

Pemisahan Sinyal Noise Pada Pengolahan Data Medan Magnet Bumi Menggunakan Transformasi Wavelet

Setyanto Cahyo Pranoto

Pusat Sains Antariksa,
Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional - LAPAN,
Jl. DR. Djundjunaan no. 133 Bandung, Indonesia, 40173

setyanto.cahyo@lapan.go.id

Abstrak

Pengamatan terhadap aktivitas medan magnet Bumi dilakukan dengan menggunakan magnetometer landas Bumi. Intensitas medan magnet Bumi yang terekam pada magnetometer merupakan superposisi dari beberapa sumber sinyal termasuk diantaranya noise akibat interferensi sinyal dari sumber lain baik internal maupun eksternal. Adanya noise ini tentu dapat menyebabkan kesalahan pada saat proses pengolahan dan interpretasi data. Beberapa metode pemisahan noise sudah pernah dilakukan diantara dengan menggunakan filterisasi dan moving average. Namun metode ini biasanya hanya berlaku untuk noise yang sifatnya periodik. Metode lain yang biasa digunakan yaitu dengan menghitung batas absolut differensiasi dari data variasi medan magnet Bumi kurang dari 0.8 nT. Dalam makalah ini digunakan transformasi wavelet (Continuous Wavelet Transform) untuk memisahkan noise pada data variasi medan magnet Bumi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode ini dapat mereduksi noise baik yang bersifat periodik maupun acak berupa sinyal transien atau spike.

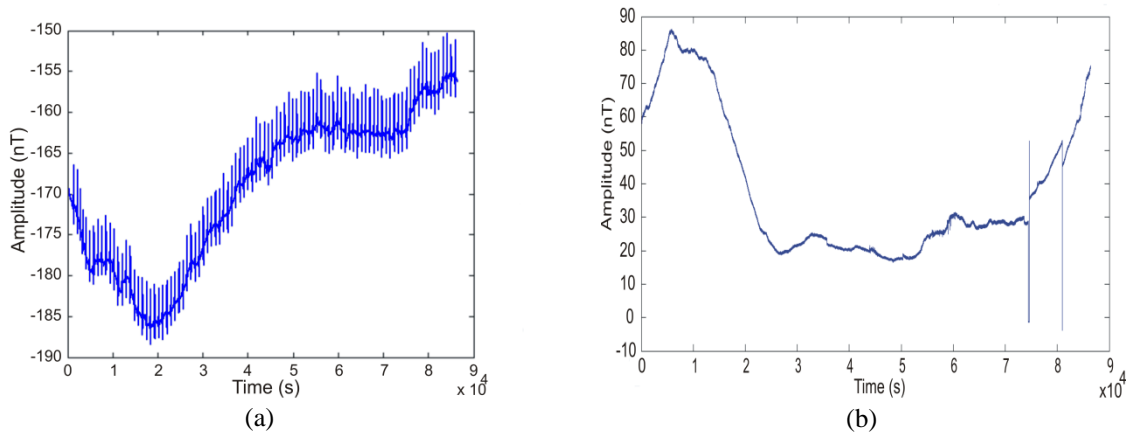
Kata-kata kunci: Wavelet, Noise, Medan magnet bumi, Magnetometer

PENDAHULUAN

Pengukuran aktivitas medan magnet Bumi dapat dilakukan dengan menggunakan magnetometer landas Bumi. Umumnya pengukuran medan magnet Bumi diproyeksikan dalam tiga arah sumbu medan yaitu komponen H, D dan Z yang merepresentasikan variasi pada komponen arah utara-selatan, timur-barat dan vertikal [1]. Intensitas medan magnet Bumi yang terekam pada magnetometer merupakan superposisi dari beberapa sumber sinyal termasuk diantaranya *noise* akibat interferensi sinyal dari sumber lain baik internal maupun eksternal. *Noise* sendiri merupakan suatu anomali yang muncul pada suatu data pengamatan dimana bukan merupakan karakteristik dari pengamatan itu sendiri [2]. Terdapat dua kategori umum terkait dengan *noise* yaitu; (a) *periodic noise* merupakan *noise* dimana sumber kemunculannya secara periodik dan dapat diidentifikasi sumbernya, diantaranya akibat arus listrik dan interferensi dari instrument lain seperti *transceiver*, sedangkan (b) *random noise* merupakan *noise* yang kemunculannya tidak dapat diprediksi secara pasti berupa sinyal transien atau spike.

Dalam suatu pengamatan medan magnet Bumi pemasangan magnetometer idealnya jauh dari segala aktifitas manusia maupun instrumentasi yang dapat menghasilkan interferensi *noise*. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data hasil pengamatan dengan kualitas yang baik dan terbebas dari *noise*. Namun pada kenyataannya hal ini sulit dilakukan dan salah satu langkah alternatif yang bisa diterapkan adalah dengan melakukan pemisahan *noise* secara numerik. Terdapat beberapa metode pemisahan noise yang pernah dilakukan diantara dengan menggunakan filterisasi dan moving average [3,4]. Namun metode ini biasanya hanya berlaku untuk *noise* yang sifatnya periodik. Metode lain yang biasa digunakan yaitu dengan

menghitung batas nilai absolut differensiasi dari data variasi medan magnet Bumi kurang dari 0.8 nT. Dalam makalah ini diterapkan tranformasi wavelet untuk memisahkan *noise* dari data pengamatan.



Gambar 1. Plot raw data dengan noise; (a) *periodic noise* dari interferensi sinyal radar/transceiver, (b) *random noise*, adanya *spike*.

DATA DAN METODE

Data yang digunakan dalam makalah ini adalah data variasi medan magnet Bumi yang direkam oleh magnetometer stasiun pengamatan Kototabang, Biak, Manado dan Tanjungsari. Magnetometer merekam tiga komponen medan magnet Bumi dengan resolusi waktu 1-detik. Dalam studi ini digunakan data komponen H variasi medan magnet Bumi dan dipilih kasus data yang mengandung *noise*.

Transformasi wavelet memiliki kemampuan untuk menganalisis suatu data dalam domain waktu dan domain frekuensi secara simultan. Analisis data pada transformasi wavelet dilakukan dengan mendekomposisikan suatu sinyal ke dalam komponen-komponen frekuensi yang berbeda-beda dan selanjutnya masing-masing komponen frekuensi tersebut dapat dianalisis sesuai dengan skala resolusinya atau level dekomposisinya [5,6,7].

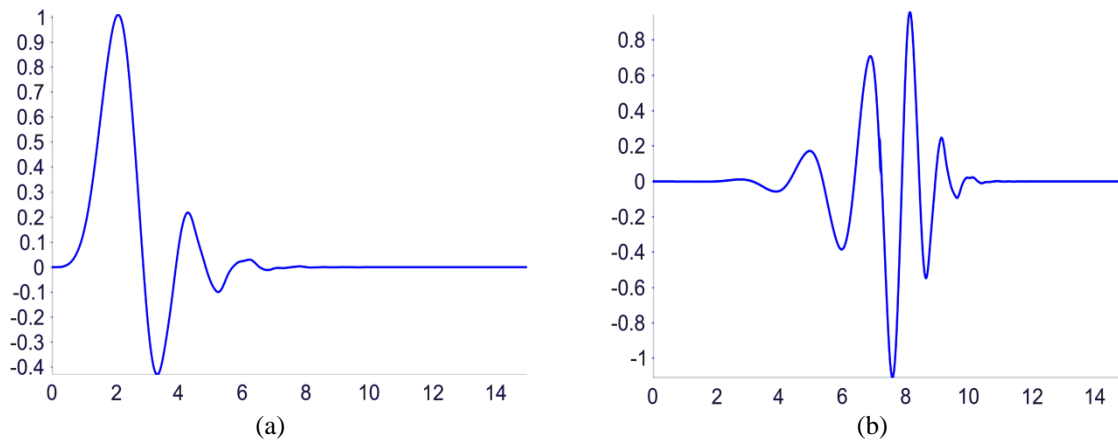
Untuk memisahkan *noise* dari data variasi medan magnet Bumi diterapkan transformasi wavelet menggunakan *Continuest Wavelet Transform* dengan bentuk fungsi seperti ditunjukkan pada persamaan (1), sedangkan fungsi inversnya pada persamaan (2) [8]. Fungsi scaling dan bentuk gelombang untuk *Continuest Wavelet Transform (Fourier coefficient)* ditunjukkan pada gambar 2. Karena banyaknya *family* dari wavelet tersebut pada kegiatan ini kami mencoba membandingkan 4 *family* dari wavelet yaitu Haar, Daubechies, Coiflet dan Symlet untuk digunakan pada remove noise.

$$X_w(a,b) = \frac{1}{\sqrt{b}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi^* \left(\frac{t-a}{b} \right) dt, \begin{cases} a \in (-\infty, \infty) \\ b \in [0, \infty) \end{cases} \quad (1)$$

dimana: $\psi^*(t)$ merupakan conjugate dari mother wavelet $\psi(t)$,
 (a) parameter wavelet dan (b) parameter scaling wavelet.

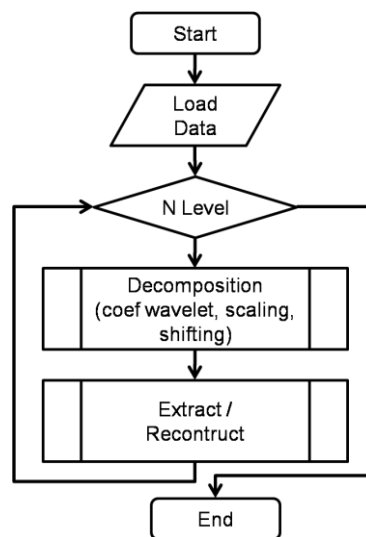
$$x(t) = \frac{1}{C_\psi} \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{b^{5/2}} X_w(a,b) \psi \left(\frac{t-a}{b} \right) da db \quad (2)$$

$$C_\psi = \int_0^\infty \frac{|\Psi(f)|^2}{|f|} df < \infty \quad (3)$$



Gambar 2. Fungsi *scaling* dan bentuk gelombang dari wavelet Daubechies.

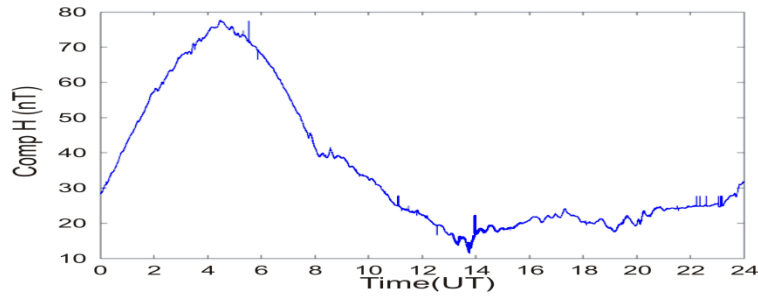
Tahapan dalam melakukan pemisahan *noise* dimulai dengan dekomposisi pada level 1 sampai didapatkan *noise* rendah (*n level*). *Noise* dalam representasi koefisien wavelet ditinjau sebagai maksimum koefisien wavelet pada masing-masing level dekomposisi. Data yang memiliki koefisien wavelet dihilangkan dan digantikan dengan data koefisien wavelet sebelumnya dan selanjutnya dilakukan rekonstruksi data [9,10,11]. Proses ini dilakukan berulang sampai didapatkan nilai koefisien wavelet yang kecil (*n level*) seperti pada gambar 3, sedangkan contoh hasil dekomposisi wavelet pada level 1 sampai 8 ditunjukkan pada gambar 5.



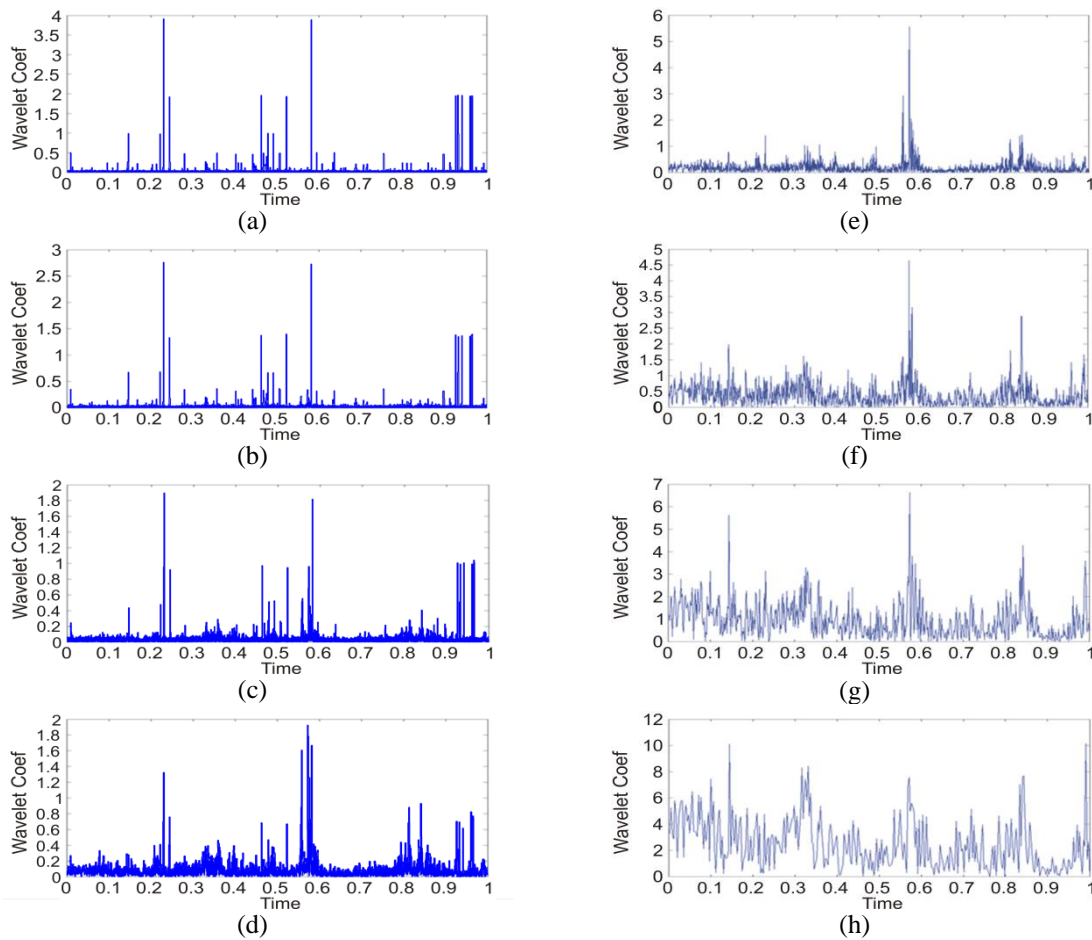
Gambar 3. Alur pengolahan data (pemisahan *noise*) dengan wavelet.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa kasus dipilih dalam studi ini terkait dengan raw data yang mengandung *noise* baik *periodic noise* maupun *random noise*. Dalam hal ini *noise* didefinisikan sebagai *spike* transien yang bukan merupakan efek dari interaksi angin surya dan magnetosfer Bumi atau fenomena fisis lainnya. Gambar 5 merupakan hasil penerapan transformasi wavelet menggunakan persamaan (1) dan (2), dengan fungsi *scaling* dan bentuk gelombang dari wavelet daubechies seperti pada gambar 2. Tiap panel pada gambar 5 merepresentasikan nilai absolut dari koefisien wavelet untuk tiap level dekomposisi. *Noise* dalam representasi koefisien wavelet ditinjau sebagai maksimum koefisien wavelet pada masing-masing level dekomposisi. Data yang memiliki koefisien wavelet dihilangkan dan digantikan dengan data koefisien wavelet sebelumnya dan selanjutnya dilakukan rekonstruksi data. Proses ini dilakukan sampai sinyal *spike* atau *noise* hilang, untuk kasus pada makalah ini dilakukan sampai level dekomposisi ke-8.



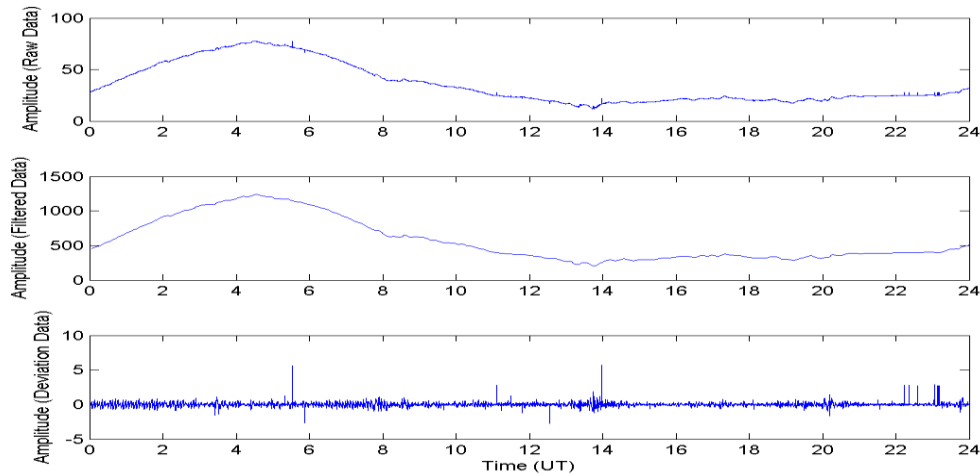
Gambar 4. Data variasi medan magnet Bumi stasiun Kototabang 01 April 2004 yang mengandung *noise*.



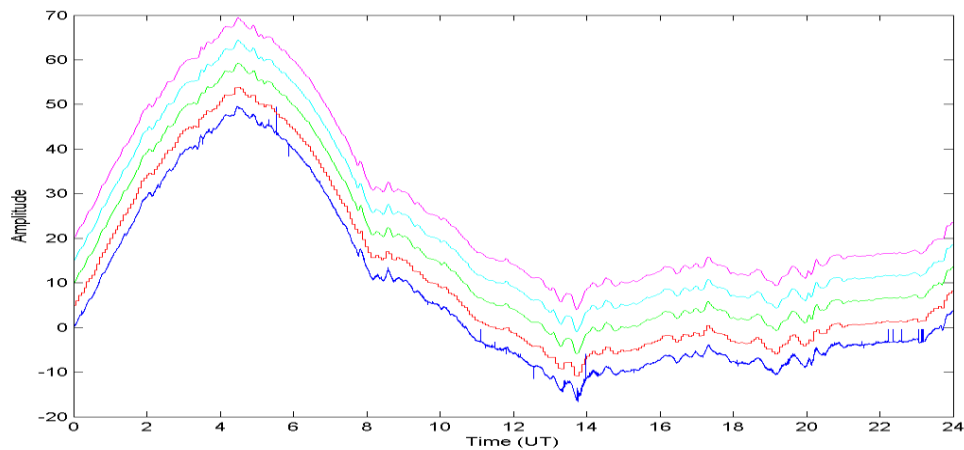
Gambar 5. Plot hasil dekomposisi wavelet level ke 1-8 (a-h), menggunakan data Kototabang 01 April 2004. Sumbu vertikal merepresentasikan koefisien wavelet sedangkan sumbu horizontal waktu.

Hasil penerapan wavelet dan rekonstruksi data ditunjukkan dalam gambar 6. Panel atas pada gambar tersebut menunjukkan raw data yang masih mengandung *noise*, panel tengah merupakan raw data setelah dilakukan pemisahan *noise* sedangkan panel bawah merupakan residu *noise* yang dipisahkan dari raw data variasi medan magnet Bumi. Dari hasil tersebut terlihat bahwa pemisahan *noise* dengan menerapkan transformasi wavelet dapat memberikan hasil yang sangat baik. Akan tetapi dalam studi ini belum dilakukan pengujian apakah fenomena fisis terkait interaksi angin surya dengan magnetosfer Bumi atau fenomena fisis lainnya juga tereliminasi atau tidak. Dalam pekerjaan selanjutnya akan dilakukan pengujian data variasi medan magnet selama berlangsungnya badai magnet atau peristiwa *Sudden Commencement - SC* dimana *spike* transien biasanya muncul dalam variasi medan magnet. Meskipun demikian untuk studi fenomena geomagnet yang memerlukan data resolusi rendah seperti studi mengenai variasi hari tenang metode ini dapat

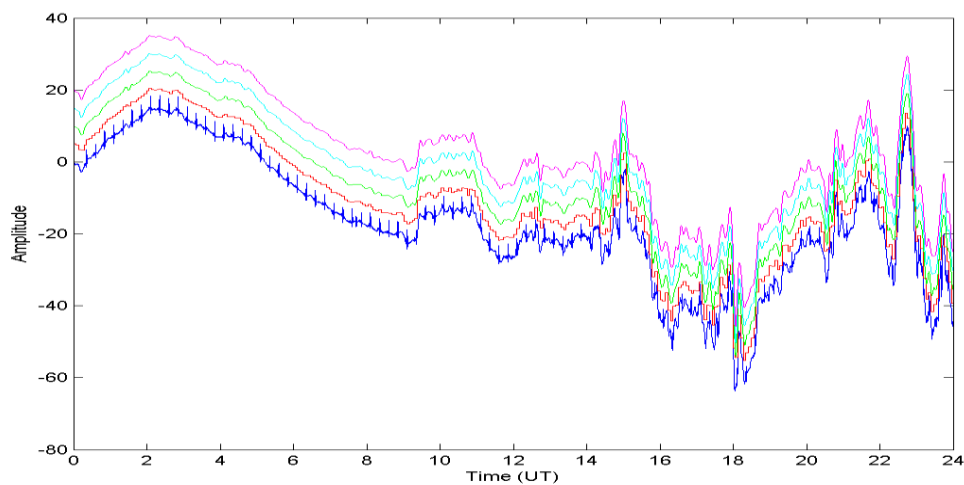
digunakan dengan baik. Sebagai perbandingan penggunaan family wavelet; Daubechies, Coiflet dan Symlet untuk pemisahan noise ditunjukkan pada gambar 7 sampai gambar 10.



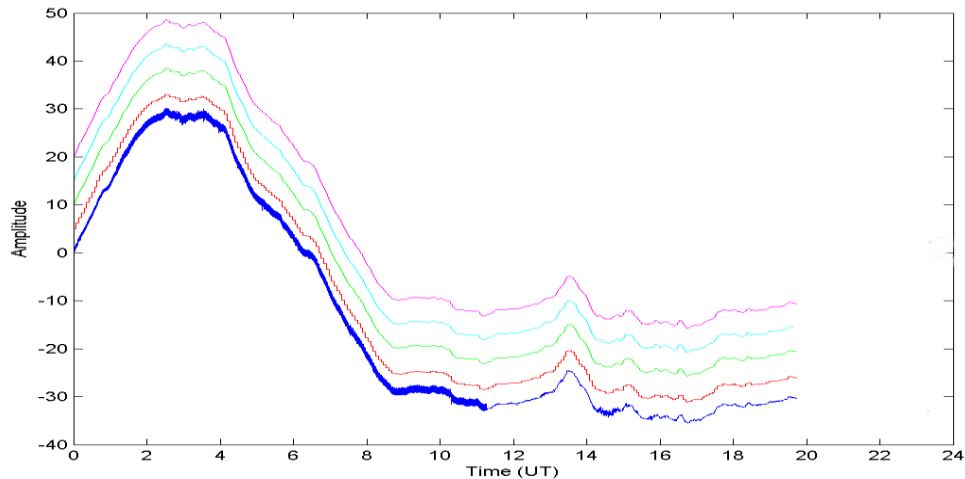
Gambar 6. Plot hasil pemisahan *noise* dengan family wavelet Haar; (a) raw data mengandung *noise*, (b) rekonstruksi data hasil pemisahan *noise* dan (c) residu *noise* pada data Kototabang 01 April 2004.



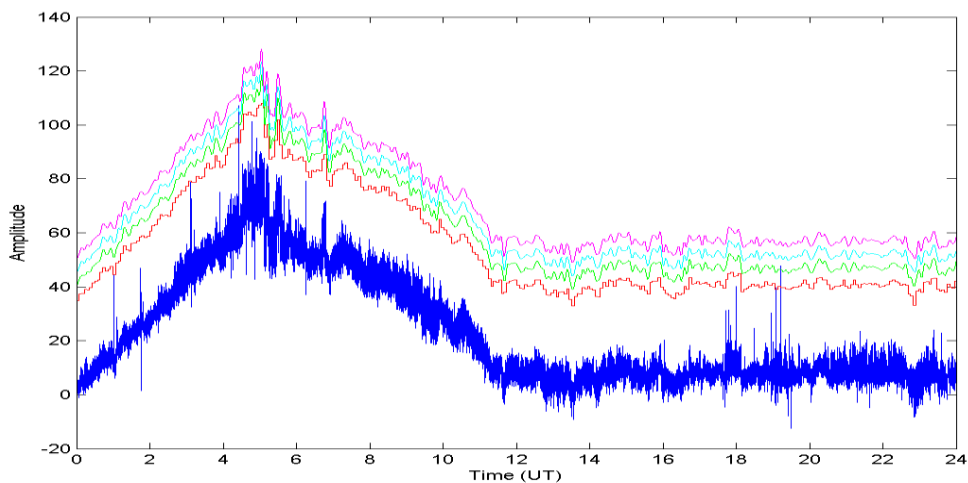
Gambar 7. Plot raw data (biru) dan hasil rekonstruksi pemisahan noise dengan family wavelet Haar (merah), Daubechies(hijau), Coiflet (cyan) dan Symlet (magenta) pada data Kototabang 01 April 2004.



Gambar 8. Plot raw data (biru) dan hasil rekonstruksi pemisahan noise dengan family wavelet Haar (merah), Daubechies(hijau), Coiflet (cyan) dan Symlet (magenta) pada data Biak 07 Januari 2005.



Gambar 9. Plot raw data (biru) dan hasil rekontruksi pemisahan noise dengan family wavelet Haar(merah), Daubechies(hijau), Coiflet (cyan) dan Symlet (magenta) pada data Manado 27 Mei 2015.



Gambar 10. Plot raw data (biru) dan hasil rekontruksi pemisahan noise dengan family wavelet Haar (merah), Daubechies(hijau), Coiflet (cyan) dan Symlet (magenta) pada data Tanjungsari 01 September 2015.

Pada gambar 7 terlihat adanya *noise* berupa kemunculan anomali secara acak/*spike* pada raw data sedangkan pada gambar 8 menunjukkan penggunaan wavelet untuk *noise* yang bersifat periodik. Adanya *noise* yang ditandai dengan periodik anomali pada raw data dapat direduksi dengan menggunakan wavelet. Untuk noise yang bersifat transien yang ditandai dengan adanya pelebaran signal pada raw data juga dapat direduksi dengan menggunakan wavelet seperti terlihat pada gambar 9 dan 10. Hal ini menunjukkan bahwa wavelet dapat digunakan untuk memisahkan sinyal *noise* yang bersifat periodik, random maupun transien.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat rekonstruksi data setelah pemisahan *noise* dengan menggunakan transformasi wavelet diantaranya apakah *spike* yang muncul merupakan *noise* lingkungan atau fenomena fisis terkait dengan interaksi angin surya dengan magnetosfer Bumi, karenanya masih perlu dilakukan pengujian terhadap beberapa kejadian badai magnet agar data terkait dengan fenomena fisis tidak tereduksi. Hal ini dikarenakan *spike* transien seringkali muncul dalam variasi medan magnet.

KESIMPULAN

Telah dilakukan pengolahan data terkait dengan pemisahan *noise* dari data medan magnet Bumi dengan menggunakan transformasi wavelet. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *noise* dalam representasi koefisien wavelet diidentifikasi sebagai maksimum dari nilai absolut koefisien wavelet pada setiap level dekomposisi. Untuk studi ini dilakukan pemisahan *noise* dari raw data dengan dekomposisi sebanyak 8 kali. Dari hasil pengolahan data yang dilakukan menunjukkan bahwa transformasi wavelet dapat digunakan untuk

memisahkan sinyal *noise* yang bersifat periodik, random maupun transien. Namun masih perlu dilakukan analisis lebih lanjut terkait dengan adanya *spike* yang muncul apakah disebabkan oleh *noise* lingkungan atau fenomena fisis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Sains Antariksa-Lapan atas dukungannya dalam keikutsertaan dalam kegiatan ilmiah ini.

REFERENSI

1. S.C. Pranoto, *Medan Dipole dan Parameter Medan Magnet*, Buletin Cuaca Antariksa, ISSN 2303-2707 (2015)
2. R.Y. Wang, V.C. Storey, C.P. Firth, *A Framework for Analysis of Data Quality Research*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 7 623-640 doi: 10.1109/69.404034 (1995)
3. M.Ruhimat, J. Maspupu, M. Juangsih, *Analisis Data Geomagnet Di BPKWA Biak*, Geomagnet dan Magnet Antariksa Edisi-3, ISBN 978-979-1458-67-2 (2013)
4. Boas ML, *Mathematical Methods in the Physical Sciences- Second Edition*, John Wileyand Sons.Inc (1983)
5. Liu. C.L, *A Tutorial of the Wavelet Transform*, (2010)
6. Stephane Mallat, *A Wavelet Tour of Signal Processing*, The Sparse Way-3rd (2008)
7. Gerald Kaiser, *A Friendly Guide to Wavelets*, Journal of Physics A (2004)
8. Wu.W, *Extracting Signal Frequency Information in Time/Frequency Domain by Means of Continuous Wavelet Transform*, in International Conference on Control, Automation and Systems (2007).
9. Lee. D. Fugal, *Conceptual Wavelet in Digital Signal Processing*, Space & Signals Technologies LLC (2009)
10. Gopi. E. S, *Algorithm Collection for Digital Signal processing Application Using Matlab*, Springer (2007)
11. Michael Week, *Digital Signal Processing Using Matlab and Wavelet*, Infinity Science Press LLC (2007)