

ANALISIS *SITE EFFECT* BERDASARKAN DATA MIKROTREMOR DAN NILAI *PEAK GROUND ACCELERATION* PADA SESAR OPAK, KABUPATEN BANTUL DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Muhammad Fajri Nugroho Putra^{*1}, Rustadi¹, Nandi Haerudin¹, Cecep Sulaeman²

¹ Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

² Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG)

Jurusan Teknik Geofisika, FT UNILA

e-mail: ^{*}m.fajri28@gmail.com

ABSTRAK

Kabupaten Bantul terletak di selatan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang dekat dengan zona subduksi dan sesar aktif. Pada mitigasi bencana gempabumi, diperlukan klasifikasi kerentanan tanah dengan karakterisasi *site effect* dan skenario bahaya kegempaan dengan model DSHA. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan *site effect* dengan parameter nilai frekuensi dominan, V_{s30} dan amplifikasi, menentukan zona bahaya kegempaan dan membuat peta zona rawan bencana gempabumi berdasarkan *site effect* dan nilai PGA permukaan tanah. Tahapan dalam penelitian ini terdiri dari pengolahan data untuk memperoleh nilai frekuensi dominan, V_{s30} dan amplifikasi, menghitung nilai PGA berdasarkan sumber gempa dari Sesar Opak dan membuat peta zona rawan bencana gempabumi di Kabupaten Bantul dengan sumber gempa berasal dari Sesar Opak. Mengenai *site effect*, untuk nilai frekuensi dominan dan V_{s30} yang rendah menandakan ketebalan sedimen permukaan yang tebal, sehingga tergolong sebagai tanah lunak. Nilai amplifikasi berbanding terbalik terhadap frekuensi dominan dan V_{s30} . Nilai amplifikasi yang tinggi memiliki tingkat resiko kerusakan yang tinggi, yang biasanya terdapat pada lapisan sedimen permukaan yang tebal. Sedangkan untuk PGA permukaan tanah, terjadi penguatan dibandingkan dengan besar PGA di batuan dasar secara tidak merata. Hal ini dikarenakan adanya efek amplifikasi yang bekerja pada beberapa titik. Daerah dengan nilai PGA tertinggi terdapat pada daerah yang dekat dengan Sesar Opak dan terus berkurang seiring bertambahnya jarak. Berdasarkan *site effect* dan estimasi PGA permukaan tanah, daerah yang paling rentan terhadap bencana gempabumi yaitu pada wilayah yang dekat dengan Sesar Opak. Hal ini dikarenakan faktor jarak dari sumber gempa dan jenis tanah lunak yang terdapat di sekitar Sesar Opak.

ABSTRACT

Bantul regency is located in the south of special region of Yogyakarta, which close to the subduction zone and active faults. In earthquake disaster mitigation, soil vulnerability classification is required by using site effect characterization and scenario of earthquake hazard with DSHA model. The goals of this study is to determine the site effect with the parameters of the dominant frequency, V_{s30} and amplification, determine the high risk zone of earthquake hazard and create a map of earthquake disaster-prone zone based on site effect and PGA soil value. The stages in this research consist of data processing to obtain the dominant frequency, V_{s30} and amplification, calculate PGA value based on earthquake source from Opak Fault and make a map of earthquake disaster-prone zone in Bantul regency by using earthquake source from Opak fault. Concerning of the site effect, if the dominant frequency and V_{s30} is low, that mean the surface sediment is thick, it is classified as soft soil. The amplification value is inversely related to the dominant frequency and V_{s30} . High amplification values have a high degree of risk of damage, which is usually present in a thick layer of surface sediment. Meanwhile, for PGA in soil, there was a strengthening compared with PGA in bedrock unevenly. This is due to the amplification effect that works at some point. The regions with the highest PGA values are in areas that close into the Opak Fault and decrease with increasing distance. Based on the site effect and estimation of PGA in soil, the area most vulnerable to earthquake disasters is in areas close to the Opak Fault. This is due to the distance factor from the source of the earthquake and the soft soil type located around of Opak Fault.

Keywords— *Bantul Regency, Opak Fault, Site Effect, Dominant Frequency, amplification, V_{s30} , DSHA and PGA*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Yogyakarta merupakan provinsi yang rawan akan terjadinya bencana alam. Hal ini dikarenakan provinsi ini terletak di selatan Pulau Jawa, dekat dengan gunung api, zona subsuksi dan sesar aktif. Keberadaan Gunung Merapi, sehingga provinsi ini rawan akan terjadinya erupsi gunung api maupun gempa vulkanik. Sedangkan pada zona subduksi lempeng Indo-Australia terhadap lempeng Eurasia dan sesar aktif Opak, rawan akan terjadinya gempabumi. Gempabumi besar terakhir yang terjadi di Yogyakarta terjadi pada 27 Mei 2006 berkekuatan 6,3 Mw dengan episenter 8,03° LS 110,32° BT dan hiposenter 11,3 km. Upaya mitigasi harus dilakukan secara terus menerus yang bertujuan untuk meminimalkan risiko bencana gempa dan tsunami di wilayah Yogyakarta yang mungkin akan terulang di masa yang akan datang.

Pada mitigasi bencana gempabumi, diperlukan klasifikasi kerentanan tanah berdasarkan parameter nilai frekuensi, periode, kecepatan gelombang geser (V_s) dan amplifikasi. Dengan menggunakan modul *Horizontal to Vertikal Spectral Ratio* (HVSr). *Peak Ground Acceleration* (PGA) merupakan percepatan gerak tanah yang timbul akibat adanya gempabumi. Untuk mengetahui nilai PGA suatu daerah, dapat dihitung dari gempabumi yang bersumber dari patahan maupun sesar aktif. Selanjutnya dapat ditentukan daerah rawan kerusakan apabila terjadinya gempabumi berdasarkan besar kecilnya nilai PGA pada daerah tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Menentukan nilai frekuensi dominan, V_{s30} dan amplifikasi di Kabupaten Bantul berdasarkan data mikrotremor.

2. Menentukan zona bahaya kegempaan berdasarkan pendekatan *Peak Ground Acceleration* (PGA) di Kabupaten Bantul.
3. Membuat peta zona rawan bencana gempabumi di Kabupaten Bantul berdasarkan nilai frekuensi dominan, V_{s30} , amplifikasi dan *Peak Ground Acceleration*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Geologi Kabupaten Bantul

Kabupaten Bantul didominasi oleh endapan vulkanik gunung merapi muda yang merupakan batuan gunung api yang berupa endapan vulkanik Gunung Merapi yang tergolong muda, terbentuk pada periode Kwartir (Rahardjo, dkk, 1977)

Terdapat juga Sesar Opak yang terdapat di Kabupaten Bantul. Pola perpindahannya memperlihatkan terdapat tiga blok yang bergerak masing-masing ke arah timurlaut, baratdaya, dan barat. Namun, bila dilihat sebaran data pengukuran dan validasi estimasi, data yang lebih lengkap berada di timurlaut dan di tengah daerah studi, sehingga dapat dikatakan bahwa perpindahan yang dominan adalah di sebelah timur ke timurlaut dan di sebelah barat ke baratdaya. Pola perpindahan tersebut menunjukkan jenis sesar merupakan sesar mendatar mengiri dengan arah baratdaya - timurlaut. Berdasarkan data geologi, Sesar Opak di Kabupaten Bantul berarah baratdaya - timurlaut (Wartono, 1995).

3. TEORI DASAR

3.1 Mikrotremor

Mikrotremor merupakan getaran tanah yang sangat kecil dan terus menerus yang bersumber dari berbagai macam getaran seperti, lalu lintas, angin, aktivitas manusia

dan lain-lain (Kanai, 1983). Mikrotremor dapat juga diartikan sebagai getaran harmonik alami tanah yang terjadi secara terus menerus, terjebak dilapisan sedimen permukaan, terpantulkan oleh adanya bidang batas lapisan dengan frekuensi yang tetap, disebabkan oleh getaran mikro di bawah permukaan tanah dan kegiatan alam lainnya. Penelitian mikrotremor dapat mengetahui karakteristik lapisan tanah berdasarkan parameter periode dominannya dan faktor penguatan gelombang (amplifikasi).

3.2 Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)

HVSr merupakan satu metode analisa yang diperkenalkan oleh Nakamura berdasarkan pengalaman beliau melakukan pengamatan perambatan gelombang geser akibat peristiwa gempa. Nakamura dan Saito (1983) melakukan pengamatan perambatan gelombang gempa untuk berbagai kondisi geologi.

Konsep dasar metode HVSr adalah adanya kesamaan antara rasio spektra horizontal ke vertikal dengan transfer gelombang dari batuan dasar ke permukaan (Nakamura, 1989). Nakamura menyampaikan bahwa periode dominan dan nilai puncak dari spektra rasio (H/V) mempunyai kesamaan dengan periode natural dan faktor amplifikasi dari lapisan tanah, nilai H/V diperoleh dari perbandingan antara spektrum amplitudo fourier komponen gelombang horizontal terhadap gelombang vertikal (Windu dkk, 2013).

3.3 Frekuensi Dominan

Frekuensi dominan adalah nilai frekuensi yang kerap muncul sehingga diakui sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan di wilayah tersebut sehingga nilai frekuensi dapat menunjukkan jenis dan karakteristik batuan tersebut. Lachet dan Brad (1994) melakukan uji simulasi

dengan menggunakan 6 model struktur geologi sederhana dengan kombinasi variasi kontras kecepatan gelombang geser dan ketebalan lapisan lunak. Hasil simulasi menunjukkan nilai puncak frekuensi berubah terhadap variasi kondisi geologi. Dari nilai frekuensi dominan yang terukur dipermukaan, dapat diketahui karakteristik batuan dibawahnya, dapat dilihat pada **Tabel 1** tentang klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan.

3.4 Kecepatan Gelombang Geser (V_{s30})

V_{s30} merupakan kecepatan gelombang geser hingga pada kedalaman 30 m dari permukaan. Menurut Roser dan Gosar (2010) nilai V_{s30} ini dapat dipergunakan dalam penentuan standar bangunan tahan gempa. Nilai V_{s30} digunakan untuk menentukan klasifikasi batuan berdasarkan kekuatan getaran gempabumi akibat efek lokal serta digunakan untuk keperluan dalam perancangan bangunan tahan gempa. V_{s30} merupakan data yang penting dan paling banyak digunakan dalam teknik geofisika untuk menentukankarakteristik struktur bawah permukaan hingga kedalaman 30 meter (Nurahmi dkk, 2015).

V_{s30} merupakan parameter geoteknik yang sangat berguna untuk analisa gelombang seismik. Karakteristik atau sifat batuan sangat dibutuhkan untuk menganalisa sifat dinamis batuan, sehingga kekakuan batuan, dan kuat geser tanah dapat diketahui, dengan mengukur kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter. Untuk pembagian Site Class berdasarkan V_{s30} dapat dilihat pada **Tabel 2**.

3.5 Amplifikasi

Amplifikasi memberikan gambaran tentang perubahan (pembesaran) percepatan gerakan tanah dari batuan dasar ke permukaan. Pembesaran percepatan tanah dari batuan dasar ke permukaan disebabkan karena perbedaan kecepatan

gerakan gelombang geser (V_s) di batuan dasar dan pada lapisan tanah (sedimen). Nilai V_s dari batuan dasar ke permukaan akan makin mengecil. Nilai V_s yang makin mengecil menyebabkan makin kecilnya nilai modulus geser (G_s) dan faktor redaman (μ), sehingga percepatan tanah akan makin membesar. Semakin besar nilai faktor amplifikasi, maka semakin besar pula percepatan gerakan tanah di permukaan (Windu, dkk, 2013).

Amplifikasi berbanding lurus dengan nilai perbandingan spektral horizontal dan vertikalnya (H/V). Nilai amplifikasi bisa bertambah, jika batuan telah mengalami deformasi (pelapukan, pelipatan atau pesesaran) yang mengubah sifat fisik batuan. Pada batuan yang sama, nilai amplifikasi dapat bervariasi sesuai dengan tingkat deformasi dan pelapukan pada tubuh batuan tersebut (Marjiyono, 2010).

3.6 Modul sumber gempa pada zona Patahan

Model sumber gempa *fault* ini juga disebut sebagai sumber gempa tiga dimensi karena dalam perhitungan probabilitas jarak, yang dilibatkan adalah jarak dari *site* ke *hypocenter*. Jarak ini memerlukan data *dip* dari *fault* yang akan dipakai sebagai perhitungan probabilitas tersebut. Parameter-parameter yang diperlukan untuk analisis probabilitas dengan model sumber gempa sesar adalah *fault trace*, mekanisme pergerakan, *slip-rate*, *dip*, panjang dan lebar *fault*. Penentuan lokasi sesar (*fault trace*) ini berdasarnya dari data-data peneliti yang sudah dipublikasi yang kemudian di *trace* ulang dengan menggunakan data *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) yang berbentuk peta geomorfologi dan data gempa historis yang sudah direlokasi. Dari hasil *trace* ini didapatkan panjang dari sesar yang dicari. Data-data yang lain didapatkan dari referensi yang sudah dipublikasi dan hasil diskusi dengan para

ahli geologi, geofisika, geodinamika dan seismologi yang tergabung dalam Tim Teknis Revisi Peta Gempa Indonesia seperti yang terlihat pada **Gambar 1**.

Dengan tidak tersedianya data untuk menurunkan suatu fungsi atenuasi di wilayah Indonesia, pemakaian fungsi atenuasi yang diturunkan dari wilayah lain tidak dapat dihindari. Pemilihan fungsi atenuasi ini didasarkan pada kesamaan kondisi geologi dan tektonik dari wilayah dimana fungsi atenuasi itu dibuat. Fungsi atenuasi yang digunakan sebagian besar sudah menggunakan *Next Generation Attenuation* (NGA), dimana atenuasi ini dalam pembuatannya sudah menggunakan data gempa global (Irsyam, 2010).

3.6.1 Fungsi atenuasi Boore – Atkinson

Fungsi ini digunakan untuk sumber gempa *shallow crustal* (*strike slip*, *reverse* dan *normal*). Fungsi atenuasi ini dapat digunakan untuk $M = 5-8$, jarak kurang dari 200 km, dan $V_{s30} = 180-1300$ m/s.

3.6.2 Fungsi atenuasi Campbell - Bozorgnia

Fungsi Atenuasi ini berlaku untuk sumber seismik kerak dangkal (*strike slip*, *reverse* atau *normal*). Model regresi ini dikembangkan menggunakan data *strong-motion* dibandingkan dengan magnitudo, jarak (0 sampai 200 km) menggunakan 1561 data dari 64 peristiwa gempa utama untuk M antara 4,3 sampai 7,9 dan jarak *rupture* antara 0,1 sampai 199 km. Data gempa dikombinasikan dari gempa bumi dangkal yang terletak pada daerah tektonik aktif di seluruh dunia.

3.6.3 Fungsi atenuasi Chiou - Youngs

Persamaan atenuasi ini dapat digunakan untuk sumber gempa yang terletak di *shallow crustal* (*strike slip*,

reverse dan *normal*). Persamaan ini dikembangkan dari data *strong-motion*, menggunakan 3551 data dari 173 gempa utama dan gempa susulan sebagai informasi tambahan untuk membuat model koefisien, jarak *rupture* maksimal sampai 70 km untuk menghindari data bias, data ini dikombinasikan dari data gempa dangkal, khususnya pada zona sesar aktif di seluruh dunia.

3.7 Peak Ground Acceleration (PGA)

Acceleration atau percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Percepatan getaran tanah maksimum adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempabumi (Febriani, dkk, 2013).

Informasi mengenai karakteristik PGA akibat gempa, dapat diperoleh melalui rekaman kejadian gempa pada masa yang lalu. Perekaman *ground acceleration* dimungkinkan untuk mengekstraksi karakteristik utama dari rekaman *ground motion* seperti *peak groundvelocity*, *peak grounddisplacement*, *ground motion duration* dan PGA (Villavarde, 2009). Percepatan gempa (*ground velocity*) dapat dihitung sebagai percepatan di batuan dasar (*ground acceleration*) maupun percepatan gempa dipermukaan tanah. Nilai PGA dapat dihitung dengan mempergunakan fungsi antenuasi (Irwansyah dan Winarko, 2012).

3.8 Logic Tree

Pendekatan dengan menggunakan *logic tree* memungkinkan untuk penggunaan beberapa alternatif metode atau model dengan menentukan faktor bobot yang menggambarkan persentase kemungkinan keakuratan relatif suatu model terhadap model lainnya. Model ini terdiri dari rangkaian nodal yang

direpresentasikan sebagai titik dimana model dispesifikkan dan cabang yang merepresentasikan model yang berbeda yang dispesifikasikan pada tiap nodal. Penjumlahan probabilitas dari semua cabang yang dihubungkan dengan satu nodal tertentu nilainya harus sama dengan satu.

Dalam menggunakan *logic tree*, satu analisis resiko gempa diselesaikan untuk kombinasi model atau parameter yang berkaitan dengan tiap ujung cabang. Hasil tiap analisis diberikan oleh nilai bobot kemungkinan relatif dari kombinasi cabang, dengan hasil akhir diambil sebagai penjumlahan dari bobot masing-masing. Model *logic tree* yang dipakai disesuaikan dengan model sumber gempa yang digunakan. Model untuk sumber gempa sesar memiliki bobot masing-masing 1/3. Pemakaian *logic tree* sangat diperlukan akibat adanya faktor ketidakpastian dalam pengelolaan data untuk analisis *seismic hazard*. Dengan adanya model *treatment* ini, data, parameter sumber gempa, dan model atenuasi bisa diakomodir dengan bobot sesuai dengan ketidakpastiannya.

3.9 Seismic Hazard Analysis (SHA)

Ada 2 metode yang digunakan dalam *Seismic Hazard Analysis* (SHA) yaitu DSHA (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*) dan PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*). Perbedaan utama antara pendekatan DSHA dan PSHA adalah pada pendekatan probabilistik (PSHA), frekuensi untuk setiap skenario pergerakan tanah yang akan terjadi juga diperhitungkan. Metode DSHA ini memungkinkan untuk memperhitungkan pengaruh faktor-faktor ketidakpastian dalam analisis seperti ukuran, lokasi dan frekuensi kejadian gempa (Irsyam dkk, 2010).

Secara umum metode pendekatan DSHA dapat dibagi menjadi 4 tahapan yaitu: melakukan identifikasi terhadap sumber-sumber gempa yang kemungkinan

akan berpengaruh pada lokasi pengamatan, menentukan skenario parameter gempa dengan cara memilih magnitudo maksimum dan lokasi terdekat dari sumber gempa yang diperkirakan akan menghasilkan dampak pada lokasi pengamatan, menentukan parameter gerakan tanah pada lokasi pengamatan dengan menggunakan fungsi atenuasi dan menentukan parameter gerakan tanah yang terbesar yang direncanakan akan terjadi pada lokasi pengamatan. DSHA dilakukan dengan menentukan parameter gerakan tanah pada lokasi pengamatan dengan menggunakan fungsi atenuasi (Irsyam, dkk, 2010).

Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA) banyak digunakan pada periode awal dari perhitungan *seismic hazard*. Konsep dasar DSHA adalah menentukan parameter *ground motion* dengan menggunakan magnitudo gempa maksimum dan jarak sumber gempa yang paling dekat dari titik pengamatan. DSHA diimplementasikan dengan menentukan skenario parameter gempa dengan cara memilih magnitudo maksimum dan lokasi terdekat dari sumber gempa yang diperkirakan akan menghasilkan dampak pada titik pengamatan (Windu, dkk, 2015).

4 METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

- a. Seperangkat komputer.
- b. Alat tulis.
- c. *Software Surfer* 12.
- d. *Software geopsy* versi 2.9.1.
- e. *Global mapper* 15 .
- f. Arc GIS 10.
- g. *Microsoft Excel* versi 2016.
- h. *Microsoft Word* versi 2016.
- i. Data mikrotremor (.saf).
- j. Peta geologi regional Daerah Istimewa Yogyakarta.

- k. Hasil Studi Tim Revisi Gempa Indonesia 2010.

4.2 Data dan Sumber Daya

Data yang digunakan pada penelitian kali ini adalah :

1. Data yang digunakan adalah data sekunder yang terdiri dari 50 titik dengan metode HVSR yang akan diolah dengan *software geopsy* untuk mendapatkan nilai frekuensi dominan dan amplitudo yang akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai Vs30 dan penguatan amplifikasi daerah penelitian.
2. Menghitung nilai PGA pada lapisan tanah dengan sumber gempa berasal dari Sesar Opak.

4.3 Prosedur Pengolahan Data

4.3.1 HVSR Mikrotremor

Dari akuisisi mikrotremor akan didapatkan data dengan format berupa .SAF. Data tersebut kemudian diolah dengan modul HVSR menggunakan perangkat lunak berupa *Geopsy*. *Geopsy* akan menghasilkan keluaran berupa kurva spektrum HVSR.

4.3.2 *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA)

Pada tahapan ini yang pertama dilakukan yaitu identifikasi dan karakterisasi sumber gempa yang diperkirakan berpengaruh pada lokasi penelitian (Sesar Opak). Selanjutnya menghitung jarak terdekat dari sumber gempa terhadap lokasi penelitian, lalu menentukan magnitudo terbesar dari sumber gempa yang akan digunakan. Setelah itu melakukan perhitungan PGA

menggunakan fungsi atenuasi untuk sumber gempa patahan.

4.3.3 Pembuatan Peta

Setelah pengolahan data dengan metode mikrotremor dan DSHA selesai dilakukan, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan peta untuk setiap hasil pengolahan data. Tahap pembuatan peta ini akan menghasilkan beberapa peta, antara lain peta persebaran frekuensi dominan, V_{s30} , amplifikasi, PGA dan peta rawan bencana gempabumi di lokasi penelitian.

5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis peta persebaran nilai frekuensi dominan

Seperti yang terlihat pada **Gambar 2**, dapat diketahui persebaran frekuensi dominan di Kabupaten Bantul berdasarkan klasifikasi Kanai. Berdasarkan persebaran nilai frekuensi dominan, frekuensi dominan di Kabupaten Bantul berkisar antara 0,6171 Hz – 7,0800 Hz. Untuk daerah sekitar Sesar Opak, didominasi oleh nilai frekuensi dominan 0,6171 Hz – 2 Hz.

Kabupaten Bantul terdiri dari tanah jenis I sampai dengan jenis IV berdasarkan klasifikasi kanai dengan pembatasan nilai seperti yang ditampilkan pada **Tabel 1**. Untuk tanah jenis IV terbentang di sekitaran jalur Sesar Opak, terdapat pada beberapa kecamatan secara keseluruhan seperti di Kecamatan Banguntapan, Jetis, Bambanglipuro dan Kecamatan Sanden Tanah jenis ini juga terdapat pada sebagian di Kecamatan Sedayu, Pajangan, Pinyungan, Sewon, Pleret, Pandak, Pundong, Imogiri, Kretek dan Kecamatan Dlingo. Tanah jenis IV merupakan zona yang memiliki sedimen permukaan yang sangat tebal dengan kedalaman batuan aluvial 30 meter atau lebih dengan karakter tanah yang cenderung sangat lunak.

Untuk tanah jenis II sampai dan tanah jenis III, tersebar pada Kecamatan

Kasihan, Sedayu, Pajangan, Sewon, Pinyungan, Bantul, Pleret, Srandakan, Pandak, Imogiri dan Kecamatan Dlingo. Kecamatan Bantul dan Kecamatan Srandakan memiliki jenis tanah III yang dikategorikan sebagai batuan alluvial dengan ketebalan lebih dari 5 meter dengan karakter tanah yang cenderung lunak. Untuk Kecamatan Kasihan terdiri dari tanah jenis III diikuti dengan tanah jenis II pada bagian tengah Kecamatan tersebut. Tanah jenis II merupakan batuan alluvial dengan ketebalan sekitar 5 meter dan merupakan tanah dengan karakter sedang yang tersebar pada kecamatan-kecamatan yang telah disebutkan. Untuk Kecamatan lainnya yang disebutkan, kondisi tanahnya hampir sama, yaitu campuran antara tanah jenis III dan tanah jenis II. Sedangkan, Kecamatan Sedayu memiliki nilai frekuensi dominan yang kian membesar ke arah selatan kecamatan ini. Pada Kecamatan Sedayu ini terdapat luasan kecil yang termasuk tanah jenis I yang merupakan batuan tersier atau lebih tua yang memiliki karakter tanah yang keras.

5.2 Analisis peta persebaran nilai V_{s30}

Gambar 3 merupakan persebaran V_{s30} di Kabupaten Bantul berdasarkan klasifikasi NEHRP dengan nilai berkisar antara V_{s30} 74,0461- 1629,2880 m/s. pembagian kelas tanah berdasarkan nilai V_{s30} oleh NEHRP dibagi menjadi 5 kelas, dengan tanah kelas A dideskripsikan sebagai batuan keras sampai dengan kelas E yang merupakan tanah lunak.

Berdasarkan peta ini, dapat diketahui bahwa Kabupaten Bantul didominasi oleh tanah kelas D dan diikuti dengan tanah kelas C. Tanah kelas D dikategorikan sebagai tanah yang tidak terlalu lunak (sedang) dengan nilai berkisar 180 – 360 m/s. Sedangkan untuk tanah kelas C, dikategorikan sebagai tanah yang keras ataupun batuan lunak dengan nilai V_{s30}

berkisar 360 – 760 m/s . Untuk tanah dengan kelas E merupakan tanah lunak yang memiliki nilai V_{s30} kurang dari 180 m/s yang tersebar pada beberapa titik. Tanah dengan kelas E tersebar pada beberapa kecamatan dengan luasan yang kecil. Wilayah yang terdapat sebagian tanah dengan kelas E yaitu di Kecamatan Banguntapan, Pinyungan, Jetis, Sanden, Kretek, Imogiri dan beberapa luasan yg kecil seperti pada Kecamatan Dlingo, Sewon, Pundong, Sedayu, Kasihan dan Kecamatan Pajangan.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, wilayah yang termasuk dalam kelas E ini memiliki tanah yang lunak. Berdasarkan peta persebaran nilai V_{s30} Kabupaten Bantul yang telah diklasifikasi, dapat diketahui bahwa tanah kelas D dan kelas C mendominasi keseluruhan wilayah. Dari peta ini, dapat dilihat pada Kabupaten Bantul didominasi oleh tanah kelas D hingga kelas C yang merupakan tanah sedang hingga tanah keras (batuan lunak). Untuk tanah kelas C yang terdapat pada bagian utara Kecamatan Imogiri, bagian selatan Kecamatan Sedayu dan bagian barat Kecamatan Pajangan terdapat luasan kecil yang masuk dalam tanah kelas B. Tanah kelas B dalam NEHRP dikategorikan sebagai batuan sedang dengan nilai V_{s30} sebesar 760 – 1500 m/s .

Dari klarifikasi NEHRP ini, dapat diketahui bahwa sebagian besar Kabupaten Bantul tersusun oleh tanah sedang hingga keras (kelas D dan kelas C) yang tebal dengan kedalaman minimal 30 meter di bawah permukaan. Tanah lunak yang cukup tebal pada Kabupaten Bantul ini, dapat memperbesar efek dari gelombang gempabumi (amplifikasi). Amplifikasi akan semakin besar pada tanah yang memiliki kecepatan gelombang geser (V_s) yang semakin rendah (tanah lunak), begitupun sebaliknya. Dengan begitu, Kabupaten Bantul yang didominasi dengan tanah kelas D dan kelas C rentan akan amplifikasi yang cukup besar ketika terdapat gelombang gempabumi.

5.3 Analisis peta persebaran nilai Amplifikasi

Pada **Gambar 4** yang merupakan peta persebaran nilai amplifikasi Kabupaten Bantul. Dari peta ini, dapat diketahui bahwa Kabupaten Bantul memiliki nilai amplifikasi dari 0,4270 – 5,9454 kali. Daerah yang memiliki amplifikasi besar merupakan tanah lunak dan tebal. Daerah dengan nilai amplifikasi lebih besar dari daerah lainnya dengan nilai berkisar 3,4 kali, yaitu terdapat pada sebagian dari Kecamatan Pajangan, Banguntapan, Pinyungan, Jetis, Dlingo, Imogiri, Bambanglipuro, Pundong dan Kecamatan Kretek. Sebagian besar daerah di Kabupaten Bantul memiliki nilai amplifikasi yang rendah dengan rentang dibawah 2 kali. Daerah dengan nilai amplifikasi rendah terdapat di Kecamatan Kasihan, Sewon, Pleret, Bantul, Srandakan dan Kecamatan Pandak.

Frekuensi dominan dan amplifikasi saling berhubungan. Frekuensi dominan dapat menggambarkan jenis tanah dan ketebalan. Semakin rendah frekuensi dominan, maka dapat diperkirakan bahwa tanah semakin lunak dan tebal. Di Kabupaten Bantul didominasi dengan nilai amplifikasi yang rendah, dengan beberapa daerah memiliki puncak amplifikasi yang cukup tinggi.

5.4 Analisis peta persebaran nilai PGA lapisan tanah

Gambar 5 merupakan peta persebaran PGA di permukaan tanah (*PGA Surface*) di Kabupaten Bantul akibat aktivitas Sesar Opak. Dapat dilihat pada peta, terjadi peningkatan nilai PGA setelah sampai di permukaan tanah. Rentang nilai PGA di batuan dasar yaitu sebesar 0,2310 – 0,7638 g , sedangkan nilai PGA di permukaan tanah sebesar 0,4312 – 1,2759 g . Peningkatan nilai PGA pada permukaan tanah ini tidak lepas dari fenomena

amplifikasi. PGA permukaan tanah di Kabupaten Bantul menunjukkan bahwa daerah dengan akumulasi tanah endapan tebal memiliki nilai PGA permukaan yang tinggi.

Dengan melihat kembali peta persebaran nilai frekuensi dominan, dapat diketahui bahwa daerah yang nilai frekuensi dominan rendah memiliki tanah endapan yang tebal, seperti yang terdapat di dekat sekitar Sesar Opak. Seperti yang terlihat pada **Gambar 5**, daerah dengan nilai PGA tinggi sebesar 1,05 – 1,2759 *g* terdapat di Kecamatan Banguntapan, Pinyungan, Pleret, Jetis, Pundong, Bambanglipuro dan Kecamatan Kretek. Terdapat juga beberapa Kecamatan yang hanya setengah bagiannya saja yang termasuk dalam rentang nilai PGA permukaan tanah yang tinggi, yaitu terdapat di Kecamatan Sewon, Dlingo, Bantul, Imogiri dan Kecamatan Sanden.

Daerah-daerah yang telah disebutkan memiliki nilai PGA permukaan tanah yang tinggi dibanding sekitarnya. Hal ini dikarenakan daerah-daerah tersebut berada di sekitaran sumber gempa (Sesar Opak) sehingga mendapat guncangan paling besar. Ditambah dengan keberadaan tanah endapan lunak yang tebal yang ditunjukkan dengan rendahnya nilai frekuensi dominan daerah-daerah tersebut, sehingga memperbesar faktor amplifikasi. Peningkatan nilai PGA pada permukaan tanah terdistribusi secara tidak merata, seperti yang dapat dilihat pada bagian selatan Kabupaten Bantul.

Secara keseluruhan, dapat dianalisis daerah mana saja yang rentan terhadap bahaya guncangan gempabumi berdasarkan nilai PGA. Daerah dengan nilai *PGA surface* yang tinggi diidentifikasi memiliki kerentanan bahaya guncangan gempabumi yang tinggi karena akan menyebabkan gaya yang diterima bangunan akan semakin besar akibat gempa. Semakin besar percepatan gerakan tanah di suatu daerah, maka gaya akibat guncangan gempa yang diterima bangunan akan semakin besar, meskipun tetap

dipengaruhi oleh besar kecilnya massa bangunan.

Daerah tingkat kerentanan bahaya guncangan gempabumi tertinggi terdapat pada daerah disekitaran Sesar Opak, yang terus berkurang ke arah barat dan timur menjauhi sumber gempa. Daerah dengan potensi bahaya gempa terendah yaitu pada bagian barat laut Kabupaten Bantul dikarenakan letaknya yang paling jauh dari sumber gempa (Sesar Opak). Sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh yang besar dari kondisi tanah setempat terhadap besarnya nilai PGA suatu daerah. Semakin lunak dan tebal tanah di suatu daerah, maka akan semakin besar peningkatan nilai PGA yang terjadi di daerah tersebut.

5.5 Analisis Peta Rawan Bencana

Telah dibahas mengenai karakterisasi kondisi tanah (*site effect*) dan analisis bahaya kegempaan di Kabupaten Bantul. Karakterisasi *site effect* memanfaatkan data pengolahan dari HVSR mikrotremor, yang menghasilkan beberapa parameter penting untuk menilai kondisi tanah seperti frekuensi dominan, V_{s30} dan amplifikasi. Sedangkan untuk analisis bahaya kegempaan, digunakan metode DSHA untuk membuat skenario guna mengestimasi nilai percepatan tanah puncak (PGA) di Kabupaten Bantul.

Nilai parameter yang menggambarkan daerah yang rawan bencana akan diberikan identitas berupa nilai yang tinggi, dan untuk nilai parameter yang menunjukkan daerah yang tidak rawan bencana akan diberikan identitas dengan nilai yang rendah. Lalu, nilai identitas dari tiap-tiap parameter tersebut dijumlahkan untuk menunjukkan seberapa besar tingkat kerawanan suatu daerah terhadap bencana gempabumi. Semakin besar total nilai identitas yang dimiliki oleh suatu daerah, maka daerah tersebut memiliki rawan bencana yang semakin tinggi, begitu pula sebaliknya.

Gambar 6 merupakan peta tingkat rawan bencana gempa bumi di Kabupaten Bantul. Pada peta ini dibagi menjadi 3 tingkatan rawan bencana gempa bumi, yaitu rendah (biru), sedang (hijau) dan tinggi (merah). Tingkat rawan bencana tertinggi terdapat di sekitaran Sesar Opak dan beberapa luasan pada daerah yang cukup jauh dari sumber gempa. Daerah dengan tingkat rawan bencana tertinggi, yaitu pada Kecamatan Banguntapan, Pinyungan, Sewon, Pleret, Imogiri, Pundong, Jetis, Bangunlipuro, Sanden, Kretek, Dlingo dan Kecamatan Pajangan.

Untuk beberapa kecamatan yang telah di disebutkan, kecamatan yang hanya mencakup sebagian dari luas daerahnya yaitu terdapat pada Kecamatan Pajangan, Dlingo, Pleret, Imogiri, Sewon, Kretek dan Kecamatan Pundong. Untuk daerah dengan tingkat rawan bencana yang rendah, terdapat di barat laut Kabupaten Bantul (Kecamatan Sedayu, Pajangan dan Kecamatan Kasihan), dan bagian utara Kecamatan Imogiri. Untuk daerah lainnya, dikategorikan dengan tingkat rawan bencana yang sedang, dengan keterangan warna hijau pada peta.

Secara keseluruhan, Kabupaten Bantul memiliki tingkat rawan bencana gempa yang sedang hingga tinggi. Jika ditinjau lebih khusus, terdapat beberapa daerah dengan tingkat rawan bencana yang rendah dan tinggi. Untuk daerah dengan tingkat rawan bencana yang tinggi terdapat di dekat Sesar Opak dan beberapa luasan di barat laut dan timur Kabupaten Bantul, ditunjukkan dengan luasan berwarna merah. Sedangkan untuk daerah dengan tingkat rawan bencana sedang yaitu daerah yang menjauh dari Sesar Opak. Dengan tingkat rawan bencana lebih dominan sedang dan beberapa dengan tingkatan rawan bencana yang rendah, seperti pada luasan kecil bagian timur Kabupaten Bantul dan beberapa luasan di bagian barat laut Kabupaten Bantul yang ditunjukkan dengan luasan berwarna biru.

6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Persebaran frekuensi dominan di kabupaten bantul berkisar antara 0,6171 – 7,0800 Hz dengan nilai frekuensi rendah terdapat di sekitar sesar opak yang menandakan daerah ini memiliki lapisan sedimen permukaan yang sangat tebal. Untuk nilai frekuensi tinggi yang berupa daerah dengan lapisan sedimen permukaan yang sangat tipis terdapat di Kecamatan Imogiri, Kecamatan Kasihan, Kecamatan Sedayu dan Kecamatan Pajangan.
2. Persebaran V_{s30} di Kabupaten Bantul memiliki nilai berkisar antara 74,0461 – 1629,2880 m/s dengan daerah yang memiliki nilai V_{s30} rendah terdapat di sekitar sesar opak yang menandakan daerah ini memiliki lapisan tanah yang lunak. Untuk daerah dengan nilai V_{s30} tinggi yang merupakan batuan keras terdapat di Kecamatan Imogiri, Kecamatan Kasihan, Kecamatan Sedayu dan Kecamatan Pajangan. Nilai V_{s30} berbanding lurus dengan nilai frekuensi dominan.
3. Kabupaten bantul memiliki amplifikasi sebesar 0,4270 – 5,9454 kali dengan daerah yang memiliki amplifikasi tinggi (lebih dari 4 kali) terdapat di Kecamatan Pajangan, kecamatan Jetis, Kecamatan Banguntapan, Kecamatan Piyungan, Kecamatan Bambanglipuro, Kecamatan Kretek dan Kecamatan Imogiri. Nilai amplifikasi ini berbanding terbalik dengan nilai frekuensi dominan dan nilai
4. Berdasarkan DSHA, nilai PGA batuan dasar di Kabupaten Bantul berkisar pada 0,2310 – 0,7638 *g*. Daerah dengan nilai PGA tertinggi terdapat pada daerah yang dekat dengan Sesar

- Opak dan terus berkurang seiring bertambahnya jarak.
5. Berdasarkan DSHA, nilai PGA permukaan tanah di Kabupaten Bantul berkisar pada 0,4312 – 1,2759 *g*. Terjadi penguatan nilai PGA dibandingkan dengan besar PGA di batuan dasar secara tidak merata. Hal ini dikarenakan adanya efek amplifikasi yang bekerja pada beberapa titik.
 6. Berdasarkan *site effect* (frekuensi dominan, V_{s30} dan amplifikasi) dan estimasi PGA permukaan tanah dari metode DSHA, daerah paling rentan terhadap bencana gempabumi yaitu pada daerah yang berada dekat dengan Sesar Opak. Hal ini dikarenakan faktor jarak dari sumber gempa dan jenis tanah lunak yang terdapat di sekitar Sesar Opak.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penelitian tersebut adalah :

1. Mempertimbangkan *site effect* yang berupa frekuensi dominan, V_{s30} dan amplifikasi hasil dari penelitian ini untuk kepentingan pembangunan kota maupun bangunan sipil di Kabupaten Bantul.
2. Memperhatikan besar nilai PGA dalam pendirian bangunan sipil yang bersifat vital dan memiliki populasi besar agar tidak dibangun di atas tanah dengan nilai PGA yang tinggi.
3. Dilakukan survei lanjutan dengan metode yang lebih baik untuk karakterisasi *site effect* di Kabupaten Bantul, contohnya seperti seismik refraksi.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, S.S., Mulyatno, B.S., Marjiyono, dan Setyanegara, R., 2014. Penentuan Zona Rawan Guncangan

Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, Volume 2, Nomor 1.

Boore, D.M. dan Atkinson, G. M., 2008. Ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01 s and 10.0 s. *Earthquake Spectra*, Volume 24, Nomor 1.

Campbell, K. dan Bozorgnia, Y., 2008. Ground motion model for the geometric mean horizontal component of PGA, PGV, PGD and 5% damped linear elastic response spectra for periods ranging from 0.01 to 10.0 s. *Earthquake Spectra*, Volume 24, Nomor 1.

Chiou, B. dan Youngs, R. R., 2008. A NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra. *Earthquake Spectra*, Volume 24, Nomor 1.

Febriani, Y., Daruwati, I. dan Hatika, R.G., 2013. Analisis Nilai Peak Ground Acceleration dan Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Data Mikroseismik pada Daerah Rawan Gempabumi Di Kota Bengkulu. *Jurnal Ilmiah Edu Research*, Volume 2, Nomor 2.

FEMA 302., 1997. *NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulation for New Building and Other Structure*. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.

Irsyam, M.D., Sengara, W., Aldiamar, F., Widiyantoro, S., Triyoso, W., Natawidjaja, D.H., Kertapati, E., Meilano, I., Suhardjono., Asrurifak, M. dan Ridwan, M., 2010. *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi*

- Peta Gempabumi Indonsia 2010*. Kementrian Pekerjaan Umum.
- Irwansyah, E. dan Winarko, E., 2012. Zonasi Daerah Bahaya Kegempaan Dengan Pendekatan Peak Ground Acceleration (PGA). *Seminar Nasional Informatika 2012*. UPN Veteran Yogyakarta.
- Kanai, K., 1983. *Seismology in Engineering*. Tokyo University. Japan.
- Lachet, C. dan Brad, P.Y., 1994. Numerical and Theoretical Investigations on The Possibilities and Limitations of Nakamura's Technique. *J. Phys. Earth*, 42, 377-397.
- Marjiyono., 2010. Estimasi Karakteristik Dinamika Tanah Dari Data Mikrotremor Wilayah Bandung (*Thesis*). ITB, Bandung.
- Nakamura, Y. dan Saito, A., 1983. Estimation of Amplification Characteristics of Surface Ground and PGA Using Strong Motion Records in Japan. *Proc. 17th JSCE Earthquake Engineering Symposium*, 25-28.
- Nakamura, Y., 1989. A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using microtremor on the Ground Surface. *Quarterly Report of RTRI, Railway Technical Research (RTRI)*, Volume 30.
- Nurahmi, Effendi, R. dan Sandra., 2015. Analisis Kecepatan Gelombang Geser Vs30 Menggunakan Metode Refraksi Mikrotremor (Remi) Di Kelurahan Talise. *Gravitasi*, Volume 14, Nomor 1.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi dan Rosidi, H. M. D., 1977. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Republik Indonesia. Bandung.
- Rošer, J. dan Gosar, A., 2010. *Determination of Vs30 for seismic ground classifications in the Ljubljana area*. Acta Geotechnica Slovenia. Slovenia.
- Villaverde, R., 2009. *Fundamental Concepts of Earthquake Engineering*, CRC Press-Taylor and Francis Group, Boca Raton. Florida, Amerika Serikat.
- Wartono, R., 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Windu, P., Irsyam, M., Wardani, S.P.R. dan Maarif, S., 2015. Persepsi Pengembangan Peta Rawan Gempa Kota Semarang Melalui Penelitian Hazard Gempa Deterministik. *Jurnal MKTS*, Volume 19, Nomor 2.
-

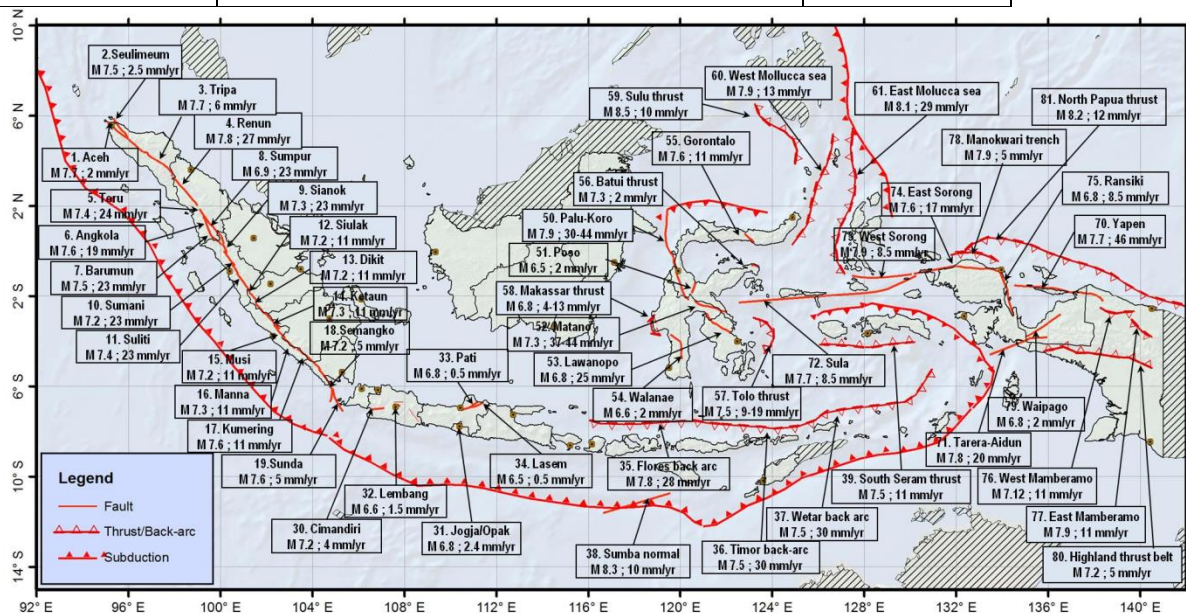
LAMPIRAN

Tabel 1. Kalisifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor oleh Kanai (Arifin, dkk, 2014)

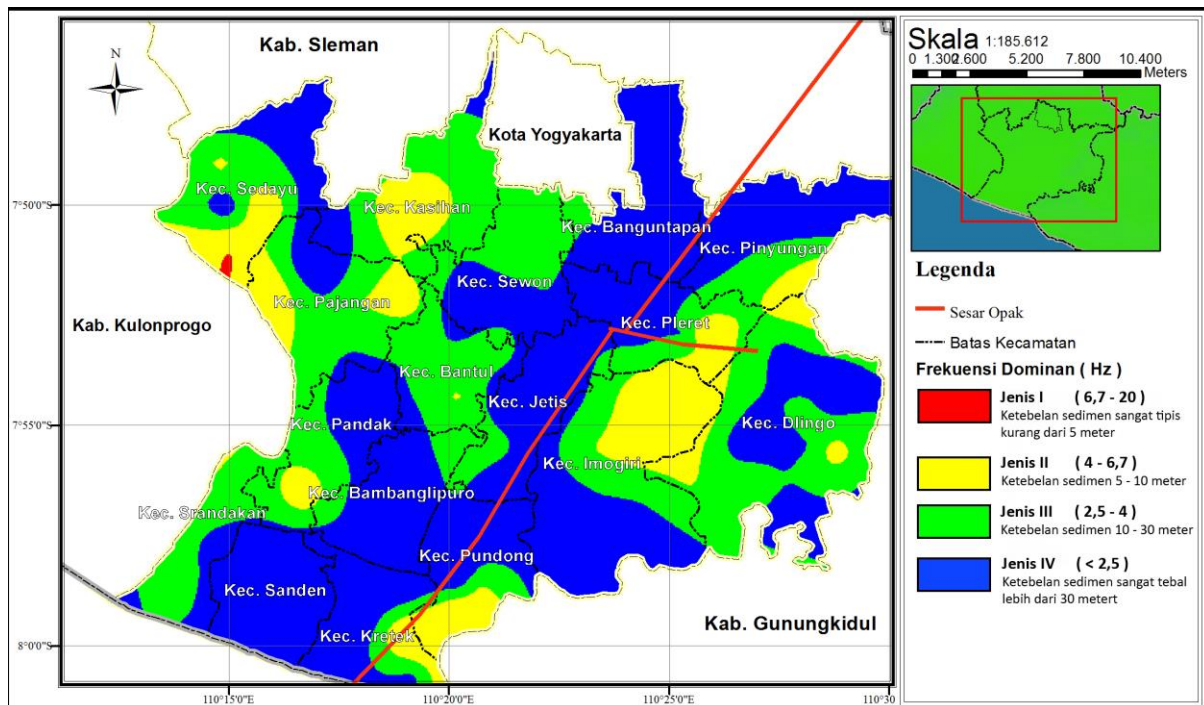
Klasifikasi Tanah		Frekuensi Dominan (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Tipe	Jenis			
Tipe IV	Jenis I	6,7 - 20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>Hardy Sandy, gravel</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras
	Jenis II	4 - 6,7	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5 - 10 m
Tipe III	Jenis III	2,5 - 4	Batuan alluvial, dengan ketebalan > 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam</i> , dll	Kategori sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10 - 30 m
Tipe II	Jenis IV	< 2,5	Batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, <i>top soil</i> , lumpul, dll. Dengan kedalaman 30 m atau lebih	Ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal
Tipe I				

Tabel 2. Klasifikasi *site class* berdasarkan NEHRP (FEMA, 1997)

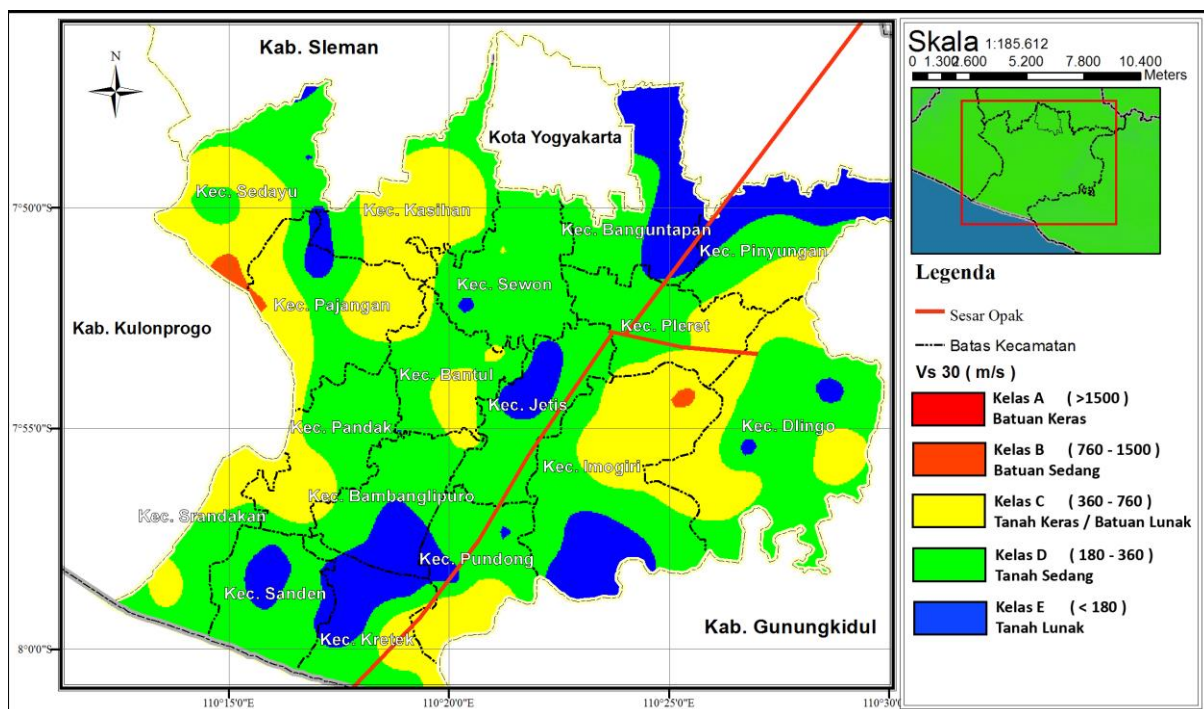
Kelas Tanah	Deskripsi Umum	Vs ₃₀ (m/s)
A	Batuan keras	> 1500
B	Batuan	750 – 1500
C	Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak	350 – 750
D	Tanah sedang	175 – 350
E	Tanah lunak	< 175



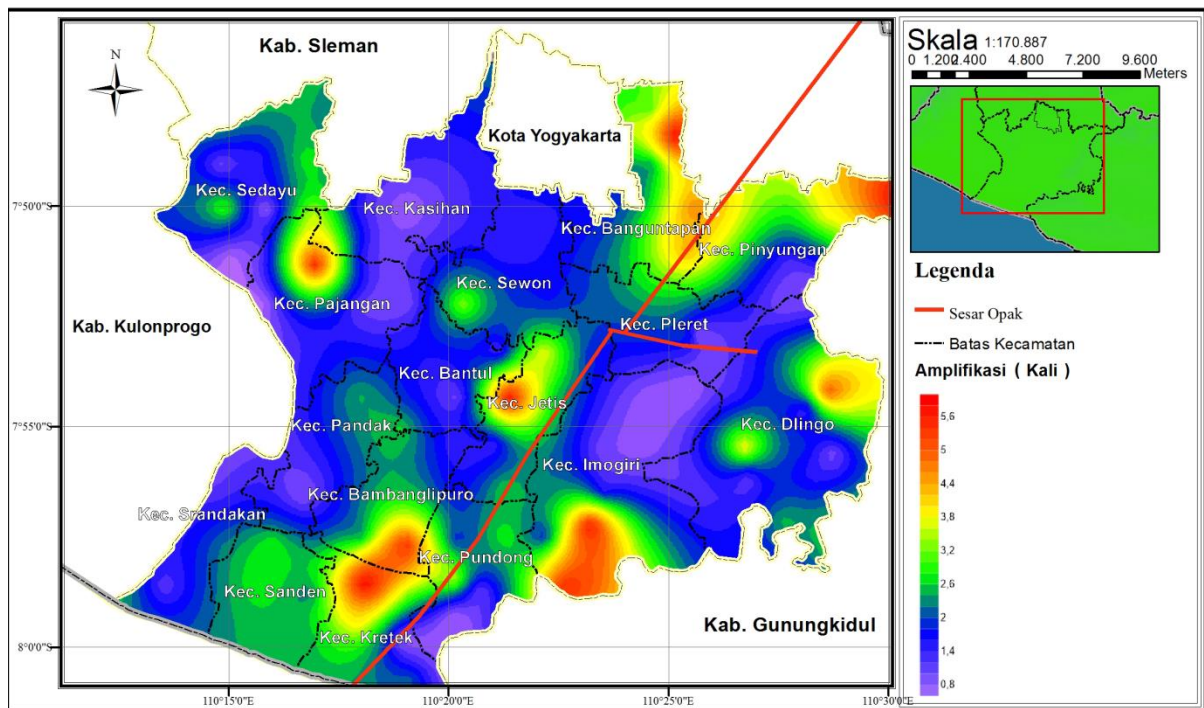
Gambar 1. Magnitudomaksimumdanslip-ratesumbergempa patahan (Irsyam, dkk, 2010)



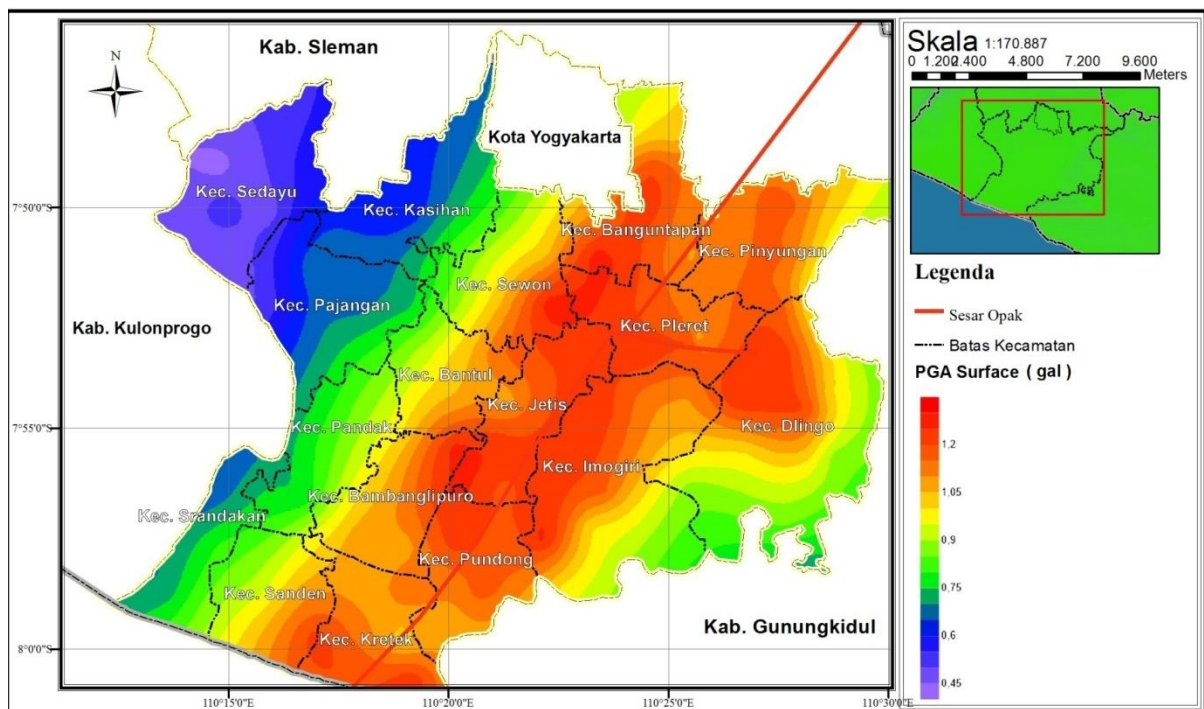
Gambar 2. Peta persebaran frekuensi dominan di Kabupaten Bantul berdsasarkan klasifikasi Kanai



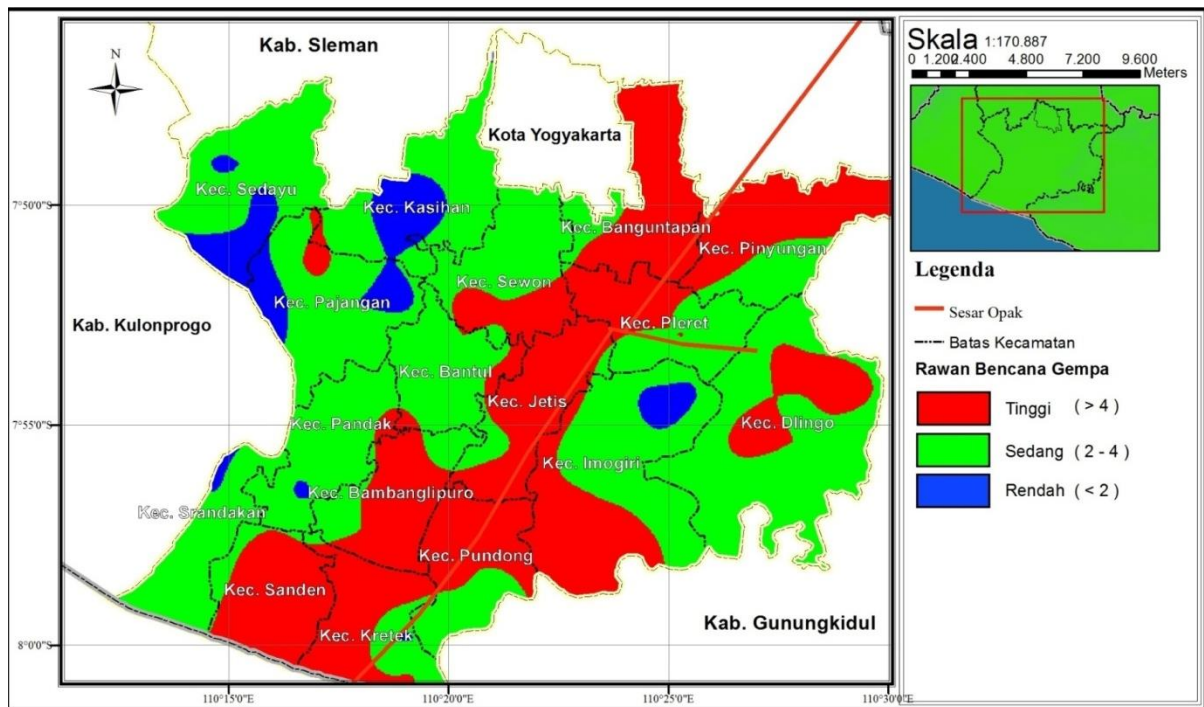
Gambar 3. Peta persebaran Vs_{30} di Kabupaten Bantul berdasarkan klasifikasi NEHRP



Gambar 4. Peta persebaran amplifikasi di Kabupaten Bantul



Gambar 5. Peta *PGA Surface* di Kabupaten Bantul akibat Sesar Opak



Gambar 6. Peta rawan bencana gempabumi di Kabupaten Bantul