

Penghalusan Spektrum Power Sinyal Seismik berdasarkan Algoritma Konno-Omachi

Agus Marsono

Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

ABSTRACT

Seismic signal spectral analysis is often done for the purpose of certain analysis on seismograms. In general, this spectral is used to see the frequency content in certain wave samples. Spectrum computations based on fast Fourier transform relations (FFT) can be carried out following existing algorithms, and often provide values that do not represent the actual results. This study examines spectrum smoothing based on the Konno-Omachi algorithm for seismic signal with varying windowing durations. The results of this study generally indicate that the use of the Konno-Omachi algorithm gives good results.

Abstrak Analisa spektral sinyal seismik sering digunakan untuk tujuan analisa tertentu pada seismogram. Secara umum spektral ini digunakan untuk melihat kandungan frekuensi pada cuplikan gelombang tertentu. Komputasi spektrum berdasarkan relasi transformasi fourier cepat (FFT) ini dapat dilakukan mengikuti algoritma yang ada, dan sering memberikan nilai yang kurang merepresentasikan hasil yang sebenarnya. Penelitian ini mengkaji penghalusan spektrum berdasarkan algoritma Konno-Omachi untuk signal seismik dengan durasi *windowing* yang bervariasi. Hasil penelitian ini secara umum menunjukkan bahwa penggunaan algoritma Konno-Omachi memberikan hasil yang cukup baik.

Penulis Koresponden:

Agus Marsono,
Departemen Geofisika,
Sekolah Tinggi Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Indonesia,
Jl. Perhubungan I No.5 Pondok Betung, Bintaro, Kec. Pd. Aren, Kota Tangerang Selatan, Banten 15221.
Email: agusms@gmail.com

1. PENDAHULUAN.

Analisa spektral saat ini banyak digunakan pada gelombang *seismic broadband* untuk keperluan suatu analisis tertentu. Melalui analisa spektral ini dapat diketahui kandungan frekuensi pada cuplikan gelombang tertentu. Analisa spektral juga dapat dimanfaatkan untuk untuk mengetahui frekuensi dominan pada cuplikan gelombang tersebut.

Analisa spektral dapat ditentukan melalui algoritma Transformasi Fourier sederhana, dan dapat dikomputasi berdasarkan algoritma Fast Fourier Transform dari Cooley-Tukey [1]. Komputasi berdasarkan algoritma ini masih memberikan hasil spektral yang kasar sehingga menyulitkan dalam analisis penentuan kandungan frekuensi atau frekuensi dominan pada cuplikan gelombang tersebut [2][3].

Hasil komputasi berdasarkan algoritma tersebut perlu dipertajam dengan menerapkan *filtering* dan *windowing* tertentu. *Filtering* ini dapat menggunakan beberapa metoda. Metoda yang lazim digunakan adalah rata-rata bergerak (*average windowing*), tetapi metoda ini juga masih memberikan kesulitan dalam analisis selanjutnya. Karena itu diperlukan metoda Konno-Omachi [4] agar dapat memberikan hasil seperti yang diharapkan.

2. METODA DAN DATA

Bentuk umum transformasi Fourier (FT) diberikan oleh :

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-2\pi jkn/N}$$

dimana $x(n)$ adalah cuplikan gelombang, dan $X(k)$ adalah spektrum. Indeks n menyatakan indeks digital sampel data tersebut, sedangkan indeks k menyatakan bilangan yang harus ditransformasi

menjadi parameter frekuensi f melalui hubungan :

$$f = \frac{kf_s}{N}$$

Amplitudo spektrum dan power spektrum dapat ditentukan melalui hubungan:

$$A_k = \frac{1}{N} \sqrt{\text{real}(X_k)^2 + \text{imag}(X_k)^2}$$

$$P_k = \frac{1}{N^2} \{\text{real}(X_k)^2 + \text{imag}(X_k)^2\}$$

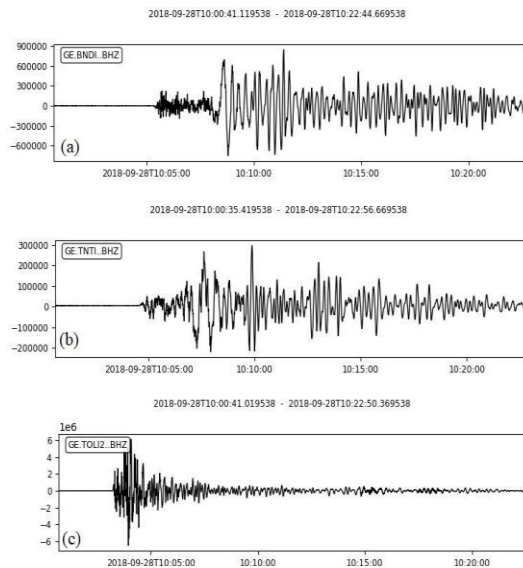
Untuk tujuan penghalusan (smoothing) ketika spektrum diplot dengan skala logaritmik, dapat digunakan metoda *Moving Average* [2] :

$$y(i) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^{M-1} x(i+j)$$

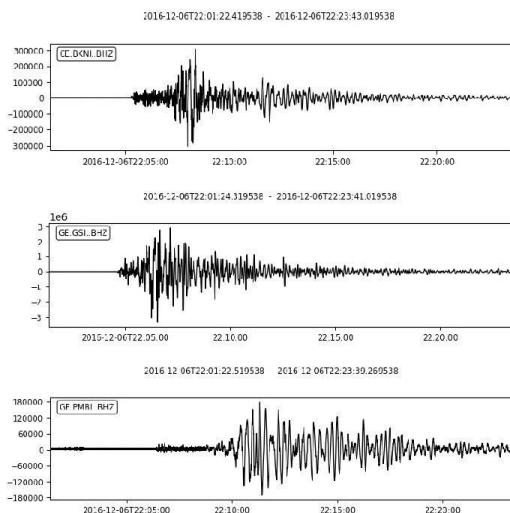
Metoda lain untuk penghalusan spektrum dapat menggunakan algoritma Konoo-Omachi [4] :

$$W(i) = \frac{\sin \left[\left(\log_{10} \left(\frac{f}{f_c} \right) \right)^b \right]}{\left[\left(\log_{10} \left(\frac{f}{f_c} \right) \right)^b \right]^4}$$

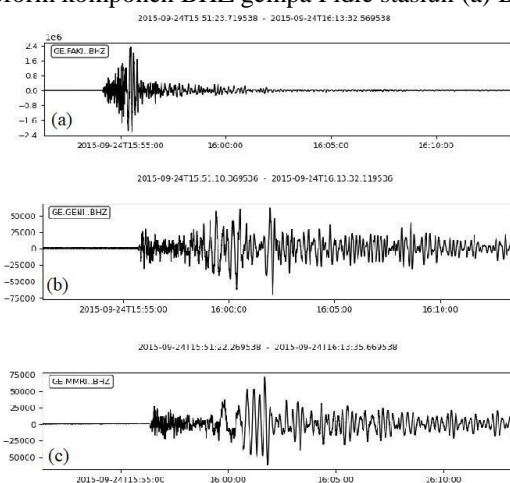
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data *broadband waveform* komponen vertikal (BHZ) gempa Palu (28 September 2018, $M=7.5$), yang tercatat di stasiun Banda Neira (BNDI), Ternate (TNTI), dan Toli Toli (TOLI2), *broadband waveform* komponen vertikal (BHZ) gempa Sorong (24 September 2015, $M=6.6$) yang tercatat di stasiun Fakkak(FAKI), Genyem (GENI), dan Maumere (MMRI), serta *broadband waveform* komponen vertikal (BHZ) gempa Pidie (07 Desember 2016, $M=6.5$) yang tercatat di stasiun Bangkinang (BKNI), Gunung Sitoli (GSI), dan Palembang (PLBI). *Broadband waveform* gempa-gempa dan stasiun-stasiun tersebut seperti pada gambar 1, gambar 2, dan gambar 3.



Gambar 1. Broadband waveform komponen BHZ gempa Palu stasiun (a) BNDI, (b) TNTI, dan (c) TOLI2.



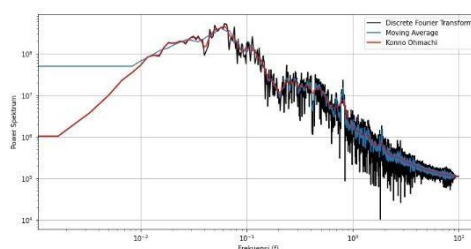
Gambar 2. Broadband waveform komponen BHZ gempa Pidie stasiun (a) BKNI, (b) GSI, dan (c) PMBI.



Gambar 3. Broadband waveform komponen BHZ gempa Sorong stasiun (a) FAKI, (b) GENI, dan (c) MMRI.

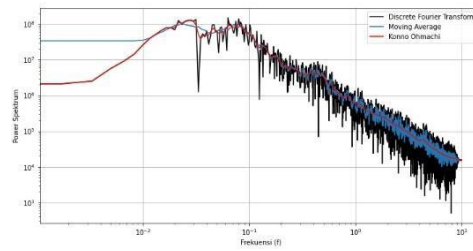
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan perhitungan spektrum dilakukan filterisasi data *broadband* dengan *bandpass filter* dan dikombinasikan dengan *Rectangular Window*. Panjang filter digunakan *lower cut-off frequency* 0.001 Hz, *high-cut off frequency* 10 Hz. Hasil komputasi spektrum untuk masing-masing *broadband waveform* komponen BHZ gempa Palu, gempa Sorong dan gempa Pidie untuk masing-masing stasiun seperti pada gambar-gambar dibawah ini.



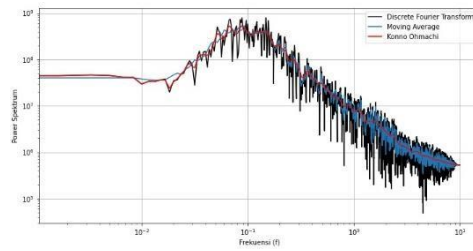
Gambar 4. Spektrum broadband waveform gempa Palu komponen BHZ stasiun BNDI.

Dari gambar 4 terlihat bahwa spektrum dengan algoritma Cooley-Tukey Palu untuk stasiun BNDI, memberikan hasil yang masih kasar (jejak hitam). Spektrum dengan algoritma FFT dengan penghalusan *Moving Average* memberikan hasil yang baik, sedangkan penghalusan dengan algoritma Konno-Omachi memberikan hasil yang lebih baik.

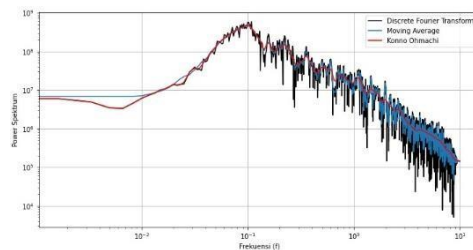


Gambar 5. Spektrum broadband waveform gempa Palu komponen BHZ stasiun TNTI

Dari gambar 5 terlihat bahwa spektrum dengan algoritma Cooley-Tukey Palu untuk stasiun TNTI, memberikan hasil yang masih kasar (jejak hitam). Spektrum dengan algoritma FFT dengan penghalusan *Moving Average* memberikan hasil yang baik, sedangkan penghalusan dengan algoritma Konno-Omachi memberikan hasil yang lebih baik. Dari gambar 6 terlihat bahwa spektrum dengan algoritma Cooley-Tukey Palu untuk stasiun TOLI2, memberikan hasil yang masih kasar (jejak hitam). Spektrum dengan algoritma FFT dengan penghalusan *Moving Average* memberikan hasil yang baik, sedangkan penghalusan dengan algoritma Konno-Omachi memberikan hasil yang lebih baik.

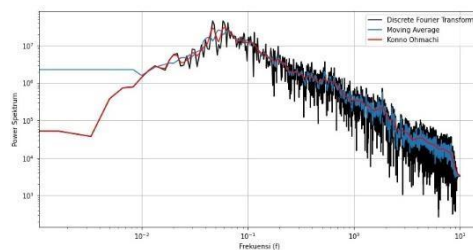


Gambar 6. Spektrum broadband waveform gempa Palu komponen BHZ stasiun TOLI2



Gambar 7. Spektrum broadband waveform gempa Sorong komponen BHZ stasiun FAKI

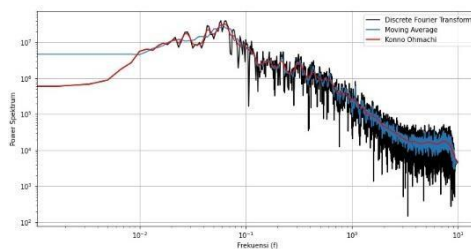
Dari gambar 7 terlihat bahwa spektrum dengan algoritma Cooley-Tukey Sorong untuk stasiun FAKI, memberikan hasil yang masih kasar (jejak hitam). Spektrum dengan algoritma FFT dengan penghalusan *Moving Average* memberikan hasil yang baik, sedangkan penghalusan dengan algoritma Konno-Omachi memberikan hasil yang lebih baik.



Gambar 8. Spektrum broadband waveform gempa Sorong komponen BHZ stasiun GENI

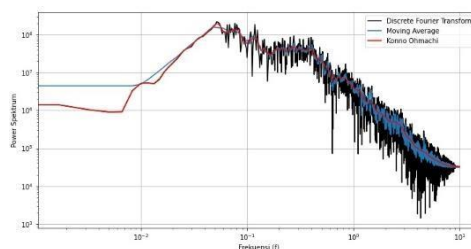
Dari gambar 8 terlihat bahwa spektrum untuk stasiun GENI, memberikan hasil yang masih kasar (jejak hitam). Spektrum dengan algoritma FFT dengan penghalusan *Moving Average*

memberikan hasil yang baik, sedangkan penghalusan dengan algoritma Konno-Omachi memberikan hasil yang lebih baik.



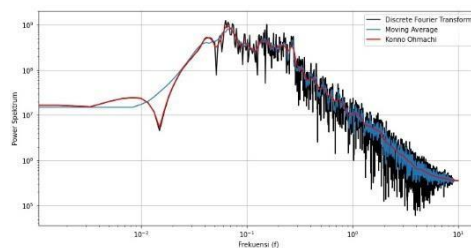
Gambar 9. Spektrum broadband waveform gempa Sorong komponen BHZ stasiun MMRI

Dari gambar 9 terlihat bahwa spektrum dengan algoritma Cooley-Tukey Sorong untuk stasiun MMRI, memberikan hasil yang masih kasar (jejak hitam). Spektrum dengan algoritma FFT dengan penghalusan *Moving Average* memberikan hasil yang baik, sedangkan penghalusan dengan algoritma Konno-Omachi memberikan hasil yang lebih baik.



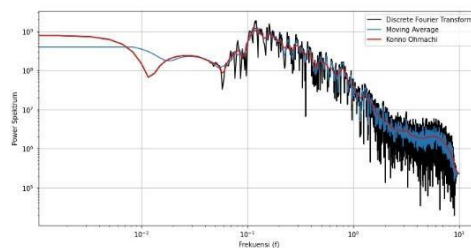
Gambar 10. Spektrum broadband waveform gempa Pidie komponen BHZ stasiun BKNI

Dari gambar 10 terlihat bahwa spektrum dengan algoritma Cooley-Tukey gempa Pidie untuk stasiun BKNI, memberikan hasil yang masih kasar (jejak hitam). Spektrum dengan algoritma FFT dengan penghalusan *Moving Average* memberikan hasil yang baik, sedangkan penghalusan dengan algoritma Konno-Omachi memberikan hasil yang lebih



Gambar 11. Spektrum broadband waveform gempa Pidie komponen BHZ stasiun GSI

Dari gambar 11 terlihat bahwa spektrum dengan algoritma Cooley-Tukey gempa Pidie untuk stasiun GSI, memberikan hasil yang masih kasar (jejak hitam). Spektrum dengan algoritma FFT dengan penghalusan *Moving Average* memberikan hasil yang baik, sedangkan penghalusan dengan algoritma Konno-Omachi memberikan hasil yang lebih baik.



Gambar 12. Spektrum broadband waveform gempa Pidie komponen BHZ stasiun PMBI

Dari gambar 12 terlihat bahwa spektrum dengan algoritma Cooley-Tukey gempa Pidie untuk stasiun PMBI, memberikan hasil yang masih kasar (jejak hitam). Spektrum dengan algoritma FFT dengan penghalusan *Moving Average* memberikan hasil yang baik, sedangkan penghalusan dengan algoritma Konno-Omachi memberikan hasil yang lebih baik.

4. KESIMPULAN

Dari diskusi dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa spektrum hasil komputasi hanya dengan algoritma Cooley-Tukey tanpa penghalusan akan memberikan hasil yang masih sulit untuk keperluan analisa lanjutan. Komputasi spektrum dengan algoritma Cooley-Tukey dengan penghalusan berdasarkan algoritma *Moving Avarage* dan algoritma Konno-Omachi memberikan hasil yang lebih baik.

5. KEPUSTAKAAN

- [1] J. W. Cooley and J. W. Tukey, "An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series", Accessed: Mar. 30, 2022. [Online]. Available: <https://www.ams.org/journal-terms-of-use>
- [2] L. Tan and J. Jiang, "Digital signal processing: Fundamentals and applications," *Digit. Signal Process. Fundam. Appl.*, pp. 1–903, Jan. 2018, doi: 10.1016/C2017-0-02319-4.
- [3] V. K. Ingle and J. G. Proakis, "Digital Signal Processing Using Matlab V.4: A Bookware Companion Problems Book," Jul. 1996.
- [4] T. O. Katsuaki Konno, "Ground-motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremor — Shibaura Institute of Technology," *Bulletin of the Seismological Society of America*. <https://shibaura.pure.elsevier.com/en/publications/ground-motion-characteristics-estimated-from-spectral-ratio-betwe> (accessed Mar. 30, 2022).