

Aplikasi Transformasi Curvelet untuk *Denoising* *Random Noise* : Studi Kasus Data Seismik Sintetik 2D Darat “Antiklin”

Diptya Mas Nugraha, Aji Syaeful Bahri, dan Dwa D. Warnana

Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: dwa_desa @yahoo.co.uk

Abstrak—*Denoising* (reduksi noise) merupakan hal umum yang dilakukan pada pengolahan data seismik. Secara umum, kita telah mengenal berbagai filter konvensional seperti *bandpass filter* dan metode *signal enhancemet* seperti F-X Deconvolution. Metode tersebut telah lama digunakan dan memiliki kelemahan yakni belum mampu mengembalikan reflektor secara maksimal dengan baik sedangkan *noise* memiliki nilai frekuensi yang sama dengan nilai sinyal yang baik. Pada penelitian ini, penulis menggunakan data seismik sintetik. *Noise* yang digunakan adalah *gaussian noise* karena *noise* ini merupakan *noise* yang digunakan secara umum dalam dunia statistik. Setelah ditambahkan *noise*, maka data sintetik akan diolah menggunakan transformasi curvelet. Hasil dari pengolahan data adalah data seismik sintetik “Antiklin” memiliki nilai *signal to noise ratio* (SNR) yakni antara 27 hingga 28 dB. Data seismik sintetik ketika diberikan *noise* memiliki nilai SNR yakni antara 19 hingga 25 dB. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa transformasi curvelet mampu melemahkan dan menghapus *random noise*. Sementara itu, reflektor pada data masih memiliki bentuk yang hampir sama dengan data *forward modelling*.

Kata Kunci—*Denoising*, Transformasi Curvelet, Signal to Noise Ratio.

I. PENDAHULUAN

PENGOLAHAN data seismik merupakan langkah untuk memperoleh data dengan sinyal yang baik. Akuisisi data seismik yang dilakukan di lapangan kadang memberikan sinyal yang buruk sehingga menampilkan data seismik yang kurang baik. Data seismik perlu dilakukan berbagai macam filter sehingga akan mempermudah proses langkah selanjutnya. Salah satu tantangan dalam pengolahan data adalah menghilangkan sinyal buruk (*noise*). *Noise* terjadi akibat gelombang seismik yang menjalar pada bawah permukaan melewati berbagai macam perlapisan dengan nilai densitas yang bermacam-macam serta akibat gangguan angin, instrumen dan aktivitas manusia. Akibatnya, pada data seismik menghasilkan dua jenis *noise* yaitu *noise* acak dan *noise* koheren. *Noise* acak merupakan *noise* yang diakibatkan oleh kegiatan manusia meliputi instrumen, dan angin [1]. *Noise* koheren disebabkan oleh adanya kondisi geologi permukaan sehingga gelombang seakan-akan terjebak, seperti *multiple*, gelombang permukaan, efek *ghosting*, difraksi dan lain-lain.

Filter umum yang sering digunakan dalam pengolahan data seismik yakni *band pass filter*, F-X Deconvolution [2] dan

lain-lain merupakan metode yang menggunakan skala tunggal, yaitu pada frekuensi atau waktu. Kelemahan pada metode ini (F-X Deconvolution) adalah filter koheren yang digunakan belum tentu mampu melemahkan *noise* acak yang tersebar pada penampang seismik dengan energi yang acak sehingga menyebabkan *event* seismik yang terlihat buatan dan membuat interpretasi menjadi tidak unik [3]. Tidak hanya itu, penggunaan teknik konvensional filter seperti F-X Deconvoluiton dan Median Filtering menghilangkan jumlah *noise* yang banyak namun juga membahayakan komponen sinyalnya [4] sehingga perlu suatu filter untuk memisahkan sinyal dan *noise* yang baik.

II. TRANSFORMASI CURVELET

Transformasi curvelet merupakan metode multiskala yang mampu memisahkan *noise* dan sinyal pada domain frekuensi, *dip*, posisi dan lokasi [5]. Transformasi Curvelet mampu mengestimasi data *noise* yang tak dikenal, dimisalkan dengan m , dengan persamaan sebagai berikut:

$$y = m + n \quad (1.1)$$

dimana y adalah data *noise*, dan n adalah pusat nol *noise Gaussian* [6]. Tujuan utama dalam persamaan ini adalah untuk memulihkan m tanpa kehilangan informasi refleksi yang koheren, sehingga m diperluas di domain curvelet yaitu

$$y = C^h x + n \quad (1.2)$$

Dasar *windowing* yang digunakan dalam transformasi curvelet menggunakan prinsip Meyer [7] adalah sebagai berikut :

$$\sum_{j=-\infty}^{\infty} W^2(2^j r) = 1 \quad r > 0 \quad (1.3)$$

$$\sum_{r=-\infty}^{\infty} V^2(t - l) = 1 \quad t \in R \quad (1.4)$$

Pengolahan data pada Transformasi curvelet mengalami percepatan dan penambahan metode sehingga dalam proses pengolahannya dapat menghasikan *image* (gambar) dengan reduksi *noise* yang dapat ditingkatkan, sehingga dikenal sebagai *fast discrete curvelet transform* (FDCT) (Candes E.J., 2006). FDCT dibagi menjadi dua yaitu via *Unequipped* Fast Fourier Transform dan via *Wrapping*. Untuk menentukan koefisien curvelet via *wrapping* adalah sebagai berikut :

$$c^D(j, l, k) = \frac{1}{n^2} \sum_{n_1=-n/2}^{n/2-1} \sum_{n_2=-n/2}^{n/2-1} \tilde{U}_{j,l} [n_1, n_2] \hat{f}[n_1, n_2] e^{2\pi i(k_1 n_1/L_{1,j} + k_2 n_2/L_{2,j})} \quad (1.5)$$

dengan C^D merupakan koefisien curvelet pada j (skala), l (sudut), dan k (posisi), sedangkan U_j merupakan jendela frekuensi untuk tiap n_1 dan n_2 dan $L_{1,j} L_{2,j}$ merupakan bagian piksel pada gambar (*image*). Langkah-langkah pada setiap melakukan transformasi curvelet via *wrapping* adalah

sebagai berikut :

- Fast Discrete Curvelet Transform (FDCT)

Pada proses ini didapatkan nilai koefisien curvelet. Pada proses tersebut terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu :

1). Dilakukan FFT 2D (*Fast Fourier Transform*) untuk tiap pasangan skala/sudut (j,l) dari tiap susunan $c^{D,N}(j,l,k)$ dan didapatkan $W(U_{j,l}f)[n_1n_2]$.

2) Dikalikan susunan $W(U_{j,l}f)[n_1n_2]$ dengan pertimbangan curvelet *wrapping* $W(U_{j,l})[n_1n_2]$ yang menghasilkan

$$W(|U_{j,l}|^2 f)[n_1n_2],$$

3). *Unwrap* susunan tiap $W(|U_{j,l}|^2 f)[n_1n_2]$ pada grid frekuensi dan ditambahkan nilai dari $W(|U_{j,l}|^2 f)[n_1n_2]$ pada tiap-tiap grid frekuensi sehingga mampu memperoleh kembali $f[n_1n_2]$.

4). Dilakukan inverse FFT 2D untuk mendapatkan $f[t_1t_2]$.

- Cycle Spinning

Proses ini dilakukan untuk meningkatkan *denoising* (reduksi noise) dengan proses translasi per dimensi pada sinyal dengan variasi *time shift* (pergeseran waktu). Pada proses ini, dilakukan Fast Discrete Curvelet Transform (FDCT) sehingga didapatkan koefisien curvelet terbaru.

- Threshold

Proses ini digunakan untuk mengurangi *noise* yang paling sederhana dan menjadi dasar bagi beberapa metode pengurangan *noise* yang lain. *Threshold* akan menghasilkan nilai rekonstruksi dari proses sebelumnya dengan bantuan proses Inverse Fast Discrete Curvelet Transform (IFDCT), dengan input dari *cycle spinning*.

- Iterasi Norm L1

Proses ini digunakan untuk filter *noise* menggunakan penyelesaian gradien konjugasi. Proses iterasi juga dilakukan FDCT untuk mendapatkan koefisien curvelet terbaru, dengan inisial 'D'. Iterasi berdasarkan pada parameter yang telah ditentukan, yaitu pada n_{ell} .

- Threshold

Proses ini digunakan untuk mengurangi *noise* yang paling sederhana dan menjadi dasar bagi beberapa metode pengurangan *noise* yang lain. *Threshold* akan menghasilkan nilai rekonstruksi dari proses sebelumnya dengan bantuan proses IFDCT (Inverse Fast Discrete Curvelet Transform).

- Inverse Fast Discrete Curvelet Transform (IFDCT)

Proses ini digunakan untuk merekonstruksi ulang gambar. Tidak seperti FDCT, pada proses ini dibuka/dipecah kembali susunan data dari transformasi fourier pada setiap sudut dan skala kedalam trapezoidal. Selanjutnya, dilakukan *windowing* dengan indikator yang sesuai, kemudian dijumlahkan pada masing-masing sudut dan skala dan dilakukan inversi transformasi fourier [5].

kemudian, untuk menghitung nilai SNR pada data adalah sebagai berikut :

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{MAX_i}{\sqrt{MSE}} \tag{1.6}$$

dengan MAX_i adalah nilai maximum piksel pada data, MSE merupakan nilai error yang didapat dari selisih matriks data sintetik dan data yang telah ditambahkan *noise* atau data

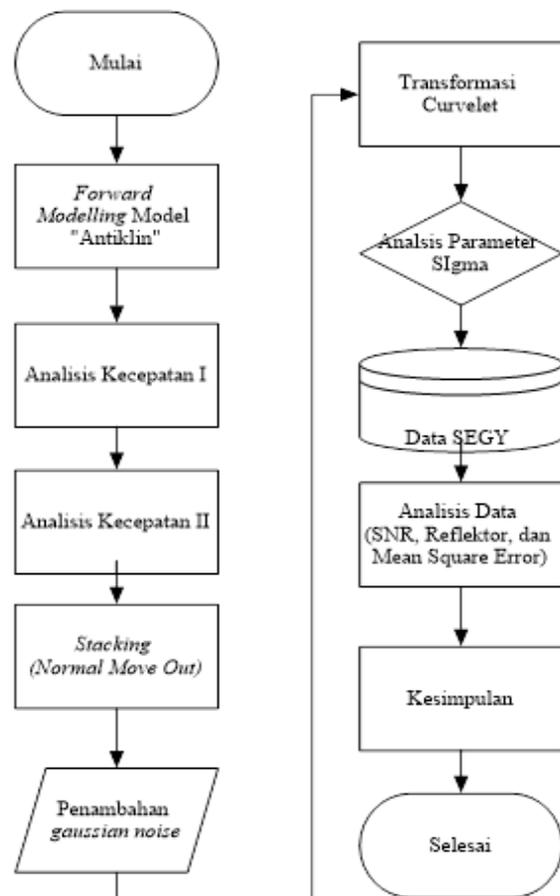
setelah rekonstruksi curvelet (*restored*) (Binh & Khar, 2010).

Aplikasi Transformasi curvelet pada data seismik diantaranya mampu mengatenuasi *noise* acak pada aplikasi data *post stack* seismik 2D dan 3D (Neelamani, 2008), menghilangkan *multiple* pada data seismik (Herrmann, 2007) dan aplikasi pada peningkatan sinyal dan reduksi *noise* pada data seismik 2D dan 3D [8] dan pada lingkungan subvulkanik [8]. Pada penelitian ini, penulis akan melakukan reduksi *noise* pada data seismik 2D sintetik "Antiklin". *Noise* yang digunakan merupakan *noise* acak *gaussian* dengan parameter bervariasi kemudian dilakukan analisis perbandingan SNR serta hasil filter sebelum dan setelah menggunakan transformasi curvelet.

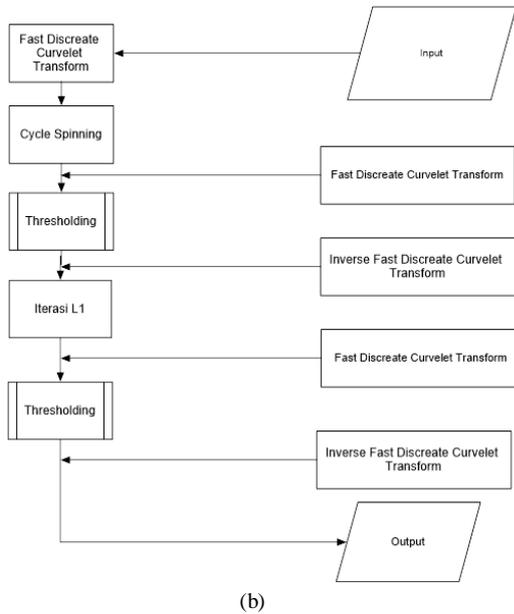
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sintetik yang melalui tahapan pengolahan data seismik terlebih dahulu. Data yang digunakan adalah data *stack* dalam domain waktu. Kemudian dilakukan penambahan *noise gaussian* dengan variasi nilai *sigma*. Kemudian dilakukan transformasi curvelet sehingga menghasilkan *output* yakni SNR dan nilai error. Nilai SNR dari data yang ditambahkan *noise* akan dibandingkan dengan data rekonstruksi curvelet kemudian dilakukan analisis kemenerusan reflektor seismik. Nilai error menunjukkan selisih nilai piksel pada data original dan data yang telah ditambahkan *noise* atau data yang telah direkonstruksi curvelet.



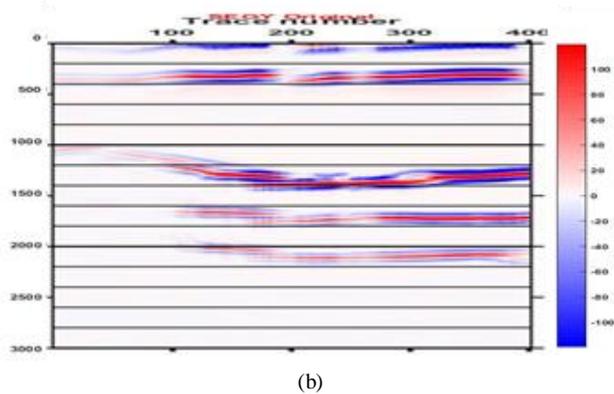
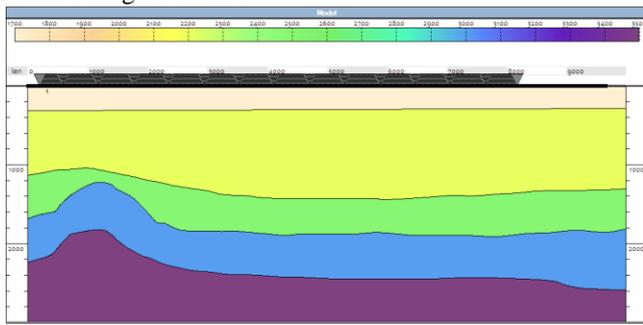
(a)



Gambar 1. Alur penelitian (a) dan langkah pengolahan data menggunakan Transformasi Curvelet (b).

B. Pembuatan Model

Model yang digunakan adalah model dengan bentuk antiklin sebagai berikut :



Gambar 2. Model sintetik pada tampilan software Tesserat (a) dan setelah dilakukan open data di MatLab.

Kemudian dilakukan transformasi curvelet pada data di atas dengan nilai σ yang memengaruhi persebaran energi noise acak.

C. Pengujian Resistivitas

Langkah pengujian

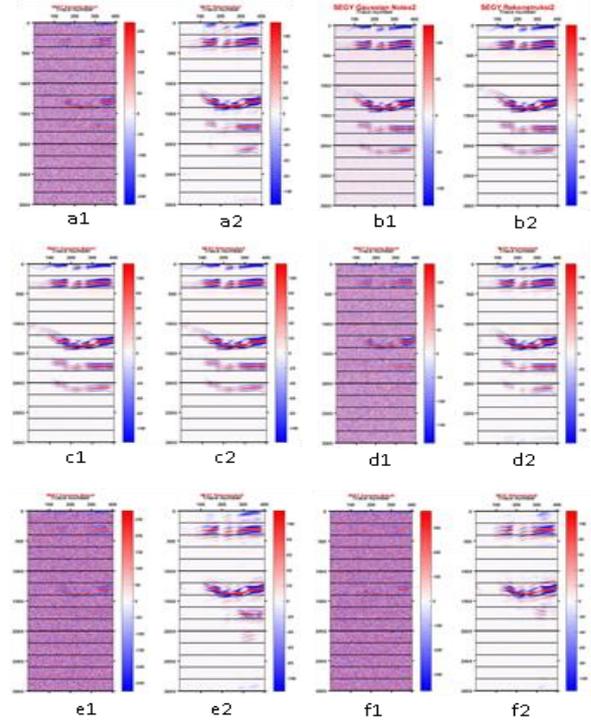
D. Teknik Analisis Data

Tahap analisis

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Data Denoising

Dari pengolahan data seismik sintetik "Antklyn" maka dihasilkan 6 data uji coba untuk atenuasi gaussian noise.

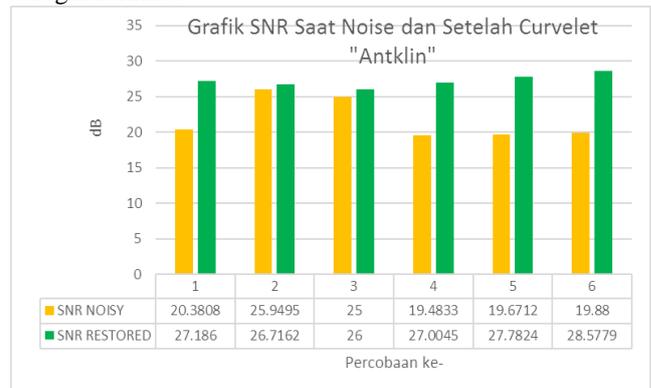


Gambar 3. Hasil percobaan dengan variasi sigma untuk noise. Bagian a1 hingga f2 secara berturut-turut merupakan data saat ditambahkan noise dan setelah transformasi curvelet.

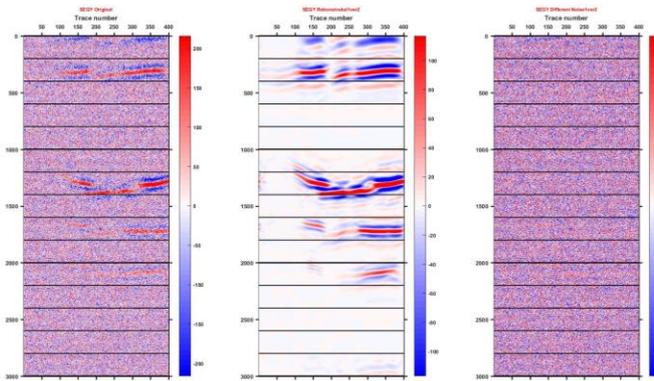
Uji coba data pertama hingga keenam pada gambar 4. Dilakukan secara berturut-turut yaitu dengan nilai σ adalah 255, 25.5, 2.55, 200, 382.5, dan 510. Bagian a1 yang merupakan gambar yang telah ditambahkan noise dan a2 merupakan data setelah dilakukan reduksi noise begitu juga data b1 hingga f2. Koefisien curvelet yang dibuat pada data seismik sintetik ini dengan jumlah matriks 1000x1000 sehingga didapatkan nilai koefisien curvelet 1x7 cell. Nilai threshold yang digunakan adalah sama yaitu 2550.

B. Perubahan Nilai Signal to Noise Ratio (SNR)

Untuk mengetahui perubahan nilai SNR pada data sebelum dan setelah transformasi curvelet maka dibuatlah grafik sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Signal to Noise Ratio (SNR) pada data saat ditambahkan gaussian noise (warna oranye) dan setelah dilakukan transformasi curvelet (warna hijau).



Gambar 5. Hasil transformasi curvelet pada percobaan pertama; bagian kiri merupakan data yang telah ditambahkan *noise*, bagian tengah merupakan hasil transformasi, dan bagian kanan merupakan perbedaan bagian kiri dan kanan.

Hasil uji coba data 1 hingga 6 menampilkan nilai SNR berdasarkan grafik di atas dengan masing-masing nilai untuk SNR *noisy* dan SNR *restored*.

C. Pembahasan

Berdasarkan gambar 3, atenuasi *noise* acak pada data sintetik bekerja cukup efektif. Hilangnya *noise* pada data seismik sintetik juga menyebabkan hilangnya *event* seismik sehingga kemenerusan reflektor tidak sempurna seperti data pada gambar 2 (b). Pada gambar 3, atenuasi *noise* dan rekonstruksi terbaik dimiliki oleh gambar a2 dan a3 dengan nilai sigma masing-masing adalah 255 dan 200. Pada data b2, penambahan *noise* tidak cukup kasar sehingga rekonstruksi curvelet dapat mudah dilakukan. *Noise* yang paling tinggi jatuh pada data f1 yaitu 510. Data f1, *event* seismik secara keseluruhan hampir tertutup oleh *noise* sehingga cukup sulit untuk merekonstruksi ulang dengan curvelet. Intensitas energi dari *noise* acak yang tersebar pada penampang seismik menyebabkan melemahnya frekuensi yang baik sehingga saat rekonstruksi ulang, frekuensi tersebut hilang bersama dengan frekuensi *noise*. Kemudian, secara kuantitatif, berdasarkan gambar 4, grafik SNR *restored* terlihat semakin tinggi jika SNR *noisy* bernilai rendah. *Gap* (beda) antara nilai SNR *noisy* dan SNR *restored* menunjukkan bahwa kemampuan curvelet dalam merekonstruksi ulang gambar mampu meningkatkan SNR lebih tinggi daripada sebelumnya (data yang memiliki *noise*). Berdasarkan persamaan (1.6) didapatkan nilai SNR pada data *noisy* adalah antara 19 hingga 25 dB sedangkan pada data *restored* adalah antara 26 hingga 29 dB.

Hasil transformasi curvelet menghasilkan perbedaan frekuensi data *noisy* dan data *restored*. Pada gambar 5, terlihat sangat signifikan bahwa *noise* acak dapat dihilangkan cukup baik. Perbedaan (pada bagian kanan) menunjukkan sangat banyak *noise* yang telah dipetakan oleh curvelet sehingga pada data bagian tengah tidak memiliki sama sekali frekuensi *noise* acak.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dan analisis data, maka dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai SNR pada data seismik sintetik “Antiklin” yaitu antara 19-25 dB pada data *noisy* dan pada data curvelet memiliki nilai antara 27-29 dB.
2. Data dengan rekonstruksi terbaik adalah data pada percobaan pertama (gambar 3 bagian a1 dan a2).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada software lisensi *Tesseral Pro*, SeisLab 10.0301 dan algoritma pada proyek CURVELAB (www.curvelab.org) dalam memfasilitasi Studi penulis. Tanpa mereka tulisan ini tidak akan menjadi utuh dalam proses penulisannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Kennet, *Seismik Wave Propagation*. Canberra: Cambridge University Press, 1983.
- [2] L. Canales, “Random noise reduction,” *SEG Tech. Progr. Expand. Abstr.*, pp. 525–527, 1984.
- [3] B. Milkereit, “Noise suppression and coherency,” *Stat. Appl. Earth Sci.*, pp. 243–248, 1990.
- [4] R. Neelamani, “Coheren and Random Noise Attenuation Using Curvelet Trasnform,” in *SEG Leading Edge*, 2008, pp. 240–248.
- [5] E Candes, “Fast Discrete Curvelet Transform,” *Multiscale Model Simul*, vol. 5, pp. 861–899, 2006.
- [6] F. Herrmann, “Multiple prediction from incomplete data with the focused curvelet transform,” in *SEG/San Antonio 2007 Annual Meeting*, 2007.
- [7] J. Ma, “Curvelet Transform [A review recent Application,” in *IEEE*, 2010.
- [8] A. Gorszczyk, M. Malinowski, and G. Bellefleur, “Enhancing 3D post-stack seismik data acquired in hardrock environment using 2D curvelet transform,” *Geophys. Prospect.*, vol. 63, pp. 903–918, 2015.