

PENGENALAN POLA SINYAL SEISMIK GUNUNG MERAPI DENGAN ALIHRAGAM GELOMBANG-SINGKAT

Muhammad Andang Novianta¹

ABSTRACT

Seismogram data from the monitoring representative the raw file in contain various each information about circumstance perceived. The wavelet transform is method can be used for indicating data and operator function in the different frequency element. Pattern recognition 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.

Key words : *Seismic, Wavelet Transform, Pattern Recognition*

INTISARI

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 pengenalan pola sinyal seismik yang menggunakan alihragam gelombang-singkat memiliki peluang keberhasilan yang lebih tinggi. Dengan alihragam gelombang-singkat ini dimungkinkan pelokasian frekuensi-waktu. 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.

Kata-kata kunci : Seismik, Alihragam Gelombang-Singkat, Pengenalan Pola

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.

Makalah ini mengambil 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.

¹ Jurusan Teknik Elektro, ISTA Yogyakarta

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. Dalam literatur disebutkan bahwa ada dua keuntungan utama yang ditawarkan oleh gelombang-singkat, yaitu:

- 1) memungkinkan dalam pengalokasian frekuensi-waktu dan
- 2) mendukung implementasi algoritma secara cepat.

Sedang pada alihragam Fourier, pengalokasian frekuensi-waktu hanya akan terjadi pada alihragam Fourier jendela (*Window Fourier Transform*).

Pada metode gelombang-singkat, pada proses pengalokasian frekuensi-waktu dilakukan dengan penskalaan dan penggeseran.

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana mengubah sinyal dari kawasan waktu ke dalam kawasan frekuensi dan mentransfernya ke dalam fungsi magnitud 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 pengenalan pola gelombang seismik dengan bahasa pemrograman MATLAB versi 6.5.

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.

Isyarat seismik dihasilkan karena adanya pergerakan material bumi yang menghasilkan suatu gelombang seismik. Gelombang seismik adalah ge-

lombang 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, akan terdapat perbandingan nilai kecepatan rambat, yaitu $V_p : V_s = \sqrt{3} : 1$.

Didasarkan dari penjaralannya 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 penjaralan gelombang air laut.

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

1. Gelombang primer (ρ wave) disebut juga dengan *compressional wave*, *irradiational 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 Jerman 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.

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.

$$M = \begin{bmatrix} \text{Cosi} & -\text{Sini Sin}\alpha & -\text{Sini Cos}\alpha \\ \text{Sini} & \text{Cosi Sin}\alpha & \text{Cosi Cos}\alpha \\ 0 & -\text{Cos}\alpha & \text{Sin}\alpha \end{bmatrix} \quad (2)$$

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.

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 kedalamannya 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. Bentuk fisik gempa menyangkut:

- 1) jumlah 'puncak simpangan' perdetik (frekuensi),
- 2) hubungan antara amplitude (atau juga magnitude) dan durasi gempa,
- 3) interval waktu antara waktu '*first break*' dan waktu ketika amplitude mencapai nilai maksimum, yang akan disebut sebagai 'T awalan',
- 4) banyaknya terjadi perubahan fase simpangan pada gempa yang tercatat, dan
- 5) *S-P time* (apabila dapat terbaca).

Disamping itu harus pula dilihat stasion yang mencatatnya, hal ini untuk memisahkan dari gempa 'gangguan'. Bentuk dan susunan jaringan seismik yang ada serta letak seismometer atau *geophone* sangatlah menentukan dalam ketepatan untuk membedakan gempa yang satu dengan yang lainnya. Dari segi bentuk gempa yang tampak dalam seismogram kadang-kadang kesulitan muncul untuk membandingkan antara gempa guguran dan guguran lokal (*local rockfalls*) apabila amplitude kecil serta gempa vulkanik multifase banyak dan guguran lokal. Maka perlu diteliti bentuk fisik jenis gempa yang tampak pada seismogram seperti disebutkan di atas.

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 sta-

sion. 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.

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. Vulkanik tipe A,
2. Vulkanik tipe B,
3. Tremor,
4. Guguran, dan,
5. Multifase.

Beberapa *feature* sinyal seismik Gunung Merapi ini adalah sebagai berikut:

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.

Interpretasi terhadap rekaman isyarat seismik dibantu dengan piranti analisis aljabar tinggi. Isyarat terekam dapat mengundang sangat banyak fenomena penggangguannya. Untuk itu digunakan suatu piranti analisis dengan alihragam gelombang-singkat.

Metode penelitian ini meliputi antara lain beberapa himpunan data rekaman seismik yang diperoleh dari alat ukur seismometer yang terdapat di sekitar puncak Gunung Merapi. Gunung Merapi sebagai gunung api aktif diper-

batasan propinsi DIY dan Jawa Tengah, dari jauh tampak seringkali terlihat mengeluarkan asap ke atas.

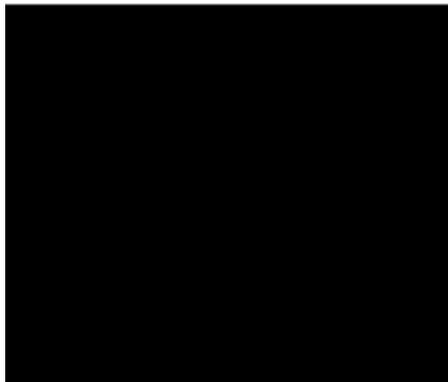
Alat yang digunakan untuk analisis, komputasi dan penulisan program adalah seperangkat komputer, yang terdiri atas 2 aspek (*Hardware* dan *Software*) sarana berikut:

1. Satu unit PC dengan spesifikasi Intel Pentium IV Prosesor 1,8 GHz RAM 256 Mb dengan dilengkapi *printer* sebagai perangkat kerasnya.
2. MATLAB versi 6.5 sebagai perangkat lunaknya berguna untuk *filtering*, dan pengenalan pola seismik.

PEMBAHASAN

Dalam penganalisaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengubah bentuk sinyal multifase dari kawasan waktu ke kawasan frekuensi
2. Pemodelasian sinyal multifase
3. Transfer ke dalam fungsi magnitude yang digunakan untuk mengenal jenis sinyal.
4. Dekomposisikan hasil transformasi tersebut dalam gelombang-singkat basis HAAR.
5. Pemodelan dengan menggunakan *wavelet thresholding*



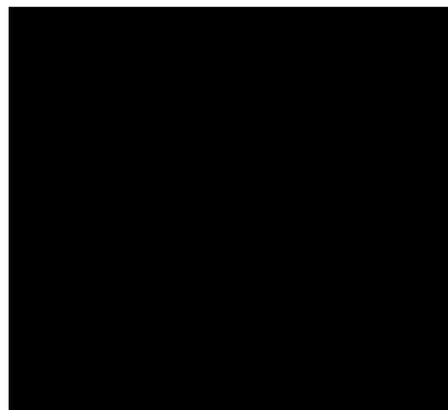
Gambar 1. Sinyal multifase kawasan waktu



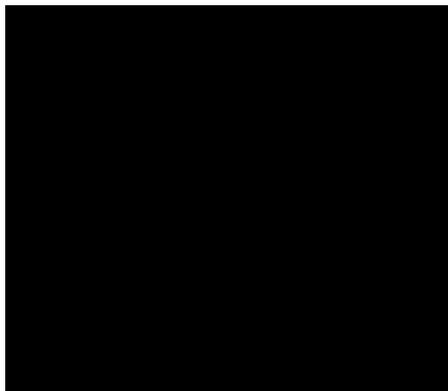
Gambar 2. Sinyal multifase kawasan waktu diperbesar



Gambar 3. Bentuk sinyal multifase hasil perubahan bentuk dari kawasan waktu ke dalam kawasan frekuensi



Gambar 4. Bentuk sinyal multifase hasil perubahan bentuk dari kawasan waktu ke dalam kawasan frekuensi diperbesar



Gambar 5. Modulasi sinyal multiphase



Gambar 6. Magnitude sinyal multifase

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 apabila komponen frekuensi semula adalah $n\omega_0 = n2\pi f_0 = \frac{n2\pi}{T}$ 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 $\Delta f \times \Delta f(t)$ pada daerah frekuensi $f + \Delta f$ (dari nilai 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, maka untuk memperoleh kesetaraan dayanya dan dirata-rata ke dalam selang waktu yang cukup untuk ketelitiannya.



Gambar 7. Dekomposisi sinyal multifase



Gambar 8. *Thresholding* sinyal multifase

Spektral daya derau lebih kecil terlihat pada hasil spektrum frekuensi sinyal dan derau. Jadi perbedaannya pada bentuk magnitude spektrum sinyal. Dekomposisi isyarat ke dalam isyarat aproksimasi secara detail akan digunakan untuk memperoleh resolusi atas separuh resolusi isyarat masukan. Untuk mendapatkan resolusi isyarat keluaran dapat dilakukan pemecahan pencuplikan dengan parameter bernilai 2, sehingga prosedur ini menghasilkan dekomposisi pada isyarat.

Dalam proses *thresholding* hanya dilakukan pada setiap detail *subband*, yaitu koefisien *subband* hasil proses transformasi maju yang dianggap punya nilai-nilai yang rendah sehingga dapat dianggap sebagai derau. Untuk bagian *subband lowpass* tidak dilakukan proses *thresholding* karena dianggap bahwa koefisien-koefisien pada subband ini memiliki nilai-nilai yang tinggi dan dianggap menyimpan banyak informasi.

KESIMPULAN

Pemrosesan alihragam gelombang-singkat memungkinkan pengalokasian frekuensi-waktu dengan penskalaan dan penggeseran. Pada pemrosesan pengenalan pola bentuk sinyal seismik menggunakan alihragam gelombang-singkat memiliki peluang keberhasilan yang lebih baik.

Dengan mengubah bentuk ke dalam kawasan frekuensi dapat diperoleh bentuk spektrum dan magnitudenya. Kemudian diperoleh magnitude dalam kawasan frekuensinya.

Metode *Thresholding* dilakukan dengan tujuan untuk membatasi dan

menghilangkan bagian-bagian pada gambar yang dianggap tidak banyak mengandung informasi penting. Maka, bagian-bagian yang dibatasi tersebut dapat dianggap sebagai derau yang tercampur.

DAFTAR PUSTAKA

- Kanata Bulkis, 2001, *Analisis Sinyal Seismik pada Gunung Merapi untuk Estimasi jenis gempa dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan*, Thesis Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada.
- Chang S. Grace, 2003, *Adaptive Wavelet Thresholding for Image Denoising and Compression*, Student Member, IEEE, University of California.
- C. Olhede Sofia And Andrew T. Walden, 2003, *'Analytic' Wavelet Thresholding*, Department of Mathematics, Imperial College London, SW7 2AZ, London.
- Duda O Richard dan Peter E Hart, 2001, *Pattern Clasification and Scene Analysis*, Satanford Research Institute, Menlo Park California.
- Susilawati Hesti, 2001, *Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk pengenalan suara pada lingkungan berderau*, Thesis Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada.
- Tian Yuxin, 2000, *Target Detection and Classification using seismic signal processing in unattended ground sensor system*, Texas A & M , University.