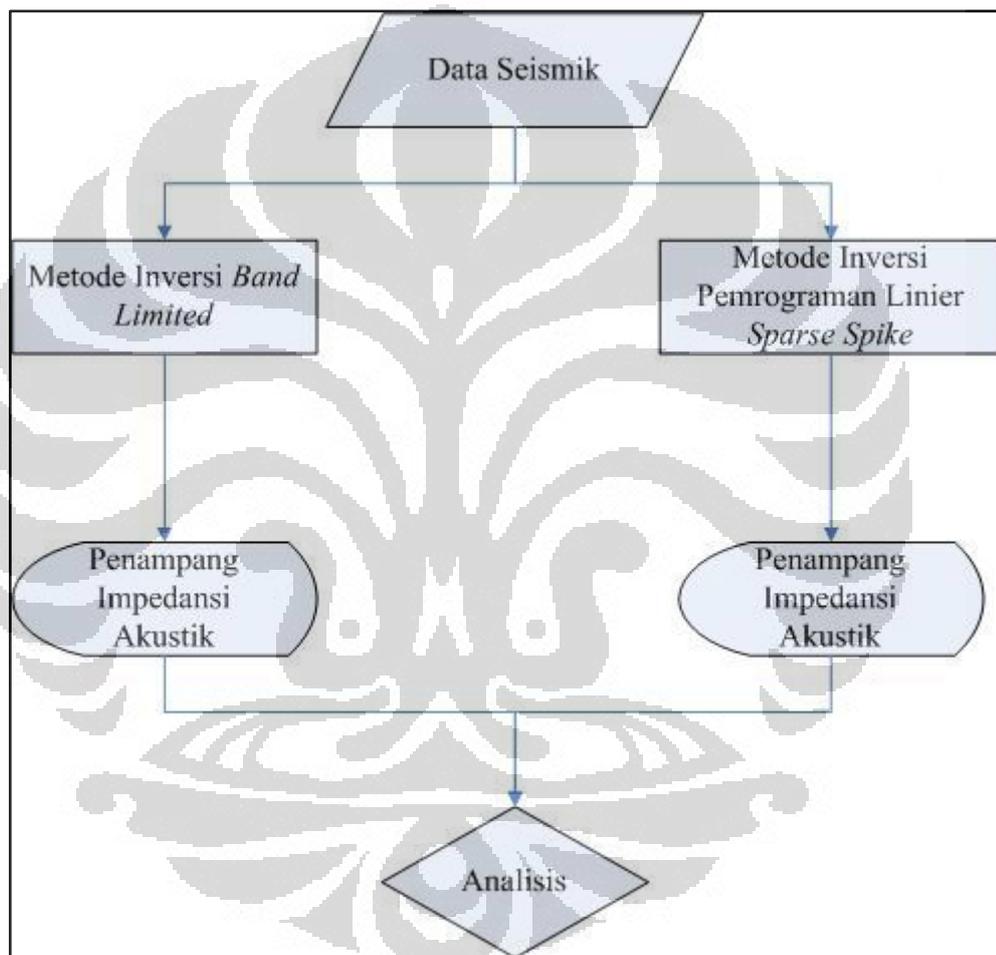
1. Mempelajari dan memahami metode inversi seismik.
2. Mengimplimentasikan algoritma *Band Limited Impedance Inversion* dan *Linear Programming Sparse Spike Inversion* menggunakan program matlab.
3. Menganalisa serta membandingkan hasil dari pengolahan algoritma tersebut pada data sintetik dan data seismik real.

1.3. Batasan Masalah

Pada skripsi ini penulis menggunakan dua buah jenis data yakni data sintetik dan data seismik real. Data seismik real yang dipergunakan merupakan data *post stack* yang dilengkapi data sumur. Selain itu untuk data seismik sintetik gelombang seismik masih dianggap sebagai gelombang stasioner serta seismogram dianggap bebas dari noise.

1.4. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan dua buah metode yakni *band limited impedance inversion* dan *linear programming sparse spike inversion*. Keduanya diujikan pada dua buah jenis data yaitu data sintetik dan data real untuk kemudian dilakukan analisa terhadap hasil yang diperoleh dari kedua metode tersebut. Penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman Matlab.



Bagan 2.1 Diagram alir penelitian

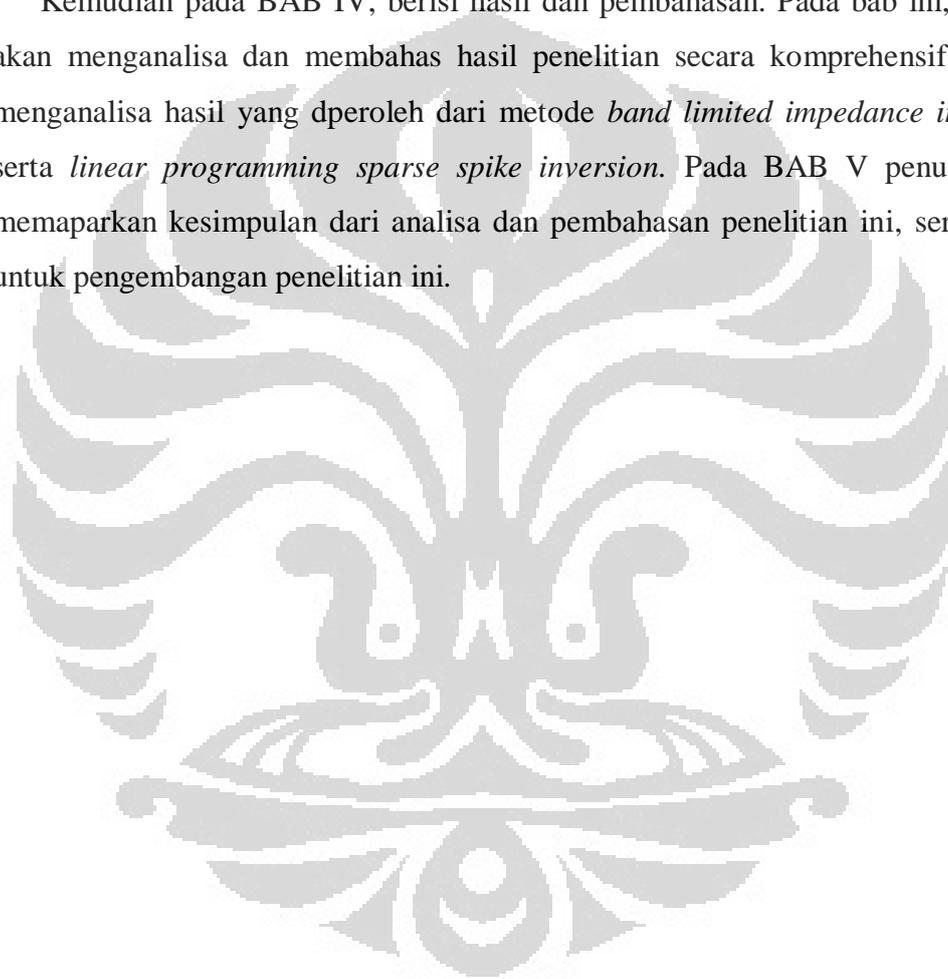
1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini secara singkat dijelaskan sebagai berikut. Pada BAB I berisi pendahuluan, bab ini terdiri dari latar belakang, tujuan

penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

Dalam BAB II berisi teori dasar, pada bab ini penulis akan membahas mengenai teori-teori yang mendasari penelitian dan juga mengenai penelitian sebelumnya. Selanjutnya, pada BAB III berisi pengolahan data, bab ini meliputi diagram alir metode penelitian, pengolahan data seismik sintetik dan pengolahan data seismik real.

Kemudian pada BAB IV, berisi hasil dan pembahasan. Pada bab ini, penulis akan menganalisa dan membahas hasil penelitian secara komprehensif dengan menganalisa hasil yang diperoleh dari metode *band limited impedance inversion* serta *linear programming sparse spike inversion*. Pada BAB V penulis akan memaparkan kesimpulan dari analisa dan pembahasan penelitian ini, serta saran untuk pengembangan penelitian ini.



BAB II

TEORI DASAR

2.1. Inversi Seismik

Secara sederhana inversi dapat diartikan sebagai suatu proses pembalikan dari proses forward, sudah banyak cabang ilmu dan tidak hanya geofisika saja yang memanfaatkan metode inversi guna memperoleh suatu informasi penting. Sedangkan dalam geofisika sendiri, kata inversi dapat dipahami sebagai suatu proses seorang geofisikawan untuk memperoleh karakteristik fisis didalam bumi dari data yang diperoleh saat pengukuran dipermukaan bumi. Dan lebih mengerucut lagi mengenai inversi seismik. Proses inversi seismik adalah suatu metoda untuk mendapatkan Gambaran model geologi bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai data input utama dan data sumur sebagai data kontrol . Menurut Abdul Haris, Inversi seismik sendiri dapat diartikan sebagai proses penentuan karakteristik fisik batuan dan fluida yang menghasilkan rekaman seismik (Haris, 2009). Kesemua definisi diatas sama-sama menyatakan bagaimana proses inversi tersebut dapat memperoleh informasi fisis dari dalam bumi dan ditunjang pula dengan data sumur.

Salah satu hasil yang didapat menggunakan metoda inversi adalah informasi yang terkandung di dalam lapisan batuan berupa impedansi akustik. Dari informasi impedansi ini dapat dikorelasikan secara kuantitatif dengan parameter fisis lain pada reservoir yang terukur pada sumur, seperti porositas, saturasi air, dan sebagainya.

2.2. Model Konvolusi

Pengukuran pada metode seismik tidak lain merupakan merupakan proses konvolusi antara gelombang sumber(source) yang dikirimkan dengan koefisien reflektivitas yang menghasilkan tras sesimik, ditambah dengan noise dan dirumuskan sebagai berikut.

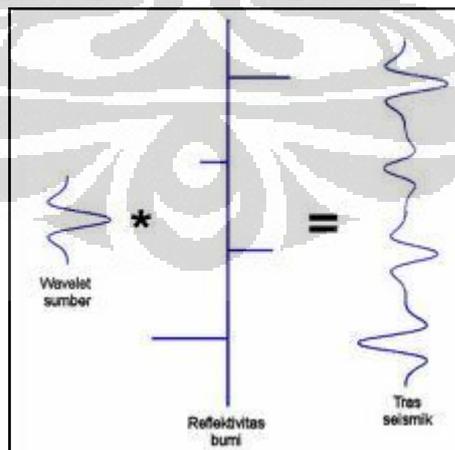
$$x(t) = r(t) * W(t) + \text{noise} \quad (2.1)$$

$x(t)$ adalah trace seismik, $r(t)$ adalah koefisien refleksi dari bumi, $w(t)$ wavelet seismik.

Dengan asumsi bahwa data sesimik sudah mengalami tahapan *processing* maka nilai noise sudah direduksi. Selain itu analisa yang menyeluruh terhadap seismogram meliputi efek divergensi, absorpsi, dispersi dari siyal wavelet, efek hilangnya transmisi selama melewati bidang batas dan multiple, pada penelitian kali ini komplikasi tersebut akan diabaikan dan menganggap bahwa seismogram sudah diproses sehingga seismogram dapat kembali dirumuskan menjadi model tanpa noise yaitu sebagai berikut.

$$x(t) = r(t) * w(t) \quad (2.2)$$

Hal ini dapat diGambarkan seperti Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Proses pembentukan model *trace seismic* tanpa noise (sumber, <http://ensiklopediseismik.blogspot.com/2007/06/tras-seismik-seismic-trace.html>)

Apabila bumi dimodelkan sebagai lapisan maka koefisien refleksi dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$r(t) = \sum_{k=1}^{NL} r_k \delta(t - t_k) \quad (2.3)$$

NL adalah jumlah layer, r_k adalah koefisien refleksi dari batas lapisan. Dan impedansi akustik pada layer k dirumuskan

$$\xi_k = \rho_k v_k \quad (2.4)$$

Dimana ρ_k merupakan densitas pada lapisan k dan v_k merupakan kecepatan pada lapisan k. Selanjutnya penulis dapat menuliskan persamaan koefisien refleksi pada kondisi sudut datang normal sebagai berikut.

$$r_k = \frac{\xi_{k+1} - \xi_{k-1}}{\xi_{k+1} + \xi_{k-1}} \quad (2.5)$$

Dari persamaan (2.5) dapat diturunkan menjadi.

$$\xi_{k+1} = \xi_k \left(\frac{1 + r_k}{1 - r_k} \right) = \xi_1 \prod_{j=1}^k \left(\frac{1 + r_k}{1 - r_k} \right) \quad (2.6)$$

Persamaan (2.6) menunjukkan bagaimana rumusan impedansi akustik dari nilai koefisien refleksi. Untuk memperoleh rumusan seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (2.3), hal itu mensyaratkan prosedur berikut. Pertama menghitung invers filter $v(t)$ dari wavelet $w(t)$ sehingga

$$w(t) * v(t) = \delta(t) \quad (2.7)$$

Dimana $\delta(t)$ merupakan fungsi delta dirak. Konvolusikan $v(t)$ dengan $x(t)$ di persamaan (2.2) untuk memperoleh.

$$r(t) = x(t) * v(t) \quad (2.8)$$

Apabila model bumi tersusun atas lapisan-lapisan, $r(t)$ akan sesuai dengan persamaan (2.3) sehingga nilai r_k dapat diperoleh dan disubstitusikan kedalam

persamaan (2.6) untuk memperoleh impedansi akustik. Namun demikian, pada kenyataannya sifat wavelet yang *bandlimited* akan mencegah $v(t)$ memenuhi persyaratan pada persamaan (2.7) dan hanya akan menghasilkan fungsi delta dan menghasilkan

$$w(t) * v(t) = a(t) \quad (2.9)$$

$a(t)$ merupakan fungsi yang mendekati fungsi dirak. Pada teori inversi, fungsi $a(t)$ merupakan fungsi rata-rata (Oldenburg et. al. ,1981). Hal ini dikarenakan konvolusi kedua sisi pada persamaan (2.2) dengan $v(t)$ akan menghasilkan rata-rata dari koefisien refleksi.

$$\begin{aligned} x(t) * v(t) &= r(t) * w(t) * v(t) \\ x(t) * v(t) &= r(t) * a(t) \\ x(t) * v(t) &= \langle r(t) \rangle \end{aligned} \quad (2.10)$$

Permasalahan *bandlimited* ini dapat lebih jelas terlihat apabila ditinjau proses konvolusi dalam domain frekuensi, dan dapat dituliskan sebagai berikut.

$$X(f) = R(f) W(f) \quad (2.11)$$

Dari persamaan (2.11) menunjukkan bahwa seismogram tidak memiliki energi pada rentang frekuensi dimana nilai $R(f)$ atau $W(f)$ bernilai nol. Pada umumnya spektrum dari koefisien refleksi bersifat *broad band*, sedangkan wavelet memiliki rentang frekuensi yang terbatas (*bandlimited*), pada umumnya berkisar antara 10-50 Hz. Sehingga akibat dari masalah *bandlimited* ini nilai $r(t)$ yang berada diluar frekuensi ini tidak dapat langsung diperoleh dari data seismogram. Tentu saja hal ini akan menyebabkan hilangnya informasi frekuensi tinggi dan rendah dari impedansi akustik. Ada banyak ahli yang berusaha menyelesaikan kekurangan ini, pada umumnya kebanyakan diantara mereka berusaha melengkapi kekurangan informasi frekuensi rendah. Hal ini disebabkan secara alamiah impedansi akustik memiliki trend frekuensi rendah yang dominan, seperti yang dilakukan Lindseth(1979) yang menambahkan informasi frekuensi rendah dari model kecepatan yang diperoleh dari analisa kecepatan pada tahap *processing*.

2.3. Bandlimited Impedance Inversion

Band Limited Impedance Inversion (BLIMP) merupakan salah satu metode inversi yang berusaha menutupi sifat data seismik yang *limited frequency* (~ 10-80 Hz) dengan data *low* (~10 Hz) *frequency* dari *Impedance log*. Untuk memperoleh nilai impedansi dari *subsurface* menggunakan data seismik membutuhkan batasan pita frekuensi dari bumi, terutama pada frekuensi yang rendah. Metode BLIMP sendiri merupakan pengembangan yang dilakukan oleh Ferguson dan Magrave (1996) terhadap metode yang sudah lebih dahulu diperkenalkan oleh Waters yang dikenal dengan metode ‘SAIL’ (*Seismic Approximate Impedance Log*). Metode ini menghasilkan data impedansi dari seismogram, dimana estimasi impedansi diperoleh dari data sumur terdekat atau dapat pula dari model kecepatan *stacking*. Proses yang dilakukan yaitu mengkombinasikan informasi tersebut dengan tras seismik yang sudah diintegrasikan dalam domain frekuensi untuk selanjutnya dilakukan inverse Fourier transform untuk memperoleh nilai impedansi.

Metode BLIMP diawali dengan menghubungkan antara koefisien refleksi dengan impedansi akustik, yang pada sudut datang normal dirumuskan

$$r_k = \frac{\xi_{k+1} - \xi_{k-1}}{\xi_{k+1} + \xi_{k-1}} \quad (2.12)$$

Dalam fungsi kontinyu persamaan (2.12) dapat dituliskan

$$r(t) = \frac{\xi(t+dt) - \xi(t)}{\xi(t+dt) + \xi(t)} = \frac{1}{2} \frac{d\xi(t)}{\xi(t)} \quad (2.13)$$

atau dapat dituliskan

$$r(t) = \frac{1}{2} \frac{d \ln \xi(t)}{dt} \quad (2.14)$$

Dan persamaan ini dapat dituliskan menjadi.

$$\xi(t) = \xi(0) \exp \left[2 \int_0^t r(t) dt \right] \quad (2.15)$$

$$\eta(t) = \ln \left(\frac{\xi(t)}{\xi(0)} \right) = 2 \int_0^t r(t) dt \quad (2.16)$$

Persamaan (2.15) dan (2.16) merupakan bentuk persamaan rekursif ditinjau dalam fungsi $r(t)$ sebagai suatu fungsi yang kontinyu. Untuk selanjutnya akan dipergunakan dalam algoritma BLIMP. Namun untuk nilai $r(t)$ yang akan dipergunakan menggunakan nilai dari tras seismik.

Adapun tahapan dari metode BLIMP yaitu

1. Mencari trend linier dari tras impedansi akustik untuk selanjutnya nilai impedansi dikurangi trend tersebut.
2. Melakukan transformasi Fourier terhadap (1) menjadi spektrum *amplitude* dalam domain frekuensi.
3. Melakukan integrasi serta *bandpass* filter untuk tiap trase seismik dan mengeksponensialkan hasilnya.
4. Melakukan transformasi Fourier terhadap (3) menjadi spektrum *amplitude* dalam domain frekuensi.
5. Menghitung faktor pengali skalar untuk menghubungkan antara hasil pada tahap 2 dengan 4.
6. Mengalikan spektrum *amplitude* dari proses 4 dengan faktor pengali skalar.
7. Melakukan *lowpass filter* pada spektrum (2) dan menambahkan ke (6).
8. Melakukan inverse Fourier transform (7).
9. Menambahkan trend frekuensi rendah dari langkah (1) ke (7).

Filter yang dipergunakan pada langkah (3), (5) dan (7) menggunakan *gaussian rolloff*.

2.4. Linear Program Sparse Spike Inversion

Metode *band limited impedance inversion* sudah berhasil menambahkan informasi dari frekuensi rendah yang dimiliki data sumur untuk memperoleh nilai impedansi dari data seismik. Namun demikian tetap saja data impedansi yang diperoleh masih memiliki spektrum yang *bandlimited* hal ini terutama pada bagian frekuensi tinggi yang belum dipulihkan. Oldenburg et. al. (1983) berusaha mencari solusi dari permasalahan *bandlimited* ini melalui tulisannya yang berjudul *recovery of the acoustic impedance from reflection seimogram*. Dalam tulisannya Oldenburg

et. al. menunjukkan bahwa proses dekonvolusi yang umumnya dilakukan akan menghasilkan nilai impedansi yang sesuai dengan nilai rata-rata dari impedansi aslinya. Namun tetap saja dekonvolusi yang dilakukan tetap memiliki keterbatasan dalam rentang pita frekuensi.

Upaya memperoleh informasi impedansi akustik yang memiliki rentang frekuensi *broadband* dan sesuai dengan kondisi geologi diawali dengan menuliskan persamaan konvolusi dari persamaan (2.2) menjadi.

$$x(t_j) = x_j = \int r(t)w(t_j - t)dt \quad j = 1, \dots, N \quad (2.17)$$

Persamaan (2.17) dapat dipergunakan untuk membuat model deretan reflektivitas sehingga ketika model deretan reflektivitas yang telah dibuat tersebut dikonvolusikan dengan wavelet maka diharapkan memiliki nilai perbedaan atau kesalahan yang kecil terhadap data tras seismik. Namun permasalahannya yakni fenomena *nonuniqueness* karena ada banyak deret reflektivitas akan menghasilkan hasil seismogram yang mirip. Hal ini dapat lebih mudah dipahami apabila ditinjau dalam sudut pandang domain frekuensi.

$$X(f) = R(f) W(f) \quad (2.18)$$

Dari persamaan (2.18) diatas terlihat bahwa untuk nilai $W(f)$ bernilai nol maka nilai $R(f)$ dapat berapa saja, dan ketidak unikan pada nilai $R(f)$ ini juga akan menyebabkan nilai $r(t)$ akan tidak unik pula. Dengan kata lain deret koefisien refleksi $r(t)$ yang berbeda dapat menghasilkan tras seismik yang sama.

Permasalahan ketidakunikan ini harus diatasi, dan untuk melakukannya diperlukan beberapa informasi tambahan sehingga dapat menjadi *constrain* bagi model reflektivitas yang akan dihasilkan. Salah satunya yakni dengan mengasumsikan bahwa bumi tersusun atas lapisan-lapisan yang homogen sehingga fungsi reflektivitas dapat dituliskan.

$$r(t) = \sum_{k=1}^{NL} r_k \delta(t - t_k) \quad (2.19)$$

Kelebihan apabila menuliskan fungsi reflektifitas dalam bentuk persamaan (2.19) yakni, pertama dapat mengurangi ketidakunikan. Hal ini disebabkan karena dengan model pada persamaan (2.19) banyak nilai $r(t)$ yang direduksi oleh persamaan tersebut, hanya nilai $r(t)$ dimana $tk=t$ saja yang dapat dituliskan dari persamaan itu sedangkan diluar itu maka nilai $r(t)$ akan bernilai nol. Selain itu model dari persamaan ini merupakan fungsi delta dirak yang akan menghasilkan spektrum yang *broadband* sehingga akan menghasilkan nilai impedansi yang memiliki frekuensi rendah dan tinggi. Kedua dengan model dari persamaan diatas hal ini akan menghasilkan model yang sesuai dengan kondisi fisis bumi, yakni bumi secara vertikal tersusun atas lapisan-lapisan.

Ada banyak cara untuk menemukan model reflektifitas dari persamaan (2.18) dan masing-masing memiliki karakteristiknya masing-masing. Solusi yang dihasilkan dari berbagai metode tersebut tetap saja akan tidak unik hal ini disebabkan karena adanya lapisan tipis. Lapisan tipis ini akan menghasilkan dua buah reflektifitas yang berdekatan dengan polaritas yang berbeda namun besar atau nilainya sama atau dikenal dengan istilah 'dipole'.

Konvolusi wavelet dengan fenomena ini akan menghasilkan output yang kecil terlebih lagi ketika lapisan tersebut sangat tipis. *Dipole* yang menjadi pengganggu pada kasus ini tidak terlalu berpengaruh signifikan terhadap ketepatan data. Selain itu permasalahan ketidakunikan akibat fenomena dipole ini tidak dapat dihindari. Akan tetapi hal ini tidak terlalu berpengaruh karena nilainya yang kecil. Selain itu target utama pada penelitian ini yakni memperoleh struktur utama dari nilai impedansi akustik dan ini tidak terlalu dipengaruhi oleh lapisan tipis. Dalam sudut pandang ini maka sangat beralasan apabila dilakukan perhitungan yang akan menghasilkan struktur dengan variasi yang minimum. Dengan kata lain hanya akan ditampilkan tampilan utama dari impedansi akustik, dan pastinya struktur impedansi bumi yang sesungguhnya akan lebih bervariasi dibandingkan dengan hasil yang diperoleh.

Struktur yang minimum dapat diperoleh dengan meminimalkan norm dari model. Dalam hal ini norm yang dipergunakan yakni L1 norm yang bertujuan untuk meminimalkan.

$$\varphi_1 = \int |d\xi(t)/dt| dt \quad (2.20)$$

atau

$$\varphi_2 = \int |d\eta(t)/dt| dt \quad (2.21)$$

Dengan konstrainnya yaitu untuk menghasilkan fungsi $r(t)$ seperti persamaan (2.19) sehingga apabila dikonvolusikan dengan wavelet akan menghasilkan data yang cocok dengan seismogram. Meminimalkan φ_2 lebih mudah untuk dipergunakan dengan menggunakan definisi $\eta(t)$ dari persamaan (2.16).

$$2r(t) = \frac{d\eta(t)}{dt} \quad (2.22)$$

Sehingga meminimalkan φ_2 sama dengan

$$\varphi = \int |r(t)| dt \quad (2.23).$$

Selain itu $r(t)$ dapat dituliskan sebagai berikut

$$r(t) = \sum_{n=0}^{N-1} r_n \delta(t - n\Delta) \quad (2.24).$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.24) ke persamaan (2.23) maka diperoleh

$$\varphi = \int |r_n| \quad (2.25).$$

Persamaan (2.25) inilah yang akan dijadikan sebagai fungsi obyektif dan akan diminimalisasi. Dengan meminimalkan persamaan (2.25) hal ini menunjukkan bahwa penulis berupaya untuk memperoleh nilai koefisien refleksi yang tidak nol sedikit mungkin. Upaya meminimalisasi persamaan (2.25) sudah diselesaikan oleh Levy dan Fullagar (1981), solusi yang mereka hasilkan yaitu sebagai berikut.

Dari digital Fourier transform dapat dirumuskan

$$X_j = \sum_{k=1}^N x_k e^{-2i\pi(j-1)(k-1)/N} \quad (2.26)$$

x_k merupakan fungsi waktu, apabila persamaan (2.25) dilakukan diskrit transformasi Fourier dan memisahkan antara bagian real dan imajiner maka diperoleh

$$Re \{R_j\} = \sum_{n=1}^N r_n \cos\left(\frac{2\pi(j-1)(n-1)}{N}\right) \quad (2.27)$$

dan

$$Im \{R_j\} = \sum_{n=1}^N -r_n \sin\left(\frac{2\pi(j-1)(n-1)}{N}\right)$$

Persamaan (2.27) menunjukkan hubungan yang linier antara koefisien refleksi dengan hasil dari transformasi Fourier. Hal ini dapat disimpulkan bahwa apabila penulis memiliki nilai real dan imajiner dari R_j untuk nilai frekuensi tertentu maka algoritma linear program dapat dipergunakan untuk meminimalkan persamaan (2.25) dengan konstrain dari persamaan (2.27). Selanjutnya dengan memasukkan nilai koefisien refleksi yang diperoleh kedalam persamaan rekursif maka akan diperoleh model impedansi dengan struktur yang minimum.

Penjelasan lebih lanjut, harus terlebih dahulu mengestimasi nilai R_j . Estimasi termudah untuk memperolehnya yakni dengan membagi spektrum tras seismik dengan spektrum wavelet dalam domain frekuensi, yakni

$$R_j \approx X_j / W_j \quad (2.28)$$

Tanda aproksimasi pada persamaan (2.28) muncul disebabkan karena X_j maupun W_j tidak diketahui secara pasti. Seismogram akan selalu terkontaminasi dengan keberadaan noise dan begitu pula dengan wavelet yang hanya dapat diaproksimasi dari proses ekstraksi wavelet. Karena tidak dapat secara pasti menentukan nilai kesalahan untuk bagian real dan juga imajiner dari R_j , hal ini hanya bisa diestimasi sehingga hal ini akan menjadi konstrain pertidaksamaan bagi linear program dan dapat dituliskan sebagai berikut

$$\operatorname{Re}\{R_j\} - \alpha\delta_j \leq \sum_{n=1}^N r_n \cos\left(\frac{2\pi(j-1)(n-1)}{N}\right) \leq \operatorname{Re}\{R_j\} + \alpha\delta_j$$

dan (2.29)

$$\operatorname{Im}\{R_j\} - \alpha\delta_j \leq \sum_{n=1}^N -r_n \sin\left(\frac{2\pi(j-1)(n-1)}{N}\right) \leq \operatorname{Im}\{R_j\} + \alpha\delta_j$$

Dimana δ_j adalah standar deviasi dari $\operatorname{Re}\{R_j\}$ atau $\operatorname{Im}\{R_j\}$ sedangkan α adalah faktor yang menentukan kecocokan data dan menentukan derajat kejarangan atau 'sparsness' dari hasil koefisien refleksi yang dihasilkan.

Sampai sejauh telah berusaha mengurangi permasalahan *nonuniqueness* pada model yang dibuat dengan menuliskan fungsi reflektivitas dalam model matematis yang menggambarkan bumi tersusun atas lapisan yang berlapis serta dengan upaya untuk menghasilkan nilai impedansi yang menunjukkan struktur minimum. Walaupun dengan semua batasan tersebut tetap saja model yang dihasilkan masih dapat bervariasi, apabila variasi tersebut masih cukup kecil maka tidak akan terlalu menghasilkan model yang berbeda terhadap struktur geologi yang sebenarnya dan hal itu masih dapat diterima.

Kualitas hasil inversi dapat ditingkatkan bila dapat menambah informasi atau konstrain tambahan terhadap model matematis yang sudah dibuat. Konstrain yang dapat ditambahkan kedalam linear program yaitu nilai impedansi dari sumur terdekat atau dapat pula menggunakan model kecepatan yang diperoleh dari analisa kecepatan pada tahap *processing*.

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.23) kedalam persamaan (2.15) diperoleh

$$\frac{\xi(t)}{\xi(0)} = \exp\left[2 \int_0^t \sum_{n=0}^{N-1} r_n \delta(u - n\Delta) du\right] \quad (2.30)$$

$$\frac{\xi(t)}{\xi(0)} = \exp\left[2 \sum_{n=0}^{N-1} r_n H(t - n\Delta)\right] \quad (2.31)$$

Dimana $H(t)$ merupakan fungsi *heaviside step*. Selanjutnya dilogaritmakan maka diperoleh

$$\eta(t) = \ln\left(\frac{\xi(t)}{\xi(0)}\right) = 2 \sum_{n=0}^{N-1} r_n H(t - n\Delta) \quad (2.32)$$

Persamaan (2.32) adalah hasil yang diinginkan, seandainya penulis memiliki nilai $\eta(t)$ pada waktu tertentu, maka konstrain yang akan penulis tambahkan pada konstrain data adalah.

$$\eta(t) - \sigma_1(t) \leq 2 \sum_{n=0}^{N-1} r_n H(t - n\Delta) \leq \eta(t) + \sigma_2(t) \quad (2.33)$$

Dimana $\sigma_1(t)$ dan $\sigma_2(t)$ adalah batas kesalahan untuk $\eta(t)$ yang akan menghasilkan nilai impedansi pada waktu t berada dalam batas $\xi_1(t) \leq \xi(t) \leq \xi_2(t)$.

2.5. Pemrograman Linier

Pemrograman linier merupakan sebuah metode optimisasi yang dapat digunakan untuk mencari solusi dari suatu persoalan dimana kita berusaha membuat nilai suatu fungsi yang terdiri atas beberapa variabel menjadi maksimum atau minimum (fungsi ini dikenal sebagai fungsi obyektif) dengan memperhatikan beberapa *konstrain* yang tersedia, dan fungsi obyektif serta konstrainnya tersebut berbentuk fungsi linier. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh ahli ekonomi pada tahun 1930 ketika berusaha mengembangkan metode yang dapat menentukan alokasi yang optimal dalam proses produksi suatu barang. Namun penggunaan metode ini berkembang pesat dan mulai diterapkan untuk berbagai cabang ilmu lainnya, termasuk geofisika.

Bentuk standar persoalan pemrograman linier dapat dirumuskan sebagai berikut:

Persoaln untuk memperoleh nilai x_j untuk $j=1,2,3,\dots,n$ sedemikian rupa sehingga fungsi berikut menjadi minimum

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (2.34)$$

dengan konstrain

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.35)$$

dan

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.36)$$

Karakteristik dari persoalan pemrograman linier yang dituliskan dalam bentuk standard pada persamaan (2.34), (2.35) dan (2.36) yaitu:

1. Fungsi obyektif merupakan persamaan yang hendak diminimumkan.
2. Semua konstrain berada dalam bentuk persamaan linier.
3. Semua varabel bernilai positif.

Namun bentuk persamaan standard pada persamaan (2.34), (2.35) dan (2.36) dapat dimodifikasi sehingga dapat sesuai dengan problem yang dihadapi, beberapa modifikasi diantaranya

1. Dalam persoalan keteknikan maupun fisika variabel x dapat saja bernilai negatif, sehingga penulis perlu memodifikasi bentuk standard dari variabel menjadi selisih dari dua buah varabel yang bernilai positif. Hal ini dapat dituliskan $x_j = x_j' - x_j''$ dimana

$$x_j' \geq 0 \text{ dan } x_j'' \geq 0 \quad (2.37)$$

Dari penulisan ini maka nilai x_j dapat bernilai positif, nol maupun negatif hal itu bergantung terhadap nilai x_j'' apakah ia lebih besar, sama dengan atau lebih kecil dibandingkan nilai x_j' .

2. Seandainya konstrain muncul dalam bentuk pertidaksamaan misalnya

$$a_{k_1} x_1 + a_{k_2} x_2 + \dots + a_{k_n} x_n \leq b_k \quad (2.38)$$

Hal ini dapat diubah menjadi bentuk persamaan apabila penulis menambahkan sebuah variabel yang positif x_{n+1} seperti berikut

$$a_{k_1} x_1 + a_{k_2} x_2 + \dots + a_{k_n} x_n + x_{n+1} = b_k \quad (2.39)$$

Hal ini dapat pula dilakukan untuk bentuk pertidaksamaan lebih besar dari

$$a_{k_1} x_1 + a_{k_2} x_2 + \dots + a_{k_n} x_n \geq b_k \quad (2.40)$$

Dapat diubah menjadi bentuk persamaan dengan menguranginya dengan suatu variabel

$$a_{k_1} x_1 + a_{k_2} x_2 + \dots + a_{k_n} x_n - x_{n+1} = b_k \quad (2.41)$$

Dimana x_{n+1} merupakan variabel yang disebut sebagai variabel kelebihan.

Maka dari dua buah modifikasi ini maka bentuk standard dari pemrograman linier sudah sesuai dengan persoalan matematis yang kita butuhkan pada penjelasan sebelumnya tentang *linear program sparse spike inversion*. Penyelesaian persoalan diatas dapat dilakukan dengan metode grafik, namun penyelesaian dengan metode ini akan menjadi tidak efisien bila jumlah variabel terlalu banyak. Untuk mengatasi hal ini maka dipergunakanlah metode simplex yang mampu menyelesaikan persoalan pemrograman linier dengan jumlah variabel yang banyak.

2.6 Metode Simplex

Metode simplex adalah suatu metode yang secara sistematis dimulai dari suatu penyelesaian yang layak ke bentuk penyelesaian layak berikutnya. Proses ini dilakukan secara berulang ulang hingga tercapai suatu penyelesaian yang optimum, dan pada setiap langkah menghasilkan suatu nilai fungsi obyektif yang selalu lebih kecil atau sama dengan langkah-langkah sebelumnya. Penyelesaian metode simplex telah diselesaikan oleh Rubiyanto et. al. (1994). Proses yang dilakukan yaitu menyelesaikan persoalan pemrograman linier dengan menggunakan tabel simplex yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Simplex

	Vektor dalam basis	H	C_1	C_2	...	C_i	...	C_n
			A_1	A_2	...	A_i	...	A_n
c_{B1}	B_1	h_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}
c_{B2}	B_2	h_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2n}
.
.
c_{Bi}	B_i	h_i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{in}
.
.
c_{Bm}	B_m	h_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mj}	...	a_{mn}
		Z	$z_1 - c_1$	$z_2 - c_2$...	$z_j - c_j$...	$z_n - c_n$

Dengan ketentuan

$$Z = \sum_{i=1}^m c_{Bi} h_i \quad \text{dan} \quad z_j = \sum_{i=1}^m a_{ij} c_{Bi} \quad (2.42)$$

Untuk mempermudah uraian, Tabel 2.1 diubah menjadi Tabel 2.2

Keterangan tabel 2.2

- Kolom pertama (C_{B1} , C_{B2} , ..., C_{Bm}) menunjukkan harga-harga dari vektor dalam basis.
- Kolom kedua (B_1 , B_2 , ..., B_m) menunjukkan vektor-vektor yang ada didalam basis.
- B_i adalah vektor dari A yang berada di kolom i dari B.

- d. Kolom ketiga dari tabel dengan huruf H menunjukkan nilai $X_{B1}, X_{B2}, \dots, X_{Bm}$ yang baru, sedangkan nilai fungsi obyektif Z pada baris yang terakhir sebagai penyelesaian yang memungkinkan.
- e. Kolom-kolom lainnya menunjukkan nilai $y_{11}, y_{12}, \dots, y_{mn}$ untuk semua vektor A termasuk juga vektor-vektor buatan (jika ada).
- f. Baris pertama ($c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$) menunjukkan nilai yang bersesuaian dengan vektor-vektor yang bersangkutan. Misalnya harga c_j untuk vektor A_j .

Tabel 2.2 Tabel simplex perubahan dari tabel 2.1

	Vektor dalam basis	H	C_1	C_2	...	C_i	...	C_n
			A_1	A_2	...	A_i	...	A_n
c_{B1}	B_1	$x_{B1} = y_{10}$	y_{11}	y_{12}	...	y_{1j}	...	y_{1n}
c_{B2}	B_2	$x_{B2} = y_{20}$	y_{21}	y_{22}	...	y_{2j}	...	y_{2n}
.
.
c_{Bi}	B_i	$x_{Bi} = y_{i0}$	y_{i1}	y_{i2}	...	y_{ij}	...	y_{in}
.
.
c_{Bm}	B_m	$x_{Bm} = y_{m0}$	y_{m1}	y_{m2}	...	y_{mj}	...	y_{mn}
		Z	$z_1 - c_1$ $= y_{m+1,1}$	$z_2 - c_2$ $= y_{m+1,2}$...	$z_j - c_j$ $= y_{m+1,j}$...	$z_j - c_j$ $= y_{m+1,n}$

Dengan ketentuan

$$Z = \sum_{i=1}^m C_{Bi} x_{Bi} \quad \text{dan} \quad z_j = \sum_{i=1}^m y_{ij} C_{Bi} \quad (2.43)$$

Prosedur penyelesaian metode simplex :

- a. Selidiki $z_j - c_j$
 1. Jika semua $z_j - c_j \geq 0$ maka penyelesaian yang memungkinkan sudah memberikan hasil yang optimum.
 2. Jika satu atau lebih $z_j - c_j < 0$ dan terdapat paling tidak satu A_k dengan $z_j - c_j < 0$ dan semua $y_{ik} \leq 0$, maka penyelesaian menjadi tidak ada batasnya (*unbounded*).
 3. Jika terdapat satu atau lebih $z_j - c_j < 0$ dan masing-masing $y_{ik} \leq 0$, paling tidak untuk satu i , pilih salah satu vektor untuk dimasukkan kedalam basis, misalnya A_k .
- b. Jika hasilnya termasuk kategori a.3, tentukan vektor yang akan dikeluarkan dari matriks basis B dengan syarat:

$$\frac{X_{Br}}{Y_{rk}} = \min \left[\frac{X_{bi}}{Y_{ik}}, Y_{ik} > 0 \right]$$

Maka kolom ke-r dikeluarkan dan diganti dengan A_k .

- c. Gunakan rumus transformasi untuk menghitung nilai-nilai baru dari setiap tabel berdasarkan tabel sebelumnya.

$$Y' = Y_j + Y_{rk} T$$

Dengan ketentuan :

$$Y_j = [y_j, y_{m+1}, j] \quad j = 0, 1, 2, 3, \dots, n$$

$$Y_{rk} = [y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{mj}]$$

$$T = \left[-\frac{y_{ik}}{y_{rk}}, \dots, -\frac{y_{(r-1),k}}{y_{rk}}, \frac{1}{y_{rk}} - 1, -\frac{y_{(r+1),k}}{y_{rk}}, \dots, -\frac{y_{(m+1),k}}{y_{rk}} \right]$$

Pada tahun 1978 Barrodale dan Robert memodifikasi metode simplex untuk menyelesaikan persoalan norm 11 yang memiliki konstrain, dimana modifikasi yang dilakukan olehnya dapat melewati beberapa simplex vertice dalam satu kali proses iterasi. Hal ini sangat bermanfaat sehingga dapat mengurangi jumlah dari iterasi sehingga waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu persoalan menjadi lebih cepat. Pada setiap iterasi *tableau* simplex akan berubah sama seperti aturan umum dari metode simplex yang telah dijelaskan sebelumnya, akan tetapi aturan untuk menentukan vektor mana yang akan memasuki basis dan keluar dari basis yang diubah oleh Barrodale dan Robert.

Aturannya yaitu, vektor yang akan memasuki basis dipilih dari vektor yang memiliki nilai marginal cost positif yang paling besar. Untuk vektor yang meninggalkan basis dipilih dari vektor yang berada dalam basis yang akan menyebabkan pengurangan yang maksimum terhadap fungsi obyektif. Inilah modifikasi yang dibuat oleh Barrodale dan Robert yang membuat banyak simplex vertice dapat dilewati dalam satu kali iterasi. Selain itu mereka juga membatasi pilihan vektor yang akan masuk kedalam basis pada tahap iterasi awal terbatas pada vektor x karena vektor inilah yang pada umumnya akan menjadi hasil akhir dari basis simplex, dan hal ini juga yang mampu mengurangi jumlah iterasi secara signifikan. Algoritma yang mereka buat dapat diilustrasikan sebagai berikut.

Menentukan solusi persoalan norm 11 untuk $\{(1,2),(2,2),(3,3),(4,4),(5,3)\}$ yang dimodelkan oleh sebuah garis lurus $L(t) = x_1 + x_2 t$ dimana memenuhi konstrain $L(6) = 5$ dan $L(1) \leq 3$.

Dalam bentuk matriks persoalan tersebut dapat dituliskan menjadi:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 3 \\ 1 & 4 \\ 1 & 5 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix},$$

$$C = [1 \quad 6], \quad d = [5],$$

$$E = [1 \quad 1], \quad f = [3]$$

Pada iterasi pertama akan terlebih dahulu diselesaikan phase I. Vektor yang akan dipilih yaitu salah satu diantara vektor x_1' , x_2' , x_1'' dan x_2'' yang memiliki nilai marginal cost positif terbesar. Dari sini dipilih x_2' dengan marginal cost bernilai 6. Selanjutnya menentukan vektor yang akan meninggalkan basis, normalnya yang akan menjadi pivot dan meninggalkan basis yakni (5*) jika berdasarkan hal itu maka akan membuat $x_2' = 3/5$ sehingga $u_5 = v_5 = 0$ dan akan mengubah kelima data yang lain. Namun demikian jika penulis bisa meningkatkan nilai x_2' diatas nilai $3/5$ hal ini dapat mengurangi nilai dari fungsi obyektif tetapi hal ini akan menyebabkan nilai u_5 menjadi negatif, dan penulis harus menggantikan basis u_5 vektor v_5 .

Pivot yang kedua yakni (6**) dengan asumsi $x_2' = 5/6$ maka akan membuat $u_1' = v_1' = 0$ yang artinya akan memenuhi konstrain persamaan sehingga phase I akan terselesaikan. Iterasi pertama dari simplex akan membuat tableau inisial menjadi tableau yang kedua ditunjukkan pada tabel 2.3. Sampai disini telah memperoleh nilai $x_1 = 0$ dan $x_2 = 5/6$ yang memenuhi konstrain persamaan.

Pada iterasi kedua x_1' akan memasuki basis. Saat ini sudah di tahap phase II dan marginal cost dari x_1' bernilai $13/6$ pada tahap ini melewati pivot pertama ($2/3^*$) dan menggunakan pivot yang kedua ($1/2^{**}$), x_1' akan menggantikan u_3 dan ditunjukkan pada tabel 2.3. Karena semua marginal cost bernilai negatif ini merupakan hasil akhir, nilai terbaik dari minimalisasi II memiliki eror $7/3$ yang dihasilkan dari $x_1 = 1$ dan $x_2 = 2/3$. Seluruh proses diatas ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tabel simplex menunjukkan proses dalam metode simplex (sumber Barrodale et. al. , 1978)

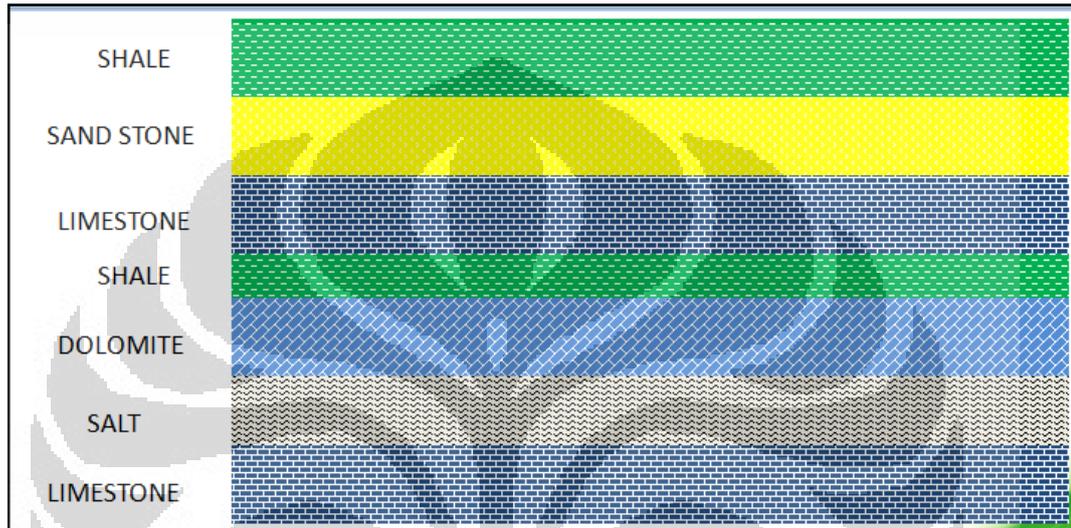
Basis	r	x_1'	x_2'	Basis	r	x_1'	u_1'	Basis	r	u_3	u_1'
u_1	2	1	1	u_1	7/6	5/6	-1/6	u_1	1/3	-5/3	2/3
u_2	2	1	2	u_2	1/3	2/3*	-1/3	v_2	1/3	4/3	-1/3
u_3	3	1	3	u_3	1/2	1/2**	-1/2	x_1'	1	2	-1
u_4	4	1	4	u_4	2/3	1/3	-2/3	u_4	1/3	-2/3	-1/3
u_5	3	1	5*	v_5	7/6	-1/6	5/6	v_5	4/3	1/3	2/3
u_1'	5	1	6**	x_2'	5/6	1/6	1/6	x_2'	2/3	-1/3	1/3
u_1''	3	1	1	u_1''	13/6	5/6	-1/6	u_1''	4/3	-5/3	2/3
P.II	14	5	15	P.II	23/6	13/6	-5/6	P.II	7/3	-5/3	2/3
P.I	5	1	6	P.I	0	0	-1	P.I	0	0	-1

BAB III

PENGOLAHAN DATA

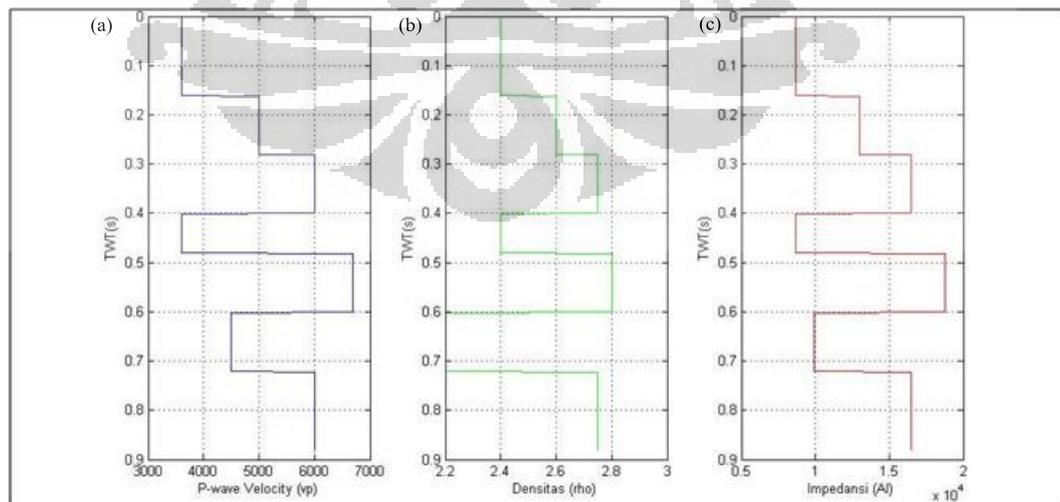
3.1. Pengolahan Data Sintetik

Data sintetik yang dipergunakan diawali dengan membuat model bumi, dan penulis mempergunakan model stratigafi seperti diGambarkan pada Gambar 3.1.



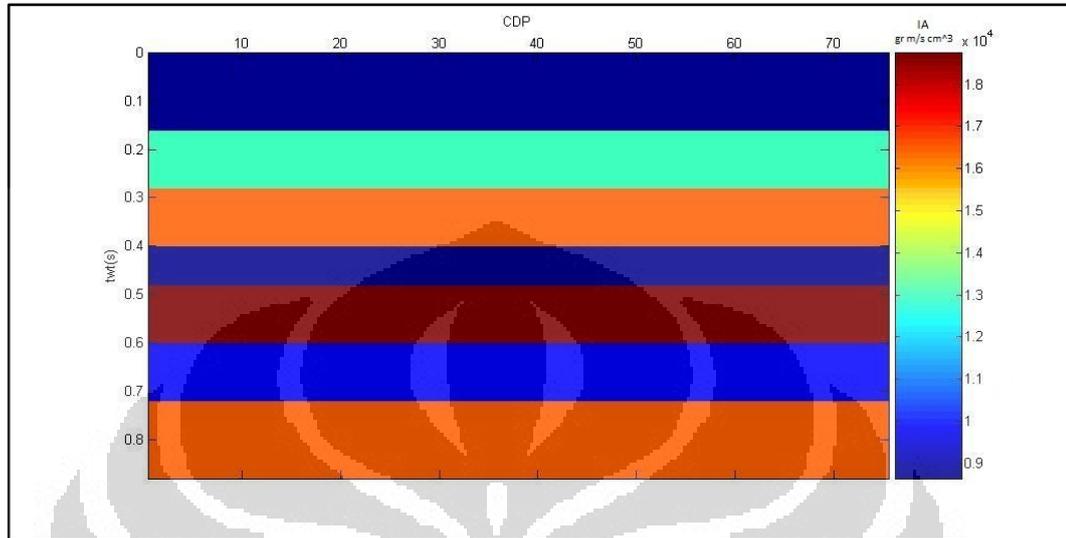
Gambar 3. 1 Model stratigafi lapisan datar (sumber Russell, 1988)

Dari model bumi pada Gambar 3.1 selanjutnya dapat dibuat data sumur sintetik berupa log v_p , density log serta acoustic impedance, seperti ditunjukkan Gambar 3.2 berikut.



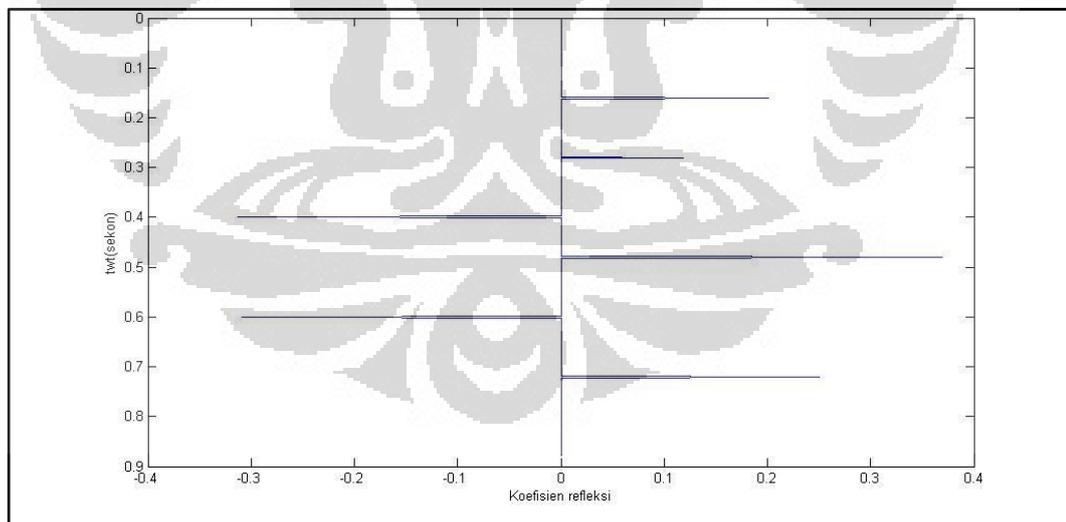
Gambar 3. 2 Log sintetik berdasarkan model bumi dari Gambar 1 (a) log v_p , (b) log densitas, dan (c) log impedansi hasil perkalian v_p dengan densitas

Kedalaman pada log sintetik sudah berada dalam domain TWT(*Two Way Time*), dari log sintetik ini selanjutnya dibuat model bumi 2 dimensi lapisan datar seperti Gambar 3.3 berikut.



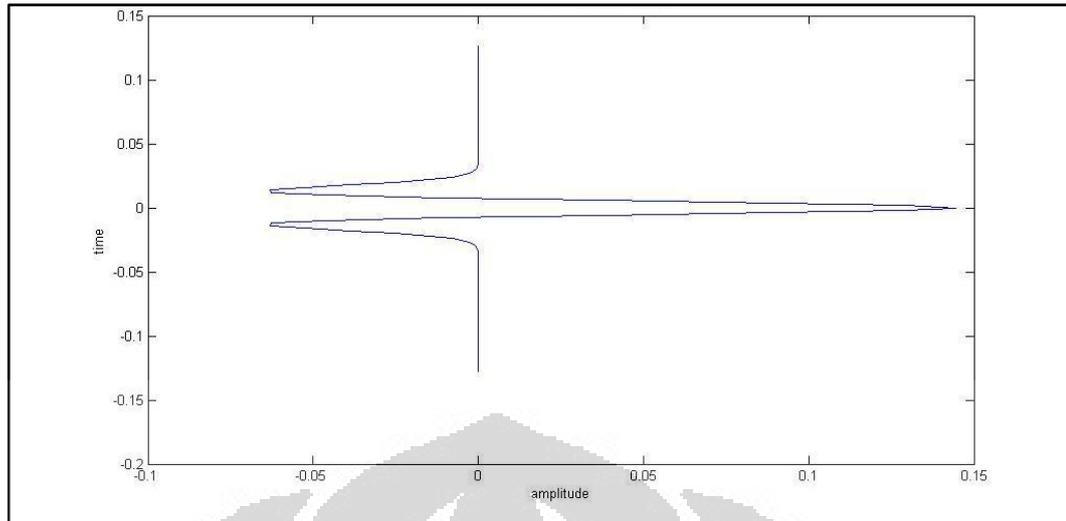
Gambar 3. 3 Model bumi yang dibuat dari data impedansi akustik dengan jumlah CDP 75

Dengan mengambil satu tras dari data impedansi pada Gambar 3.3 dapat diperoleh nilai koefisien refleksi vs twt seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4.



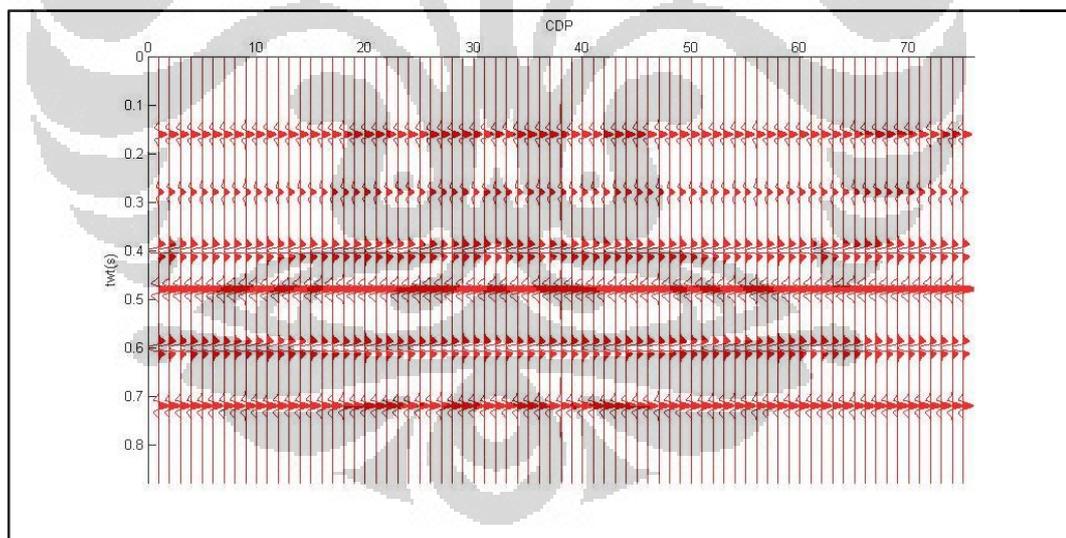
Gambar 3. 4 Koefisien refleksi pada satu tras

Selanjutnya menggunakan wavelet dengan jenis Ricker dan frekuensi dominan 30Hz seperti ditunjukkan Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Ricker wavelet dengan frekuensi dominan 30 Hz

Dengan mengkonvolusikan antara wavelet pada Gambar 3.5 dengan koefisien refleksi pada Gambar 3.4 dan menduplikasikannya sebanyak tras dari penampang impedansi pada Gambar 3.3 maka diperoleh seismogram sintetik seperti ditunjukkan Gambar 3.6.



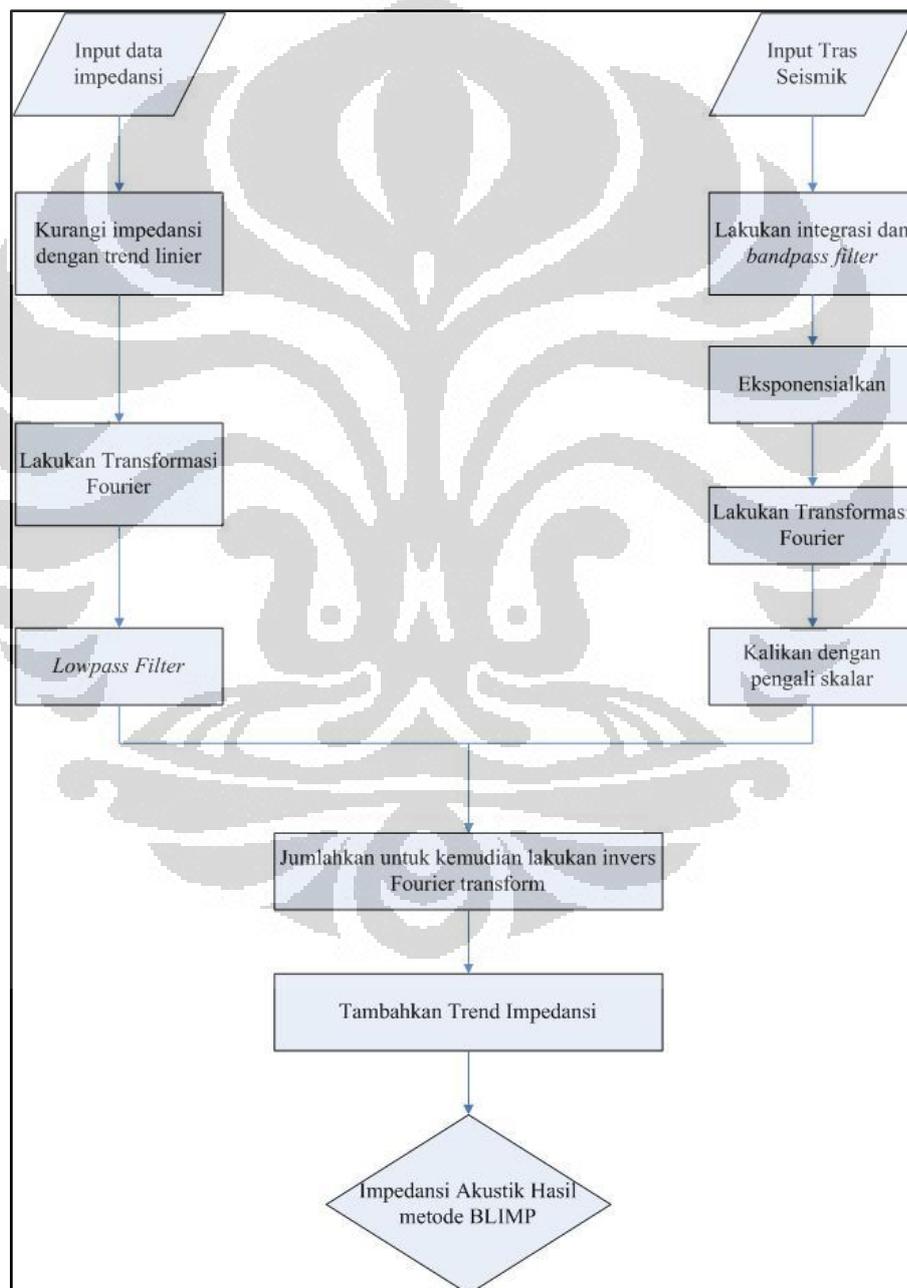
Gambar 3. 6 Penampang seismik sintetik dengan jumlah tras seismik 75

Seismogram sintetik pada Gambar 3.6 menunjukkan struktur perlapisan datar pada masing-masing lapisannya homogen. Amplitude dari seismogram menunjukkan karakteristik pada zona antar lapisan, nilai amplitude yang besar menunjukkan kontras impedansi yang besar antara kedua lapisan. Selain itu apabila amplitude menunjukkan *peak* hal ini menandakan impedansi akustik

mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan lapisan di atasnya. Sampai tahap ini penulis sudah memiliki data sintetik berupa, impedansi, penampang seismik, dan wavelet yang untuk selanjutnya dipergunakan dalam proses inversi BLIMP maupun linear program *sparse spike* inversion.

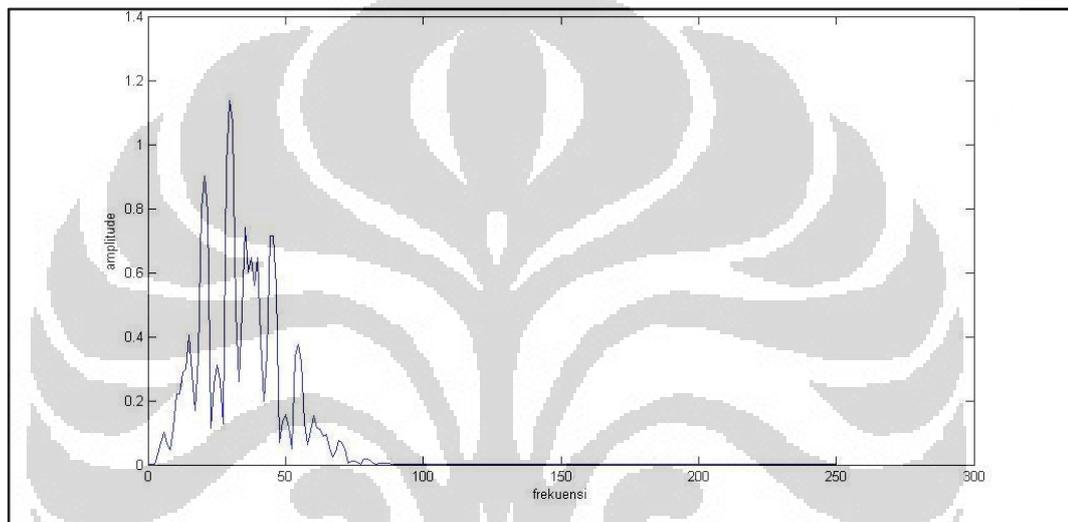
3.1.1. Band Limited Impedance Inversion

Seperti yang sudah dijelaskan pada teori dasar, proses pengolahan dari metode BLIMP mengikuti diagram alir pada bagan 3.1.

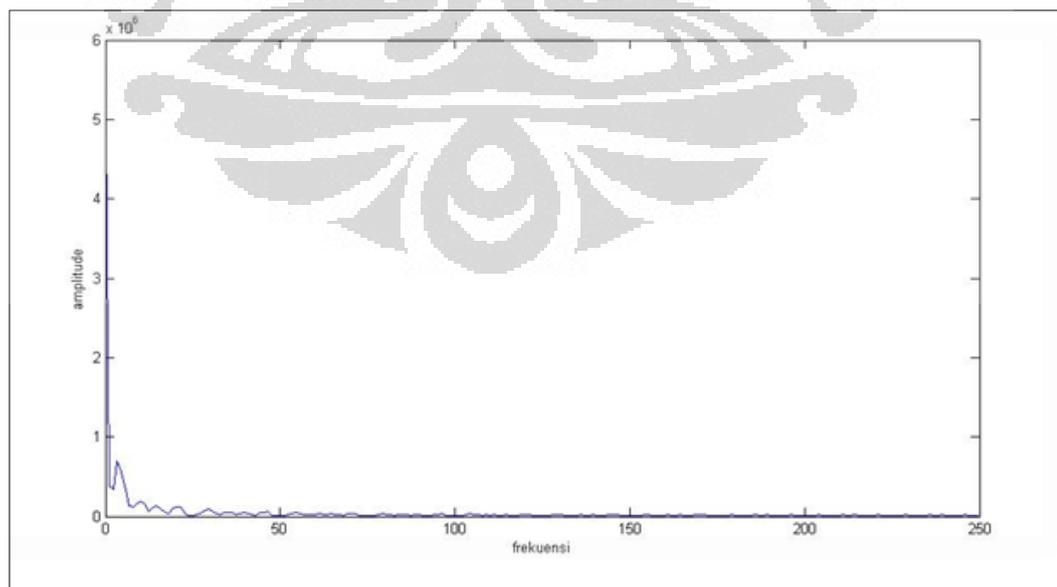


Bagan 3.1 Diagram alir metode BLIMP

Selanjutnya penulis akan melakukan prosedur dari bagan 3.1 pada data sintetik. Namun untuk proses penjelasan langkah-langkah dalam alur pada bagan 3.1 hanya akan ditampilkan penerapannya pada satu tras, untuk selanjutnya dibagian akhir akan ditampilkan penampang hasil BLIMP. Sebelum melakukan prosedur diatas terlebih dahulu menganalisa spektrum amplitude dari tras seismik dan juga data impedansi. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui rentang frekuensi yang akan menjadi batasan dalam melakukan bandpass. Berikut ini spektrum dari tras seismik dan impedansi ditunjukkan pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.



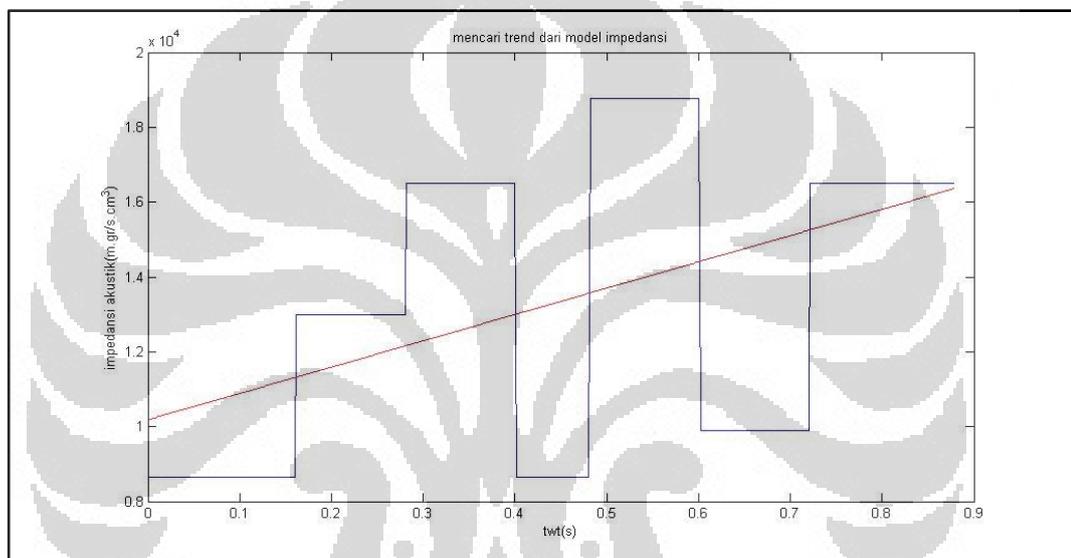
Gambar 3. 7 Spektrum *amplitude* dari tras seismik



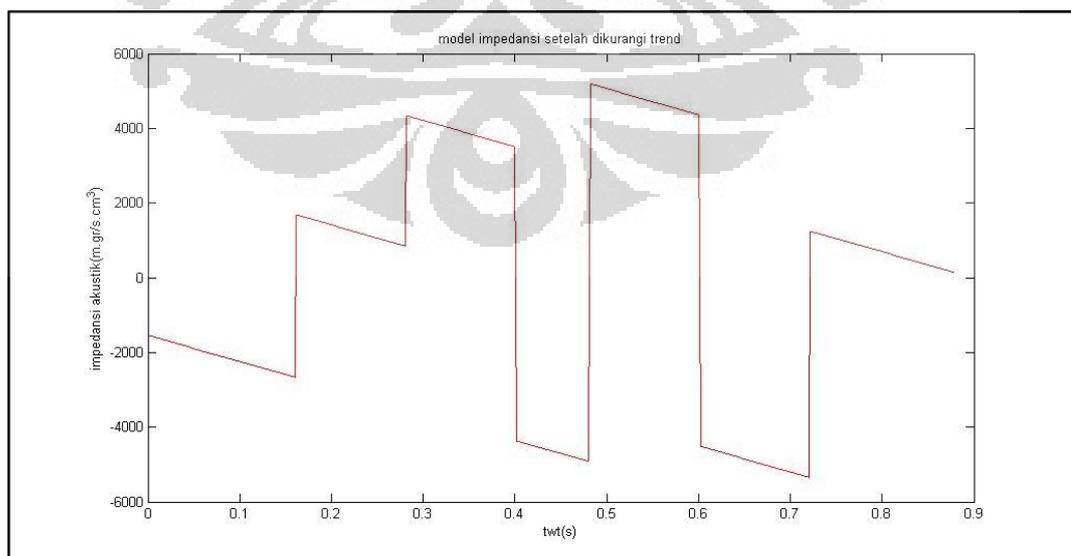
Gambar 3. 8 Spektrum *amplitude* impedansi akustik

Dari analisa spektrum tras seismik dan impedansi akustik maka dilakukan bandpass pada frekuensi 10-80 Hz, dan melakukan lowpass pada spektrum impedansi pada frekuensi 10Hz. Untuk selanjutnya penulis mengikuti alur proses BLIMP sebagai berikut.

1. Mengurangi log impedansi dengan trend linier yang dimilikinya. Trend linier dari data impedansi ditunjukkan pada Gambar 3.9, setelah log impedansi dikurangi trend liniernya maka dihasilkan log impedansi seperti ditunjukkan Gambar 3.10.

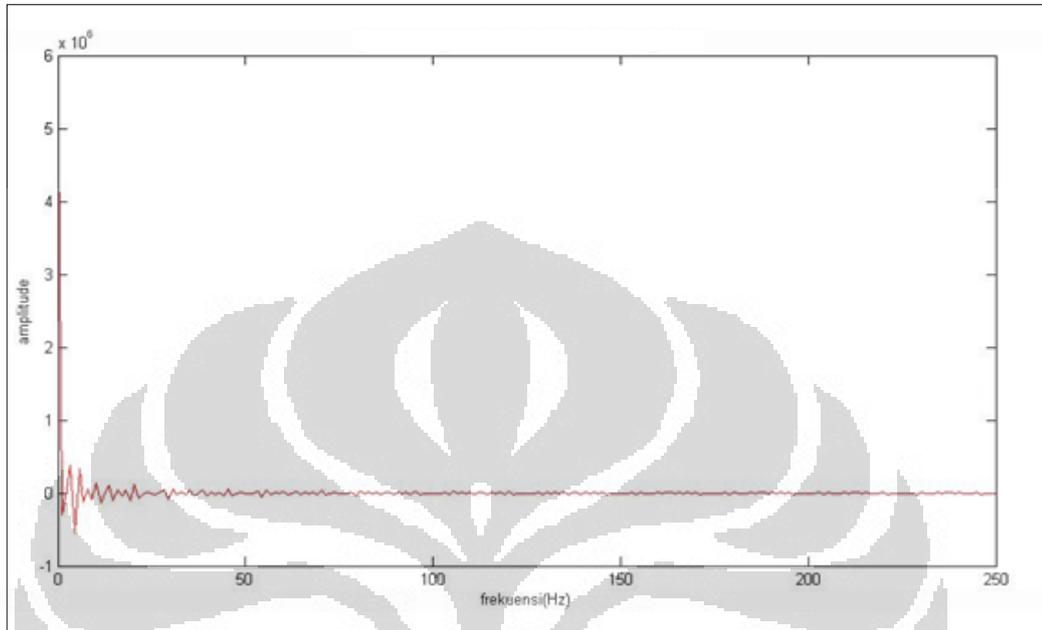


Gambar 3. 9 Trend dari log impedansi



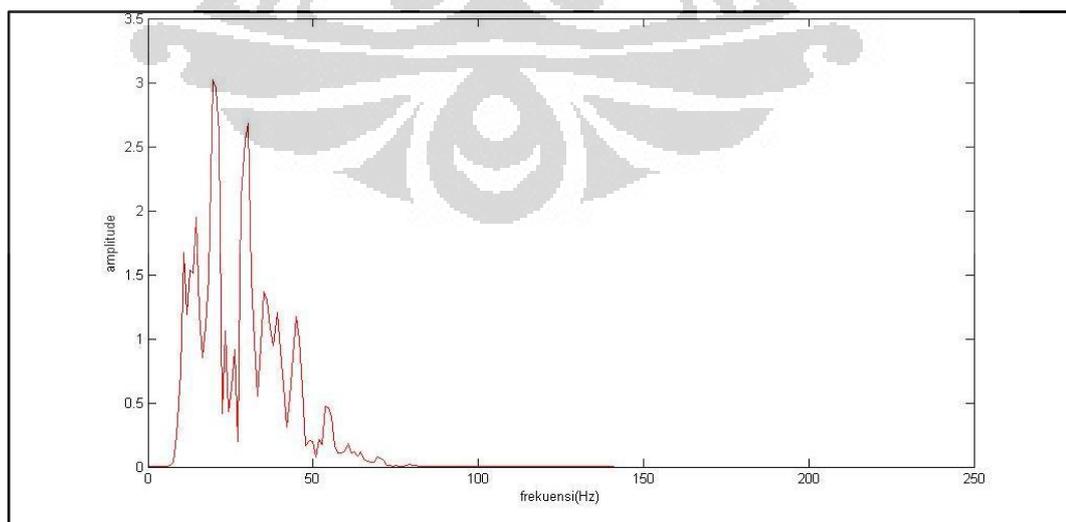
Gambar 3. 10 Log impedansi yang sudah dikurangi trend linier

2. Melakukan transformasi Fourier terhadap log impedansi yang sudah dikurangi trend linier, sehingga diperoleh spektrum amplitude dalam domain frekuensi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.11.

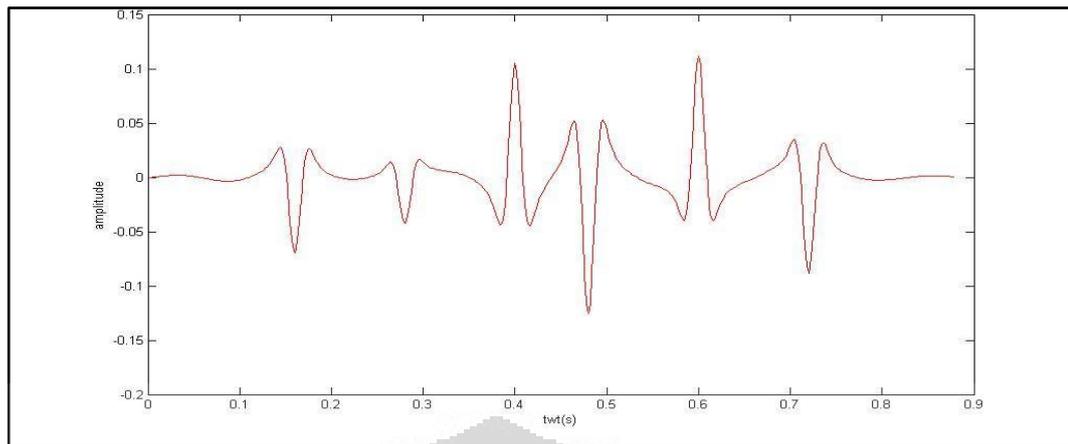


Gambar 3. 11 Spektrum *amplitude* impedansi akustik yang sudah dikurangi trend linier

3. Melakukan integrasi dan juga *bandpass filter* dalam rentang frekuensi 10Hz - 80 Hz terhadap tras seismik input. Spektrum seismik sesudah dilakukan proses banpass ditunjukkan pada Gambar 3.12, sedangkan hasil dari proses integral dari tras seismik ditunjukkan pada Gambar 3.13.

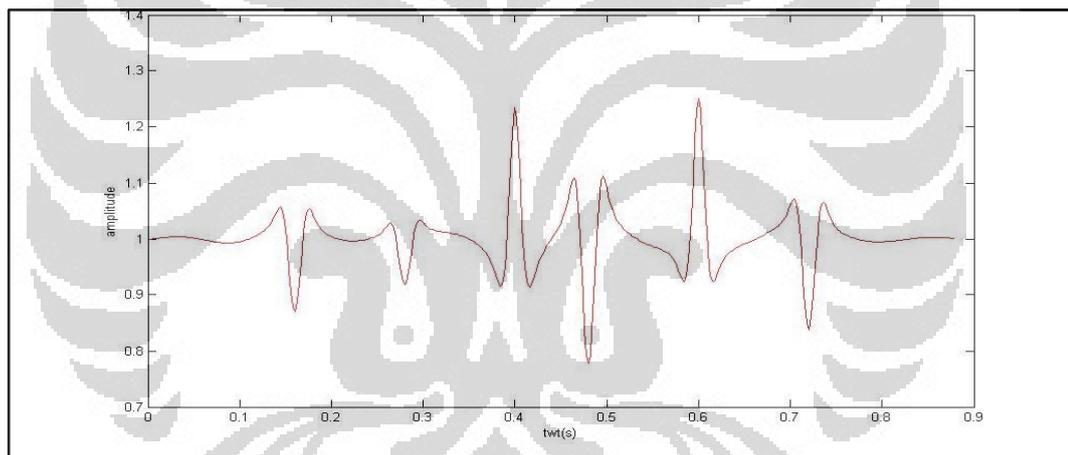


Gambar 3. 12 Spektrum *amplitude* dari proses *bandpass filter* dan juga integrasi yang dilakukan dalam domain frekuensi

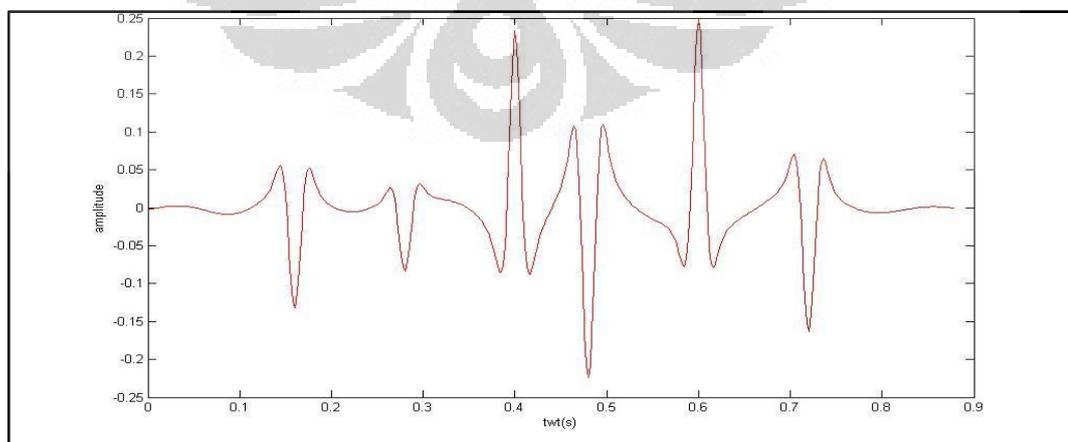


Gambar 3. 13 Hasil tras seismik yang sudah diintegrasikan dan juga dilakukan *bandpass filter*

4. Mengeksponensialkan hasil dari integrasi tras seismik dan kemudian menguranginya dengan nilai *mean* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14 dan 3.15.

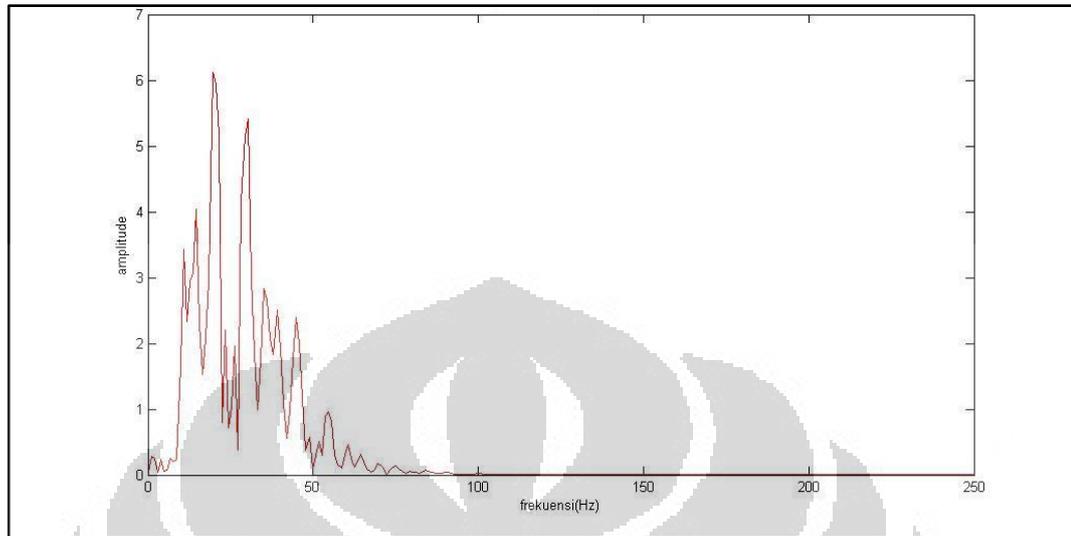


Gambar 3. 14 Hasil dari integrasi tras seismik yang di eksponensialkan



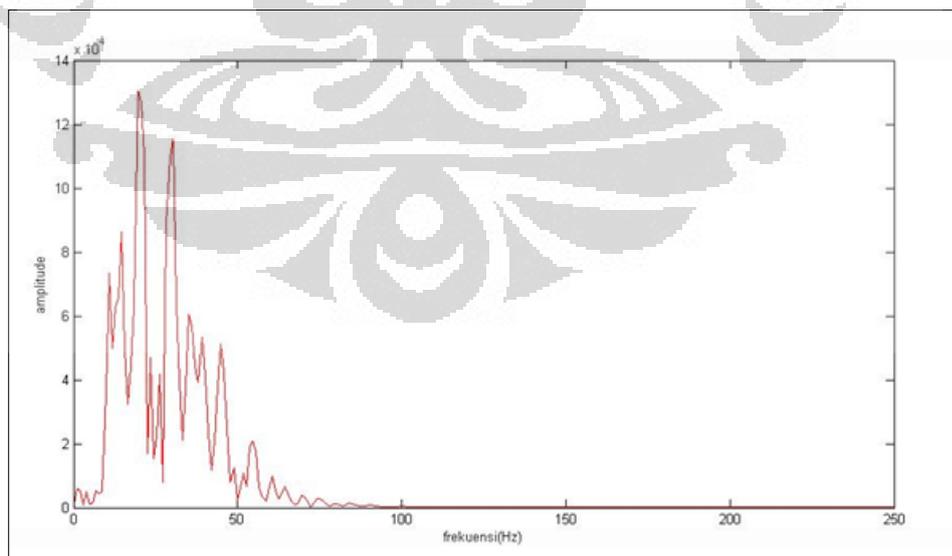
Gambar 3. 15 Hasil dari eksponensial kemudian dikurangi nilai *mean*

5. Melakukan transformasi Fourier terhadap hasil dari langkah(4), sehingga diperoleh spektrum amplitude seperti ditunjukkan pada Gambar 3.16.



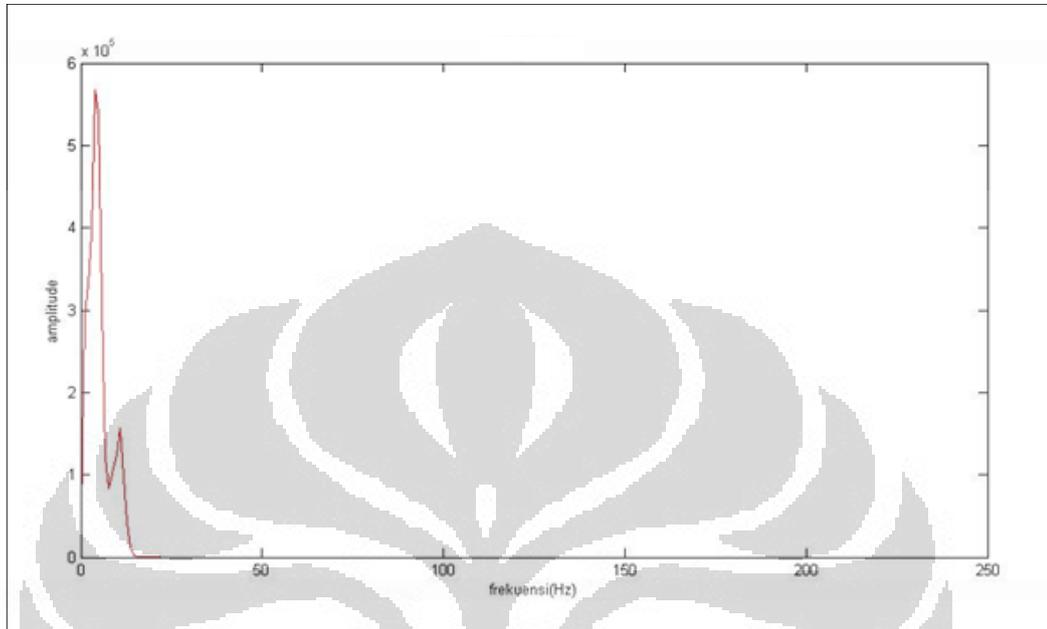
Gambar 3. 16 Spektrum *amplitude* dari langkah 4

6. Menghitung faktor pengali skalar dengan metode leastsquare yang berfungsi untuk meminimalkan square eror. Dan diperoleh nilainya yaitu $2.1345e+004$
7. Mengalikan spektrum amplitude pada langkah lima dengan faktror pengali skalar tersebut sehingga diperoleh spektrum amplitude yang sudah sesuai dengan spektrum dari impedansi akustik, seperti ditunjukkan Gambar 3.17..



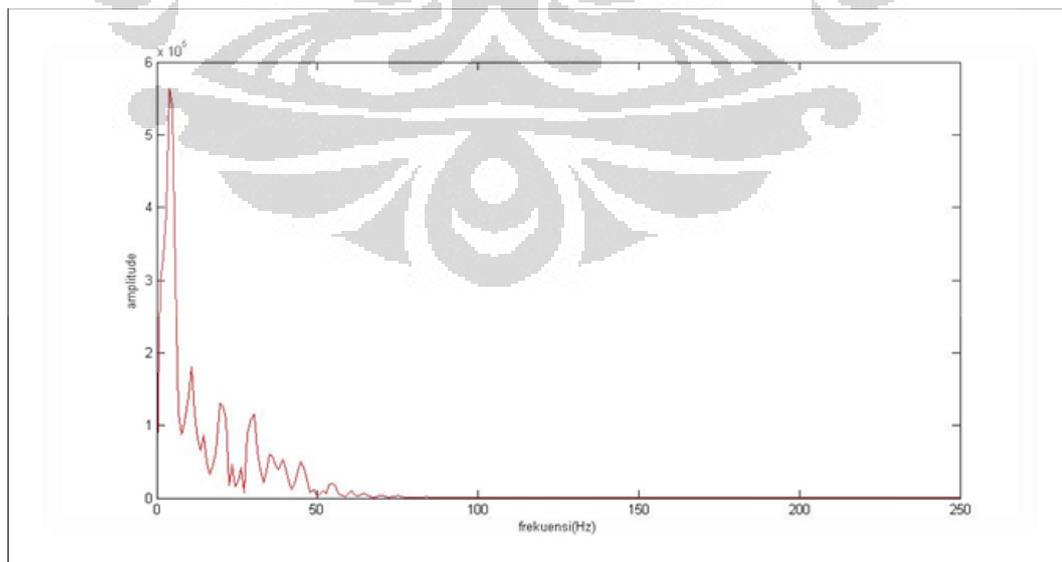
Gambar 3. 17 Spektrum *amplitude* dari langkah (5) dikalikan pengali skalar yang sudah dihitung pada langkah (6)

8. Melakukan *lowpass filter* 10Hz terhadap spektrum *amplitude* dari langkah(2) sehingga diperoleh spektrum impedansi akustik yang telah dilakukan *lowpass filter* seperti ditunjukkan Gambar 3.18.



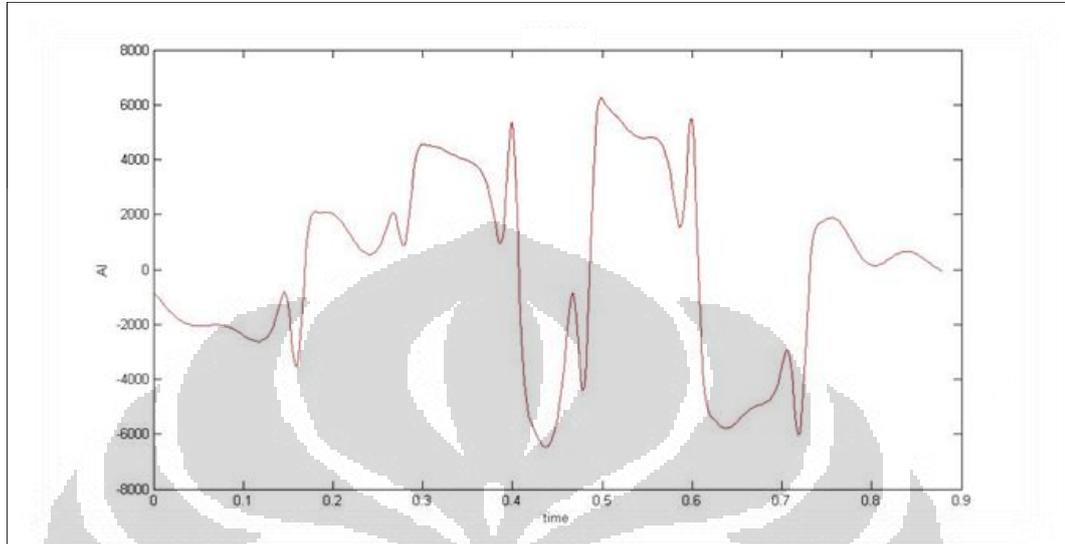
Gambar 3. 18 Spektrum *amplitude* dari langkah (2) yang sudah dilakukan *lowpass filter* 10 Hz

9. Menjumlahkan spektrum *amplitude* tras seismik dari langkah (7) dengan spektrum *amplitude* dari langkah (8) sehingga diperoleh spektrum gabungan seperti ditunjukkan Gambar 3.19.



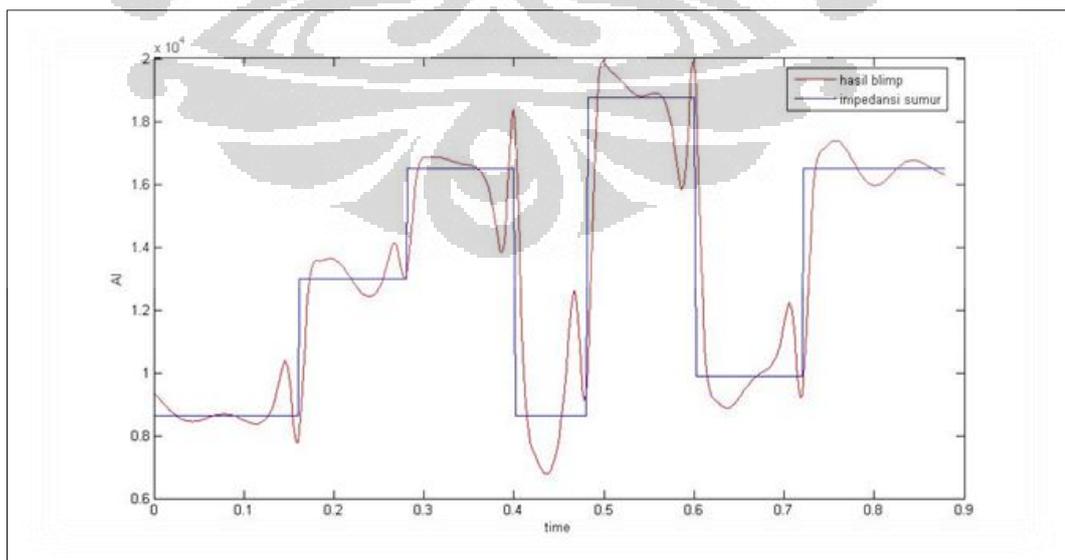
Gambar 3. 19 Spektrum *amplitude* hasil gabungan proses *lowpass filter* dan *bandpass filter* dari langkah (7) dan (8)

10. Melakukan *inverse* Fourier transform terhadap spektrum gabungan sehingga diperoleh hasil impedansi akustik dalam domain waktu, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.20.

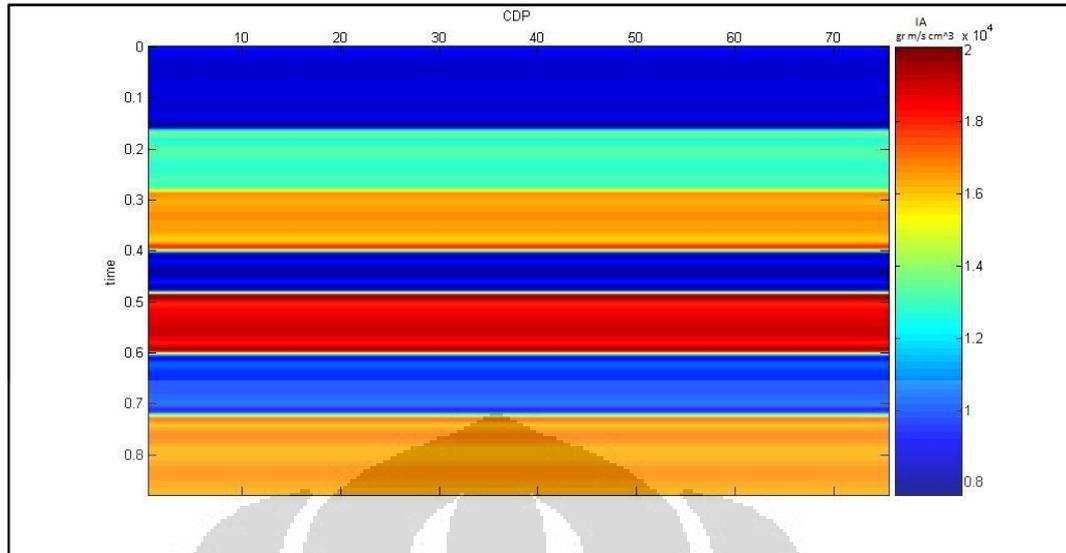


Gambar 3. 20 Hasil *inverse* Fourier transform terhadap spektrum *amplitude* gabungan.

11. Menambahkan trend linier yang berasal dari langkah (1) kepada nilai impedansi pada Gambar 3.20 sehingga diperoleh hasil impedansi akustik dari proses BLIMP. Perbandingan antara impedansi akustik hasil BLIMP dan impedansi model ditunjukkan oleh Gambar 3.21, dan hasil penampang impedansi hasil BLIMP ditunjukkan pada Gambar 3.22.



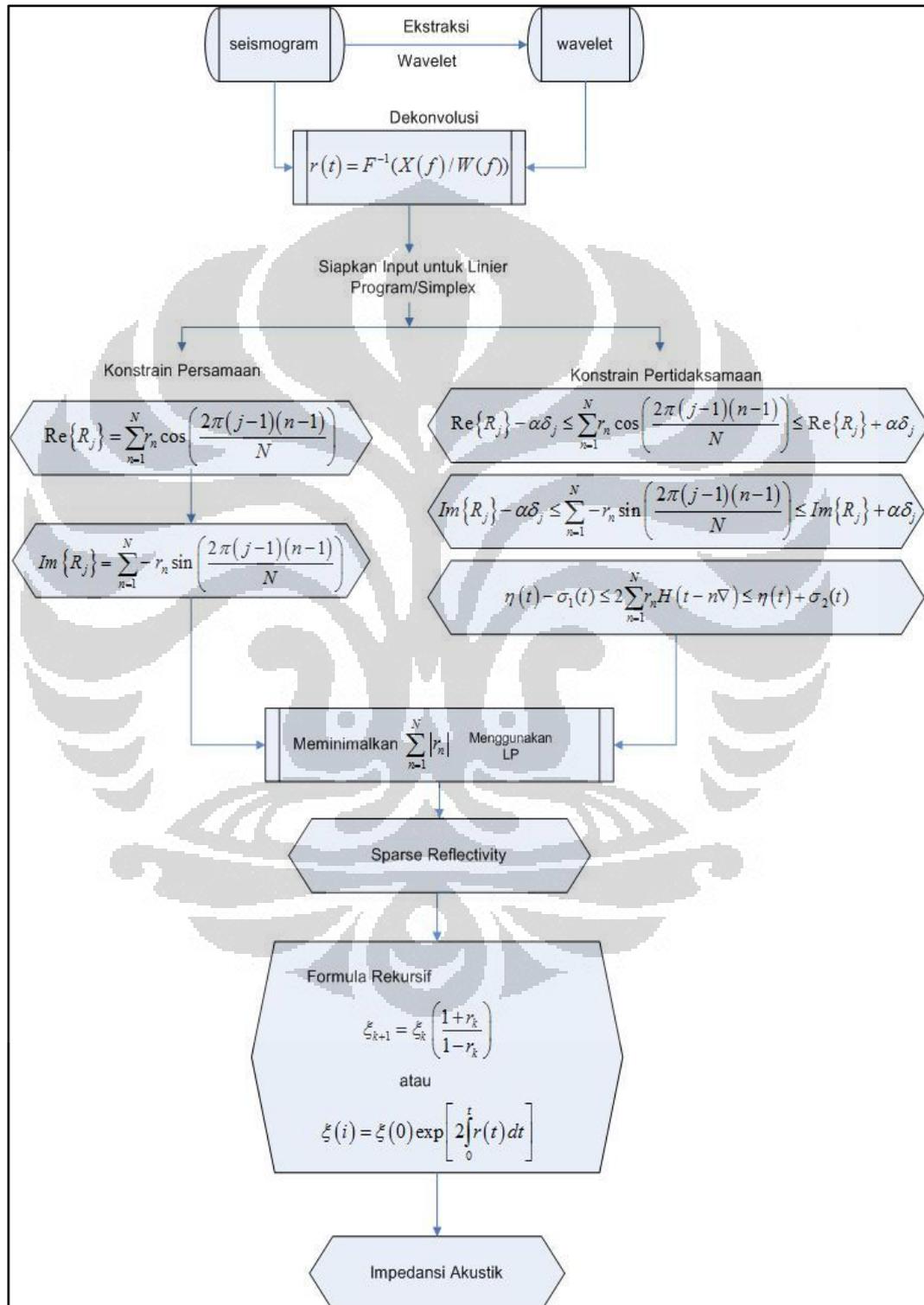
Gambar 3. 21 Nilai impedansi hasil proses BLIMP berwarna merah, dibandingkan dengan model impedansi input berwarna biru.



Gambar 3. 22 Penampang impedansi hasil inversi BLIMP terhadap penampang seismik dari Gambar 3.6

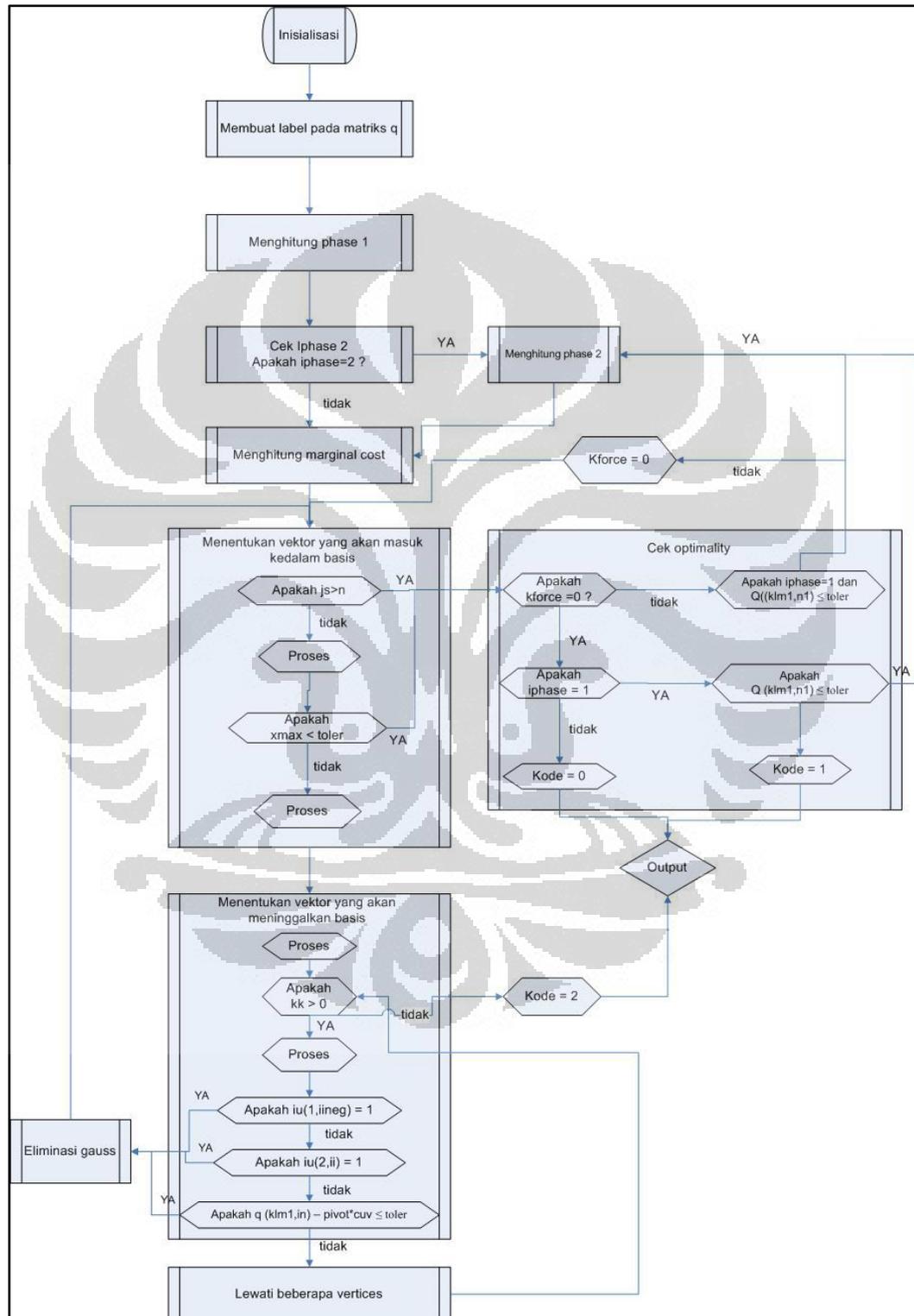
3.1.2. Linear Programming Sparse Spike Inversion

Seperti yang sudah dijelaskan pada teori dasar untuk proses *linear programming sparse spike inversion* mengikuti alur pengolahan seperti ditunjukkan pada bagan 3.2.



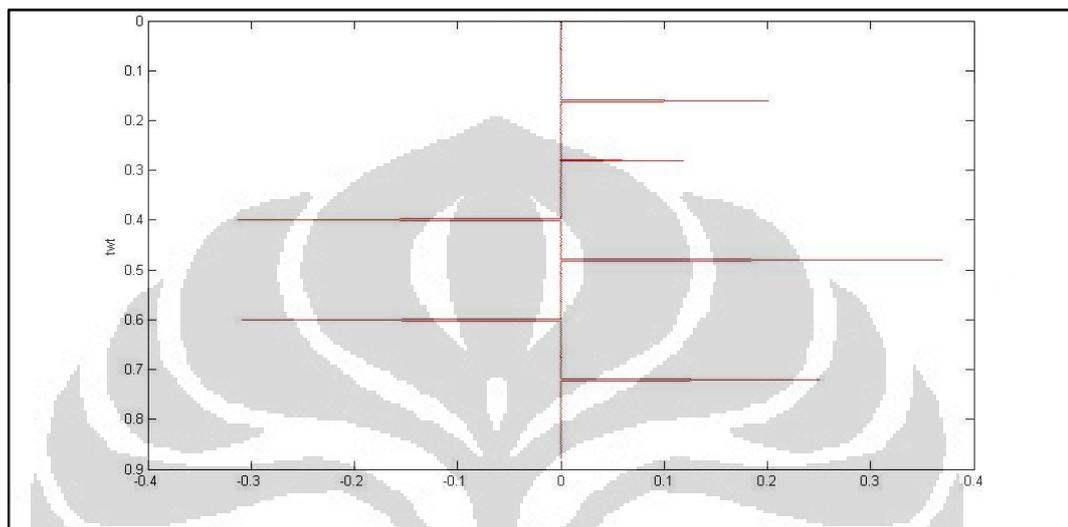
Bagan 3. 2 Diagram alir LP Sparse spike

Diagram pada bagan 3.2 merupakan alur proses metode LP *sparse spike*, sedangkan untuk algoritma linear programming sendiri ditunjukkan pada bagan 3.3.

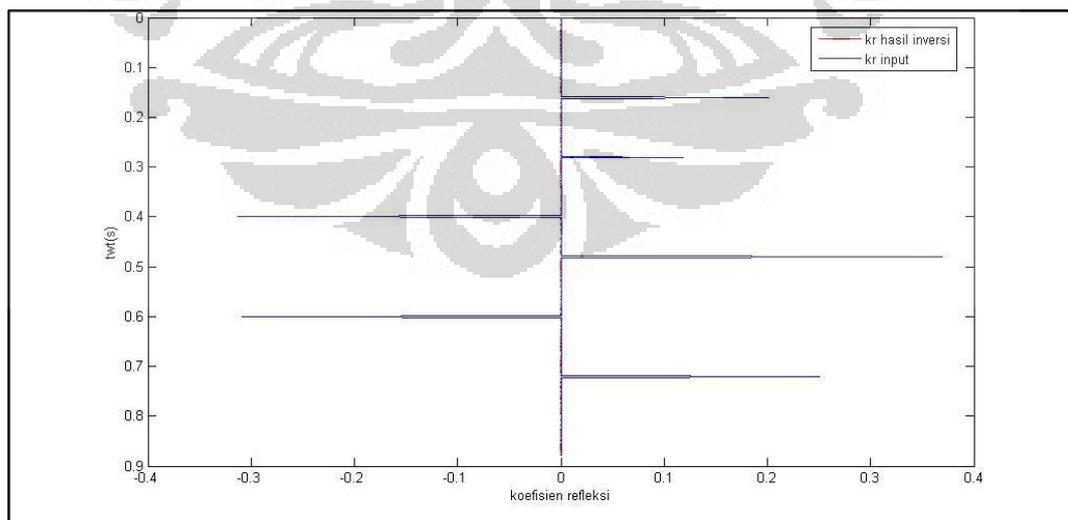


Bagan 3.3 Algoritma Linier Program

Dari alur pada bagan 3.2 dan 3.3 diujikan kepada data sintetik. Awalnya dipergunakan proses dekonvolusi antara tras seismik dengan wavelet dalam domain frekuensi, yang kemudian dilakukan proses *inverse Fourier transform* sehingga diperoleh koefisien refleksi hasil dekonvolusi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.23.

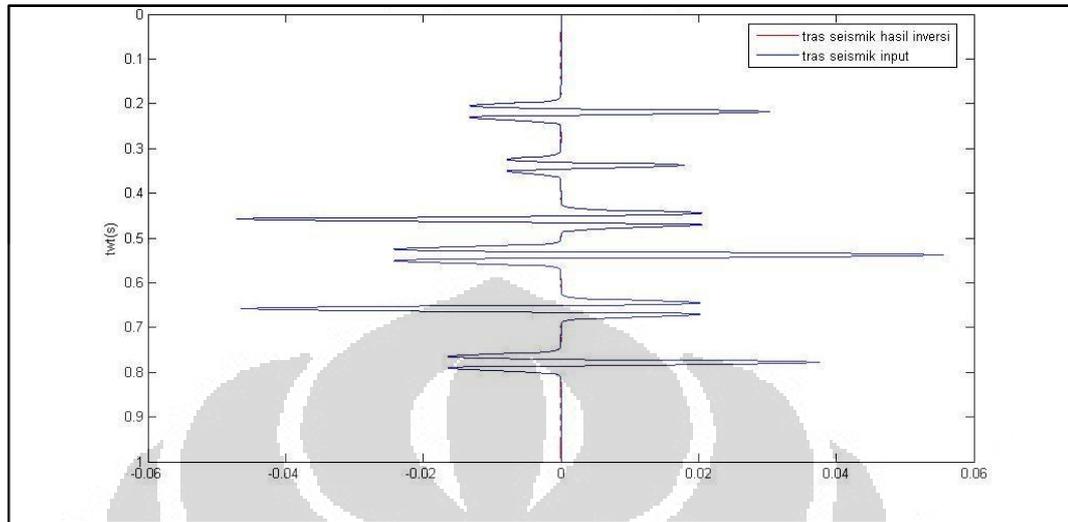


Gambar 3. 23 Koefisien refleksi hasil proses dekonvolusi antara tras seismik dengan *wavelet* Untuk kemudian koefisien refleksi hasil dekonvolusi tersebut diolah dengan alur proses *lp-sparse spike* dengan parameter $\alpha=0$ maka menghasilkan koefisien refleksi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.24.



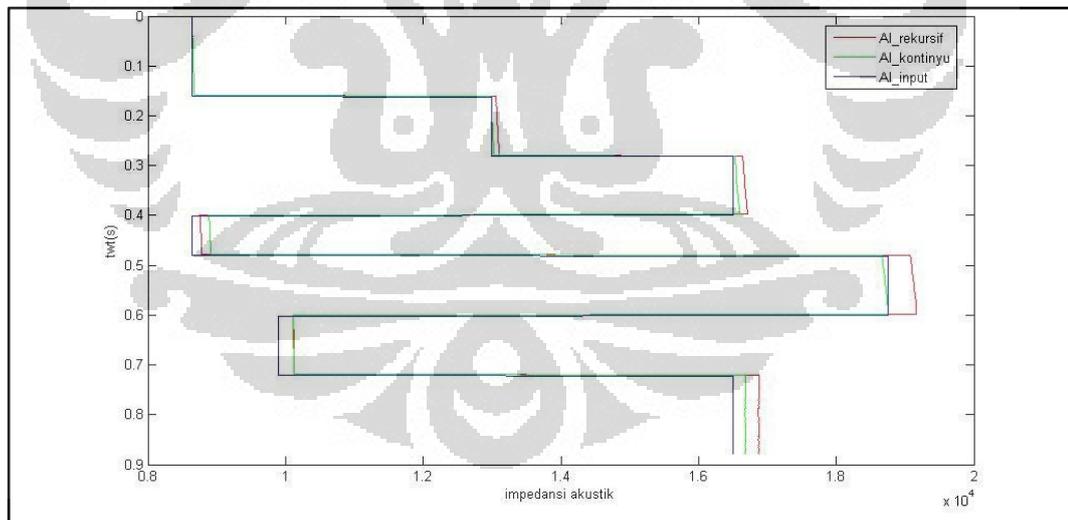
Gambar 3. 24 Perbandingan koefisien refleksi hasil inversi *sparse spike* dengan koefisien refleksi dari model impedansi

Selain itu dilakukan pula perbandingan antara tras seismik model input dengan tras seismik hasil *sparse spike* seperti ditunjukkan Gambar 3.25.



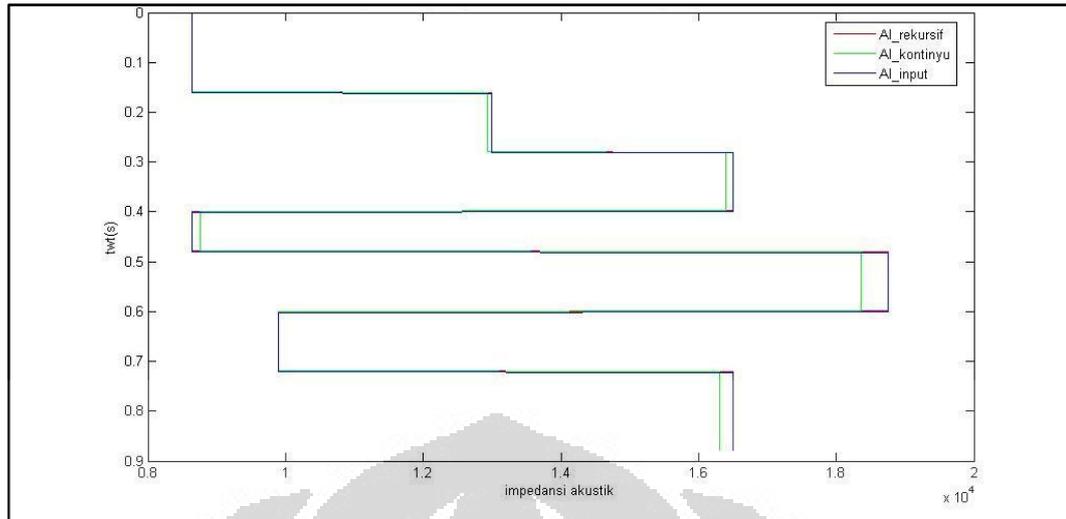
Gambar 3. 25 Perbandingan tras seismik input (biru) dengan tras seismik yang dihasilkan dari konvolusi antara koefisien refleksi hasil inversi dengan wavelet (merah).

Dengan rumus rekursif maupun dengan rumus kr sebagai fungsi kontinyu maka diperoleh impedansi akustik hasil inversi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.26.



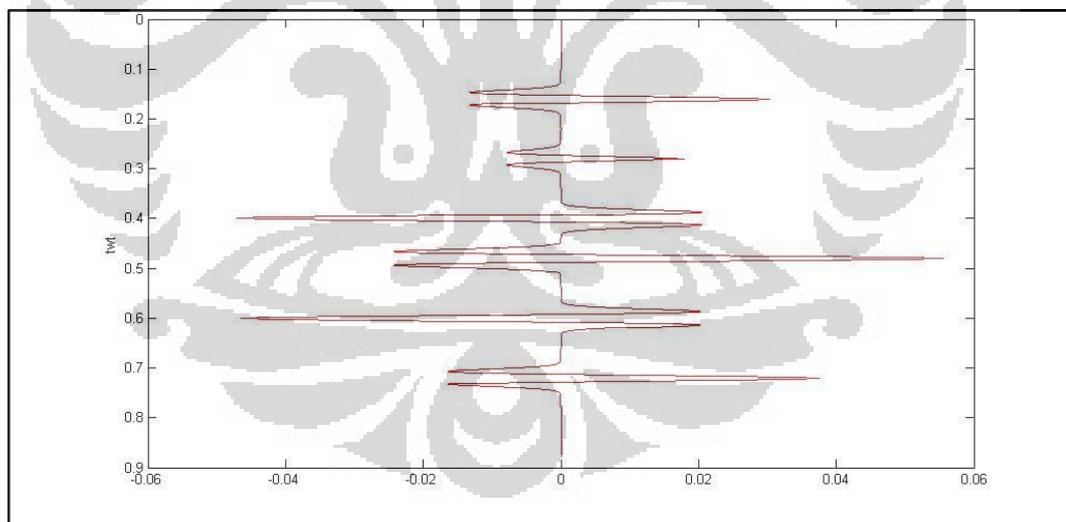
Gambar 3. 26 Perbandingan impedansi akustik (biru model impedansi input, merah impedansi hasil proses rekursif, hijau impedansi hasil perumusan kr sebagai fungsi kontinyu)

Untuk selanjutnya masih dengan input koefisien refleksi hasil dekonvolusi yang sama namun dengan nilai alpha yang ditingkatkan, menjadi 1 sehingga diperoleh impedansi akustik pada Gambar 3.27.



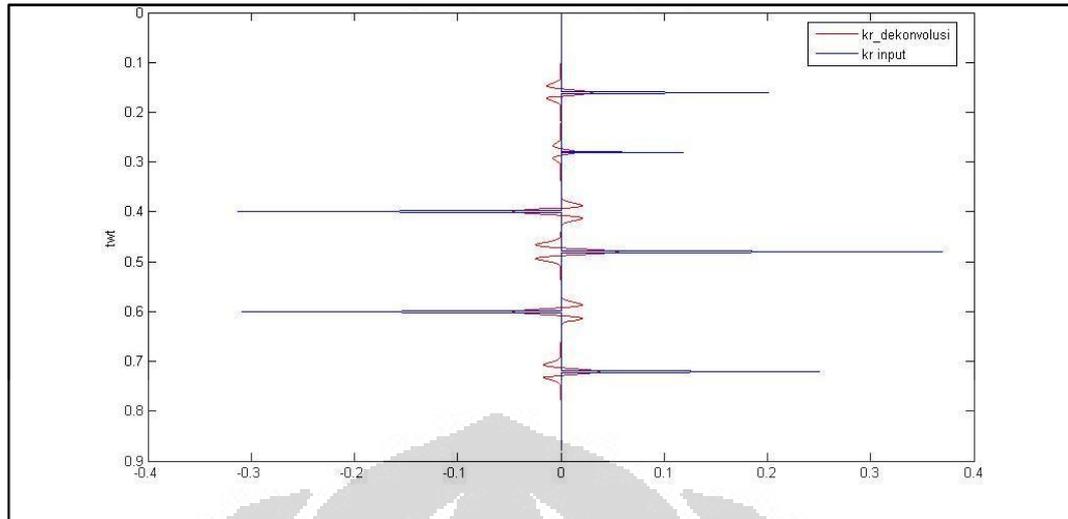
Gambar 3. 27 Perbandingan impedansi akustik hasil inversi dengan $\alpha=1$ (biru impedansi input, inversi rekursif, hijau inversi kontinyu)

Selanjutnya dilakukan variasi yakni dengan input koefisien refleksi dari proses dekonvolusi masih bersifat *bandlimited*. Untuk kemudian dilakukan pengolahan dengan algoritma LP sparse spike. Koefisien refleksi hasil dekonvolusi bersifat *bandlimited* ditunjukkan pada Gambar 3.28.



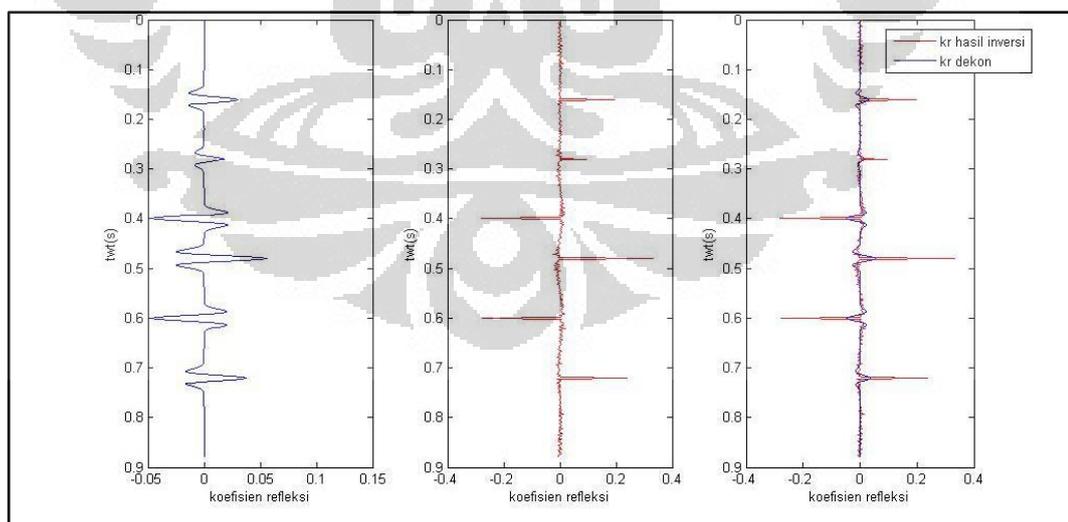
Gambar 3. 28. Koefisien refleksi dekonvolusi yang masih bersifat *bandlimited*

Apabila dibandingkan koefisien refleksi dekon tersebut dengan koefisien refleksi model yakni seperti ditunjukkan pada Gambar 3.29.

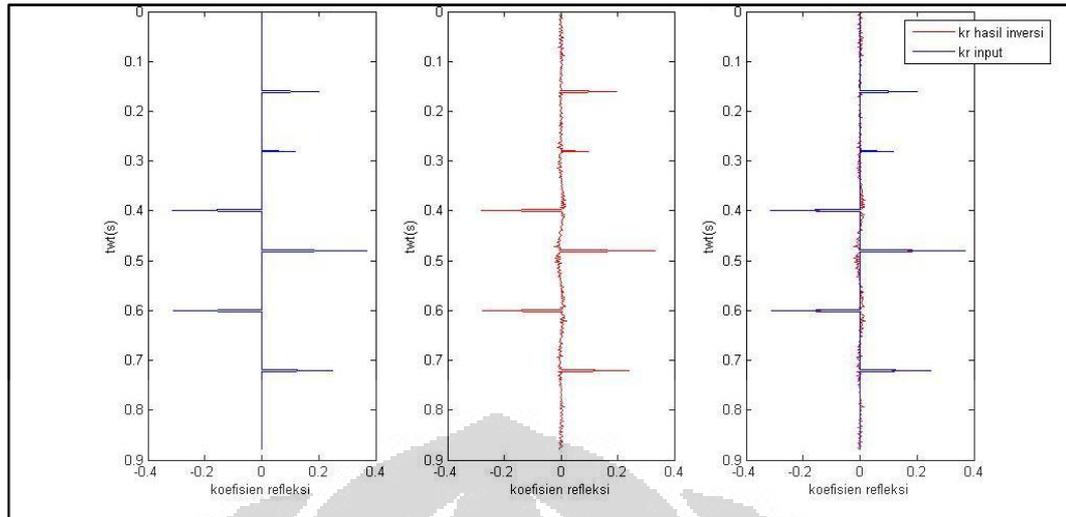


Gambar 3. 29 Koefisien refleksi hasil dekonvolusi (merah) dengan koefisien refleksi input(biru)

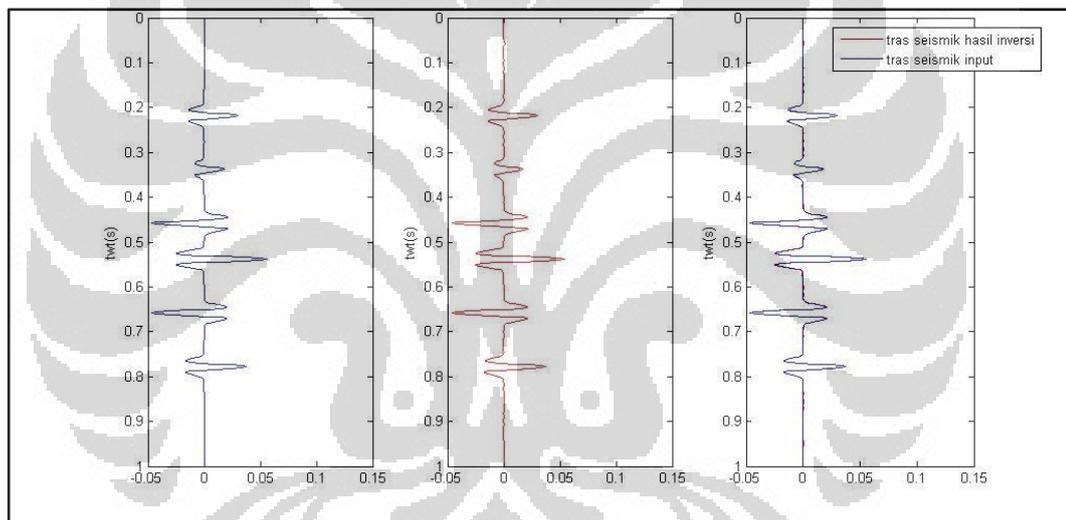
Koefisien refleksi yang bersifat badnlimited ini diolah dengan program LP Sparse Spike dengan parameter $\alpha=1$, diperoleh beberapa perbandingan yaitu, perbandingan antara koefisien refleksi hasil LP sparse spike dengan koefisien refleksi dekon ditunjukkan pada Gambar 3.30, perbandingan antara koefisien refleksi hasil LP sparse spike dengan koefisien refleksi model seperti Gambar 3.31 dan perbandingan tras seismik input dengan tras seismik hasil LP saprse spike seperti pada Gambar 3.32.



Gambar 3. 30 Perbandingan koefisien refleksi hasil Lp(merah) dengan koefisien refleksi hasil dekonvolusi(biru)

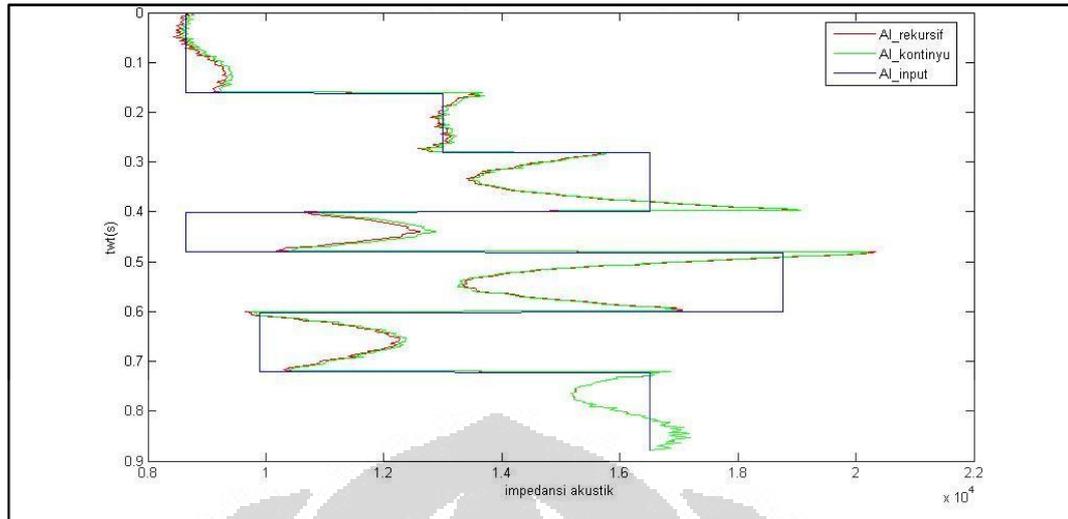


Gambar 3. 31 Perbandingan koefisien refleksi hasil lp(merah) dengan model koefisien refleksi input(biru)



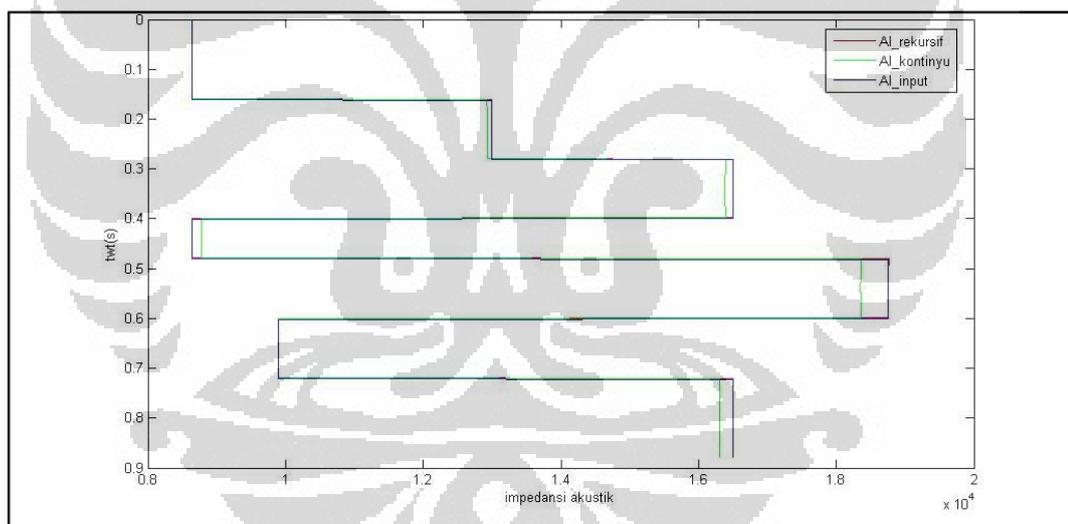
Gambar 3. 32 Perbandingan tras seismik antara tras seismik input(biru) dengan tras seismik hasil konvolusi antara koefisien refleksi hasil inversi dengan wavelet(merah)

Hasil koefisien refleksi yang diperoleh dari program LP sparse spike untuk kemudian dilakukan proses rekursif sehingga diperoleh nilai impedansi akustik seperti ditunjukkan pada Gambar 3.33.



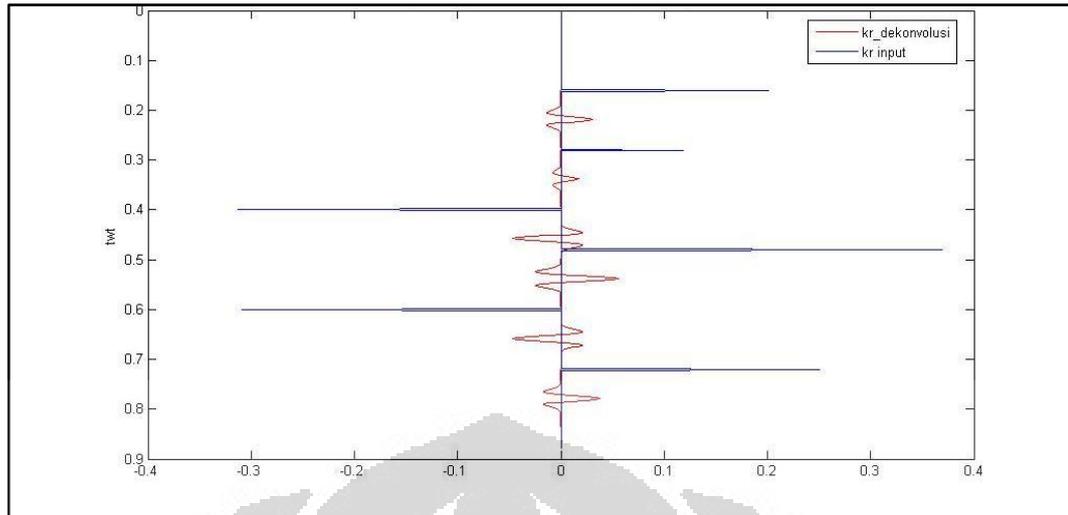
Gambar 3. 33 Perbandingan model impedansi akustik input(biru), impedansi akustik hasil inversi rekursif(merah) dan impedansi akustik inversi kontinyu(hijau)

Apabila nilai α ditigkatkan menjadi 4 maka diperoleh perbandingan impedansi akustik yang lebih baik seperti ditunjukkan pada Gambar 3.34.



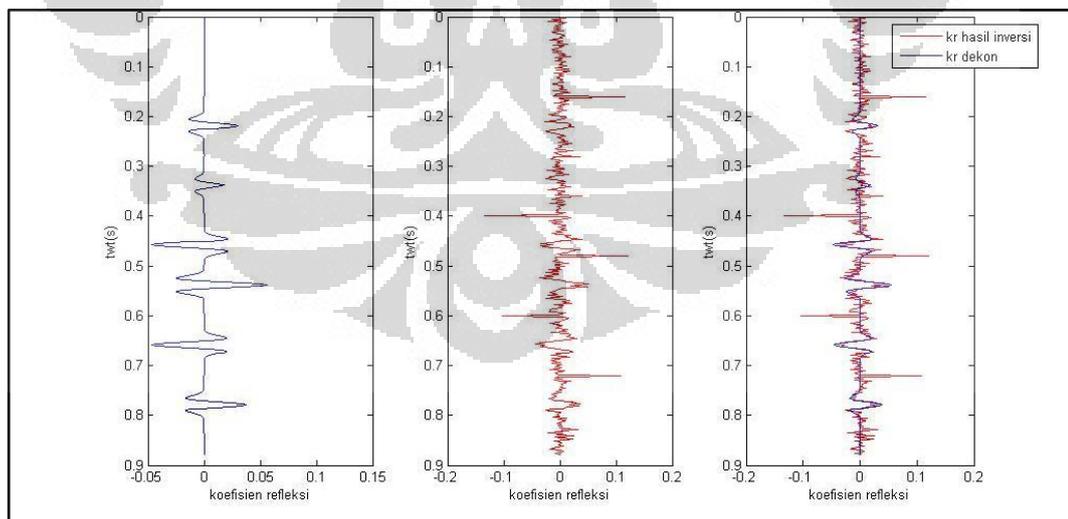
Gambar 3. 34 Perbandingan impedansi akustik ketika $\alpha=4$

Selanjutnya kembali dilakukan variasi, dengan koefisien refleksi yang masih bersifat *bandlimited* seperti sebelumnya, namun ditambah dengan proses shifting yang menyebabkan *event* antara koefisien refleksi dekonvolusi berbeda dengan koefisien refleksi input. Untuk kemudian koefisien refleksi dekon ini diolah dalam program Lp sparse spike. Perbandingan antara koefisien refleksi model dengan koefisien refleksi hasil dekon yang bersifat *bandlimited* serta mengalami shifting ditunjukkan pada Gambar 3.35.

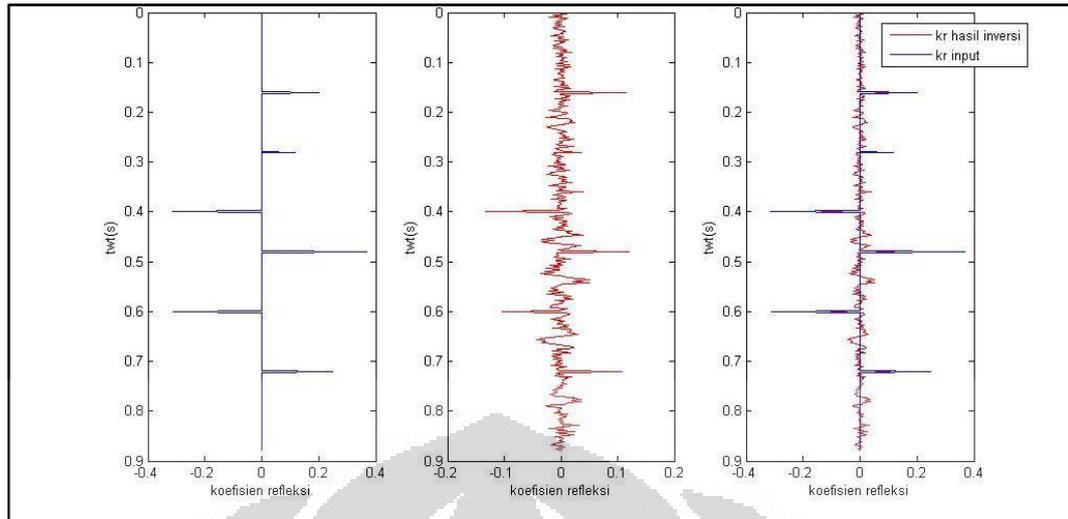


Gambar 3. 35 Koefisien refleksi dekon(merah) dengan model koefisien refleksi input(biru)

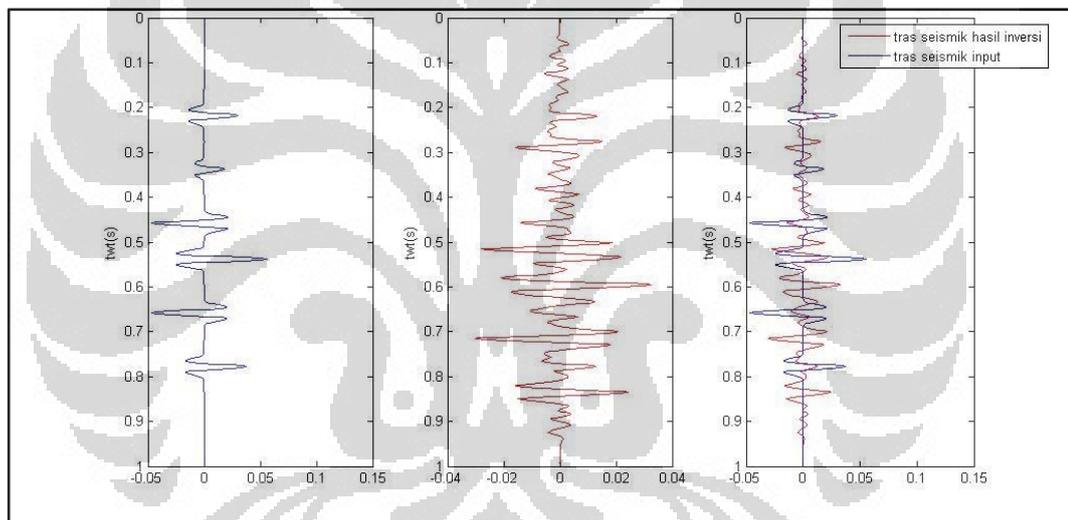
Dilakukan pengolahan koefisien refleksi dekon pada Gambar 3.35 menggunakan program *lp sparse spike* dan ditetapkan parameter $\alpha=1$ sehingga diperoleh beberapa hasil perbandingan yaitu, perbandingan koefisien refleksi hasil LP sparse spike dengan koefisien refleksi dekon pada Gambar 3.36, perbandingan koefisien refleksi hasil LP sparse spike dengan koefisien refleksi model pada Gambar 3.37 dan perbandingan antara tras seismik input dengan tras seismik hasil pengolahan program LP sparse spike pada gambar 3.38.



Gambar 3. 36 Perbandingan koefisien refleksi dekon(biru) dengan koefisien refleksi hasil lp(merah)

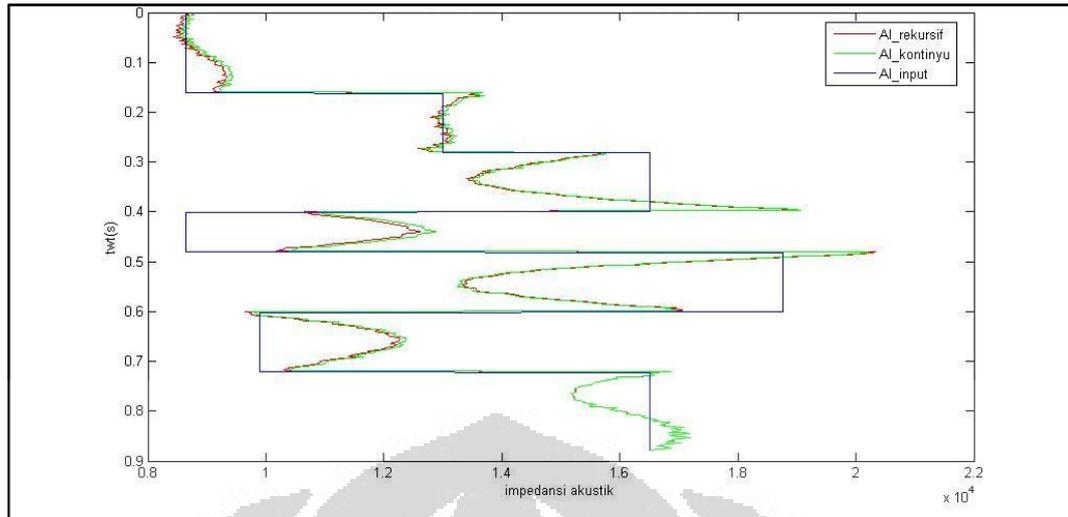


Gambar 3. 37 Perbandingan koefisien refleksi hasil lp(merah) dengan model koefisien refleksi input(biru)



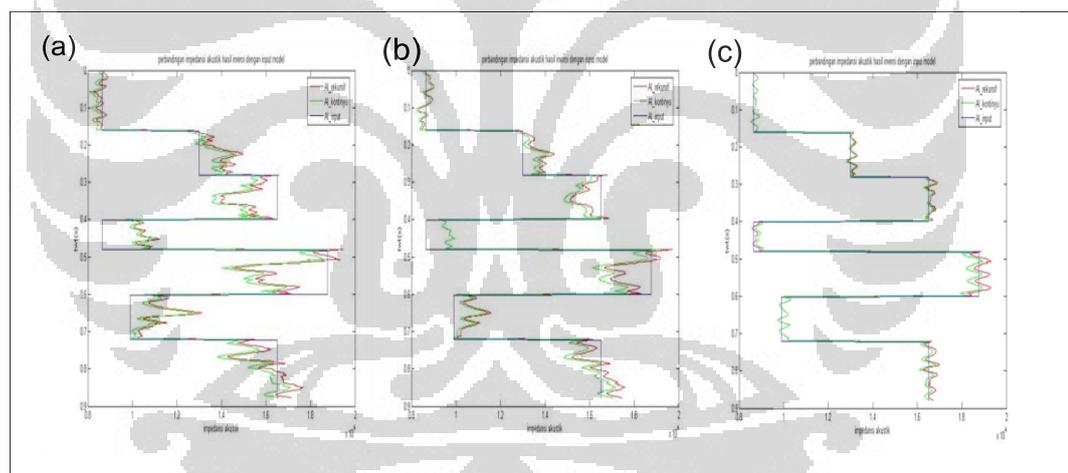
Gambar 3. 38 Perbandingan tras seismik input(biru) dengan tras seismik hasil lp(merah)

Hasil koefisien refleksi yang diperoleh dari program LP sparse spike untuk kemudian dilakukan proses rekursif sehingga diperoleh nilai impedansi akustik seperti ditunjukkan pada Gambar 3.39.



Gambar 3. 39 Perbandingan model impedansi akustik input(biru) dengan impedansi hasil inversi rekursif (merah) dan inversi kontinyu (hijau) dengan nilai alpha =1

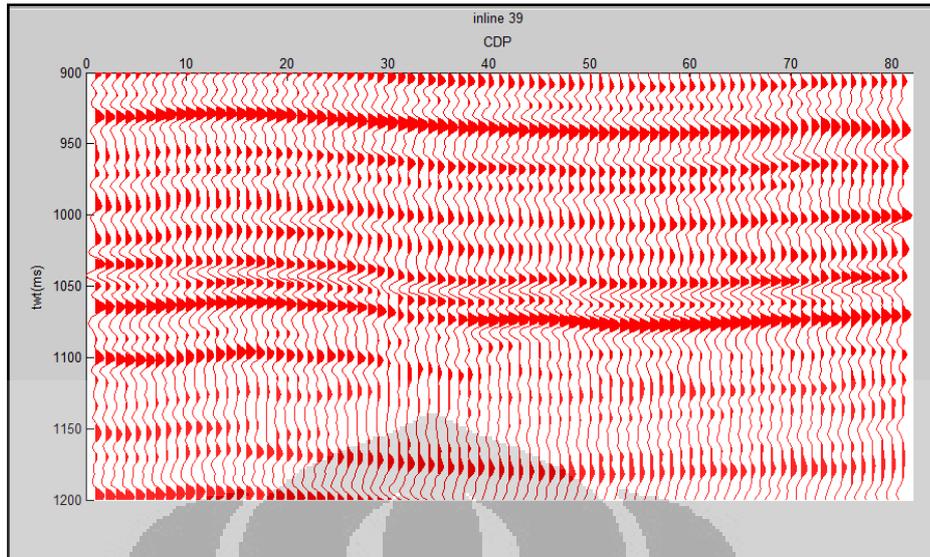
Apabila diubah parameter alpha menjadi 4, 6 dan 7 maka diperoleh hasil impedansi akustik seperti ditunjukkan pada Gambar 3.40.



Gambar 3. 40 Perbandingan impedansi aksutik hasil lp *sparse spike* (a)alpha=4, (b) alpha=6 dan (c) alpha=7

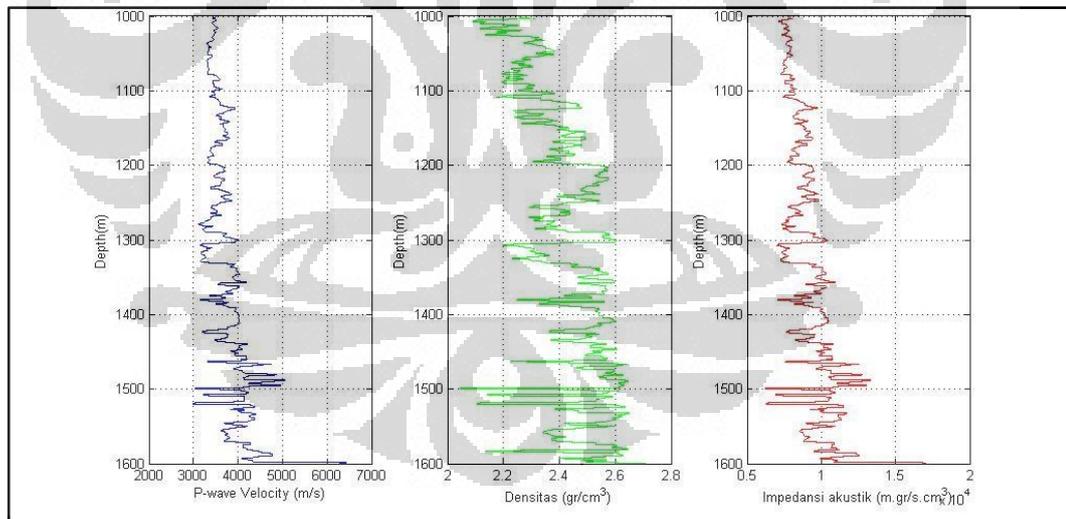
3.2. Data Real

Data real yang dipergunakan pada skripsi ini yaitu data seismik *postack* berbentuk kubus (volume), namun pada penelitian kali ini penulis hanya memfokuskan pada satu buah penampang yang disertai satu buah data sumur yang memiliki log v_p dan *density*. Data seismik pada penampang ini memiliki total 81 trace dengan nilai twt 900ms-1200ms dengan sampling rate sebesar 2ms, seperti ditunjukkan pada gambar 3.41.



Gambar 3. 41 Penampang seismik real inline 39

Sedangkan untuk data log sumur vp dan density masih dalam satuan depth(meter) yang berada dari kedalaman 1000 meter sampai 1600 meter seperti ditunjukkan pada Gambar 3.42, dari data vp dan density penulis dapat memperoleh nilai impedansi akustik pada lokasi sumur tersebut.



Gambar 3. 42 Log sumur vp, density dan juga data impedansi akustik

3.3.1. Konversi Satuan Kedalaman Pada Menjadi Two Way Time

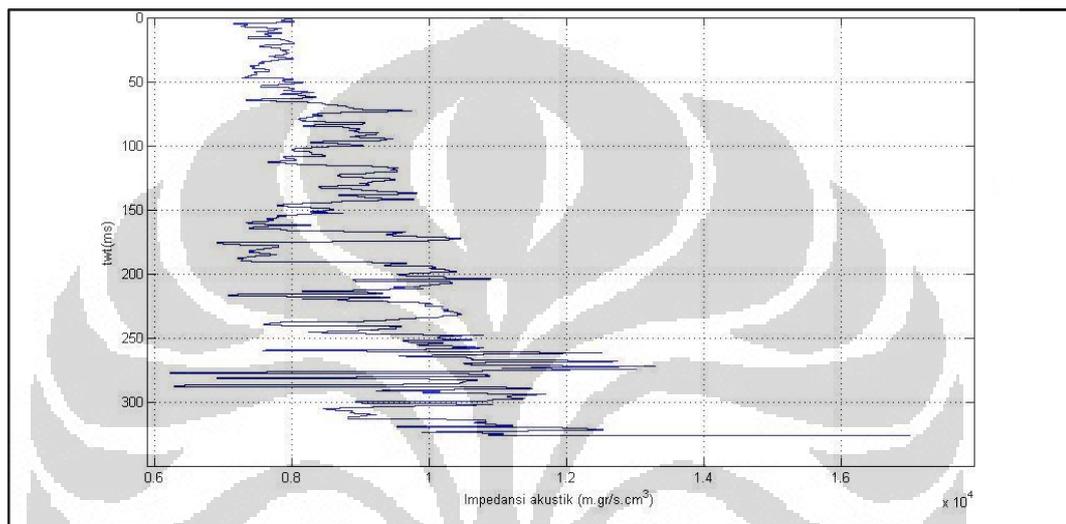
Karena pada kasus ini penulis tidak memiliki data *checkshot* maka untuk melakukan proses konversi dari satuan kedalaman menjadi waktu dipergunakan data vp. Sesuai persamaan berikut

$$dt = 1/v_p \quad (3.1)$$

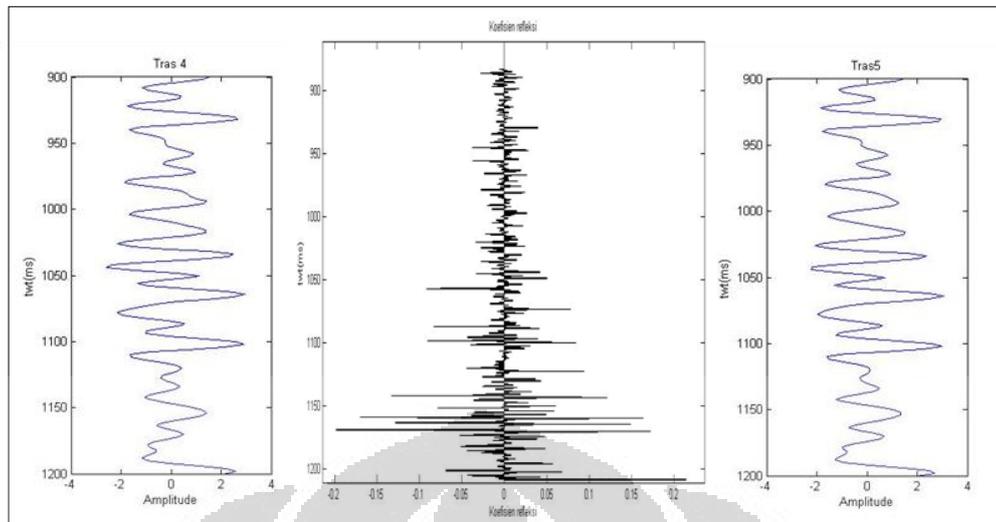
Karena data seismik penulis dalam bentuk two way time maka yang digunakan

$$\Delta t = 2 dt \quad (3.2)$$

Dengan perumusan ini maka penulis dapat melakukan konversi dari satuan kedalaman menjadi satuan waktu, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.43.

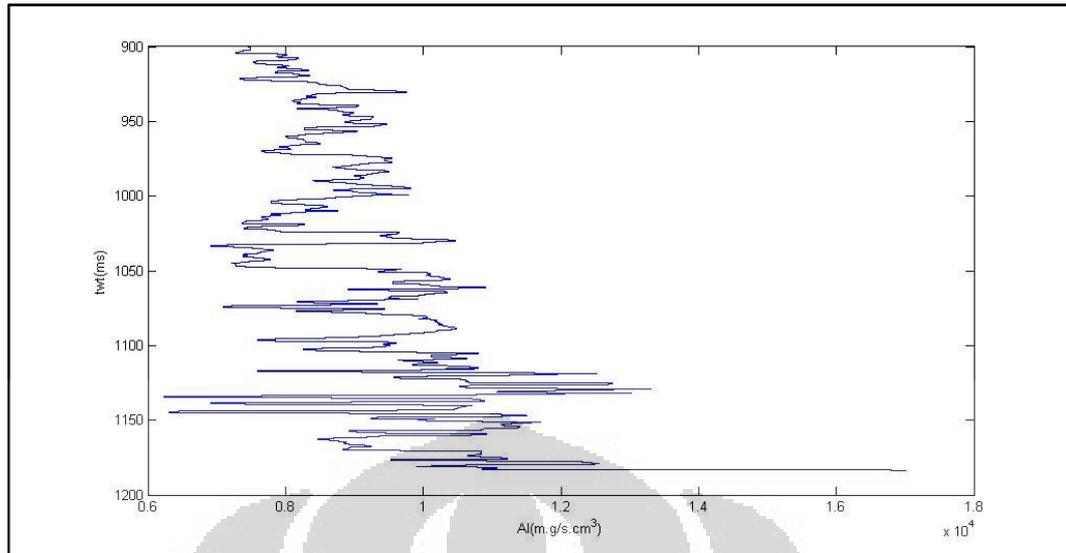


Gambar 3. 43 Log impedansi akustik yang sudah dikonversi dari satuan meter menjadi twt(ms) Namun hasil yang ditunjukkan pada Gambar 3.43 belumlah sesuai karena waktu awalnya masih dimulai dari nol. Namun penulis tidak dapat langsung mengubah waktu awal menjadi 900ms, perlu dilakukan penyesuaian antara nilai impedansi dengan event seismik yang terjadi pada waktu tertentu. Untuk mempermudah yakni dengan mengubah impedansi akustik menjadi deret koefisien refleksi sehingga ketika koefisien refleksi bernilai positif maka event seismik yang muncul yakni *peak*, dan apabila negatif menjadi *trough*. Data koefisien refleksi dari sumur ini akan dibandingkan dengan seluruh data tras seismik namun lebih khususnya penulis coba bandingkan dengan tras 4 dan 5 seperti ditunjukkan Gambar 3.44, maka diperoleh kesesuaian yang optimal pada waktu awal dari data sumur pada waktu 858 ms, seperti berikut.



Gambar 3. 44 Proses penyesuaian event tras seismik dengan koefisien refleksi sumur

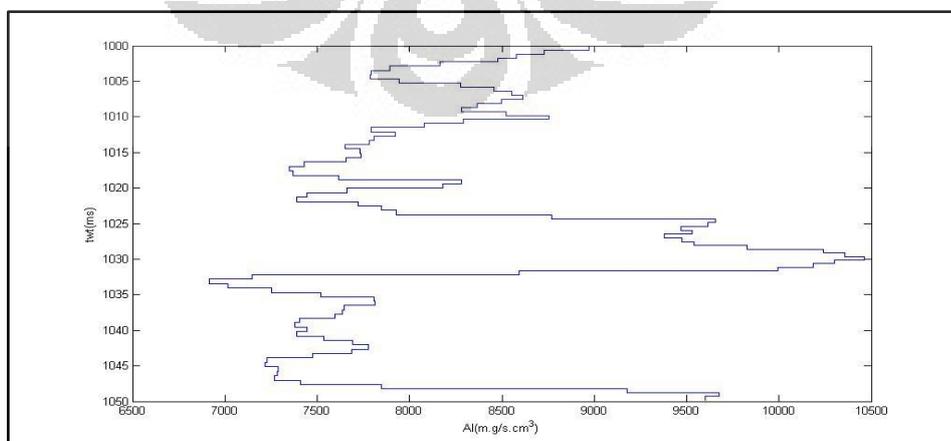
Sampai pada tahap ini penulis sudah melakukan proses konversi dari satuan kedalaman dari data sumur menjadi waktu twt. Untuk selanjutnya penulis hanya akan mempergunakan data sumur pada rentang waktu 900ms-1200ms seperti ditunjukkan Gambar 3.45. Namun ada satu hal lagi yang harus diperhatikan yaitu kesesuaian jumlah digit data antara data sumur dengan data tras seismik. Dalam proses komputasi penulis bekerja pada digit data, kesesuaian jumlah data yang akan penulis proses menjadi sangat penting. Dalam hal ini rentang waktu yang sudah sama dari data sumur dengan data seismik namun jumlah data seismik lebih sedikit dibandingkan dengan data sumur, oleh sebab itu perlu dilakukan proses interpolasi terhadap data seismik sehingga jumlah digit data seismik akan sama dengan data sumur pada rentang waktu 900ms sampai dengan 1200ms. Proses interpolasi yang dipergunakan yakni dengan metode spline sehingga tidak akan merubah bentuk dari tras seismik dan hanya menambah jumlah data dari tras seismik.



Gambar 3. 45 Data impedansi akustik dari sumur yang sudah disesuaikan dengan rentang waktu dari data seismik

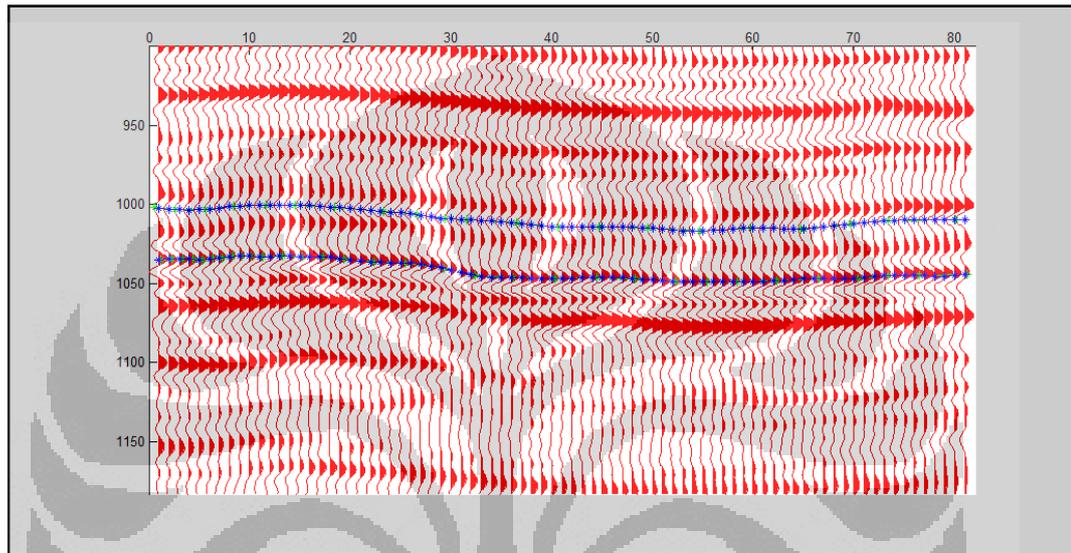
3.2.2. Picking Horizon

Sebelum penulis melakukan picking horizon pada daerah target penulis, penulis harus terlebih dahulu menetapkan dimanakah daerah target penulis tersebut. Untuk melakukan hal ini dipergunakan data impedansi akustik. Reservoir merupakan zona yang memiliki porositas yang baik, dan berisi fluida hidrokarbon, oleh sebab itu pada umumnya reservoir memiliki nilai v_p yang rendah dan densitas yang rendah pula, dengan kata lain memiliki impedansi akustik yang rendah. Pada kali ini penulis menentukan zona target pada 1000 ms sampai 1050ms dengan data impedansi akustik ditunjukkan seperti ditunjukkan Gambar 3.46.



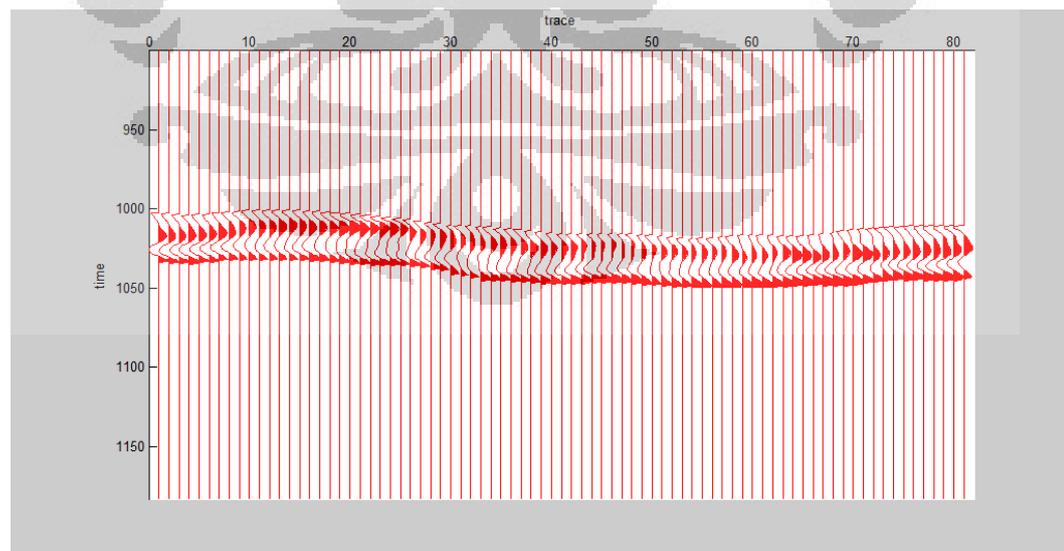
Gambar 3. 46 Zona target pada data impedansi akustik

Setelah mengetahui daerah yang menjadi zona target maka dilakukan picking horizon pada data seismik. Pada bagian *top* dari target event seismik adalah trough karena impedansi berubah dari impedansi besar menjadi kecil, sedangkan *bottom* terdapat pada event seismik peak. Proses picking horizon seperti pada Gambar 3.47.



Gambar 3. 47 Proses picking horizon pada penampang seismik

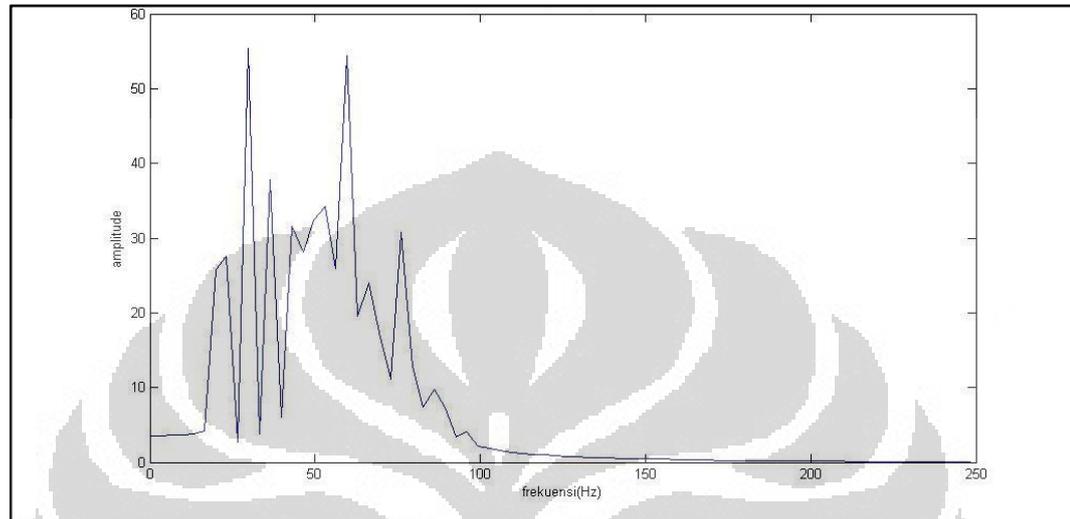
Dan diperoleh hasil picking sebagai dari data seismik seperti pada Gambar 3.48.



Gambar 3. 48 Hasil picking horizon pada inline 39

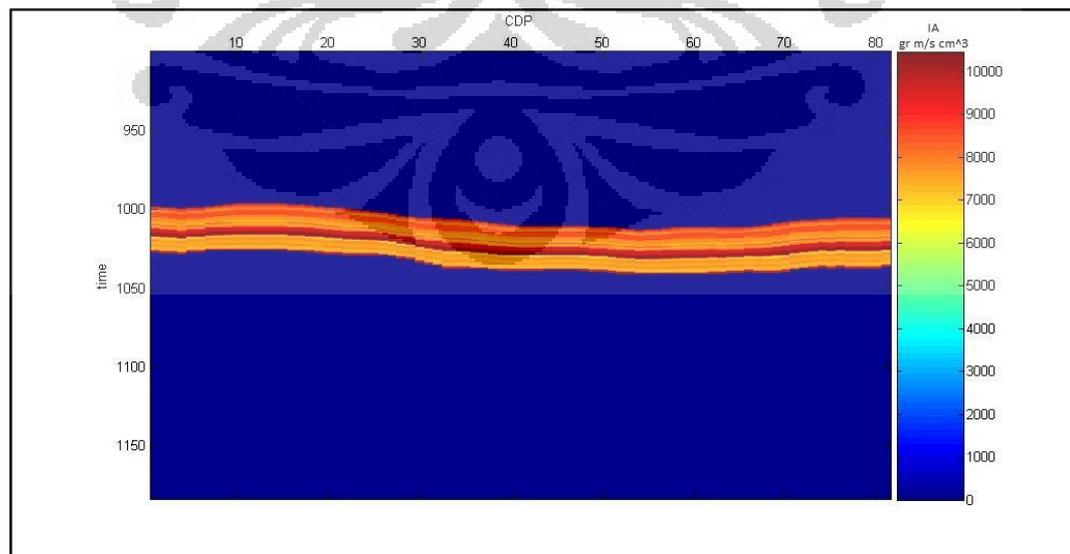
3.2.3. Band Limited Impedance Inversion

Sesuai dengan alur yang sudah diujikan pada data sintetik, hal yang dilakukan yakni menganalisa spektrum amplitude pada tras seismik misalkan pada tras 4 seperti ditunjukkan Gambar 3.49.



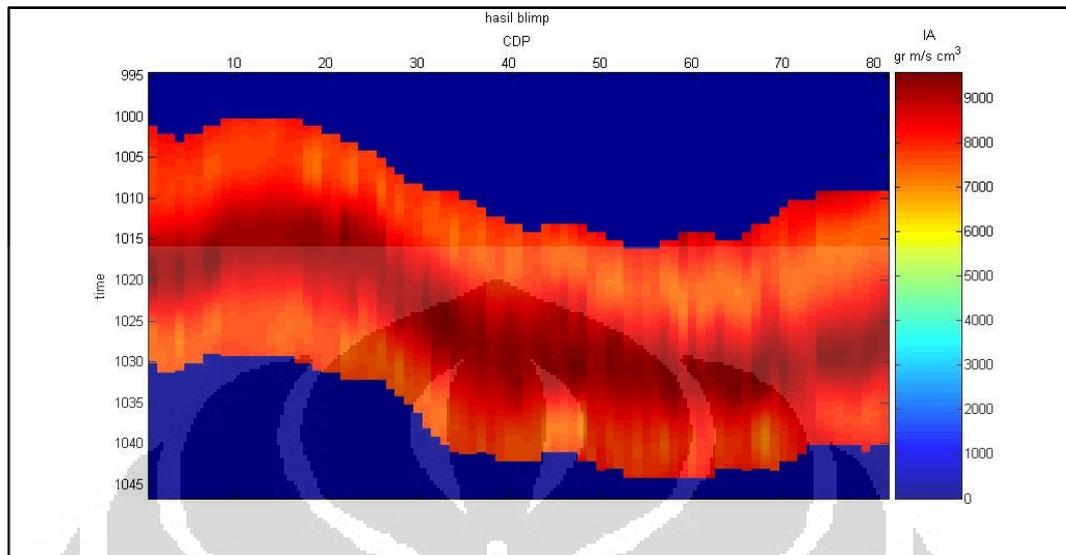
Gambar 3. 49 Spektrum *aplitude* pada tras seismik 4

Dari prose ini diperoleh bahwa batasan bandlimited frekuensi yang akan dipergunakan yakni 10-100Hz. Selanjutnya penulis membuat model bumi pada zona target dengan melakukan proses ekstrapolasi dari data impedansi sumur dan dibatasi oleh horizon seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.50.



Gambar 3. 50 Model bumi pada zona target yang diperoleh dari proses ekstrapolasi data impedansi akustik

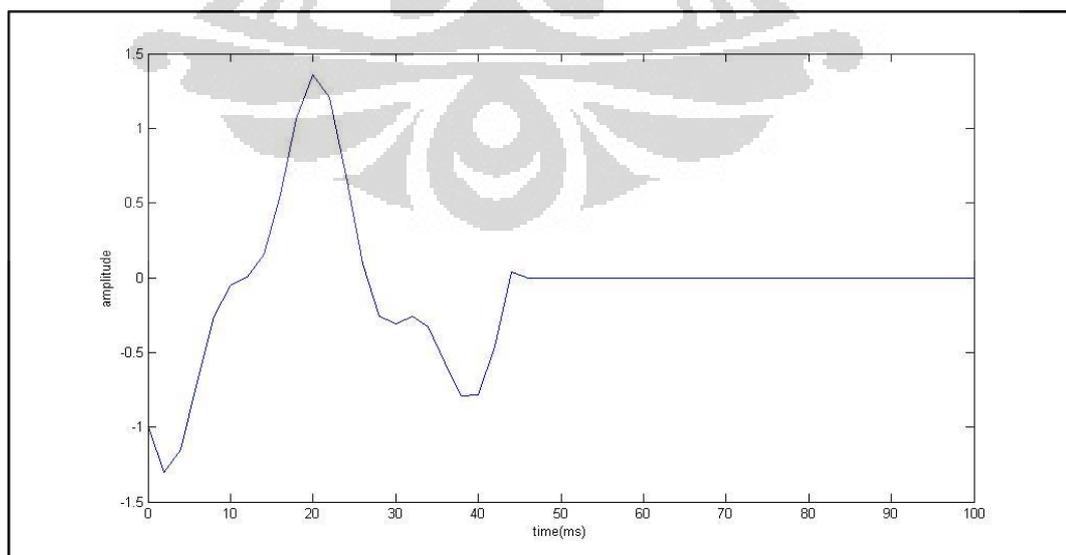
Dengan program BLIMP maka diperoleh nilai impedansi pada daerah target seperti Gambar 3.51.



Gambar 3. 51 Hasil impedansi akustik pada daerah target dengan proses inversi BLIMP

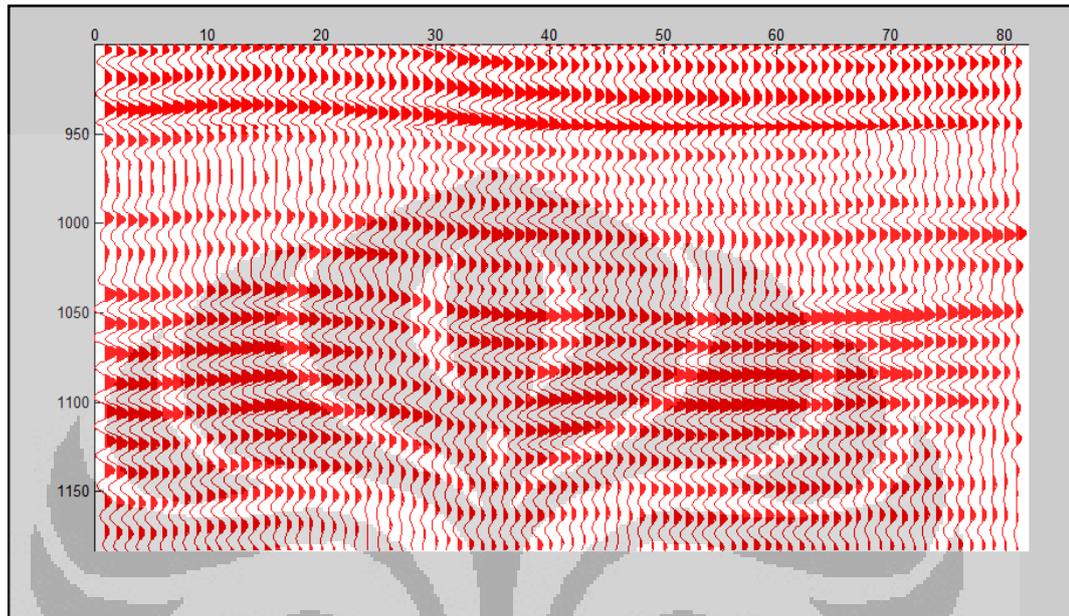
3.2.4. Linear Programming Sparse Spike Inversion

Sedikit berbeda dengan metode BLIMP pada metode LP *sparse spike* terlebih dahulu melakukan proses ekstraksi wavelet, untk kemudian melakukan dekonvolusi. Ekstraksi wavelet yang dipergunakan menggunakan metode statistik dengan lebar wavelet sebesar 100ms. Dari proses ini diperoleh hasil wavelet pada gamabr 3.52.



Gambar 3. 52 Wavelet hasil ekstraksi metode statistik dengan lebar 100ms

Untuk selanjutnya melakukan proses dekonvolusi yang dilakukan dengan membagi spektrum amplitude dari tras seismik dibagi dengan spektrum amplitude dari wavelet dilakukan dalam domain frekuensi. Hasil daripada proses dekonvolusi ditunjukkan pada Gambar 3.53.



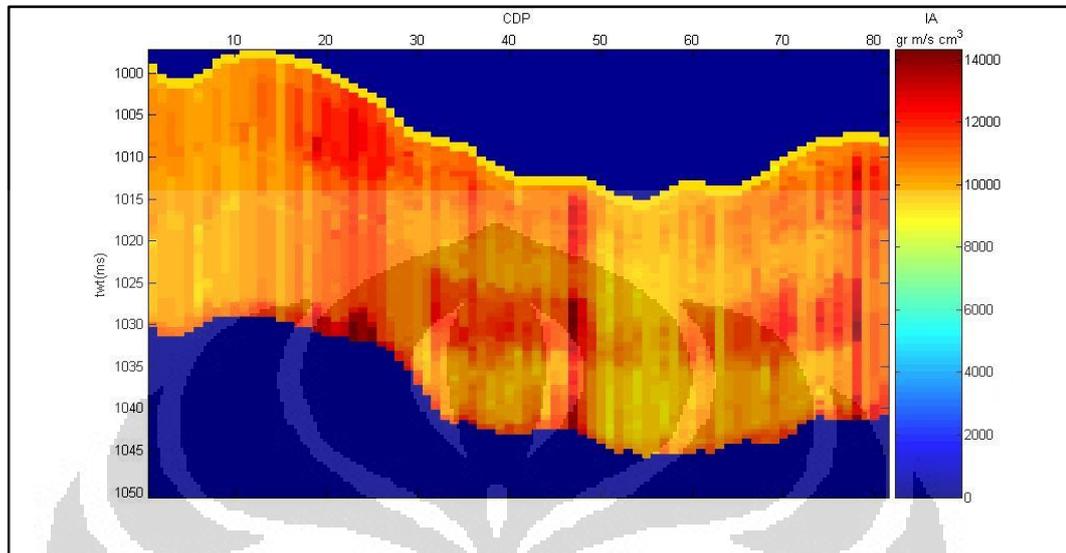
Gambar 3. 53 Hasil proses dekonvolusi yang dikerjakan dalam domain frekuensi hasil pembagian spektrum amplitude tras seismik dengan spektrum amplitude wavelet hasil ekstraksi

Dan dengan mengambil pada koefisien refleksi hasil dekonvolusi pada zona target maka diperoleh koefisien refleksi deko pada zona target seperti Gambar 3.54.



Gambar 3. 54 Koefisien refleksi hasil dekonvolusi pada zona target

Untuk Selanjutnya koefisien refleksi dari hasil dekonvolusi ini diolah dengan algoritma LP sparse spike dan menghasilkan penampang impedansi yang ditunjukkan pada Gambar 3.55.

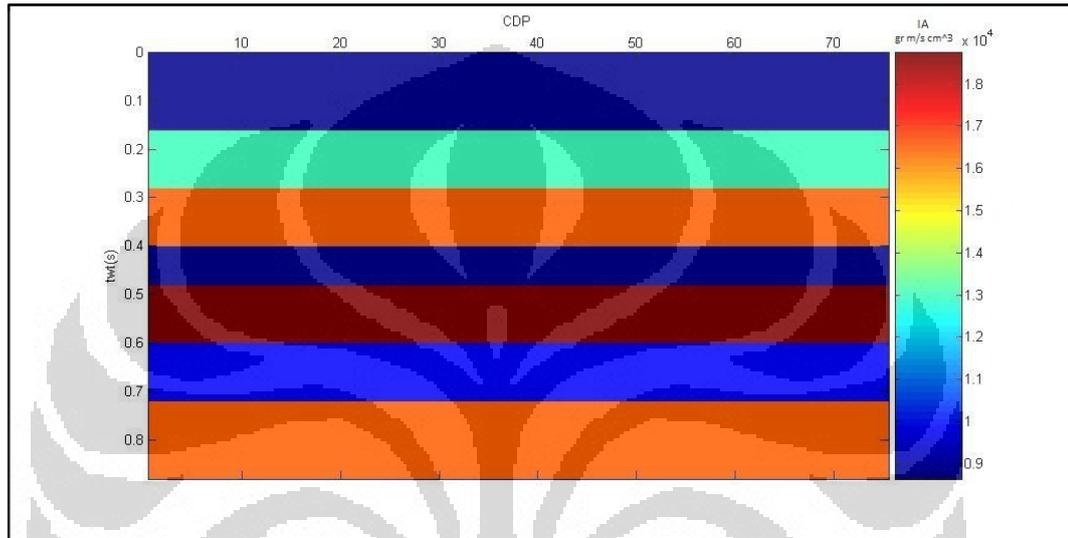


Gambar 3. 55 Penampang impedansi hasil inversi LP sparse spike

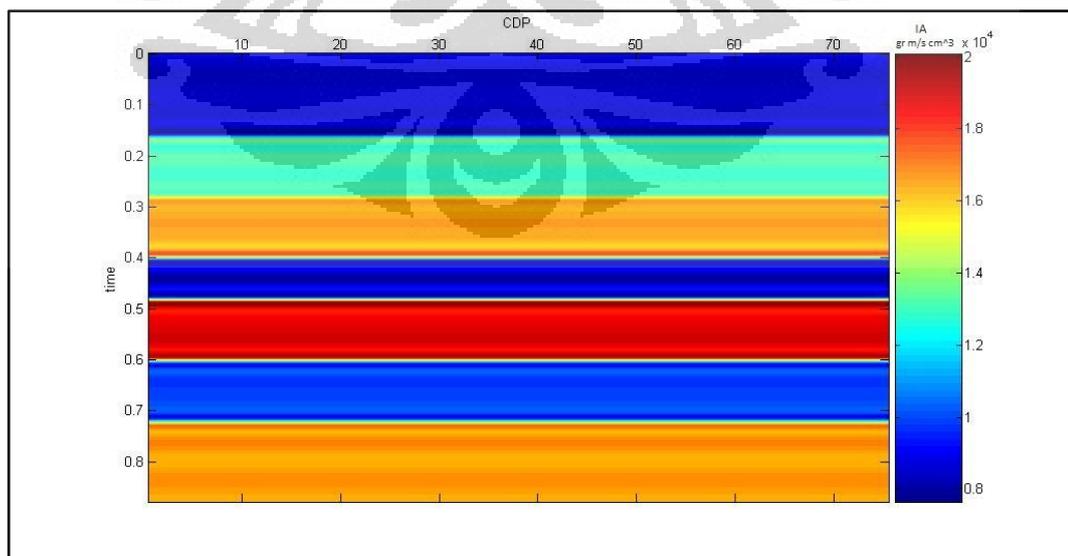
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengolahan Data Sintetik

Pada data sintetik penulis membuat model bumi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.

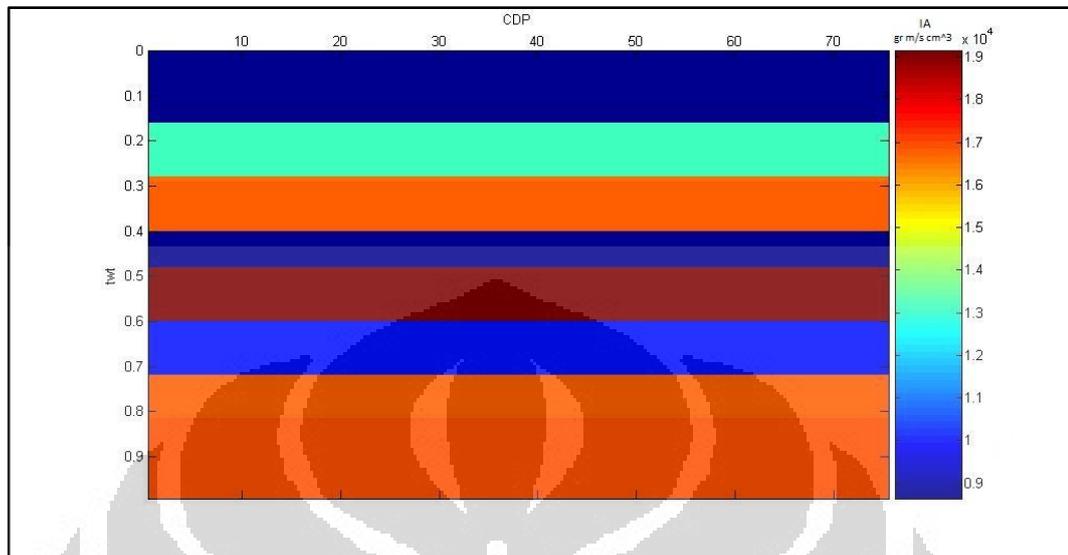


Gambar 4. 1 Model bumi sintetik yang dipergunakan pada pengolahan data sintetik Dengan metode BLIMP diperoleh hasil penampang impedansi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Penampang impedansi hasil inversi metode BLIMP

Sedangkan penampang impedansi yang dihasilkan oleh metode LP sparse spike yaitu sebagai ditunjukkan pada gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



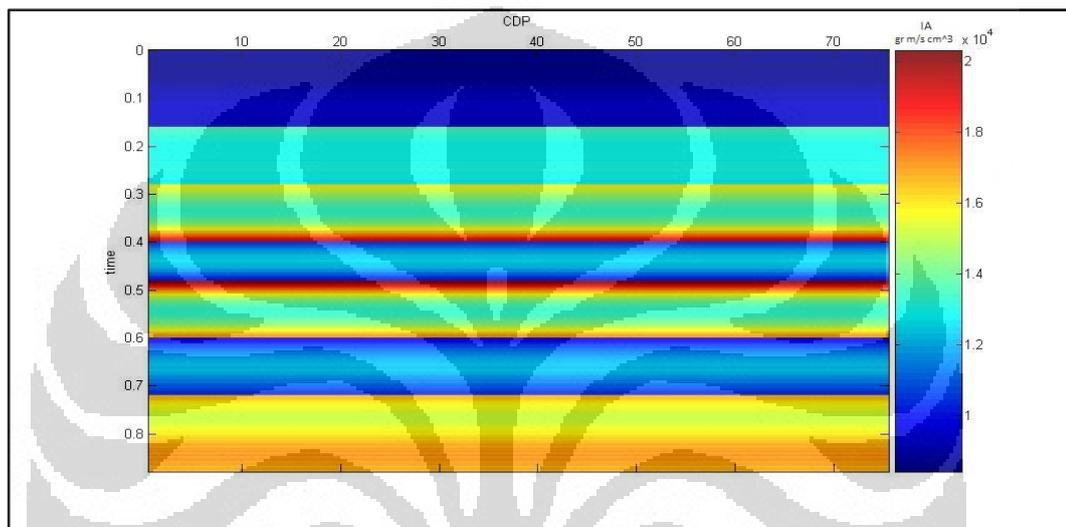
Gambar 4. 3 Penampang impedansi akustik hasil inversi LP sparse spike dengan nilai alpha=0



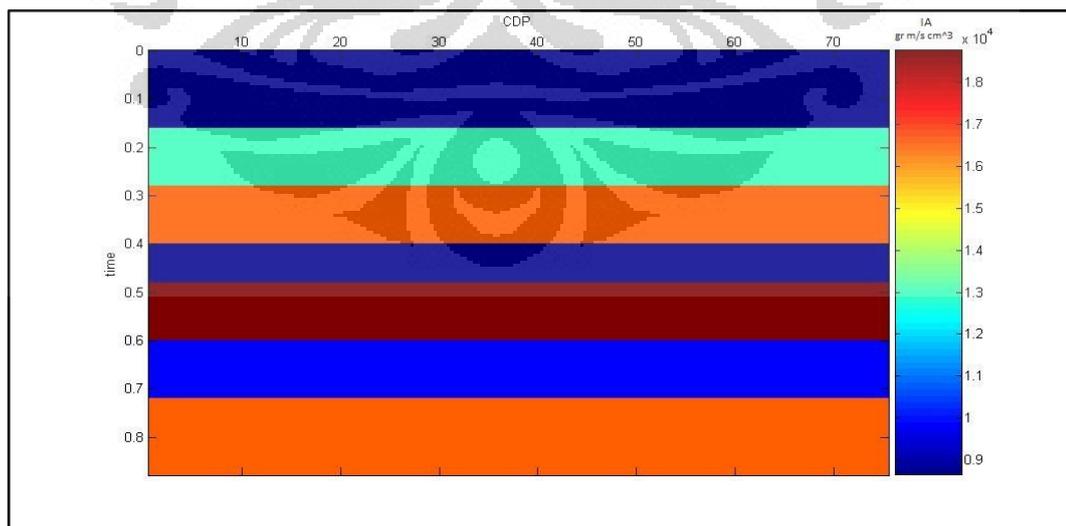
Gambar 4. 4 Penampang impedansi hasil inversi LP sparse spike dengan alpha=1

Tampak bahwa pada hasil inversi BLIMP penampang impedansi sudah memiliki trend daripada model impedansi input, hanya saja pada bagian perbatasan antar lapisan nampak terjadi perbedaan nilai impedansi. Bila penulis merujuk pada pengolahan *one d* maka hal ini disebut fenomena overshoot. Hal ini disebabkan oleh pengaruh wavelet yang belum direduksi pada metode BLIMP, karena yang dipergunakan masih berupa tras seismik belum berupa koefisien refleksi.

Sedangkan untuk hasil yang diperoleh dari metode Lp sparse spike sudah sesuai dengan impedansi input. Hal ini dapat disebabkan karena input dari koefisien refleksi hasil dekonvolusi sudah menyerupai dengan koefisien refleksi model. Oleh sebab itu penulis coba mengganti input koefisien refleksinya menjadi berbeda dengan koefisien refleksi model yaitu dengan koefisien refleksi yang masih bersifat bandlimited maka diperoleh hasil penampang impedansi yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



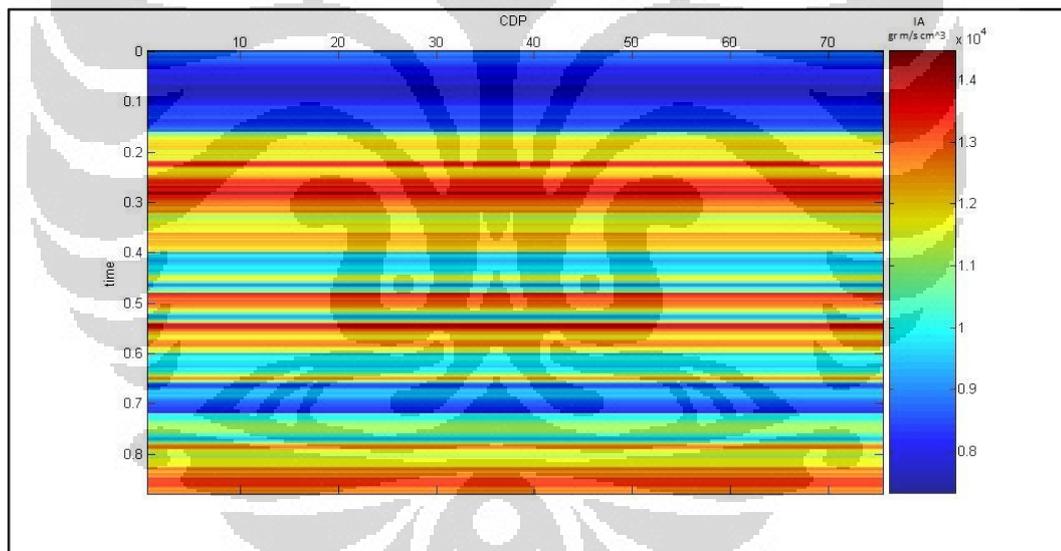
Gambar 4. 5 Hasil inversi LP sparse spike dengan input koefisien refleksi masih bersifat bandlimited dengan parameter $\alpha=1$



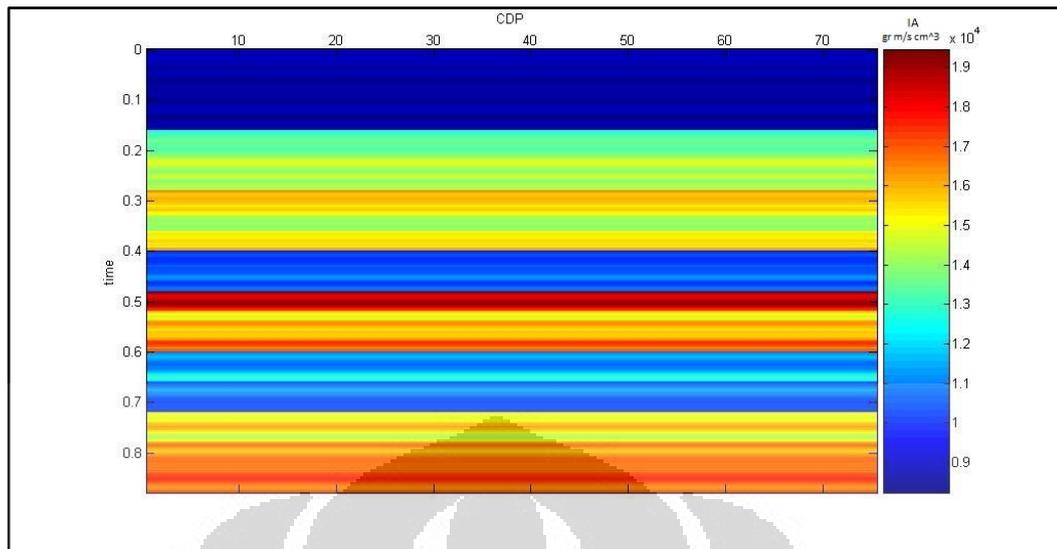
Gambar 4. 6 Hasil inversi LP sparse spike dengan input koefisien refleksi masih bersifat bandlimited dengan parameter $\alpha=4$

Tampak bahwa hasil lp sparse spike menunjukkan nilai kesesuaian yang baik dengan model input ketika nilai $\alpha=4$. Nilai alpha merupakan nilai yang menentukan tingkat kejarangan daripada hasil koefisien refleksi, pada input koefisien refleksi yang masih bersifat bandlimited maka program LP sparse spike akan berusaha mereduksi sifat bandlimited tersebut dengan mempersedikit nilai koefisien refleksi yang tidak nol sehingga akan sesuai dengan koefisien refleksi model.

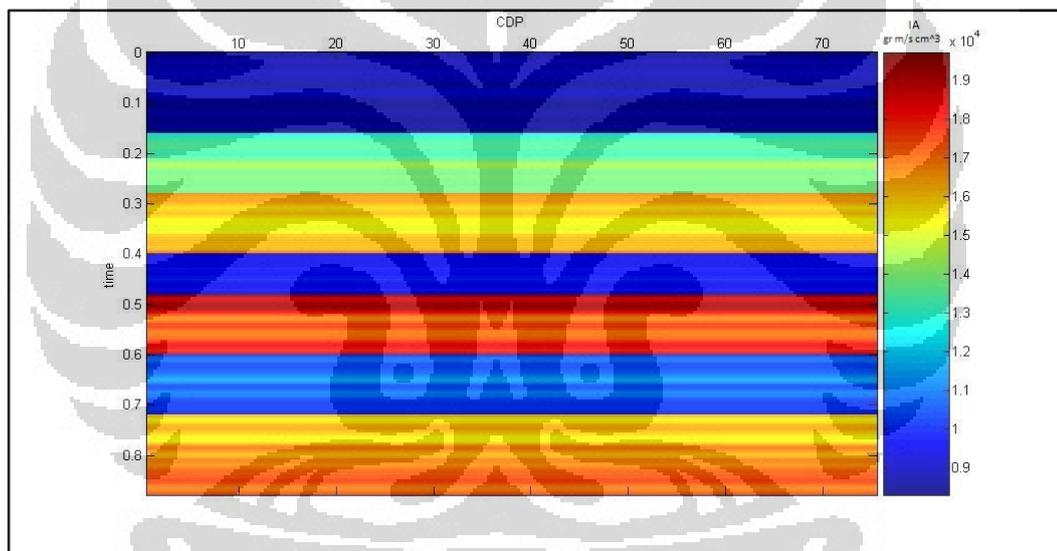
Selanjutnya penulis merubah input koefisien refleksi hasil dekonvolusi tidak hanya masih bersifat bandlimited namun juga mengalami pergeseran sehingga event seismik dengan koefisien refleksi tidak berada pada waktu yang sesuai atau dengan kata lain mengalami shifting. Dari program LP sparse spike menghasilkan penampang impedansi seperti ditunjukkan Gambar 4.7, Gambar 4.8, Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



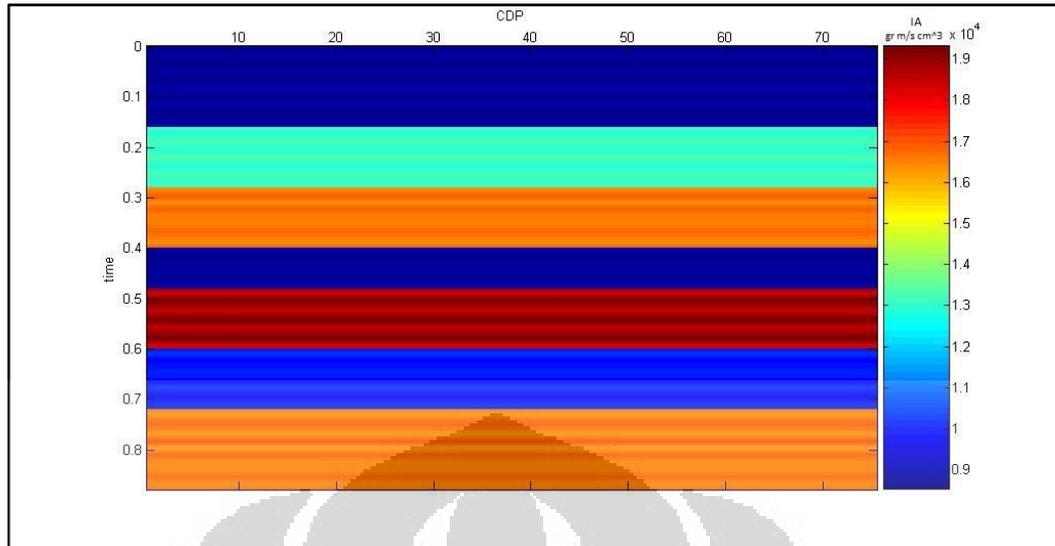
Gambar 4. 7 Hasil LP sparse spike untuk kasus kr input masih bersifat bandlimited serta mengalami shifting dengan parameter $\alpha=1$



Gambar 4. 8 Hasil LP sparse spike untuk kasus kr input masih bersifat bandlimited serta mengalami shifting dengan parameter $\alpha=4$



Gambar 4. 9 Hasil LP sparse spike untuk kasus kr input masih bersifat bandlimited serta mengalami shifting dengan parameter $\alpha=6$



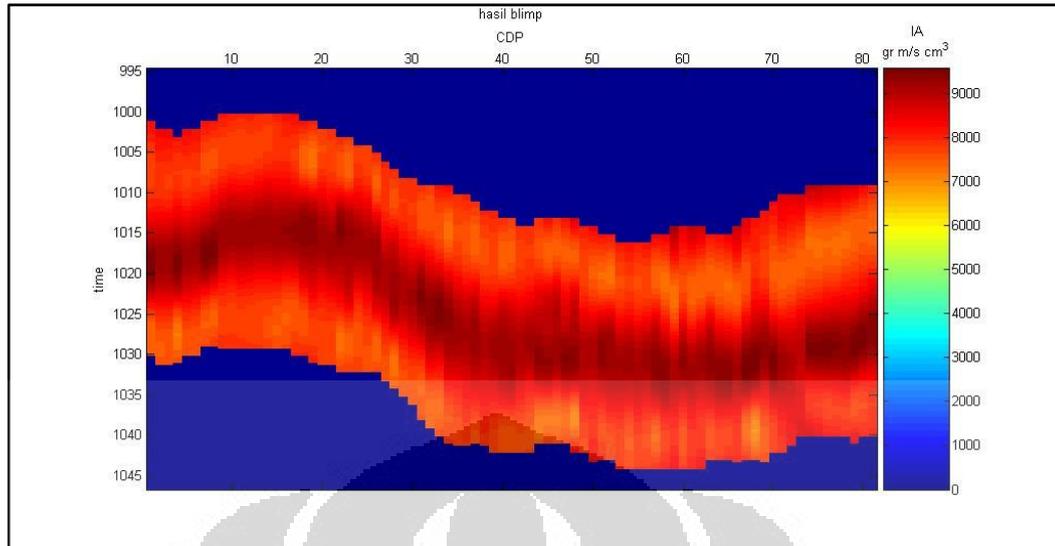
Gambar 4. 10 Hasil LP sparse spike untuk kasus kr input masih bersifat bandlimited serta mengalami shifting dengan parameter $\alpha=7$

Untuk persoalan input koefisien refleksi bersifat bandlimited dan mengalami pergeseran hasil kesesuaian yang maksimum ditunjukkan pada parameter $\alpha=7$. Tampak bahwa struktur impedansi sudah memiliki trend yang baik dari model impedansi input, walaupun pada bagian lapisan nampak lapisan seperti bergelombang.

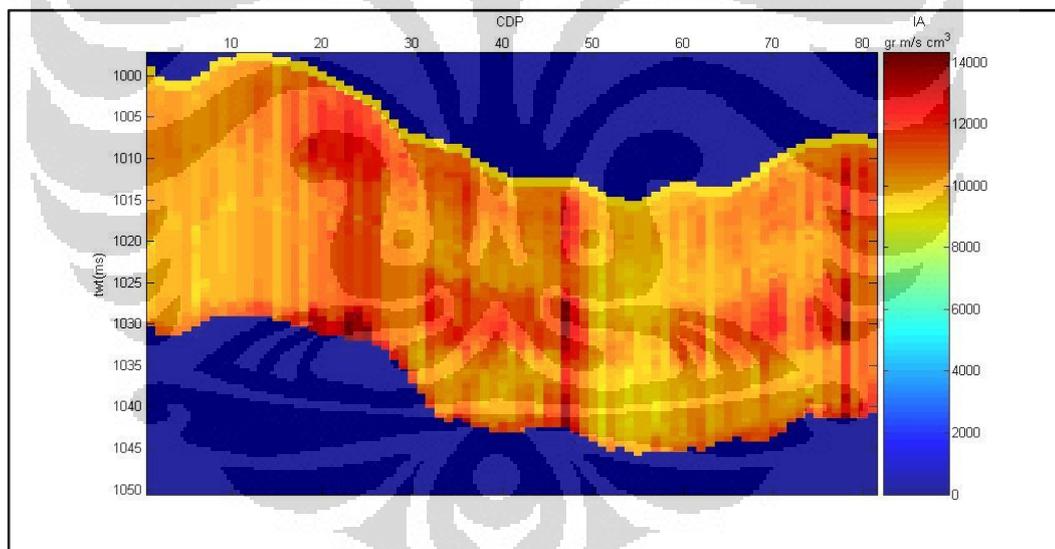
Dari beberapa hasil yang sudah ditunjukkan diatas menunjukkan bahwa metode LP sparse spike menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode BLIMP, terlihat dari kesesuaian hasil inversi dengan model input. Selain itu juga dapat terlihat bahwa metode LP sparse spike dapat menghasilkan output yang baik walaupun dengan input koefisien refleksi hasil proses dekonvolusi yang salah, yakni yang bersifat *bandlimited* dan *bandlimited -shifting*. Ini menunjukkan ketahanan metode ini terhadap input dari proses dekonvolusi yang kurang tepat.

4.2. Hasil Pengolahan Data Real

Hasil pengolahan metode BLIMP pada data zona target dari data seismik postack ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Penampang impedansi akustik hasil inversi metode BLIMP pada zona target
Sedangkan hasil inversi dengan metode LP sparse spike ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Hasil impedansi akustik metode LP sparse spike

Hasil yang ditunjukkan pada metode BLIMP berhasil memetakan Gambaran impedansi akustik pada zona target, dan sudah menyerupai model bumi yang dihasilkan dari data impedansi sumur. Selain itu impedansi akustik yang dihasilkan bersifat smooth menyerupai tras seismik, hal ini disebabkan karena dipergunakannya tras seismik sebagai pengganti koefisien refleksi sehingga masih terdapat efek wavelet yang belum direduksi. Namun proses inversi BLIMP ini

sangat dipengaruhi oleh tahapan sebelum tahap inversi BLIMP dilakukan, seperti proses pengikatan data sumur ke data seismik serta proses konversi dari kedalaman menjadi waktu. Apabila kurang tepat melakukan proses sebelum inversi maka dapat menyebabkan hasil impedansi akustik pun kurang baik.

Hasil impedansi akustik dari metode LP sparse spike menunjukkan hasil Gambaran yang lebih tajam terhadap zona target, tampak pada hasil LP sparse spike mampu menunjukan ketidak menerusan pada lapisan kedua yang memiliki nilai impedansi akustik yang tinggi, hal ini dapat di interpretasikan sebagai kehadiran zona patahan. Hal ini menunjukkan resolusi yang dihasilkan oleh metode LP sparse spike lebih baik jika dibandingkan dengan dengan metode BLIMP. Bila ditinjau dari sudut pandang frekuensi resolusi yang lebih baik dari LP sparse spike dihasilkan karena metode ini berhasil memulihkan rentang frekuensi data seismik dari frekuensi rendah hingga tinggi, sedangkan metode BLIMP hanya melengkapi frekuensi rendah saja sehingga hasil inversi masih bersifat bandlimited yaitu pada bagian frekuensi tinggi, hal ini menyebabkan hasil inversi masih menunjukkan hasil smooth seperti data seismik dan tidak meningkatkan daya pisah atau resolusi dari data seismik.

Dalam proses komputasi metode LP sparse spike membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan metode BLIMP. Waktu yang dibutuhkan oleh metode LP sparse spike untuk kasus data real yakni 1 menit 24 detik, sedangkan metode BLIMP hanya membutuhkan 51 detik, tentunya waktu akan bertambah lama jika input data semakin besar. Selain itu dapat pula dinyatakan pada kasus in metode LP sparse spike membutuhkan waktu pengerjaan 1,5 kali lipa dari waktu yang dibutuhkan metode BLIMP.

Command Window	Command Window
waktu awal	waktu awal
ans =	ans =
15-Jun-2012 08:23:30	15-Jun-2012 08:18:49
waktu akhir	waktu akhir
ans =	ans =
15-Jun-2012 08:24:21	15-Jun-2012 08:20:13

Gambar 4. 13 Waktu pengerjaan metode BLIMP (kiri), LP Sparse Spike (kanan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah penulis lakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan yakni,

1. Metode BLIMP serta LP Sparse Spike telah mampu menginversi data seismik untuk menghasilkan parameter impedansi akustik.
2. Impedansi akustik yang dihasilkan pada metode BLIMP masih bersifat smooth seperti tras seismik, sedangkan hasil LP Sparse Spike menghasilkan struktur impedansi yang *blocky*.
3. Impedansi akustik yang dihasilkan pada metode LP sparse spike sangat dipengaruhi oleh ketepatan wavelet yang dihasilkan dari proses ekstraksi wavelet.
4. Hasil impedansi akustik yang dihasilkan metode LP Sparse Spike menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan metode BLIMP.
5. Lama waktu perhitungan metode BLIMP lebih singkat dibandingkan dengan metode LP Sparse Spike.

5.2. Saran

Saran untuk pengembangan proses inversi ini yakni

1. Perlunya informasi yang lebih detail terhadap data seismik maupun data sumur yang dikerjakan.
2. Khususnya untuk metode LP Sparse Spike perlu dilakukan pengembangan algoritma sehingga waktu yang diperlukan dapat menjadi lebih singkat.
3. Diperlukan pengembangan pada proses pendahuluan sebelum masuk ke bagian inversi itu sendiri, seperti pengembangan dalam proses ekstraksi wavelet, dekonvolusi dan lain lain.

DAFTAR ACUAN

- Abdullah, Agus, Inversi Sparse Spike, <http://ensiklopediseismik.blogspot.com/2008/01/inversi-sparse-spike.html>, Senin 13 Februari 2012 Jam 13.00 WIB.
- Barrodale, I. dan F. D. K. Roberts, 1978, An efficient algorithm for discrete L1 linear approximation with linear constraints, *SIAM J. Numer. Anal.* Vol. 15, No. 3, 603-611.
- Ferguson, Robert J. dan Magrave, Gary F., 1996, A Simple Algorithm for band-limited impedance inversion, Alberta: University of Calgary.
- Haris, Abdul, 2009, Geofisika Reservoir, Depok: Universitas Indonesia.
- Levy, S. dan Fullagar, P. K., 1981, Reconstruction of a sparse spike train from a portion of its spectrum and application to high-resolution deconvolution: *Geophysics*, **46**, no. 09, 1235-1243.
- Lindseth, R. O., 1979, Synthetic sonic logs- a process for stratigraphic interpretation: *Geophysics*, 44, no. 01, 3-26.
- Oldenburg, D. W., T. Scheuer dan S. Levy, 1983, Recovery of the acoustic impedance from reflection seismograms, *Geophysics*, Vol. 48, No. 10, 1318-1337.
- Rubyanto, Joko dan Munadi, Suprajitno, 1994, Aplikasi Pemrograman Linier dalam Seismik Eksplorasi, Lembaran Publikasi Lemigas No. 2/94.
- Russell, Brian H., 1988, Introduction to Seismic Inversion Method, SEG Books. Course Notes Series : No. 27.