

MIKROZONASI MULTIDISASTER DAERAH SEKITAR WADUK SERMO BERBASIS ANALISIS KEPUTUSAN MULTIKRITERIA *SIMPLE ADDITIVE WEIGHT (SAW)* BERDASARKAN PENGUKURAN MIKROTREMOR

Herawati, Nugroho Budi Wibowo, Thaqibul Fikri Niyartama
Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Hera_geo@ymail.com

Abstract

A study was conducted in the area around Sermo Dam based on micro-tremor measurement. This study was aimed to discover the microzonation of multi-disaster hazards which consisted of seismic and landslide in the area around Sermo Dam so that it can be used to support disaster risk reduction efforts. Data collection was performed using TDL 303S Seismograph on 26 measurement points with 500 m space within those points. Data from measurements were analyzed using Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) method to obtain dominant frequency and amplitude. Determination of landslide hazard, seismic hazard and multi-disaster hazard areas was based on Simple-Additive Weight (SAW) multi-criteria decision analysis with the following selected attributes: ground shear strain, seismic vulnerability index, ground acceleration, earthquake magnitude, geology and slope. Based on the result, the highest landslide vulnerability was in measurement point area 26 in eastern Klepu hamet (score = 0,882 to 0,99), highest seismic vulnerability with medium vulnerability in measurement point area 26 (score = 0,775 to 0,881). While the highest multi-disaster vulnerability was also in measurement point area 26 (score = 12,25 to 16).

Keywords : HVSr, microtremor, microzonation, SAW.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu daerah yang rawan bencana alam di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta adalah Kulonprogo. Kulonprogo termasuk wilayah pesisir selatan Pulau Jawa yang merupakan kawasan prioritas dengan risiko tsunami tinggi karena di selatan Pulau Jawa terdapat zona penunjaman, yaitu segmen Jawa dari Busur Sunda yang memanjang dari Selat Sunda sampai Cekungan Bali di Timur. Kemudian topografi Kulonprogo yang bervariasi dengan ketinggian antara 0 - 1000 meter di atas permukaan air laut menyebabkan Kulonprogo menjadi kawasan rawan bencana tanah longsor.

Di Kabupaten Kulonprogo khususnya Kecamatan Kokap Kelurahan Hargo Wilis terdapat sebuah waduk yang bernama Waduk Sermo. Waduk tersebut dimanfaatkan sebagai sumber air bersih oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan untuk air irigasi yang mengairi sawah di daerah Wates dan sekitarnya. Waduk ini terletak di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ngrancah yang dibentuk oleh lereng perbukitan yang agak curam pada elevasi antara 90 sampai 650 meter di atas permukaan laut (Beny dkk, 2009).

Struktur geologi yang dapat diamati di daerah Waduk Sermo meliputi sesar, kekar, dan potensi longsor. Sesar yang dapat diamati berupa sesar normal, dimana sesar ini dapat terpicu oleh gempa bumi yang terjadi di sekitarnya sehingga menimbulkan

bahaya seismik di daerah sekitar Waduk Sermo. Struktur kekar yang dapat diamati adalah kekar yang membentuk pasangan kekar (*joint set*). Kemudian longsoran yang terdapat di daerah Waduk Sermo meliputi beberapa jenis longsoran seperti longsoran masa tanah, runtuh batu/masa tanah, dan longsoran lumpur. Menurut informasi dari Katalog BPS/*BPS Catalogue*: 1403.3401.080 Kecamatan Kokap Dalam Angka Kokap Sub-District In Figures 2009 menyebutkan bahwa di Kelurahan Hargo Wilis dimana Waduk Sermo berada merupakan daerah yang sering mengalami bencana longsor dibanding daerah lain di Kecamatan Kokap.

Tabel 1. Banyaknya Bencana Alam Menurut Jenisnya di Kecamatan Kokap

Nama Desa <i>Village</i>	Tanah Longsor <i>Lands Lides</i>	Kecela- kaan <i>Accident</i>	Keba- karan <i>Fire</i>	Lainnya <i>Others</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1. Hargo Mulyo	3	2	-	-
2. Hargo Rejo	9	2	-	-
3. Hargo Wilis	23	-	1	-
4. Kalirejo	17	9	4	-
5. Hargo Tirto	10	1	2	-
Jumlah/ Total	Tahun 2006	62	14	7
	Tahun 2007	29	29	-

Sumber : Data Sosial Budaya Kantor Kecamatan Kokap Kabupaten Kulon Progo

Dari beberapa informasi di atas dapat diperkirakan bahwasanya daerah sekitar waduk merupakan daerah yang rawan terjadi banyak bencana (*multidisaster*) yang diantaranya bencana longsor dan bencana seismik, dimana besarnya potensi bencana ini tidak disertai dengan kesiapan masyarakat dan pemerintah dalam menghadapinya. Dengan adanya hal tersebut maka perlu diadakan suatu tindakan pencegahan untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan melalui kegiatan pengkajian karakteristik kebencanaan di suatu wilayah yang nantinya

diaplikasikan dalam pemilihan metode dan kebijakan penanganan risiko bencana.

1.2. Tujuan

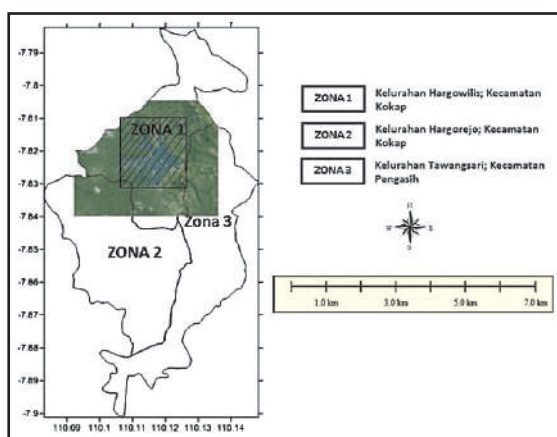
Adapun tujuan dari penelitian yang telah dilakukan ini adalah sebagai berikut.

- Mengetahui mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya longsor di daerah sekitar Waduk Sermo.
- Mengetahui mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya seismik di daerah sekitar Waduk Sermo.
- Mengetahui mikrozonasi multidisaster di daerah sekitar Waduk Sermo.
- Menyediakan data dan informasi dasar mikrozonasi *multidisaster* yang terdiri dari bencana longsor dan bencana seismik di sekitar Waduk Sermo sehingga dapat digunakan untuk mendukung upaya-upaya pengurangan risiko akibat bencana tersebut.

2. METODOLOGI

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan pengukuran data mikrotremor ini dilaksanakan selama tiga hari di daerah sekitar Waduk Sermo Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta.



Gambar 1. Daerah penelitian (yang diarsir) berada pada Zona 1

2.2. Sampling dan Analisis Sampel

2.2.1. Pengambilan Sampel

Pengambilan data dilakukan selama 30 menit di masing-masing titik penelitian. Kategori tempat pengambilan data menurut SESAME (*Site Effects Assessment Using Ambient Excitations*) yaitu terdiri dari :

- 1) Parameter perekaman.
Panjang kabel untuk menghubungkan sensor ke stasiun pengukuran tidak mempengaruhi hasil dari H/V.
- 2) Durasi rekaman.
- 3) Spasi pengukuran.
Untuk mikrozonasi, dianjurkan jarak spasi antar titik pada metode grid sebesar 500 m.
- 4) Kopling sensor (dudukan sensor).
Kopling sensor yang berupa beton dan aspal akan memberikan hasil pengukuran yang baik. Sedangkan kopling sensor yang berupa tanah lunak seperti lumpur, rumput, es, krikil dll, memberikan hasil pengukuran yang buruk. Kopling sensor yang baik harus dibuat langsung ditanah, kecuali dalam kasus yang sangat khusus seperti pengukuran pada lereng yang curam, maka diperlukan toping atau bantalan dari aspal atau beton. Pemakaian bantalan pada sensor tidak mempengaruhi hasil pengukuran, asalkan bantalan langsung terkena tanah, apabila ada rumput maka harus dibersihkan terlebih dahulu. Kemudian hindari pengukuran pada tanah yang baru terkena hujan lebat.
- 5) Topping atau bantalan sensor.
Ketika sebuah bantalan diperlukan, maka sangat disarankan dilakukan tes terlebih dahulu untuk memeriksa kemungkinan pengaruh bantalan yang dipilih terhadap hasil pengukuran. Pada kasus pengukuran di lereng yang curam, solusi terbaik adalah dengan menaruh sensor di atas tumpukan pasir atau dalam wadah yang diisi pasir.
- 6) Pengaturan sensor.
Sensor harus diletakkan secara horizontal, dan jangan meletakkan beban apapun di atasnya. Sensor lebih efektif disimpan di tempat yang jauh dari bangunan dan pohon.

- 7) Struktur yang berdekatan.
Pengukuran yang dilakukan dekat bangunan dan pohon dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Kemudian hindari mengukur di atas pipa, saluran pembuangan dll, karena dapat mengubah amplitudo dari gerak vertikal.
- 8) Kondisi angin.
Disarankan pengukuran dilakukan bukan pada hari-hari yang berangin dan setelah hujan deras.
- 9) Gangguan.
Gangguan yang harus dihindari berupa lalu lintas, mesin konstruksi, mesin industri, pompa dll.

Data-data hasil pengukuran tersimpan secara otomatis di dalam *digitaizer* yang terhubung dengan laptop.

2.2.2. Tahap Analisis Sampel

- a. Menentukan Indeks Kerentanan Seismik (Kg) Melalui pengukuran mikrotremor akan diperoleh nilai frekuensi dominan (f_0) dan nilai amplitudo (A_g) atau nilai *average* H/V. Kemudian menghitung kecepatan gelombang geser di *basement* menggunakan persamaan:

$$V_b = f_0 4 A_g h \quad (1)$$

Dimana :

V_b = kecepatan gelombang geser di *basement* (m/s)

h = ketebalan sedimen (m)

f_0 = frekuensi dominan (Hz)

A_g = amplitudo

Untuk mendapatkan nilai dari ketebalan sedimen, terlebih dahulu dicari data kecepatan gelombang $S V_{s30}$ di web USGS. Kemudian setelah diperoleh data dalam bentuk *txt*, *xyz*, dan *JPG*. Data bentuk *txt* dibuka melalui *surfer 10* kemudian digrid. Cocokkan datagrid V_{s30} dengan data latitude dan longitude titik penelitian. Nilai V_{s30} digunakan untuk mendapatkan nilai ketebalan sedimen tanah, yaitu melalui persamaan:

$$h = \frac{V_s}{4f_o} \quad (2)$$

Keterangan :

h = ketebalan sedimen (m)

V_s = kecepatan gelombang S (m/s)

f_o = frekuensi dominan (Hz)

Dari hubungan persamaan (1) dan (2) di atas maka dapat diketahui indeks kerentanan seismic daerah penelitian (K_g) melalui persamaan (3)

$$K_g = \left(\frac{A_g^2}{f_o} \right) \frac{V_b}{\pi^2} \quad (3)$$

Keterangan :

V_b = kecepatan gelombang geser di basement (m/s)

A_g = Amplifikasi

f_o = frekuensi dominan (Hertz)

- b. Menentukan Percepatan Tanah (PGA). Melalui data gempabumi pada tahun 2006 dan hasil pengukuran mikrotremor di lapangan, maka dapat diperoleh nilai percepatan tanah daerah penelitian melalui *formula* Kannai seperti pada persamaan

$$h = \frac{5}{\sqrt{T_o}} 10^{0,61M} = \left(1,66 + \frac{3,6}{R} \right) \text{Log } R + 0,617 - \frac{1,83}{R} \quad (4)$$

Keterangan :

a_g = nilai percepatan tanah titik pengukuran (gal)

T_o = periode dominan tanah titik pengukuran (det)

M = *magnitudo* gempabumi (Skala Richter)

R = jarak hiposenter (km)

- c. Menentukan *Ground Shear Strain* (GSS). Untuk mendapatkan nilai *ground shear strain*, digunakan persamaan (5) dengan data-data yang telah diperoleh pada perhitungan sebelumnya.

$$\gamma = K_g \times \alpha_b \quad (5)$$

Keterangan :

γ = *ground shear strain*

α_b = percepatan tanah maksimum (gal = cm/s²)

K_g = indeks kerentanan seismic (s²/cm)

- d. Menentukan *Magnitude* Gempa.

Magnitude gempa di daerah penelitian ditentukan dari data gempa - gempa kecil yang terjadi di sekitar daerah penelitian antara tahun 2006 sampai dengan tahun 2013.

- e. Menentukan Kemiringan Lereng.

Data kemiringan lereng daerah penelitian diperoleh dari peta topografi daerah penelitian dalam bentuk *soft file* berformat dem., dimana file tersebut dibuka melalui *Global Mapper*.

- f. Menentukan Geologi Setempat.

Informasi geologi daerah penelitian diperoleh dari Peta Geologi Regional Lembar Yogyakarta, Jawa yang bersumber dari Wartono Rahardjo dkk pada tahun 1995 dengan skala 1: 100.000.

- g. Mikrozonasi.

Mikrozonasi merupakan pemetaan wilayah berdasarkan parameter tertentu dengan luasan yang lebih spesifik sehingga memberi batasan wilayah mana yang terkena dampak paling besar akibat parameter tersebut.

- h. Mikrozonasi Tingkat Kerawanan Bahaya Longsor Dengan Metode *Simple Additive Weight* (SAW).

Atribut yang digunakan dalam mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya longsor adalah data geologi, kemiringan lereng, dan *ground shear strain*.

Dalam metoda SAW, penentuan nilai bobot dan ranking berdasarkan anggapan bahwa masing-masing atribut memberi sumbangan yang sama terhadap penilaian keputusan akhir. Setiap atribut diidentifikasi sama pentingnya, antara kriteria kemiringan lereng, *ground shear strain*, dan geologi daerah penelitian memberi distribusi

yang sama pada penilaian akhir tingkat kerawanan bahaya longsor.

Tabel 2. Penentuan Nilai Bobot dan Mikrozonasi Tingkat Kerawanan Bahaya Longsor

Atribut	Bobot	Alternatif	Ranking
Kemiringan Lereng	1	0 - 8	1
		8 - 30	2
		30 - 45	3
		45 - 65	4
		> 65	5
Ground Shear Strain	1	$10^{-6} - 10^{-5}$	1
		$10^{-4} - 10^{-3}$	4
		$10^{-2} - 10^{-1}$	5
Geologi	1	Keras	1
		Lunak	5

Lalu nilai rangking distandarisasi dengan membagi nilai ranking dengan nilai maksimum melalui persamaan :

$$X'_{ij} = X_{ij}/X_{jmaks} \quad (6)$$

Dimana:

X'_{ij} : nilai rangking yang distandarisasi untuk alternatif ke i dan atribut ke j

X_{ij} : nilai rangking awal

X_{jmaks} : nilai rangking maksimum atribut ke - j

Total nilai masing-masing alternatif didapatkan dengan mengalikan bobot yang telah ditentukan untuk masing-masing atribut dan menjumlahkan hasil atribut-atribut tersebut. Menurut Thill dalam Sugiono saat skor keseluruhan semua alternatif dihitung, alternatif dengan nilai tertinggi akan dipilih. Evaluasi aturan keputusan masing-masing alternatif, A_i , seperti persamaan berikut :

$$A_i = W_j/X_j \quad (7)$$

Dimana:

X_{ij} : alternatif ke i pada atribut ke j

W_j : normalisasi bobot ($W_j = 1$)

Bobot tersebut menunjukkan pentingnya atribut secara relatif. Alternatif yang paling dipilih diseleksi dengan mengidentifikasi nilai A_i maksimum

A_i ($i = 1, 2, \dots, m$)

Setelah alternatif paling penting terpilih, maka langkah selanjutnya adalah melakukan mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya longsor berdasarkan alternatif paling penting yang sudah terpilih tadi melalui *software surfer 10*.

i. Mikrozonasi Tingkat Kerawanan Bahaya Seismik Dengan Metode *Simple Additive Weight* (SAW)

Metode yang digunakan dalam penentuan mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya seismik sama dengan metode penentuan mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya longsor, hanya saja atribut yang digunakan berbeda.

Tabel 3. Penentuan Nilai Bobot dan Rangking Atribut Mikrozonasi Tingkat Kerawanan Bahaya Seismik

Atribut	Bobot	Alternatif	Ranking
Magnitude Gempa	1	0 - 4,8	1
		4,9 - 6,9	4
		6,9 - >8	5
Percepatan Tanah	1	0 - 50	1
		50 - 125	2
		125 - 300	3
		300 - 600	4
		> 600	5
Indeks Kerentanan Seismik	1	$0,1 \times 10^{-6} - 4,5$	1
		$\times 10^{-6}$	5

j. Mikrozonasi *Multidisaster* Di daerah Sekitar Waduk Sermo.

Pada tahap akhir ini, mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya longsor dan mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya seismik digabungkan melalui metode pembobotan kemudian di modelan melalui *software surfer 10* untuk mendapatkan mikrozonasi *mutidisaster*.

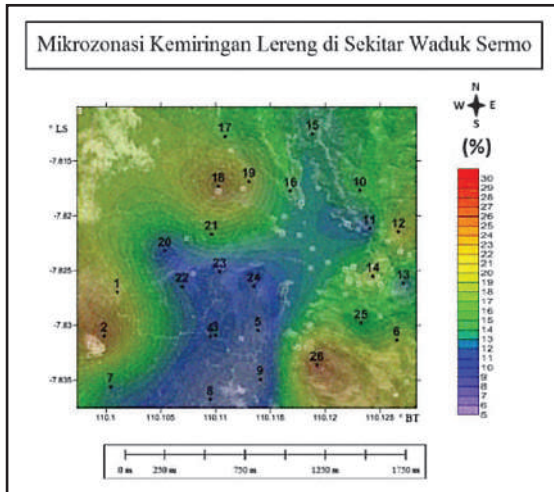
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Mikrozonasi Tingkat Kerawanan Bahaya Longsor

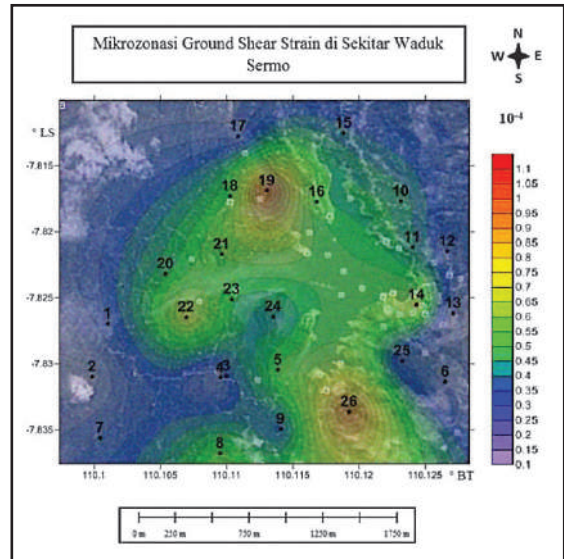
Penentuan mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya longsor di sekitar Waduk Sermo didasarkan atas tiga atribut yang berpengaruh terhadap tingkat kerawanan

bahaya longsor, yaitu kemiringan lereng, *ground shear strain* dan geologi. Masing-masing atribut diberi bobot 1 karena setiap atribut diidentifikasi memiliki pengaruh sama pentingnya terhadap tingkat kerawanan bahaya longsor.

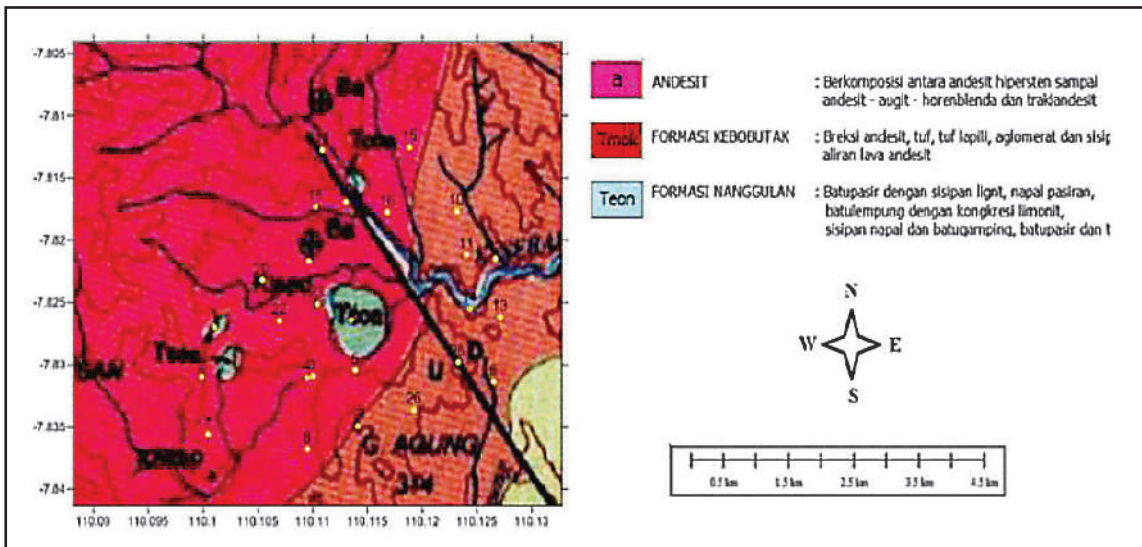
Batuan yang ditemukan di daerah penelitian sendiri berupa batuan andesit sebagaimana terlihat pada Gambar 5.



Gambar 2. Mikrozonasi Kemiringan Lereng di Sekitar Waduk Sermo



Gambar 3. Mikrozonasi *Ground Shear Strain* di Sekitar Waduk Sermo



Gambar 4. Peta geologi daerah penelitian



Gambar 5. Contoh jenis batuan di daerah penelitian

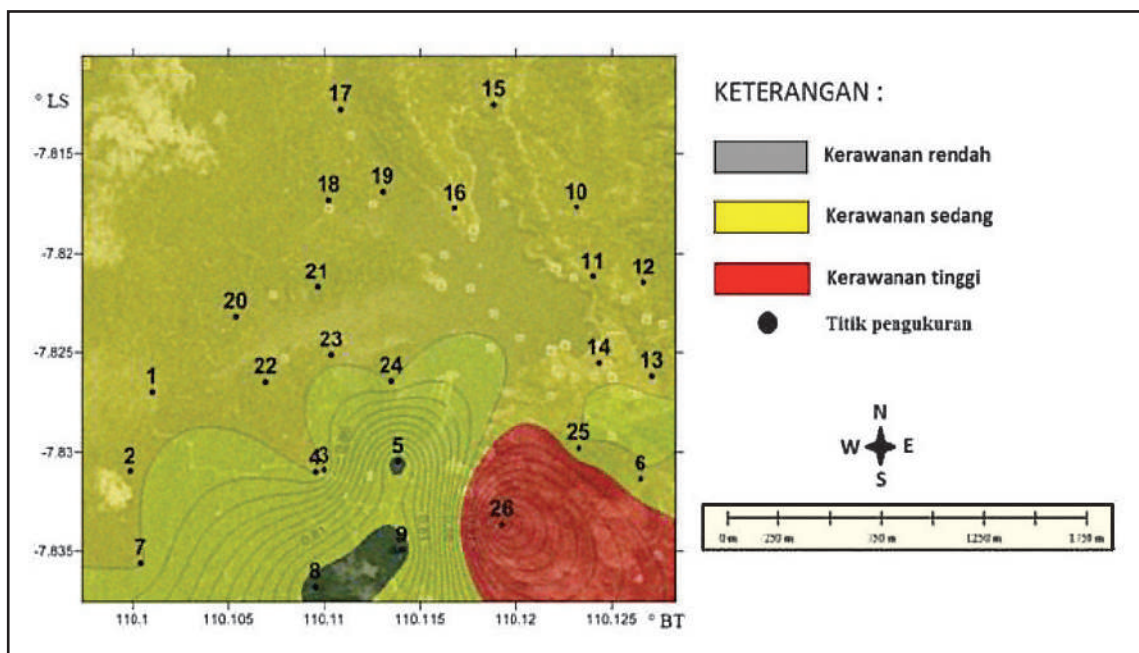
Skor dari atribut-atribut di atas kemudian diproses kembali melalui pembobotan akhir untuk mendapatkan skor total. Berdasarkan

pembobotan akhir, diperoleh mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya Longsor di daerah sekitar Waduk Sermo. Tingkat kerawanan bahaya Longsor di daerah sekitar Waduk Sermo terbagi ke dalam 3 kelas tingkatan, yaitu:

- Tingkat kerawanan rendah (skor total pembobotan = 0,668 - 0,774)
- Tingkat kerawanan sedang (skor total pembobotan = 0,775 - 0,881)
- Tingkat kerawanan tinggi (skor total pembobotan = 0,882 - 0,99)

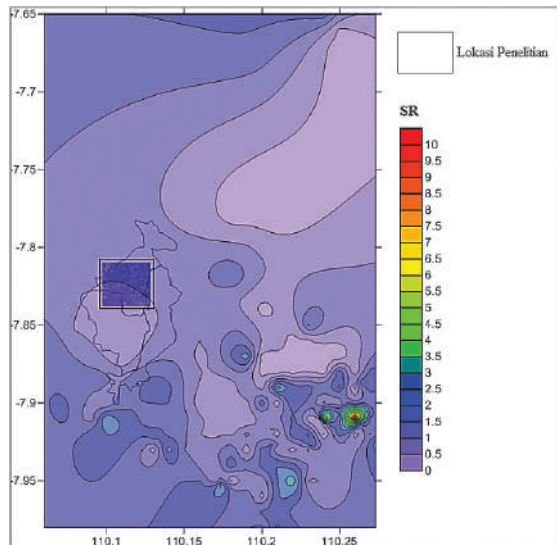
3.2. Mikrozonasi Tingkat Kerawanan Bahaya Seismik

Sama halnya dengan penentuan mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya longsor, penentuan mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya seismik pun didasarkan atas 3 atribut yang berpengaruh terhadap tingkat kerawanan bahaya seismik, yaitu magnitude gempa bumi, percepatan tanah dan indeks kerentanan seismik. Masing-

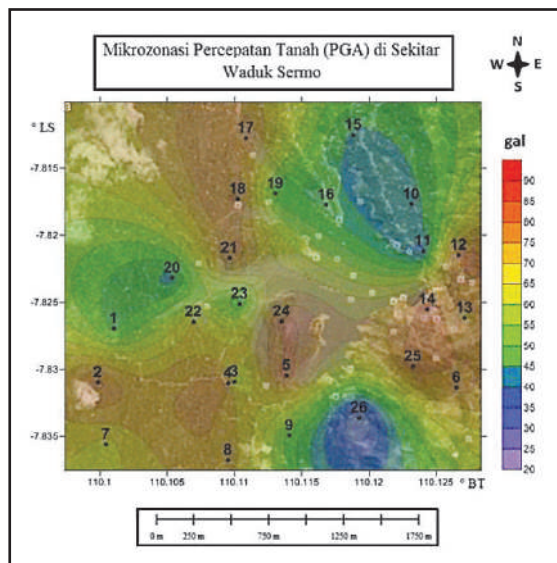


Gambar 6. Mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya longsor di Sekitar Waduk Sermo

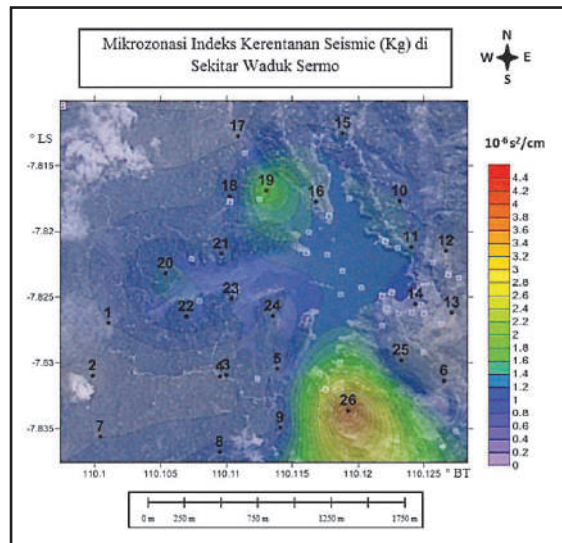
masing atributnya diberi bobot yang sama yaitu 1, karena setiap atribut diidentifikasi memiliki pengaruh sama pentingnya terhadap tingkat kerawanan bahaya seismik.



Gambar 7. Sebaran Gempabumi di Kabupaten Kulonprogo



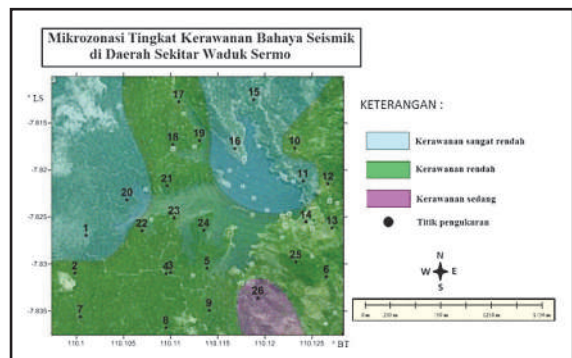
Gambar 8. Mikrozonasi Percepatan Tanah (PGA) di Sekitar Waduk Sermo



Gambar 9. Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik (Kg) di Sekitar Waduk Sermo

Penentuan tingkat kerawanan bahaya seismik di daerah sekitar Waduk Sermo didasarkan atas hasil pembobotan akhir dari atribut-atribut yang telah disebutkan di atas. Hasil pembobotan akhir menunjukkan bahwa tingkat kerawanan bahaya seismik di daerah sekitar Waduk Sermo terbagi ke dalam 3 kelas tingkatan, yaitu:

- Tingkat kerawanan sangat rendah (skor total pembobotan = 0,561 - 0,667)
- Tingkat kerawanan rendah (skor total pembobotan = 0,668 - 0,774)
- Tingkat kerawanan sedang (skor total pembobotan = 0,775 - 0,881)

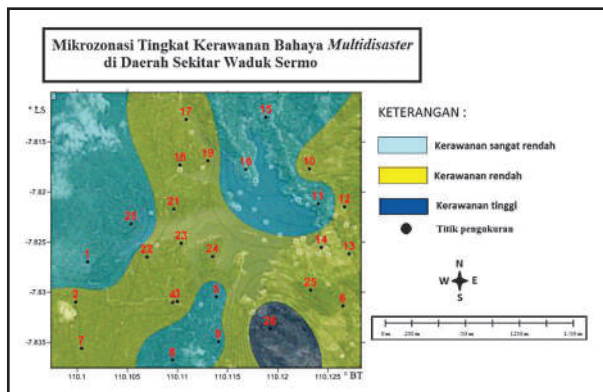


Gambar 10. Mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya seismik di Sekitar Waduk Sermo

3.3. Mikrozonasi Tingkat Kerawanan Bahaya *Multidisaster*

Tingkat kerawanan bahaya *multidisaster* atau banyak bencana ditentukan melalui pembobotan dari atribut bahaya longsor dan bahaya seismik, sehingga diperoleh 3 kelas tingkat kerawanan bahaya *multidisaster* di daerah sekitar Waduk Sermo, yaitu sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini.

- Tingkat kerawanan sangat rendah (skor total pembobotan = 1 - 4,74)
- Tingkat kerawanan rendah (skor total pembobotan = 4,75 - 8,49)
- Tingkat kerawanan tinggi (skor total pembobotan = 12,25 - 16)



Gambar 11. Mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya *multidisaster* di Sekitar Waduk Sermo

Berdasarkan data-data di atas dapat disimpulkan bahwa di sekitar Waduk Sermo bencana longsor lebih mendominasi dari pada bencana bahaya seismik, hal ini didukung karena keadaan alam di sekitar Waduk Sermo berada di dataran tinggi serta batuan penyusunnya adalah batuan beku.

4. KESIMPULAN

1. Mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya longsor di daerah sekitar Waduk Sermo terbagi kedalam tiga tingkat kerentanan yaitu kerentanan rendah, sedang dan tinggi. Kerentanan rendah dengan skor total pembobotan 0,668 sampai dengan

0,774 berada pada titik pengukuran 5, 8, dan 9. Kerentanan tinggi dengan skor total 0,882 sampai dengan 0,99 terdapat pada titik pengukuran 26 yang berada di dusun Klepu bagian timur, sedangkan sisanya berada pada tingkat kerentanan sedang dengan skor total pembobotan berada di antara 0,775 sampai dengan 0,881.

2. Mikrozonasi tingkat kerawanan bahaya seismik di daerah sekitar Waduk Sermo terbagi kedalam tiga tingkat kerentanan yaitu kerentanan sangat rendah, rendah dan sedang. Kerentanan sangat rendah memiliki skor total pembobotan antara 0,561 sampai dengan 0,667 berada pada titik pengukuran 1, 11, 15, 16 dan 20. Kerentanan sedang memiliki skor total pembobotan antara 0,775 sampai dengan 0,881 berada pada titik pengukuran 26 sedangkan sisanya berada pada tingkat kerentanan rendah dengan skor total pembobotan berada di antara 0,668 sampai dengan 774.
3. Mikrozonasi *multidisaster* di daerah sekitar Waduk Sermo berturut-turut berada pada kerentanan sangat rendah, rendah dan tinggi. Kerentanan sangat rendah berada pada titik pengukuran 1, 5, 8, 9, 11, 15, 16, dan 20 dengan skor total pembobotan antara 1 sampai dengan 4,74. Kerentanan tinggi berada pada titik pengukuran 26 dengan skor total pembobotan antara 12,25 sampai dengan 16, sedangkan sisanya berada pada kerentanan rendah dengan skor total pembobotan antara 4,75 sampai dengan 8,49.

DAFTAR PUSTAKA

- Al - Huda, Kelompok Gema Insani. 2011. Al- Qur'an Tiga Bahasa. Depok : Al-Huda
- Arsyad, Sitanala. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor : IPB Press.
- Ash - Shiddieqy, Hasbi. 1973. *Tafsir Al-Qur-anul Majied "AN-Nur"*. Edisi pertama, Jakarta : Bulan Bintang.
- Ayu Algary, Tissia. 2013. *Perhitungan Tingkat Kerusakan Gempabumi dengan Metode*

- HVSR Berdasarkan Nilai Amplifikasi dan Indeks Kerentanan Seismik di Jiwo Timur, Bayat, Klaten, Jawa Tengah.* (Skripsi), Program Studi Geofisika, FMIPA, UGM.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2014. *Gempabumi*. Diakses 6 Mei 2014 dari www.bmkg.go.id
- Beny dkk. 2009. *Penelitian Pendahuluan Dalam Rangka Melihat Kondisi Potensi Lahan Di SUB DAS Ngrancah, DAS Serang Bagi Pengembangan Pengelolaan DAS Di DTW. Sermo, Kabupaten Kulon Progo*. Diakses 6 Februari 2014 dari www.scribd.com
- BMKG. 2010. *Kajian Kerawanan Bahaya Gempabumi Di Kabupaten Bantul DIY*. (Laporan Hasil Pekerjaan), Pusat Penelitian Dan Pengembangan Badan Meteorologi klimatologi Dan Geofisika.
- BNPB. 2013. *Kebencanaan*. Diakses 20 Maret 2013 dari <http://www.bnpb.go.id>
- Budianta, W. 2000. *Pengaruh Kondisi Hidrologi dan Sanitasi Lingkungan Terhadap Tingkat Kandungan Bakteri Coli Pada Air Tanah Dangkal di Kotamadya Yogyakarta dan Sekitarnya*. (Skripsi), Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, UGM
- Edwiza, Daz dan Sri Novita, 2008, *Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metoda Kannai*, Repository Universitas Andalas, Padang.
- Elnashai, S.A. dan Sarno, D.L. 2008. *Fundamental of Earthquake Engineering*. Wiley. Hongkong.
- Ettwein. V and Maslin. M. 2011. *Physical Geography: Fundamentals Of The Physical Environment*. London : University of London International Programmes
- Farid, Muhammad dkk. 2012. *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Kerentanan Seismik Akibat Gempabumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu*. Fisika, FMIPA, Universitas Bengkulu.
- Gadallah, R.M dan Fisher, R. 2009. *Exploration Geophysics*. Springer. Berlin
- Hadi, Sutrisno. 1998. *Statistik Jilid 1*. Yogyakarta: ANDI
- Hall, R. 2002. *Cenozoic Geological and Plate Tectonic Evolution of SE Asia and The SW Pacific : Computer-Based Reconstructions, Model and Animations*, Journal of Asian Earth Sciences 20 (2002) 353-431
- Herry, Januar. 2009. *Mikrozonasi Seismisitas Daerah Yogyakarta Dan Sekitarnya*. (Tesis), Program Magister Teknik Geodesi dan Geomatika Bidang Pengutamaan Sistem Informasi Mitigasi Bencana, Institut Teknologi Bandung.
- Hilman Saputra, Anton. 2006. *Pemodelan Top basement dan Diskontinuitas Moho Daerah Yogyakarta dan Sekitarnya Berdasarkan Waktu Tempuh dan Sudut Datang Gelombang P Menggunakan Sumber Gempa dari Arah Tenggara*. (Skripsi), Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, FMIPA, UGM Yogyakarta.
- Ibrahim, Gunawan dan Subardjo. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Jakarta : Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Kertapati, E. K., 2006, *Aktivitas Gempabumi di Indonesia: Perspektif Regional pada Karakteristik Gempabumi Merusak*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Pusat Survei Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Labertta, Septian. 2013. *Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Analisis Mikrotremor di Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. (Skripsi), Program Studi Fisika, FMIPA, UNY.
- Nakamura, Y., 1989. *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface*, Quarterly Report of RTRI, Railway Technical Research Institute (RTRI), 1989, Vol. 30, No.1.
- Nakamura, Y. 2008. *on The H/V spectrum*. Beijing : The 14th Word Conference on Earthquake Engineering
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 2014. *Gerakan Lempeng*

- Bumi. Diakses 2 Mei 2014 dari oceanexplorer.noaa.gov
- Pemerintah Kabupaten Blitar. 2013. *Tanah Longsor*. Diakses 3 Mei 2014 dari www.blitarkab.go.id
- Raharjo. W, Sukandar. R, Rosidi H.M.D. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Refrizon dkk. 2013. *Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Tingkat Kerentanan Seismik Daerah Ratu Agung Kota Bengkulu*. Proseding Semirata FMIPA Universitas Lampung.
- Rosita D, Ella. 2013. *Analisis Ground Shear Strain di Wilayah Kecamatan Jetis Kabupaten Bantul Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor*. (Skripsi), Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga.
- Sapiie, dkk, 2001, *Geologi Fisik*, ITB, Bandung.
- Setiawan, J.H., 2008, *Mikrozonasi Seismisitas Daerah Yogyakarta dan Sekitarnya*, Thesis Magister ITB, Bandung.
- Sugiono dan Nazori. 2012. *Model Peta Digital Rawan Sambaran Petir Dengan Menggunakan Metode Saw (Simple Additive Weighting) : Studi Kasus Propinsi Lampung*. Jurnal TELEMATIKA MKOM, Vol. 4 No. 1, Maret 2012
- Susilawati. 2008. *Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa pada Penelaahan Struktur Bagian dalam Bumi*. Sumatera Utara. Universitas Sumatera Utara
- Utama, Widya dkk. 2011. *Application of Microtremor HVSR Method for Assessing Site Effect in Residual Soil Slope*. International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS – IJENS. Vol. 11 No. 4 Agustus 2011 : 100 – 104.