

SISTEM IDENTIFIKASI POLA GELOMBANG SEISMIK UNTUK MENGETAHUI AKTIFITAS GUNUNG MERAPI

SEISMIC WAVE PATTERN IDENTIFICATION SYSTEM TO KNOW MERAPI MOUNTAIN ACTIVITIES

Evrita Lusiana Utari

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Respati Yogyakarta

evrita_lusiana@yahoo.com

Abstrak

Data seismogram dalam suatu pemantauan adalah data mentah yang didalamnya mengandung berbagai informasi tentang keadaan yang diamati. Alihragam gelombang-singkat merupakan metode yang dapat digunakan untuk menyajikan data dan fungsi operator ke dalam komponen-komponen frekuensi yang berlainan. Proses identifikasi pola sinyal seismik yang menggunakan metode alihragam gelombang-singkat memiliki peluang keberhasilan yang lebih tinggi. Dengan metode alihragam gelombang-singkat ini dimungkinkan pelokasian frekuensi-waktu. Pada metode *Thresholding*, bertujuan untuk membatasi dan menghilangkan bagian-bagian pada sinyal yang dianggap tidak banyak mengandung informasi penting. Dengan cara menentukan nilai parameter data, maka bagian-bagian yang dibatasi tersebut dapat dianggap sebagai derau yang tercampur. Sehingga informasi yang ada dapat teridentifikasi.

Kata kunci : Seismik, Alihragam Gelombang Singkat, Identifikasi Pola

Abstract

Seismogram data from the monitoring representative the raw file in contain various each information about circumstance perceived. The wavelet transform is methode can by us for indicating data and operator function in the diferent frequency element. Patern of identification process seismic signal using wavelet transform have the higher level efficacy opportunity. By the wavelet enable time-frequency location. Thresholding method to limit and eliminate some part on the signal which are not important. By determining value of data parameter, the parts of limited the can be considered by a mixed noise. So that information can be identified

Keywords : Seismic, Wavelet Transform, Pattern of Identification

1. PENDAHULUAN

Dalam rangka pengawasan gunung api, data seismogram merupakan data mentah yang didalamnya mengandung berbagai informasi keadaan gunung api yang diamati. Tingkat ketelitian seismik yang terbaca dalam seismogram akan semakin banyak informasi seismik yang didapat. Pengamatan pada umumnya adalah banyaknya gempa dalam satu hari merupakan sebagian saja dari cara untuk mengamati kelakuan gunung api. Berbagai parameter dijadikan sebagai pusat perhatian dalam menganalisis seismogram, yang dapat digali dalam bentuk waktu, kualitas, serta kuantitas kejadian seismik, letak serta ciri-ciri fisik lain disamping bentuk kejadian seismik yang nampak pada seismogram dalam berbagai sudut pandang. Aktivitas pada Gunung Merapi yang banyak mempengaruhi segala kegiatan masyarakat di sekitarnya sudah pantas kiranya untuk mendapat perhatian yang khusus melalui sejumlah pengamatan, baik itu berupa suatu gejala kegempaan maupun pengamatan secara visual.

Sejalan akan kebutuhan penyajian informasi pada seismograf yang erat hubungannya dengan penentuan jenis gempa yang berguna sebagai antisipasi kemungkinan kerugian benda maupun jiwa yang akan ditimbulkan, dibutuhkan suatu pengolah informasi yang secara otomatis dapat mengestimasi gempa tersebut. Proses pengambilan data gempa vulkanik multifase yang bersumber dari data seismik pada BPPTK Gunung Merapi. Gempa vulkanik multifase yang merupakan gempa permukaan, banyak terjadi sesudah letusan pada saat pertumbuhan kubah lava, yang diikuti dengan terjadinya gempa berbahaya seperti gempa dalam (vulkanik B dan A), ketika aktivitas pada Gunung Merapi dikatakan masih berstatus aktif normal. Klasifikasi gempa vulkanik multifase tersebut akan digunakan sebagai data pelatihan serta untuk pengujian dengan alihragam gelombang-singkat. Gelombang-singkat (*Wavelet*) pada penelitian ini merupakan alihragam yang biasa digunakan untuk menyajikan data dan atau fungsi dari operator ke dalam komponen-komponen frekuensi yang berbeda, dan kemudian mengkaji setiap komponen dengan suatu resolusi yang sesuai dengan skalanya. Namun dalam kenyataannya alihragam ini banyak digunakan untuk menganalisis serta merepresentasikan suatu bentuk isyarat.

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana mengubah sinyal dari kawasan waktu ke dalam kawasan frekuensi dan mentransfernya ke dalam fungsi magnitudo yang digunakan untuk pengenalan jenis sinyal dan bagaimana mengdekomposisikan hasil transformasi ke dalam gelombang-singkat fungsi HAAR. Perumusan masalah penelitian ini adalah merancang dan membuat suatu pemodelan yang menggunakan *wavelet thresholding*, untuk menerapkan metode alihragam gelombang-singkat sebagai bentuk identifikasi pola gelombang seismik dengan bahasa pemrograman MATLAB.

Tujuan penelitian untuk membatasi dan menghilangkan bagian-bagian pada gambar grafik pada seismograf yang dianggap tidak banyak mengandung informasi penting, sehingga bagian-bagian yang dibatasi tersebut dapat dianggap sebagai suatu derau yang tercampur. Manfaat penelitian ini adalah pada bidang seismografi, karena secara tidak langsung dapat mengenali bentuk gempa yang terjadi di gunung Merapi dan dapat memberikan informasi ke masyarakat secara cepat dan akurat untuk melakukan suatu tindakan penanggulangan bencana apabila bentuk dari gempa yang terjadi polanya mendekati berbahaya, sedangkan dari segi keilmuan, penelitian ini menghasilkan manfaat pada penyediaan suatu sistem yang mampu menghasilkan unjuk kerja pengenalan pola seismik. Secara khusus, pengenalan seismik ini digunakan untuk mempermudah dalam pengenalan pola sinyal seismik.

1.1 Klasifikasi gelombang seismik

Isyarat seismik dihasilkan karena adanya pergerakan material bumi yang menghasilkan suatu gelombang seismik. Gelombang seismik adalah gelombang elastik yang menjalar dengan medium kulit bumi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Sifat elastisitas material bumi sangat ditentukan oleh berbagai faktor kompresibilitas (modulus kenyal, k) dan kekompakan (*rigidity*, modulus geser μ). Dari hal ini didapat suatu persamaan kecepatan menjalarnya, sebagai berikut:

$$V_p = \left\{ \frac{k + \left(\frac{4\mu}{3}\right)}{\rho} \right\}^{1/2} \quad \text{dan} \quad V_s = \left\{ \frac{\mu}{\rho} \right\}^{1/2} \quad (1)$$

dengan ρ = rapat massa, terdapat perbandingan nilai kecepatan rambat, yaitu $V_p : V_s = \sqrt{3} : 1$.

Didasarkan dari penjalarnya di medium bumi, gelombang seismik dapat dibedakan atas dua jenis berikut:

1. Gelombang badan (*body wave*), adalah gelombang seismik yang menjalar di dalam medium bumi, dan,
2. Gelombang permukaan (*surface wave*), adalah pantulan gelombang primer dan sekunder yang sampai dengan penjalaran gelombang air laut.

Gelombang badan berdasarkan sifat pergerakannya dikelompokkan atas dua gelombang, berikut:

1. Gelombang primer (P wave) disebut juga dengan *compressional wave*, *irrotational wave*, ataupun *longitudinal wave*, adalah gelombang pertama yang tercatat pada rekaman gempa bumi, dengan arah gerak searah dengan arah menjalarnya.
2. Gelombang sekunder (S wave) disebut juga dengan *shear wave*, *shake wave*, ataupun *transversal wave*, adalah gelombang kedua yang tercatat pada rekaman gempa bumi, arah rambatnya tegak lurus terhadap arah gerak partikelnya.

Birkauser berpendapat, gelombang sekunder ini dipilah menjadi sekunder tegak dan sekunder datar. Gelombang permukaan yang berdasarkan atas sifat pergerakannya dikelompokkan atas dua macam berikut:

1. Gelombang Rayleigh atau *R-wave*, adalah gelombang yang gerakannya merupakan kombinasi P wave dan S wave, sehingga gerakan partikelnya merupakan ellipsoid, dengan sumbu mayor tegak lurus terhadap arah jalar, sehingga kecepatannya sangat relatif rendah (*disbanding body wave*).
2. Gelombang L atau Q (menggunakan nama ahli seorang matematikawan Inggris yang bernama A.E.Love, atau seorang ilmuwan dari German yang bernama Querwellen), merupakan gelombang yang terjadi oleh adanya gaya horisontal yang tegak lurus terhadap arah jalarnya. Gerakan dari partikel gelombang ini sesuai dengan gelombang S yang terpolarisasi datar. Gelombang ini merupakan gelombang S-H yang merambat sejajar dengan permukaan bumi.

1.2 Komponen gelombang seismik

Medan gelombang seismik adalah superposisi beberapa grup gelombang seperti langsung, pantulan, konversi, dan hamburan. Pada setiap lokasi bumi, grup gelombang akan memiliki bentuk, kecepatan serta arah. Untuk keperluan penganalisaan dan interpretasi, penting dilakukan identifikasi serta memisahkan bermacam grup gelombang. Terhadap perolehan isyarat gelombang transduser seismometer, mempunyai bentuk vektor pindah sebagai berikut: $S = (S_z, S_E, S_N)$, pada suatu stasion kepada sistem koordinat lokal $U = (U_L, U_Q, U_T)$. Mengacu kepada Plesinger, Hellweq.

$$M = \begin{bmatrix} \cos i & -\sin i \sin \alpha & -\sin i \cos \alpha \\ \sin i & \cos i \sin \alpha & \cos i \cos \alpha \\ 0 & -\cos \alpha & \sin \alpha \end{bmatrix} \quad (2)$$

dengan:

U_L, U_Q, U_T adalah komponen radial, vertikal, dan tangensial, S_z, S_E, S_N adalah komponen arah timur, tegak, dan utara, M adalah matriks norm.

1.3 Klasifikasi gempa Gunung Merapi

Minakami dalam buku *'Seismology of Volcanoes In Japan'* mengemukakan bahwa klasifikasi gempa vulkanik pada umumnya dibagi atas 4 jenis, berikut:

1. Gempa vulkanik A, pada umumnya kedalaman lebih besar dari 1 km hingga -20 km,
2. Gempa vulkanik B, kedalamannya sangat dangkal. Fase gelombang S tidak jelas dengan frekuensi antara 1 hingga 5 Hz,

3. Gempa letusan, adalah gempa yang menyertai terjadinya letusan gunung api,
4. Tremor vulkanik.

Untuk Gunung Merapi, Shimozuru dkk (1974), membedakan jenis-jenis gempa Gunung Merapi, menurut data yang ada dalam pengamatan seismik berdasarkan analisis spektral gempa. Gunung Merapi dalam rekaman kertas seismogram dapat dipakai sebagai pedoman dalam membedakan gempa menurut jenisnya. Menentukan jenis gempa yang tercatat dalam rekaman berdasarkan pada kenampakan bentuk fisik gempa adalah syarat untuk 'monitoring dasar' seismik gunung api. Gempa-gempa yang khusus pada Gunung Merapi dibedakan 6 jenis yaitu sebagai berikut:

1. Gempa vulkanik A

Kedalaman sekitar 1,5 hingga 6 km dengan frekuensi tinggi 6 hingga 7,5 Hz dengan awalan yang tajam dan jelas, tercatat hampir di semua stasion. Terdapat beda waktu tiba gelombang P dan S (*S-P time*).

2. Gempa vulkanik B (Shimozuru dkk, 1974)

Kedalaman sekitar 5 hingga 1,5 km dengan frekuensi 4 hingga 6 Hz, awalan tajam dan jelas. Waktu S-P sangat kecil sehingga sulit untuk dibaca.

3. Gempa vulkanik fase banyak

Kedalaman sangat dangkal dan adanya pemunculan yang menyertai pertumbuhan kubah lava. Frekuensi rendah sekitar 3,5 Hz, awalan tidak tajam T awalan sekitar 3 sampai 5 detik. Banyak mengalami perubahan fase simpangan. Gempa ini banyak timbul sesudah letusan.

4. Gempa guguran

Gempa yang timbul karena adanya guguran dari sebagian kubah lava. Frekuensi tinggi, sekitar 6 Hingga 8 Hz, dengan durasi yang relatif besar terhadap gempa-gempa vulkanik. T awalan lebih dari 15 detik.

5. Gempa letusan

Gempa yang disertai adanya letusan, biasanya besar amplitude melampaui jangkauan skala penuh pada kertas data rekaman seismogram, kecuali pembesaran cukup kecil.

6. Tremor vulkanik

Tremor yang terjadi pada Gunung Merapi sangat kecil amplitudanya, sehingga dengan menggunakan alat seismograf dengan perbesaran yang mencukupi akan dapat mencatat frekuensi sekitar 1,9 Hz.

1.4 Feature sinyal gempa

Analisis sinyal seismik vulkanik Gunung Merapi yang sudah dilakukan para peneliti pendahulu menyampaikan antara lain tentang bentuk pola sampul (*envelope*) rekaman runtun gelombang, yang merekomendasikan atas pola-pola seismisitas Gunung Merapi, yaitu:

1. Gempa vulkanik A,

bersifat *impulsive*, fase gelombang P dan S terpisah sangat jelas dan mempunyai lebar spektrum getaran 5 hingga 8 Hz, dengan sumber gempa pada gunung api yang sangat dalam.

2. Gempa vulkanik B,

bersifat *impulsive*, fase gelombang P tidak demikian jelas terhadap fase S, mempunyai spektrum getaran tinggi (4 hingga 7 Hz) dan rendah (1,3 hingga 2 Hz), dengan sumber gempa dangkal. Di dalamnya juga terkadang tercakup gempa *multiphase*, yang merupakan fenomena gempa yang diakibatkan usaha keluarnya guguran lava yang tidak begitu lancar (lava tumbuh). Getaran dari

gelombangnya bersifat impulsif periodis, dengan durasi dapat beberapa menit hingga jam, mempunyai spektrum getaran 3 hingga 4 Hz.

3. Gempa tremor,
bersifat stasioner, dalam durasi relatif lama hingga mencapai beberapa jam, mempunyai jangkauan angka getar 0,7 hingga 1,5 Hz.
4. Gempa guguran,
merupakan fenomena berubahnya posisi timbunan lava, bersifat cukup stasioner, durasi kejadian dalam beberapa menit.
5. Gempa multifase,
merupakan fenomena kompleksnya gempa lebih dari satu macam.

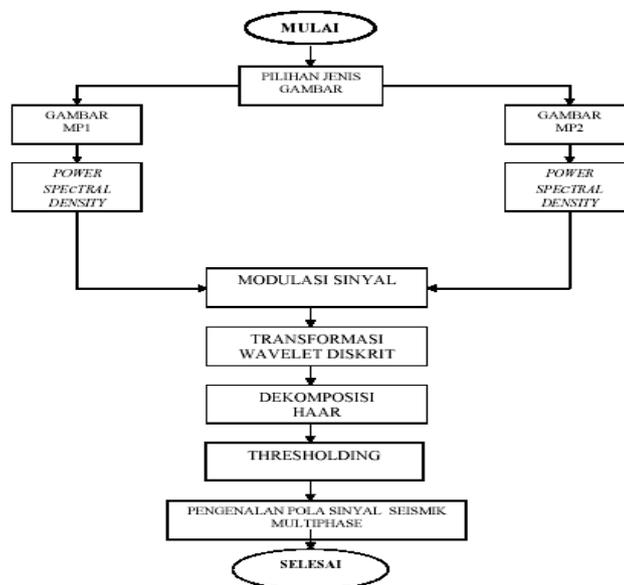
Sedangkan mengenai gempa tektonik, apabila diamati sinyal seismometer yang dipasang tidak dekat dengan aktivitas gunung api dan umumnya dapat dikenali melalui kedatangan gelombang primer, periode, serta frekuensi vibrasinya yang cukup tinggi. Dengan dasar di atas dapat dilakukan usaha pengenalan pola-pola fenomena seismik yang paling mungkin dilaksanakan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian dengan melalui tahapan berikut:

- a) Pengumpulan data dilakukan dari Direktorat Vulkanologi yang merupakan data sekunder.
- b) Pengolahan data yang didapat diproses dengan perangkat-lunak MATLAB.
- c) Mengubah sinyal dari kawasan waktu ke dalam kawasan frekuensi dan mentransfernya ke dalam fungsi magnitude yang digunakan untuk pengenalan jenis sinyal.
- d) Mengdekomposisikan hasil transformasi ke dalam gelombang-singkat basis HAAR.
- e) Pemodelan dengan menggunakan *wavelet thresholding*.

3. DIAGRAM ALUR PROSES SIMULASI



Gambar 1. Diagram alur proses simulasi

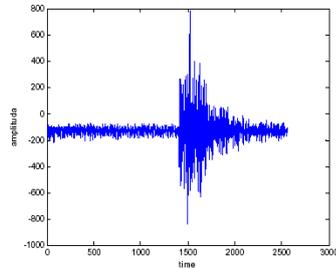
4. ANALISIS HASIL PENELITIAN

Pada penelitian ini analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

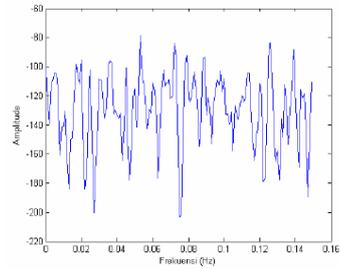
- a. Mengubah bentuk sinyal dari kawasan waktu ke dalam kawasan frekuensi.

- b. Mengubah sinyal dari kawasan waktu ke dalam kawasan frekuensi.
- c. Transfer ke dalam fungsi magnitude digunakan untuk mengenalan jenis sinyal.
- d. Dekomposisikan hasil transformasi tersebut dalam gelombang-singkat basis HAAR.
- e. Pemodelan dengan menggunakan *wavelet thresholding*.

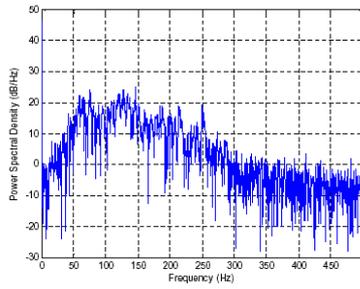
4.1 Analisa Hasil Simulasi Multi Pase 1 (MP1)



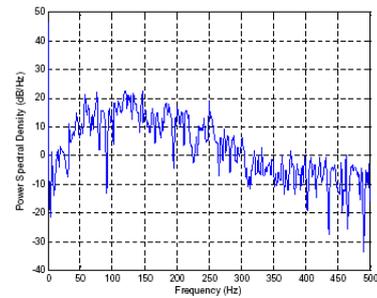
Gambar 2. Sinyal asli MP1



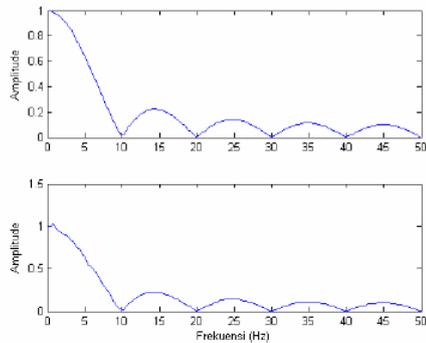
Gambar 3. Sinyal asli MP1 dengan gambar diperbesar



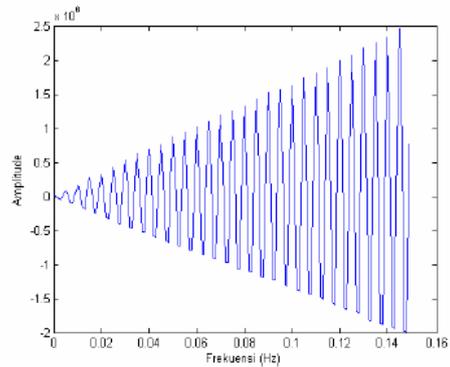
Gambar 4. Sinyal MP1 dalam kawasan frekuensi



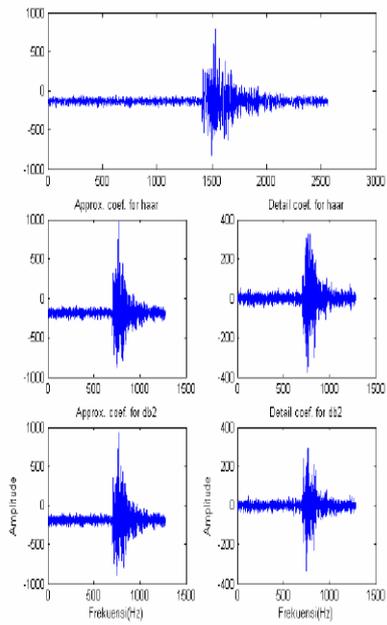
Gambar 5. Spektrum sinyal MP1



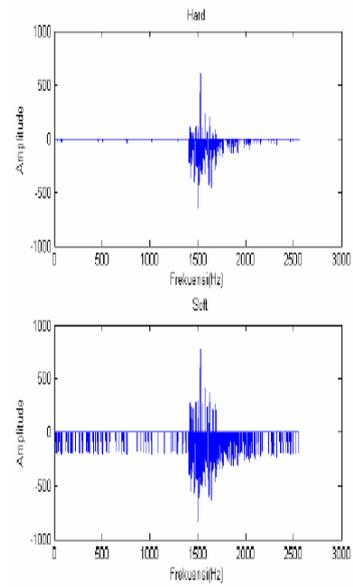
Gambar 6. Magnitude sinyal MP1



Gambar 7. Modulasi sinyal MP1

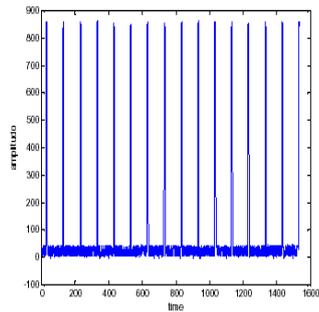


Gambar 8. Dekomposisi sinyal MP1

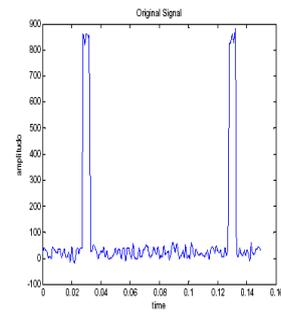


Gambar 9. Thresholding sinyal MP1

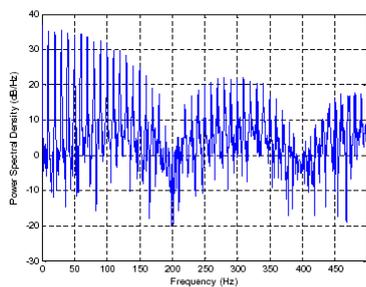
4.2 Analisa Hasil Simulasi Multi Pase 2 (MP2)



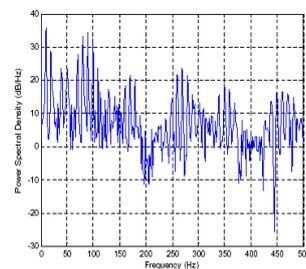
Gambar 10. Sinyal asli MP2



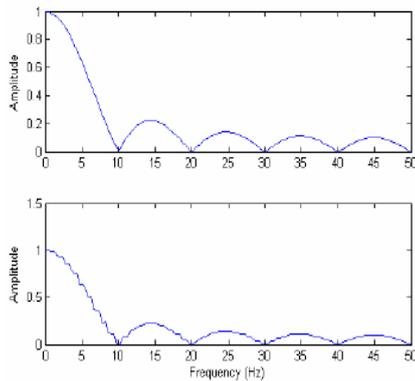
Gambar 11. Sinyal asli MP2 dengan gambar diperbesar



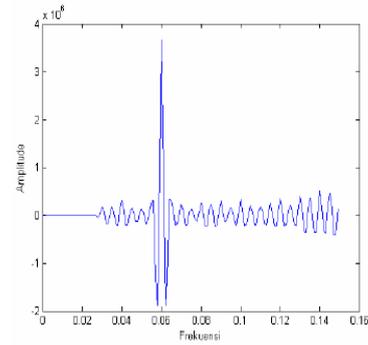
Gambar 12. Sinyal MP2 dalam kawasan frekuensi



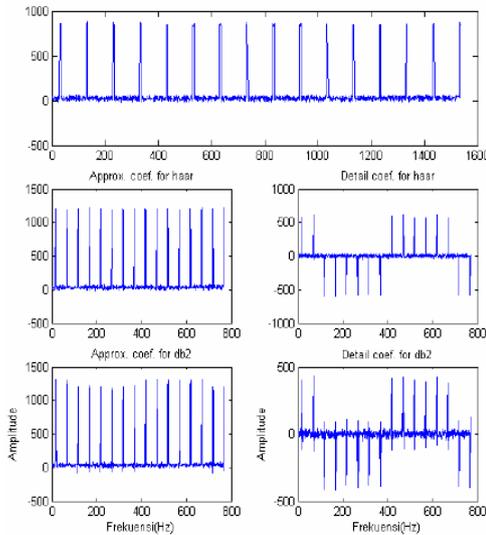
Gambar 13. Spektrum sinyal MP2



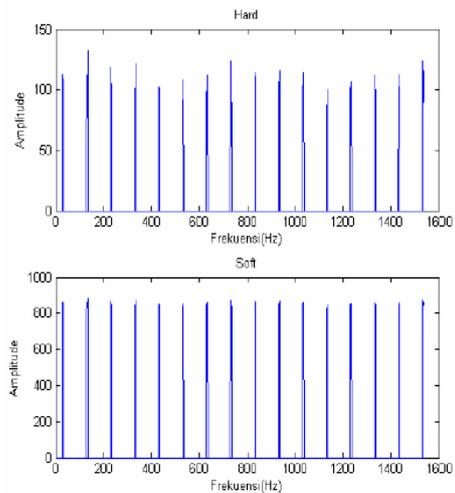
Gambar 14. Magnitude sinyal MP2



Gambar 15. Modulasi sinyal MP2



Gambar 16. Dekomposisi sinyal MP2



Gambar 17. Thresholding sinyal MP2

4.3 Pembahasan Hasil Penelitian

- Rapat spektral memiliki sifatnya yang acak yang berarti tidak periodis maka spektrum isyarat dilandasi analisis fourier (untuk isyarat periodis), disebut proses acak karena periodis dengan periode dari $-\infty$ hingga ∞ . Maka bila komponen frekuensi semula adalah $n\omega_0 = n2\pi f_0 = n2\pi / T$, dengan T adalah ∞ dan f_0 adalah 0.
- Pengukuran berdasarkan tahapan frekuensi $f = 0, \Delta f, 2\Delta f, 3\Delta f$ dan seterusnya, selebar Δf . $x\Delta f(t)$ pada daerah frekuensi $f + \Delta f$ (dari f hingga $f + \Delta f$). Hasilnya cenderung berbentuk sinus dengan frekuensi sekitar $f \pm \Delta f$, tetapi dengan amplitude kecil rata-rata (umumnya) dan bervariasi. Setelah itu dikuadratkan untuk memperoleh kesetaraan dayanya dan dirata-rata ke dalam selang waktu yang cukup untuk ketelitiannya.
- Spektral daya derau lebih kecil terlihat pada hasil spektrum frekuensi sinyal dan derau. Jadi perbedaannya adalah pada magnitude spektrum sinyal.
- Dekomposisi isyarat ke dalam isyarat aproksimasi dan detail digunakan guna memperoleh resolusi atas separuh resolusi isyarat masukan. Untuk mendapatkan resolusi isyarat keluaran dapat dilakukan pemecahan pencuplikan dengan parameter 2, sehingga prosedur ini menghasilkan dekomposisi pada isyarat.
- Proses *thresholding* hanya dilakukan pada tiap detail *subband*, yaitu koefisien-koefisien *subband* hasil proses transformasi maju ini dianggap mempunyai nilai-nilai yang rendah yang

dapat dianggap sebagai derau. Untuk bagian *subband lowpass* tidak dilakukan proses *thresholding* karena dianggap koefisien-koefisien pada *subband* ini memiliki nilai-nilai yang tinggi dan dianggap menyimpan banyak informasi.

- f. Proses korelasi antara hasil penapisan dan sebelum penapisan lebih besar. Hal ini disebabkan karena spektral daya yang tidak lewat tapis nilai magnitudenya lebih kecil.

5 KESIMPULAN

Dalam alihragam gelombang-singkat ini memungkinkan pealokasian frekuensi waktu dengan penyekalan dan penggeseran. Proses pengenalan pola sinyal seismik menggunakan alihragam gelombang-singkat memiliki peluang keberhasilan yang lebih baik. Dengan merubah bentuk ke dalam kawasan frekuensi dapat diperoleh bentuk spektrum dan magnitudenya. Kemudian diperoleh magnitudo dalam kawasan frekuensinya.

Metode *thresholding* dilakukan dengan tujuan untuk membatasi dan menghilangkan bagian-bagian pada gambar yang dianggap tidak banyak mengandung informasi penting. Sehingga, bagian-bagian yang dibatasi tersebut dapat dianggap sebagai derau yang tercampur. Proses korelasi antara hasil penapisan dan sebelum penapisan lebih besar. Hal ini disebabkan karena spektral daya yang tidak lewat tapis nilai magnitudenya lebih kecil.

Saran untuk dapat menambahkan metode lanjutan setelah metode *thresholding* agar dapat dengan mudah di klasifikasikan sesuai dengan parameter yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Charles K. Chui, *Wavelets: A Mathematical Tool for Signal Processing*, Texas A&M University College Station, Texas.
- [2] Daubechies, S, 1992, *Ten Lectures on Wavelet*, Society for Industrial and Applied Mathematics, Pennsylvania.
- [3] David, L.Dohono, April 1993, *Density estimation by wavelet thresholding*, Stanford University, Stanford CA, USA.
- [4] Misiti, M., Misiti, Y, Oppenheim, G., Poggi, Jean-M., 1998, *Wavelet Toolbox User's Guide*, The MathWorks, Inc., Natick, MA.
- [5] Rao, R. M., Bopardikar, A.S., 1998, *Wavelet Transform: Introduction to Theory and Application*, Addison-Wesley, Massachusetts.
- [6] S. Grace Chang, September 2003, *Adaptive Wavelet Thresholding for Image Denoising and Compression*, Student Member, IEEE, University of California.
- [7] Sofia C. OLHEDE and Andrew T. WALDEN November 2003, '*Analytic' Wavelet Thresholding*, Department of Mathematics, Imperial College London, SW7 2AZ, London.
- [8] T.J. Brown, Combined Evidence Thresholding : *A new wavelet regression technique for detail preserving image de-noising*, The Queen's University of Belfast.