

Pengaruh Bentuk Window *Short Time Fourier Transform Half Cepstrum* Pada Peningkatan Resolusi Seismik Refleksi di Lapangan Penobscot Kanada

Yoga Mustofa^{1,*}, Intan Andriani Putri¹

¹Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia

*Email: youghase@gmail.com

Submit: 2022-09-21 ; Revised: 2022-09-30 ; Accepted: 2022-10-08

Abstrak: Batuan karbonat dapat menjadi alternatif dalam pencarian cadangan hidrokarbon pada industri minyak dan gas bumi. Sebagian besar produksi hidrokarbon di Indonesia dan bahkan dunia berasal dari reservoir karbonat. Data seismik konvensional memiliki lebar frekuensi yang terbatas, sehingga tidak dapat menggambarkan lapisan-lapisan tipis di bawah *tuning thickness*. Maka dari itu perlu untuk meningkatkan resolusi seismik dengan ketebalan lapisan di bawah *tuning thickness*. Penelitian ini dilakukan pada Lapangan 3D Penobscot Formasi Baccaro dengan litologi karbonat, Nova Scotia, dengan menggunakan algoritma *Short Time Fourier Transform Half Cepstrum* (STFTHC) untuk mempelajari pengaruh bentuk window terhadap performa algoritma STFTHC dalam memperlebar bandwidth frekuensi. Metode ini menggunakan dua buah jenis window yaitu *Gaussian window*, dan *Hamming window*. Parameter window yang digunakan yaitu lebar window 32, hop=8, dan $\alpha = 8$ pada *Gaussian window*. Pengaplikasian algoritma STFTHC dilakukan pada data sintetik seismik 1D, 2D dan data seismik 3D penobscot. Hasil penerapan *Gaussian window* pada data sintetik 1D, 2D dan 3D dapat memisahkan lapisan dan memperlebar *bandwidth* dengan sedikit efek *side lobe*, sedangkan hasil penerapan *Hamming window* masih terdapat *side lobe*. Hasil nilai *tuning thickness* sebelum dilakukan proses STFTHC bernilai 27.88 m, setelah STFTHC menggunakan *Gaussian window* menjadi 16.40 m dan ketika menggunakan *Hamming window* menjadi 18.84 m.

Kata kunci: Resolusi, STFTHC, *Gaussian window*, *Hamming window*, lapisan tipis

Abstract: Carbonate rock can be an alternative in the search for hydrocarbon reserves in the oil and gas industry. Most of the hydrocarbon production in Indonesia and even the world comes from carbonate reservoirs. Conventional seismic data has a limited frequency width, so it cannot depict thin layers under the tuning thickness. Therefore it is necessary to increase the seismic resolution with the thickness of the layers below the tuning thickness. This research was conducted in the 3D Penobscot Field of Baccaro Formation with carbonate lithology, Nova Scotia, using the Short Time Fourier Transform Half Cepstrum (STFTHC) algorithm to study the effect of window shape on the performance of the STFTHC algorithm in widening the frequency bandwidth. This method uses two types of windows, namely Gaussian

window, and Hamming window. The window parameters used are window width 32, hop=8, and $\alpha = 8$ in Gaussian window. The STFTHC algorithm was applied to synthetic 1D, 2D seismic data, and Penobscot 3D seismic data. The results of the application of Gaussian window on synthetic 1D, 2D, and 3D data can separate layers and widen the bandwidth with a slight side lobe effect. In contrast, the results of the application of the Hamming window still have side lobes. The results of the tuning thickness value before the STFTHC process is 27.88 m; after STFTHC using a Gaussian window, it becomes 16.40 m, and when using a Hamming window, it becomes 18.84 m.

Keywords: Resolution, STFTHC, *Gaussian window*, *Hamming window*, thin layer

1 PENDAHULUAN

Sumber energi minyak dan gas bumi masih menjadi energi utama yang digunakan dalam memenuhi kebutuhan energi di seluruh sektor kegiatan manusia. Diperkirakan permintaan energi nasional hingga tahun 2050 akan meningkat terutama energi fosil seperti batu bara, gas dan minyak (Suharyati dkk., 2019). Salah satu lokasi yang memiliki potensi eksplorasi hidrokarbon adalah Lapangan Penobscot. Pada tahun 1967 sekitar dua puluh tiga penemuan hidrokarbon yang signifikan yaitu tepatnya di tepi Samudra Atlantik (Campbell dkk., 2015).

Metode seismik refleksi dapat digunakan untuk menemukan hidrokarbon. Data yang dihasilkan memiliki lebar frekuensi yang terbatas sehingga lapisan-lapisan tipis tidak tergambar dengan baik (Prasety, 2016). Ukuran bandwidth yang lebar membuat data seismik lebih mudah untuk diinterpretasi (Winardhi dan Pranowo, 2019). Untuk memperlebar bandwidth dapat dilakukan proses analisis sinyal. Analisis sinyal yang umum dilakukan dengan menggunakan *Fourier transform*. Namun kelemahannya hanya berupa spektrum rata-rata dalam domain waktu dan tidak mampu memberikan informasi secara temporal (Stockwell, 2007). Salah satu proses analisis sinyal yang dapat menutupi kekurangan dari *Fourier transform* adalah menggunakan metode *Short Time Fourier Transform* (STFT). Analisis ini dapat melokalisasi sinyal dalam domain waktu dan juga frekuensi.

Tabel 1. Informasi Data Sumur Lapangan Penobscot (Kidston dkk., 2005).

Nama Sumur	L-30
Koordinat X	734539
Koordinat Y	4894062
Inline	1.185
Crossline	1.164
Kedalaman (meter)	4.251
Jenis sumur	Oil and gas well

Cepstrum pertama kali diperkenalkan oleh Bogert pada tahun 1963. Cepstrum adalah metode yang digunakan untuk analisis sinyal dalam domain qufrequency. Pada metode ini penerapannya dengan menggunakan logaritma (basis 10) sebagai komponen utama dari spektrum amplitudo sinyal (Bogert dkk., 1963). Pada penelitian (Sajid dkk., 2013) menggabungkan antara STFT dengan Cepstrum yang disebut metode *Short Time Fourier Transform Half Cepstrum* (STFTHC) untuk memperlebar *bandwidth* frekuensi dan sudah diaplikasikan pada model lapisan tipis 1D, 2D dan seismik real 3D penobscot. Pemilihan bentuk dan parameter window menjadi aspek penting dalam metode ini untuk menghindari *spectral leakage*. Oleh sebab itu, penelitian ini menggunakan dua bentuk window berbeda yang diharapkan mampu memberikan alternatif dalam pemilihan bentuk window

2 DATA DAN METODOLOGI

Penelitian ini merupakan uji coba pengaruh bentuk window STFTHC terhadap hasil peningkatan resolusi data seismik refleksi. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data log, data seismik 3D yang berasal dari Lapangan Penobscot, Kanada. Penelitian ini menggunakan informasi data sumur L-30 dapat dilihat pada Tabel 1.

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Tahap pertama yaitu penentuan zona target untuk memfokuskan bagian yang akan dilakukan peningkatan resolusi terutama pada Formasi Karbonat, kemudian dilakukan *well to seismic tie* untuk mengikat antara data log terhadap data seismik. Selanjutnya dilakukan pembuatan data seismik sintetis dengan menerapkan konsep koefisien refleksi dan juga konvolusi. Berikut adalah persamaan koefisien refleksi (Kartika, 2013):

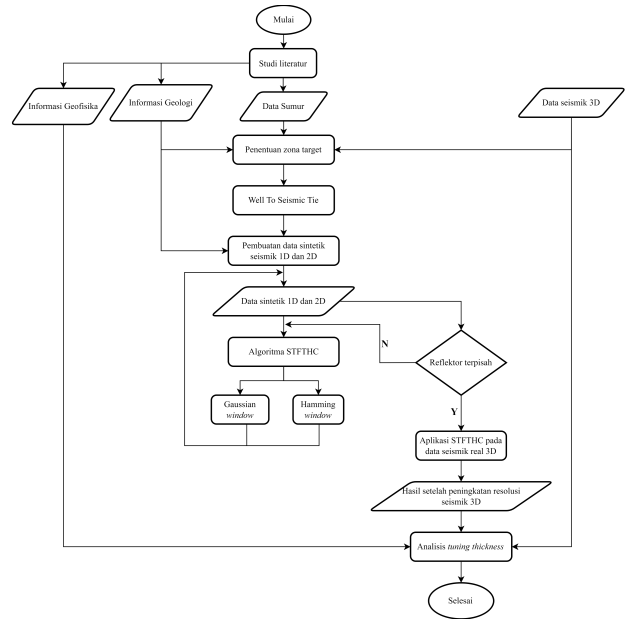
$$KR = \frac{AI_2 - AI_1}{AI_2 + AI_1} \quad (1)$$

$$s(t) = r(t) * w(t) \quad (2)$$

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right), 0 \leq n \leq N \quad (3)$$

$$X_s(\omega, \tau, w) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)(w(t-\tau))^{(-i\omega t)} dt \quad (4)$$

$$Amp(\omega, \tau) = \sqrt{(real(X_s(\omega, \tau)))^2 + (im(X_s(\omega, \tau)))^2} \quad (5)$$

**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

$$\phi(\omega, \tau) = \tan^{-1} \left(\frac{im(X_s)(\omega, \tau)}{real(X_s)(\omega, \tau)} \right) \quad (6)$$

$$LF(\omega, \tau) = \log_{10} (Amp(\omega, \tau)) \quad (7)$$

$$LFP(\omega, \tau) = LF(\omega, \tau) - \min(LF(\omega, \tau)) \quad (8)$$

$$LFPE(\omega, \tau) = LFP \left(\frac{\int (Amp(\omega, \tau)) d\omega}{\int LFP(\omega, \tau) d\omega} \right) \quad (9)$$

$$RHC = LFPE(\omega, \tau) \cos \phi(\omega, \tau) \quad (10)$$

$$IHC = LFPE(\omega, \tau) \sin \phi(\omega, \tau) \quad (11)$$

$$HCC(\omega, \tau) = \text{complex}(RHC, IHC) \quad (12)$$

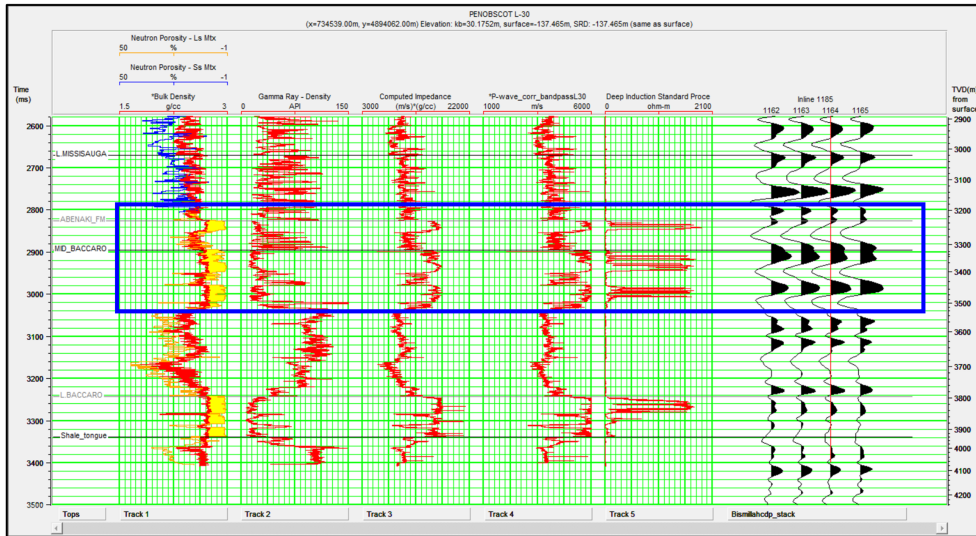
Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *tuning thickness* (Young, 2004):

$$Tuning\ thickness = \frac{1}{4} \lambda = \frac{1}{4} \frac{v}{\omega} \quad (13)$$

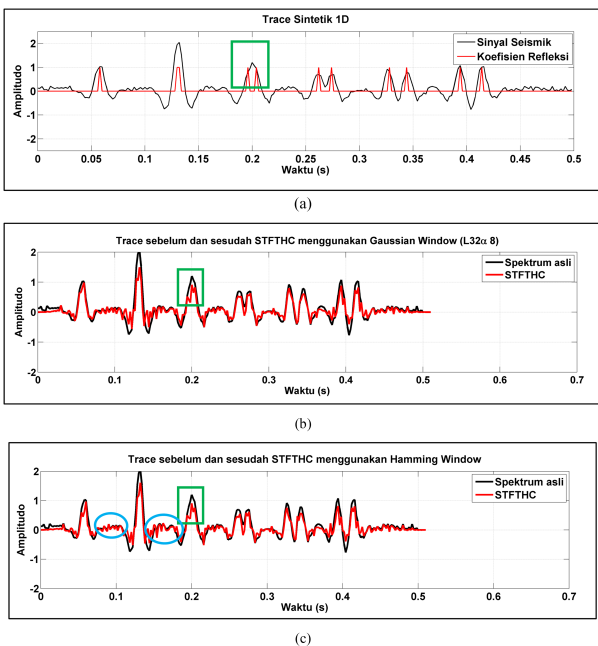
3 HASIL DAN DISKUSI

Penentuan zona target bertujuan untuk memfokuskan bagian yang akan dilakukan peningkatan resolusi terutama pada Formasi Karbonat. Pada Gambar 2, zona target berada pada kedalaman 2.800-3.050 ms yang ditandai dengan kotak berwarna biru yang selanjutnya dilakukan analisis data log.

Pada data sintetis 1D dibuat beberapa respons reflektor dari kecepatan seismik terhadap nilai densitas lapisan



Gambar 2. Zona Target Penelitian



Gambar 3. (a) Trace seismik sintetik 1D (b) Overlay seismik sintetik 1D (hitam) dengan sinyal hasil STFTHC (merah) menggunakan Gaussian window; (c) menggunakan Hamming window.

dengan ditambahkan random noise sebesar 12%. Gambar 3.a ada 6 event dari sebelah kiri hingga ke kanan dengan jarak pemisahan yang berbeda-beda dan kotak berwarna hijau menunjukkan reflektor yang akan dilakukan pemisahan. Dari hasil didapatkan bahwa adanya perbedaan antara menggunakan Gaussian window dengan Hamming window, ketika menggunakan Hamming window terlihat jelas adanya side-lobe yang terbentuk terlihat pada lingkaran berwarna biru.

Pada data sintetik 2D juga dilakukan peningkatan resolusi, didapatkan hasil setelah STFTHC menggunakan Gaussian window terlihat bahwa target pemisahan reflektor pada trace 21 dan 22 dapat terpisah dengan baik Gambar 4.a begitu juga dengan menggunakan Hamming window pa-

Tabel 2. Tuning thickness sebelum dan sesudah STFTHC

Zona Target	Bentuk window	Velocity Rata-rata (m/s)	Frekuensi Dominan (Hz)	lambda (m)	Tuning Thickness (m)
2.800 -3.050 ms	Sebelum pengolahan	2.789	25	111,54	27,88
	Hamming window	2.789	37	75,36	18,84
	Gaussian window	2.789	42,5	65,61	16,40

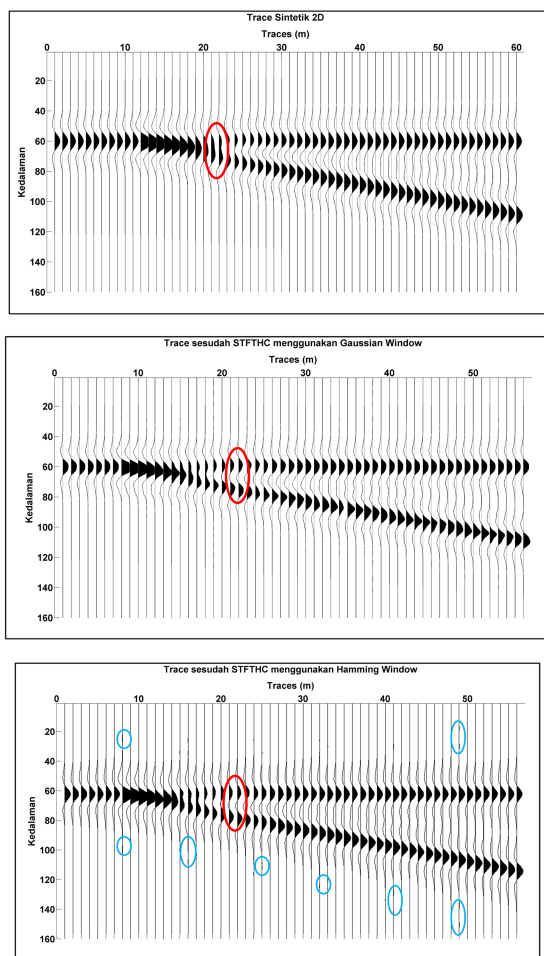
da Gambar 4.b. Namun, dari kedua hasil tersebut memiliki perbedaan yang terlihat pada hasil Hamming window di beberapa trace yang berbeda dengan trace aslinya hal ini bisa dikatakan bahwa adanya artefak yang timbul (warna biru) dan tidak hanya berfokus pada pemisahan lapisan tipis saja.

Setelah dilakukan peningkatan resolusi seismic data 3D terlihat dua reflektor yang saling berinterferensi dapat terpisahkan dengan jelas. Gambar 5.a menunjukkan hasil peningkatan resolusi menggunakan Gaussian window dan Gambar 5.b menunjukkan hasil peningkatan resolusi menggunakan Hamming window. Dari hasil tersebut memberikan informasi bahwa algoritma STFTHC cukup baik dalam memisahkan dua reflektor yang menunjukkan keberadaan adanya lapisan tipis karbonat pada zona target yang diamati

Dari hasil pengaplikasian STFTHC pada data seismic 3D dilakukan analisis tuning thickness dari data sebelum dan sesudah proses STFTHC menggunakan Gaussian window dan Hamming window, frekuensi dominan akan mengalami perubahan setelah dilakukan proses STFTHC dapat dilihat pada Tabel 2. Dari nilai frekuensi dan kecepatan rata-rata akan dicari nilai *tuning thickness*.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian bahwa algoritma STFTHC dapat diaplikasikan pada data seismic sintetik 1D, seismic sintetik 2D, dan juga seismic 3D Penobscot. Hasil dari masing-masing percobaan memperlihatkan hasil yang cukup baik



Gambar 4. (a) Trace seismik sintetik 2D (b) Trace seismik sintetik 2D setelah STFTHC menggunakan gaussian window dan (c) menggunakan hamming window

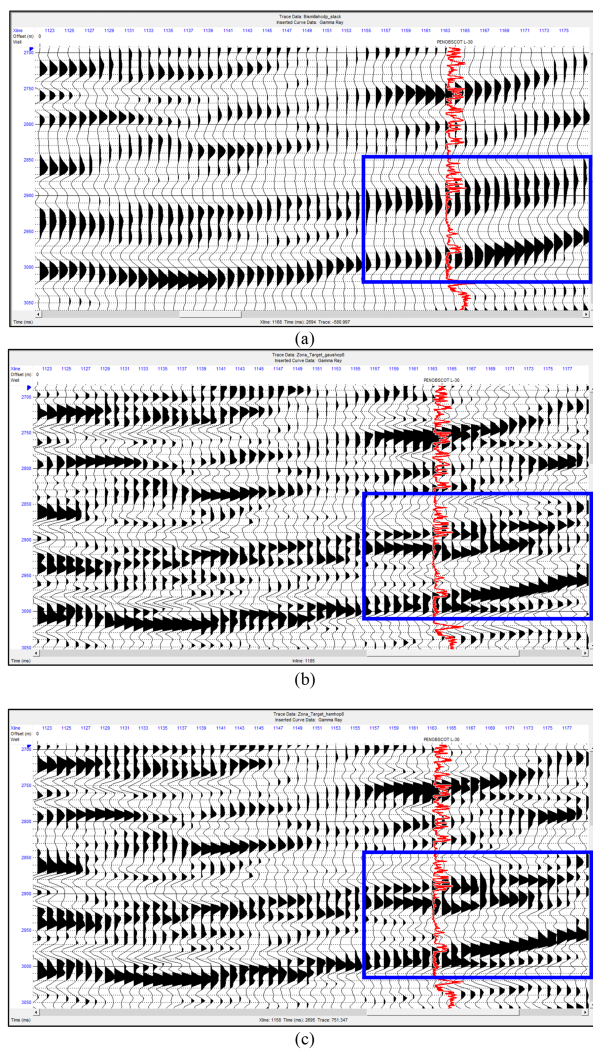
dalam melakukan pemisahan lapisan-lapisan tipis. Hasil dari bentuk *Gaussian window* lebih baik dikarenakan adanya parameter α , sedangkan pada hasil *Hamming window* masih terdapat *side lobe*. Nilai tuning thickness sebelum dan sesudah pengaplikasian STFTHC mengalami perubahan. Nilai *tuning thickness* sebelum STFTHC yaitu 27.88 m, sedangkan setelah STFTHC menggunakan *Gaussian window* nilai *tuning thickness* menjadi 16.40 m dan ketika menggunakan *Hamming window* nilai *tuning thickness* menjadi 18.84 m.

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh dosen Program Studi Teknik Geofisika Institut Teknologi Sumatera atas dukungannya dalam penyusunan penelitian ini. Terima kasih juga kepada tim redaksi dan reviewer HAGI jurnal geofisika atas waktu dan perhatiannya yang membantu proses penerbitan penelitian ini.

Pustaka

Bogert, B.P., Healy, M.J.R. dan Tukey, J.W. (1963): The quefreny analysis of time series for echoes; cepstrum,



Gambar 5. (a) Penampang seismik 2D pada inline 1185 sebelum dilakukan STFTHC (b) Trace sesudah dilakukan STFTHC Gaussian Window dan (c) Trace sesudah dilakukan STFTHC Hamming Window dan kotak berwarna biru menunjukkan zona target penelitian

pseudo-autocovariance, cross-cepstrum and saphé cracking. *Time series analysis*, 209–243.

- Campbell, T.J., Richards, F.B., Silva, R.L., Wach, G. dan Eliuk, L. (2015): Interpretation of the penobscot 3d seismic volume using constrained sparse spike inversion, sable sub-basin, offshore nova scotia. *Marine and Petroleum Geology*, **68**, 73–93, doi:10.1016/j.marpetgeo.2015.08.009.
- Kartika, F. (2013): Karakterisasi reservoir” februni-la field” menggunakan metode acoustic impedance (ai) inversion. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, **1**(01), 48–56.
- Kidston, A.G., Brown, D.E., Smith, B. dan Altheim, B. (2005): The upper jurassic abenaki formation offshore nova scotia: a seismic and geologic perspective. *Offshore (Conroe, TX)*, **1**.
- Prasety, I.P. (2016): Peningkatan resolusi data seismik menggunakan atribut dekomposisi spektral pada lapangan eksplorasi canada.
- Sajid, M., Ghosh, D. dan Zahir, Z. (2013): Novel method to improve seismic resolution through stfthc algorithm.

- Petroleum Geoscience Conference & Exhibition 2013*, European Association of Geoscientists & Engineers, cp-340.
- Stockwell, R. (2007): Why use the s-transform. *Pseudo-differential operators: partial differential equations and time-frequency analysis*, **52**, 279–309, [doi:10.1090/fic/052/12](https://doi.org/10.1090/fic/052/12).
- Suharyati, Pambudi, S.H., Wibowo, J.L. dan Pratiwi, N.I. (2019): Indonesia energy outlook 2019. *Jakarta: DEN-Secretariat General National Energy Council*.
- Winardhi, S. dan Pranowo, W. (2019): Multi-ricker spectral modeling in the s-transform domain for enhancing vertical resolution of seismic reflection data. *Indonesian Journal on Geoscience*, **6**(3), 223–233.
- Young, R.A. (2004): A lab manual of seismic reflection processing. EAGE publications.