

ANALISIS FREKUENSI DATA SEISMİK HASIL MIGRASI *FINITE DIFFERENCE*

Jamaluddin¹, Johanes Gedo Sea², Yusuf Surachman Djajadihardja³, Muhammad Altin Massinai⁴,
Sabrianto Aswad⁴, Maria⁴

¹Program Studi Teknik Geologi, STT-Migas Balikpapan

²School of Geophysics and Information Technology, China University of Geosciences, Beijing

³Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta

⁴Departemen Geofisika, Universitas Hasanuddin, Makassar

e-mail : jamaluddin@sttmigas.ac.id

Abstrak. Migrasi beda hingga adalah salah satu algoritma migrasi yang menggunakan prinsip *downward continuation* dan gelombang datang yang diselesaikan secara numerik dengan menggunakan beda hingga. Migrasi dalam perangkat lunak ProMAX ini memiliki berbagai algoritma tergantung pada solusi numerik yang digunakan. Dari setiap algoritma migrasi beda hingga ini menunjukkan perbedaan signifikan dalam frekuensi yang dihasilkan. Migrasi dengan algoritma beda hingga eksplisit menunjukkan hasil frekuensi yang lebih baik daripada algoritma beda hingga implisit.

Kata Kunci: eksplisit; beda hingga; frekuensi; implisit; migrasi.

Abstract. *Finite difference migration is one of the migration algorithms that uses the principle of downward continuation and upcoming waves which are solved numerically with finite difference. This migration in ProMAX software has various algorithms depending on the numerical solution used. From each finite difference migration algorithm this shows a significant difference in the frequency produced. Migration with the explicit finite difference algorithm shows better frequency results than the Implicit Finite Difference algorithm.*

Keywords: *explicit; finite difference; frequency; implicit; migration*

PENDAHULUAN

Pengolahan data seismik dengan struktur geologi yang kompleks merupakan tantangan besar bagi tim pengolah data seismik untuk menghasilkan penampang seismik. Kompleksitas struktur yang disertai oleh perubahan kecepatan secara lateral bisa disebabkan oleh perubahan ketebalan atau perubahan fasies. Berbagai parameter matematis dikembangkan untuk memperoleh penampang seismik pada proses migrasi sebagai tahap akhir dari pengolahan data seismik.

Migrasi merupakan tahapan akhir dalam pengolahan data seismik yang bertujuan untuk mengembalikan reflektor miring ke posisi sebenarnya dan untuk menghilangkan efek difraksi sehingga akan meningkatkan resolusi spasial dan menghasilkan gambaran seismik bawah permukaan (Yilmaz, 2001). Kebanyakan perkembangan metode migrasi ditujukan pada solusi persamaan gelombang seperti F-K migrasi, migrasi *phase-shift*, migrasi *Kirchhoff*, migrasi *split-step fourier*, dan migrasi *finite difference*. *Finite Difference* merupakan salah satu metode migrasi dalam pengolahan data seismik yang mencari operator diferensial pada

persamaan gelombang baik secara eksplisit maupun implisit (Sea dkk., 2017).

Migrasi *finite difference* pertama kali diperkenalkan oleh (Claerbout, 1985; Claerbout dan Doherty, 1972) dimana beliau menggunakan persamaan gelombang secara langsung dalam proses pembuatan image dengan implementasi *finite difference*. Kemudian, Stoffa dkk. (1990) mengutip pendapat dari Baysal (1983) yang menyatakan bahwa pendekatan *finite difference* untuk persamaan gelombang membutuhkan pendekatan eksplisit dan implisit pada operator diferensial persamaan gelombang. Sheriff dan Geldart (1995) mengembangkan pemikiran Claerbout (1985) dengan menerapkan metode *finite difference* untuk memperoleh solusi persamaan gelombang datang sehingga memperoleh diskrit posisi reflektor dalam pemodelan numerik. Liu dkk., (2009) serta Liu dan Sen (2009) mengembangkan pemikiran Claerbout dengan memberikan solusi persamaan gelombang dengan pendekatan implisit dan eksplisit *finite difference* hingga orde yang lebih tinggi sehingga variasi kecepatan vertikal dan lateral dapat terpenuhi.

Pada penelitian ini akan dipaparkan hasil frekuensi dari beberapa algoritma migrasi *finite difference* serta membandingkan algoritma migrasi yang dapat mempertahankan frekuensi target dengan presisi.

Teori Dasar Migrasi *Finite Difference*

Migrasi *finite difference* merupakan metode migrasi yang menggunakan prinsip *downward continuation*. Permasalahan migrasi terkait dengan pemecahan persamaan gelombang skalar (Sheriff dan Geldart, 1995).

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

Pada prinsipnya metode *finite difference* terkait dengan transformasi koordinat penjalaran gelombang dibawah permukaan bumi. Transformasi koordinat dapat digunakan untuk mengamati penjalaran gelombang seismik pada arah tertentu. Jika suatu gelombang bidang mendekati permukaan dengan sudut θ , maka solusi Persamaan (1) dapat ditulis.

$$\psi(x,z,t) = A \exp \left[j\omega \left\{ t - \left(\frac{x}{v} \right) \sin \theta - \left(\frac{z}{v} \right) \cos \theta \right\} \right] \quad (2)$$

Jika sudut gelombang sangat kecil, dimana $\sin \theta \approx \theta$ dan $\cos \theta \approx 1 - \frac{1}{2} \theta^2$, maka Persamaan (2) dapat dituliskan dalam bentuk:

$$\psi(x,z,t) = A \exp \left[j\omega \left\{ t - \frac{x\theta}{v} - \frac{z}{v} + \frac{z\theta^2}{2v} \right\} \right] \quad (3)$$

Dengan mendefinisikan skala koordinat baru $t^* = t - \frac{z}{v}$ yang merupakan sistem koordinat gelombang yang berpropagasi ke *receiver* atau *upcoming wave*, Persamaan (3) dapat ditulis dengan bentuk:

$$\psi^*(x,z,t^*) = A \exp \left[j\omega \left\{ t^* - \frac{x\theta}{v} + \frac{z\theta^2}{2v} \right\} \right] \quad (4)$$

Transformasi persamaan gelombangnya adalah:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi}{\partial t} &= \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*} \frac{\partial t^*}{\partial t} = \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*}; \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial t^{*2}} \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} &= \frac{\partial \psi^*}{\partial x}; \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} \\ \frac{\partial \psi}{\partial z} &= \frac{\partial \psi^*}{\partial z} + \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*} \frac{\partial t^*}{\partial z} = \frac{\partial \psi^*}{\partial z} - \frac{1}{v} \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*} \\ \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} &= \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z^2} - \frac{2}{v} \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z \partial t^*} + \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial t^{*2}} \end{aligned} \quad (5)$$

Berdasarkan transformasi tersebut maka diperoleh persamaan gelombang *upcoming* berupa:

$$\frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z^2} - \frac{2}{v} \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z \partial t^*} = 0 \quad (6)$$

Dengan menggunakan aproksimasi 15° , dimana digunakan asumsi bahwa gelombang menjalar hampir vertikal, perubahan ψ^* terhadap z sangat

kecil, sehingga untuk sistem koordinat seperti ini dapat dituliskan persamaan aproksimasi 15° dalam bentuk:

$$\frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} - \frac{2}{v} \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z \partial t^*} = 0 \quad (7)$$

Untuk menyelesaikan persamaan (7) diatas maka dapat digunakan pendekatan diskrit *finite difference*

$$\frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} \approx \frac{\psi^*(x,z,t^*) - 2\psi^*(x-\Delta x,z,t^*) + \psi^*(x-2\Delta x,z,t^*)}{(\Delta x)^2} + \frac{\psi^*(x-2\Delta x,z,t^*)}{(\Delta x)^2} \quad (8a)$$

$$\frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z \partial t^*} \approx \frac{\psi^*(x,z,t^*)}{\Delta z \Delta t^*} - \frac{\psi^*(x,z-\Delta z,t^*)}{\Delta z \Delta t^*} - \frac{\psi^*(x,z,t^*-\Delta t^*)}{\Delta z \Delta t^*} + \frac{\psi^*(x,z-\Delta z,t^*-\Delta t^*)}{\Delta z \Delta t^*} \quad (8b)$$

METODOLOGI

Data yang digunakan merupakan data sekunder milik BPPT serta *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *ProMAX* dengan lisensi milik BPPT. Tahap preprocessing ini meliputi proses analisa spektral, pemfilteran data menggunakan *bandpass filter*, penguatan amplitudo menggunakan *Automatic Gain Control (AGC)*, *True Amplitude Recovery*, dan dekonvolusi. Analisa kecepatan dilakukan pada interval CDP 200 dengan total CDP adalah 32778.

Migrasi *finite difference* pertama yang dilakukan menggunakan modul *Explicit FD Depth Migration*. Migrasi ini menggunakan frekuensi maksimum hingga 120 Hz. Input pada *flow* ini adalah hasil dari *final stack* dengan parameter kecepatan yang digunakan adalah kecepatan interval domain kedalaman. Parameter yang digunakan dalam *flow* (Gambar 1).

Explicit FD Depth Mig	
CDP interval (feet or meters)	6.25
Maximum frequency (in Hz)	120.
Depth sampling interval of output data	0.
Maximum depth to migrate	20000.
What maximum dip would you like to migrate to?	50 degrees
Percent to pad trace length	30.
Get interval velocities from database?	Yes No
Select interval vs. depth velocity file	velan2interval.indpth
Change paneling parameters?	Yes No
Change the default tapering?	Yes No
Re-apply trace mutes in depth?	Yes No
Re-kill dead traces?	Yes No

Gambar 1. Parameter yang digunakan pada modul *Explicit FD Depth Migration*.

Migrasi *finite difference* yang kedua dilakukan dengan menggunakan modul *Steep Dip Explicit FD Time Migration*. Migrasi ini menggunakan frekuensi maksimum sampai dengan 80 Hz (Gambar 2). Kecenderungan data hasil migrasi hingga 120 Hz,

frekuensi dominan yang dihasilkan adalah hingga 80 Hz saja sehingga untuk migrasi selain *Explicit FD Depth Migration* hanya menggunakan frekuensi hingga 80 Hz. Input pada *flow* ini adalah hasil dari *final stack* dengan parameter kecepatan yang digunakan adalah kecepatan interval domain waktu.

Migrasi *finite difference* yang ketiga dilakukan dengan menggunakan modul *Fast Explicit FD Time Migration* (Gambar 3). Migrasi menggunakan frekuensi maksimum hingga 80 Hz. Input pada *flow* ini adalah hasil dari *final stack* dengan parameter kecepatan yang digunakan adalah kecepatan interval domain waktu.

Steep Dip Explicit FD Time Mig.	
CDP interval (feet or meters)	6.25
Maximum frequency (in Hz)	80.
Maximum dip to migrate	50 degrees
Percent to pad trace length	30.
Get interval velocities from database?	Yes No
Select interval vs. time velocity file	velan2 (Interval in Time)
Change paneling parameters?	Yes No
Change the default tapering?	Yes No
Re-apply trace mutes?	Yes No
Re-kill dead traces?	Yes No

Gambar 2. Parameter yang digunakan pada modul *Steep Dip Explicit FD Time Migration*.

Fast Explicit FD Time Mig.	
CDP interval (feet or meters)	6.25
Maximum frequency (in Hz)	80.
Time step for migration diffraction term	0.
Percent to pad trace length	30.
Get interval velocities from database?	Yes No
Select interval vs. time velocity file	velan2 (Interval in Time)
Change paneling parameters?	Yes No
Change the default tapering?	Yes No
Retain input sample rate?	Yes No
Re-apply trace mutes?	Yes No
Re-kill dead traces?	Yes No

Gambar 3. Parameter yang digunakan pada modul *Fast Explicit FD Time Migration*.

Migrasi *finite difference* yang keempat dilakukan dengan menggunakan modul *Implicit FD Depth Migration* (Gambar 4). Migrasi ini menggunakan frekuensi maksimum hingga 80 Hz dengan kedalaman target migrasi hingga 20000 m. Input pada *flow* ini adalah hasil dari *final stack* dengan parameter kecepatan yang digunakan adalah kecepatan interval domain kedalaman.

Migrasi *finite difference* yang kelima dilakukan dengan menggunakan modul *Implicit FD Time Migration*. Sama seperti *Implicit FD Depth Migration*, migrasi ini menggunakan frekuensi maksimum hingga 80 Hz dengan kedalaman target migrasi hingga 20000 m (Gambar 5). Input pada

flow ini adalah hasil dari *final stack* dengan parameter kecepatan yang digunakan adalah kecepatan interval domain waktu.

Implicit FD Depth Mig.	
Minimum CDP to migrate	1
Maximum CDP to migrate	32778
CDP interval (ft or meters)	6.25
Minimum frequency to migrate (in Hz)	10.
Maximum frequency vs depth to migrate	0-80,20000-80/
Get interval vs depth velocities from DATABASE?	Yes No
SELECT Interval vs depth Velocity File	velan2 (interval in depth)
Percent velocity scale factor	100.
Time attenuation factor (dB/sec)	2.
Migration step size (feet or meters)	0.
Maximum depth to migrate (feet or meters)	20000
Defines the largest angle to properly migrate.	45
Output the migration in Depth or Time?	DEPTH
Change the default tapering?	Yes No
Re-kill dead traces ?	Yes No

Gambar 4. Parameter yang digunakan pada modul *Implicit FD Depth Migration*.

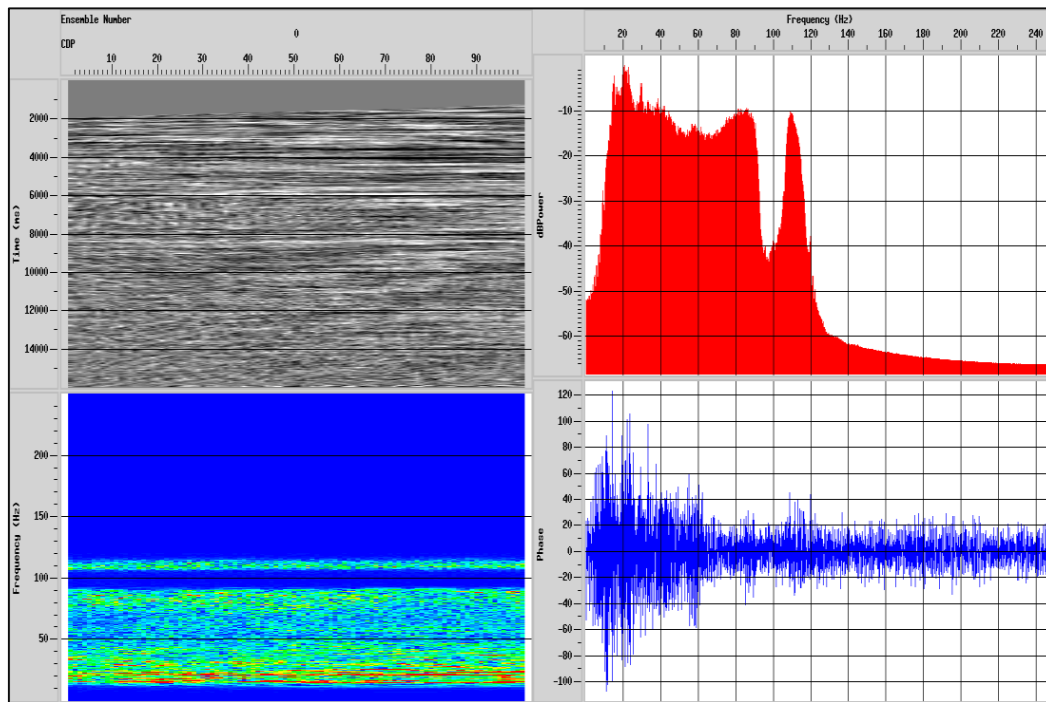
Implicit FD Time Mig.	
Minimum CDP to migrate	1
Maximum CDP to migrate	32778
CDP interval (ft or meters)	6.25
Minimum frequency to migrate (in Hz)	10.
Maximum frequency vs depth to migrate	0-80,20000-80/
Get interval velocities vs. time from DATABASE?	Yes No
SELECT Interval vs time Velocity File	velan2 (Interval in Time)
Percent velocity scale factor	100.
Time attenuation factor (dB/sec)	2.
Migration step size (feet or meters)	0.
Maximum depth to migrate (feet or meters)	20000
Defines the largest angle to properly migrate.	45
Output the migration in Depth or Time?	TIME
Change the default tapering?	Yes No
Re-apply trace mutes?	Yes No
Re-kill dead traces ?	Yes No

Gambar 5. Parameter yang digunakan pada modul *Implicit FD Time Migration*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampang seismik yang dihasilkan dari kelima migrasi ini memiliki karakteristik dan hasil yang berbeda-beda. Input parameter pada masing-masing modul migrasi tersebut sebagian besar sama seperti minimum dan maksimum CDP data, interval CDP yang telah didefinisikan pada geometri data, maksimum frekuensi yang digunakan untuk migrasi, dan model kecepatan yang digunakan.

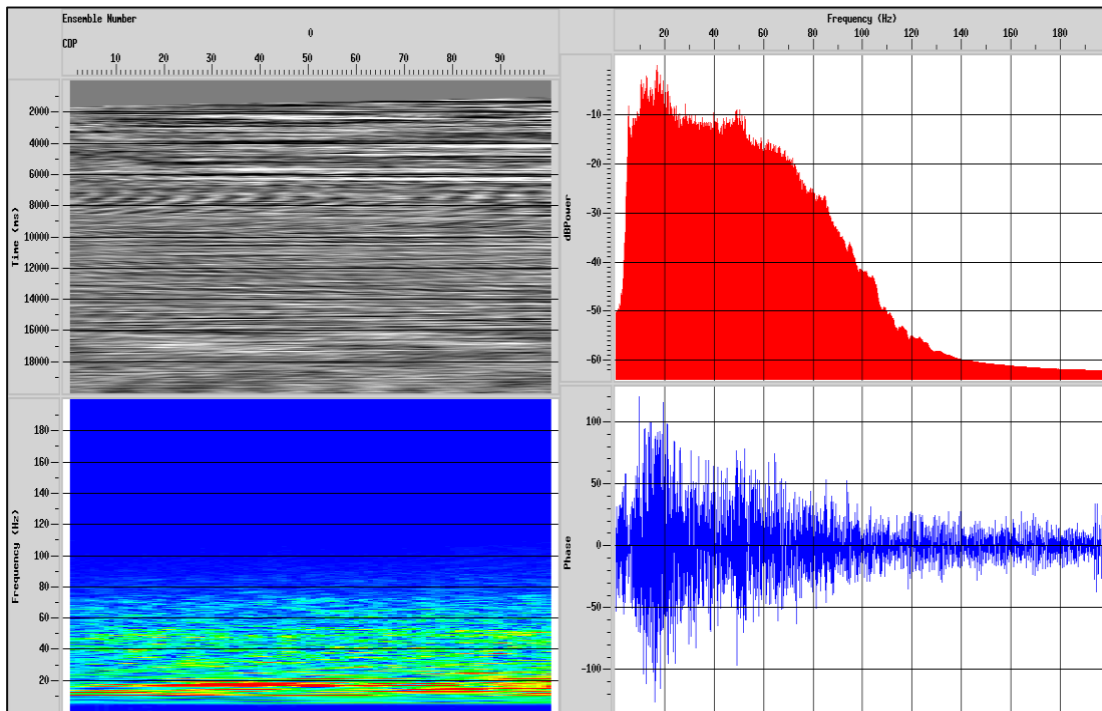
Penampang seismik hasil *final stack* pada CDP 1 sampai dengan CDP 100 menunjukkan frekuensi data yang dominan pada rentang 10 Hz sampai dengan 90 Hz dan 105 Hz sampai dengan 115 Hz karena memiliki energi di atas -20 dB Power. Data yang memiliki rentang frekuensi antara 95 Hz sampai dengan 105 Hz mengalami penurunan energi pada sebesar -18 dB Power yang sebelumnya berada pada -25 dB Power menjadi sekitar -43 dB Power. Frekuensi tinggi di atas 120 Hz telah berada dibawah -60 dB Power karena telah berhasil di filter pada tahap *pre-prosesing* dan *F-K Filter* (Gambar 6).



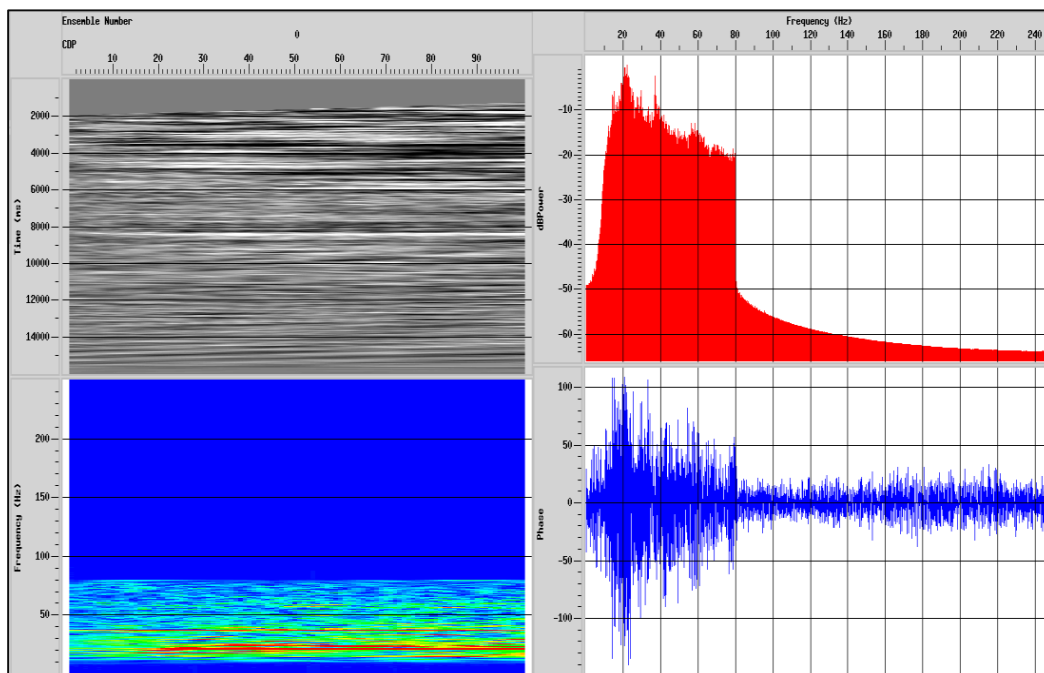
Gambar 6. Komponen frekuensi hasil dari *final stack*.

Berdasarkan *Explicit FD Depth Migration* pada CDP 1 sampai dengan CDP 100 menunjukkan frekuensi data yang dominan berada pada rentang 5 Hz sampai dengan 75 Hz. Migrasi ini meningkatkan energi frekuensi rendah dan menurunkan energi frekuensi tinggi. Pada rentang frekuensi 5 Hz sampai dengan 10 Hz yang sebelum dimigrasi

memiliki energi di bawah -20 *dB Power* meningkat hingga diatas -20 *dB Power*. Rentang frekuensi antara 105 Hz sampai dengan 115 Hz yang sebelumnya memiliki energi di atas -20 *dB Power* menurun secara linear menjadi -43 *dB Power* sampai dengan -50 *dB Power* (Gambar 7).



Gambar 7. Komponen frekuensi hasil dari *Explicit FD Depth Migration*.



Gambar 8. Komponen frekuensi hasil dari *Steep Dip Explicit FD Time Migration*.

Data yang belum dimigrasi pada rentang frekuensi 100 Hz sampai dengan 110 Hz mengalami peningkatan energi sebesar 30 *dB Power* dari -40 *dB Power* menjadi -10 *dB Power*, namun setelah melalui tahap *Explicit FD Depth Migration* pada rentang frekuensi ini mengalami penurunan energi sekitar 8 *dB Power* dari -42 *dB Power* menjadi -50 *dB Power*. Frekuensi data hasil migrasi ini juga menunjukkan eliminasi pada frekuensi data seismik yang sebelumnya data berfrekuensi dominan hingga 120 Hz menjadi data berfrekuensi dominan hingga 75 Hz, namun frekuensi data masih berada pada rentang 10 Hz sampai dengan 120 Hz. Hasil migrasi ini juga masih memiliki frekuensi tinggi di atas 120 Hz tetapi memiliki energi yang rendah dibawah -50 *dB Power* sehingga tidak mempengaruhi penampang hasil migrasi.

Hasil dari *Steep Dip Explicit FD Time Migration* pada CDP 1 sampai dengan CDP 100 menunjukkan frekuensi data yang dominan berada pada rentang 10 Hz sampai dengan 80 Hz. Dari hasil *Explicit FD Depth Migration* menunjukkan bahwa data yang dimigrasi hingga 120 Hz hanya memperlihatkan sinyal dengan frekuensi dominan hingga 80 Hz sehingga migrasi selanjutnya hanya menggunakan frekuensi maksimal 80 Hz (Gambar 8).

Migrasi ini menurunkan energi berfrekuensi rendah dan tinggi. Hasil *final stack* menunjukkan frekuensi 60 Hz sampai dengan 80 Hz berada di atas 17 *dB Power*, namun setelah melalui migrasi ini energinya berkurang dibawah 17 *dB Power*. Frekuensi data pada rentang 105 Hz sampai dengan 115 Hz awalnya berenergi diatas -20 *dB Power* namun energinya berkurang drastis hingga di bawah -50 *dB Power* setelah melalui migrasi ini. Migrasi ini menjaga data tetap aman dengan mereduksi *noise* yang berfrekuensi di bawah 10 Hz dan diatas 120 Hz.

Hasil dari *Fast Explicit FD Time Migration* pada CDP 1 sampai dengan CDP 100 menunjukkan frekuensi data yang dominan berada pada rentang 12 Hz sampai dengan 80 Hz yang sebelumnya dominan berada pada rentang 10 Hz sampai dengan 120 Hz. Migrasi ini meningkatkan energi frekuensi rendah dan mengurangi energi frekuensi tinggi. Rentang frekuensi antara 10 Hz sampai dengan 80 Hz konsisten memiliki frekuensi dengan energi diatas -20 *dB Power*. Frekuensi rendah dibawah 10 Hz meningkat dari yang sebelum dimigrasi berada pada energi dibawah -50 *dB Power* menjadi di atas -50 *dB Power*.

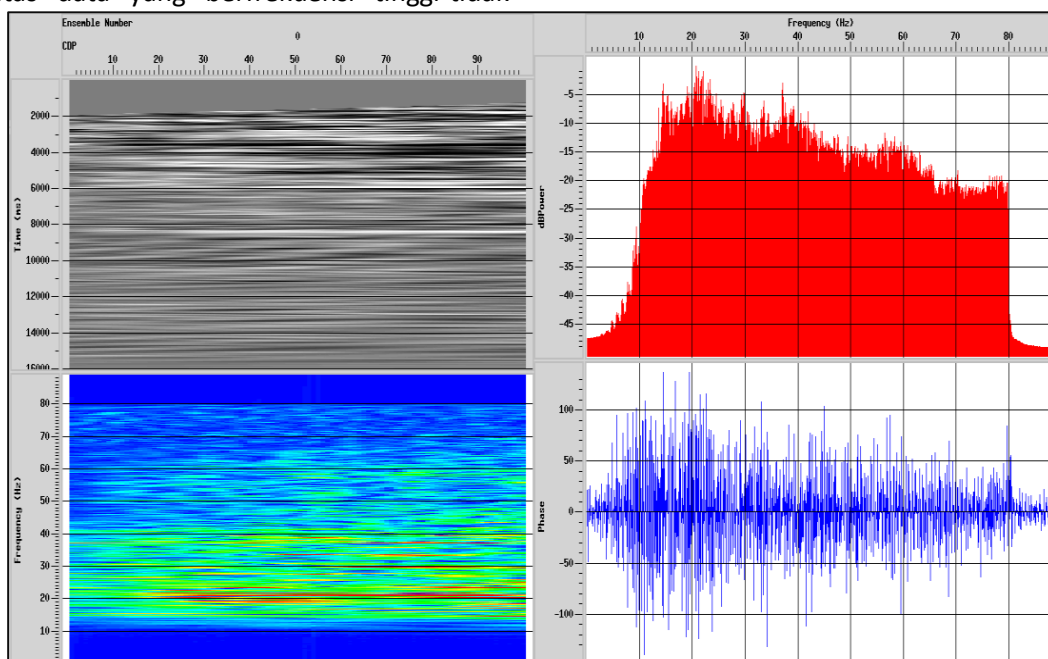
Peningkatan energi frekuensi rendah ini sedikit mempengaruhi bagian bawah penampang seismik hasil dari *Fast Explicit FD Time Migration* ini. Frekuensi tinggi pada rentang 105 Hz sampai dengan 115 Hz yang sebelumnya dimigrasi memiliki energi di atas -20 *dB Power* telah berkurang energinya sehingga sinyal seismik bagian atas yang berada pada frekuensi ini tidak nampak secara signifikan. Noise yang berfrekuensi tinggi di atas 120 Hz konsisten memiliki energi dibawah -50 *dB Power* baik sebelum dimigrasi maupun setelah melalui tahap migrasi ini (Gambar 9).

Hasil *Implicit FD Depth Migration* pada CDP 1 sampai dengan CDP 100 menunjukkan frekuensi data yang dominan adalah dari 4 Hz sampai dengan 37 Hz. Migrasi ini meningkatkan energi frekuensi rendah dan mengurangi energi frekuensi tinggi. Frekuensi data pada *final stack* dominan pada rentang 10 Hz sampai dengan 90 Hz dan 105 Hz sampai dengan 115 Hz yang berada di atas -20 *dB Power* menurun energinya setelah melalui migrasi ini (Gambar 10).

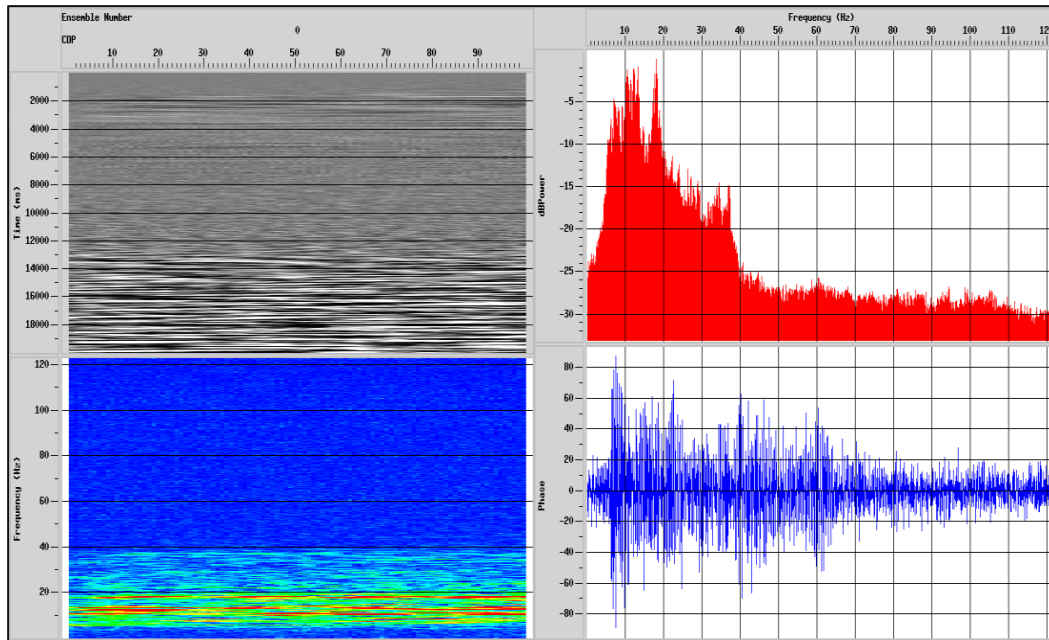
Pada data sebelum dimigrasi rentang frekuensi antara 40 Hz sampai dengan 95 Hz memiliki energi diatas -20 *dB Power* namun setelah melalui *Implicit FD Depth Migrasi*, frekuensi tersebut memiliki energi di bawah -25 *dB Power*. Energi frekuensi yang ditargetkan mencapai 120 Hz menurun secara drastis energinya sehingga penampang sinyal bagian atas data yang berfrekuensi tinggi tidak

nampak secara signifikan. Frekuensi *noise* di bawah 10 Hz yang awalnya berenergi di bawah -50 *dB Power* meningkat energinya hingga -25 *dB Power* sehingga *noise* berfrekuensi rendah ini mendominasi penampang seismik yang dihasilkan. Reflektor primer bagian atas penampang seismik yang berfrekuensi di atas 80 Hz kurang menampakkan sinyalnya karena energi frekuensi ini menurun hingga dibawah -20 *dB Power*, demikian juga bagian bawah penampang seismik kurang menampakkan sinyal reflektor primernya karena dipengaruhi *noise* berfrekuensi rendah.

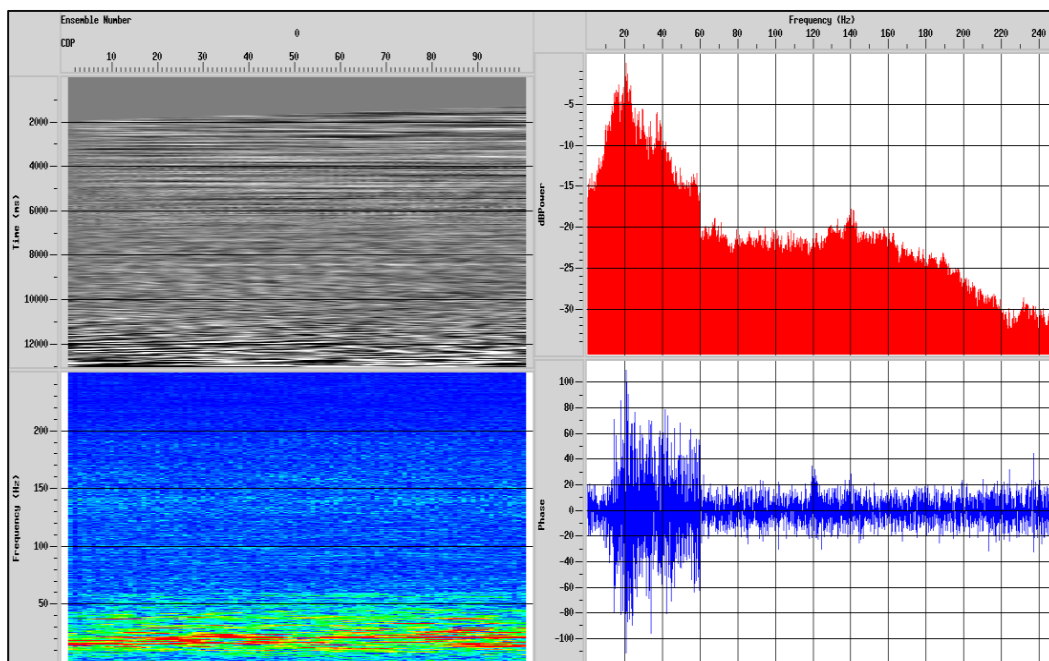
Hasil dari *Implicit FD Time Migration* pada CDP 1 sampai dengan CDP 100 menunjukkan frekuensi data yang dominan berada pada frekuensi 1 Hz sampai dengan 240 Hz. Migrasi ini meningkatkan energi frekuensi yang tinggi dan rendah. Frekuensi data seismik yang berada di atas -20 *dB Power* adalah pada rentang 1 Hz sampai dengan 60 Hz. Frekuensi data yang awalnya dominan berada pada rentang 10 Hz sampai dengan 120 Hz setelah melalui proses migrasi ini dominan berada pada rentang 1 Hz sampai dengan 60 Hz (Gambar 11). Data yang belum di migrasi pada rentang frekuensi antara 60 Hz sampai dengan 90 Hz memiliki energi frekuensi diatas -20 *dB Power* tetapi setelah melalui tahap *Implicit FD Time Migration* mengalami penurunan energi hingga dibawah -20 *dB Power*.



Gambar 9. Komponen frekuensi hasil dari *Fast Explicit FD Time Migration*.



Gambar 10. Komponen frekuensi hasil dari *Implicit FD Depth Migration*.



Gambar 11. Komponen frekuensi hasil dari *Implicit FD Time Migration*.

Frekuensi yang berada diatas 120 Hz awalnya berada di bawah -50 dB Power meningkat hingga diatas -25 dB Power. Frekuensi *noise* yang berada di atas 125 Hz ini muncul kembali dalam penampang seismik ini sehingga mengurangi energi frekuensi refleksi primer pada data.

PENUTUP

Simpulan

Dari kelima migrasi yang digunakan tersebut, migrasi finite difference dengan algoritma *Explicit* menunjukkan hasil frekuensi yang lebih baik

dibandingkan dengan algoritma *Implicit*. Migrasi *Explicit Finite Difference* berhasil mempertahankan frekuensi data sesuai dengan target yang diinginkan dengan presisi.

Saran

Adapun saran untuk studi dan penelitian selanjutnya adalah agar mendapatkan hasil yang optimal untuk interpretasi, sebaiknya digunakan migrasi lain sebagai pembanding.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak- yang telah membantu penelitian ini

khususnya kepada Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

DAFTAR PUSTAKA

- Claerbout, J.F. (1985), *Imaging the Earth's Interior*, illustrated edition edition., Blackwell Science Inc, Oxford England ; Boston.
- Claerbout, J.F. dan Doherty, S.M. (1972), "Downward continuation of moveout-corrected seismograms", *GEOPHYSICS*, Vol.37, No.5, hal. 741–768. <http://doi.org/10.1190/1.1440298>.
- Liu, Y. dan Sen, M. (2009), "A practical implicit finite-difference method: Examples from seismic modelling", *Journal of Geophysics and Engineering*, Vol.6, hal. 231. <http://doi.org/10.1088/1742-2132/6/3/003>.
- Liu, Y., Sen, M. dan Jackson, K. (2009), "Advanced finite-difference methods for seismic modeling", *Geohorizons*, Vol.14.
- Sea, J.G., Massinai, M.A., Aswad, S. dan Djajadihardja, Y.S. (2017), *Migrasi Data Seismik 2D Marine Menggunakan Pendekatan Finite Difference (Studi Kasus: Tenggara Pulau Simeulue)*, Diambil dari <http://repository.unhas.ac.id/handle/123456789/23621>.
- Sheriff, R.E. dan Geldart, L.P. (1995), Google-Books-ID: wRYgAwAAQBAJ, *Exploration Seismology*, Cambridge University Press.
- Stoffa, P., Fokkema, J.T., FREIRE, R. dan Kessinger, W.P. (1990), "Split-Step Fourier Migration", *Geophysics* 55(4), 410-421. (1990), Vol.55. <http://doi.org/10.1190/1.1442850>.
- Yilmaz, Ö. (2001), *Seismic Data Analysis: Processing, Inversion, and Interpretation of Seismic Data*, Society of Exploration Geophysicists. <http://doi.org/10.1190/1.9781560801580>.
-