

STUDI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA DENGAN METODE NGA (*NEXT GENERATION ATTENUATION*)

Zainatul Afidah¹, Adi Susilo¹, Muhajir Anshori²

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya

²Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Klas II Tretes

Email : aph3d_3992@yahoo.com

Abstrak

Yogyakarta merupakan daerah yang rawan akan bencana gempa bumi. Gempabumi Yogyakarta yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 telah menelan ribuan korban jiwa dan ratusan ribu bangunan rusak. Untuk mengetahui nilai percepatan tanah maksimum di Daerah Yogyakarta maka dilakukan penelitian perhitungan percepatan tanah maksimum empiris menggunakan rumusan atenuasi NGA (*Next Generation Attenuation*). Data penelitian yang digunakan adalah data parameter gempabumi daerah Yogyakarta dan sekitarnya, diperoleh dari *United State Geological Survey* (USGS) selama 41 tahun yaitu antara tahun 1973 - 2014. Nilai percepatan tanah maksimum tertinggi sebesar 389 gal terletak pada koordinat 7.95° LS - 110.45° BT dan percepatan tanah maksimum terendah sebesar 112,04 gal terletak pada koordinat 8.35° LS - 111.5° BT. Wilayah-wilayah yang memiliki nilai percepatan tanah maksimum terbesar berada di daerah Bantul, Gunung Kidul, Kulon Progo, Sleman, Klaten, Kebumen, Tegal, Imogiri, Jetis, dan Pandak. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa daerah Yogyakarta memiliki resiko yang besar dalam bencana gempa bumi.

Kata kunci: *Gempabumi, Percepatan Tanah Maksimum, NGA (Next Generation Attenuation)*.

I. Pendahuluan

Secara geografis Indonesia terletak di daerah khatulistiwa dengan morfologi yang beragam dari daratan sampai pegunungan. Keragaman morfologi ini banyak dipengaruhi oleh faktor geologi terutama dengan adanya aktifitas pergerakan tiga batas pertemuan lempeng besar tektonik (*triple junction plate convergence*) yaitu Lempeng Indo-Australia yang bergerak relatif ke utara, Lempeng Eurasia yang bergerak relatif ke tenggara dan Lempeng Pasifik yang bergerak relatif ke barat, di sekitar perairan Indonesia. Pergerakan lempeng-lempeng tektonik tersebut menyebabkan wilayah Indonesia menjadi daerah yang rawan terhadap gempa. Belum lagi, dengan adanya patahan-patahan lokal yang saling bergerak satu sama lain, hal ini semakin memperbesar resiko terjadinya gempa bumi [1].

Gempabumi merupakan suatu patahan yang terjadi secara tiba-tiba pada suatu kedalaman tertentu didalam bumi kemudian menghasilkan gelombang elastik yang menjalar didalam bumi yang akan menggetarkan permukaan bumi dan bangunan yang ada di atasnya. Gempabumi berhubungan dengan atenuasi, yaitu berkurangnya energi gempa karena adanya pengaruh medium rambat (lapisan bawah bumi) menuju permukaan kerak bumi. Atenuasi dapat dihitung melalui persamaan yang telah dirumuskan oleh para ahli peneliti kegempaan. Dari hasil pengolahan data dan persamaan atenuasi dapat diperoleh data percepatan gempa maksimum. Besar kecilnya percepatan tanah menunjukkan resiko

gempabumi. Dari setiap gempa bumi yang terjadi akan menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu tempat.

Percepatan getaran tanah maksimum adalah suatu nilai yang dihitung di titik pengamatan/titik penelitian pada permukaan bumi dari riwayat gempa bumi dengan nilai perhitungan dipilih yang paling besar. Nilai percepatan tanah yang akan diperhitungkan pada perencanaan bangunan adalah nilai percepatan tanah maksimum. Percepatan tanah maksimum adalah nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat akibat getaran gempa bumi dalam periode waktu tertentu [2].

Dengan tidak tersedianya data untuk menurunkan suatu fungsi atenuasi di Indonesia, maka digunakan fungsi atenuasi dari wilayah lain yang memiliki kemiripan kondisi geologi dan tektonik dengan Indonesia. Fungsi atenuasi yang digunakan sebagian besar sudah menggunakan NGA (*Next Generation Attenuation*), dimana fungsi atenuasi ini dalam pembuatannya sudah menggunakan data gempa global (*world wide data*). Daerah Yogyakarta berdekatan dengan zona subduksi lempeng Indo-Australia terhadap lempeng Eurasia [3]. Pergerakan lempeng ini menimbulkan terbentuknya unsur-unsur tektonik yang merupakan ciri-ciri sistem subduksi [4]. Youngs et al., [5] mengusulkan suatu fungsi atenuasi yang dikembangkan berdasarkan data gempa dengan mekanisme subduksi. Model untuk atenuasi subduksi umumnya dibagi menjadi dua yakni gempa pada zona *megathrust (interface)*

dan zona *Benioff* (*interslab*). Bentuk fungsi atenuasi tersebut sebagai berikut:

$$\ln(\text{PGA}) = -0.6687 + 1.438M_w - 2.329 \ln [r_{\text{rup}} + 1.097 e^{0.617M_w} + 0.00648H + 0.36436Z_t]$$

dimana PGA = *peak ground acceleration* (g), M_w = magnitude momen, r_{rup} = jarak terdekat ke *rupture* (km), H = kedalaman (km), Z_t = tipe sumber gempa (0 untuk *interface* dan 1 untuk *intraslab*).

Aktivitas seismisitas Daerah Istimewa Yogyakarta tampak didominasi oleh gempabumi dangkal (kedalaman kurang dari 60 kilometer) dan gempabumi menengah (kedalaman antara 60 – 300 kilometer). Gempabumi kategori ini disebabkan oleh aktivitas subduksi dangkal dan menengah serta aktivitas sesar di daratan Pulau Jawa. Aktivitas gempabumi dangkal jika magnitudonya besar ($M > 6.0$) dinilai berbahaya dan dapat menimbulkan kerusakan. Sebaran gempabumi dengan kedalaman menengah tampak terkonsentrasi di Samudera Indonesia dan daerah pesisir selatan Yogyakarta. Sebaran gempabumi dengan kedalaman menengah ini dinilai kurang berbahaya, karena hiposenternya yang relatif dalam dan pengaruhnya terhadap permukaan tidak terlalu signifikan. Gempabumi dalam dengan kedalaman di atas 300 kilometer dinilai tidak membahayakan mengingat aktivitasnya yang sangat dalam [6]. Berdasarkan kondisi seismisitas tersebut, tampak bahwa zona selatan Pulau Jawa memang memiliki tingkat aktivitas kegempaan yang cukup tinggi [7].

II. Metode

Bahan penelitian yang penulis gunakan adalah data sekunder yang mana data tersebut digunakan untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum. Data sekunder yang digunakan adalah data historis gempabumi daerah Yogyakarta dan sekitarnya selama empat dekade terakhir yaitu mulai tahun 1973 sampai tahun 2014. Data tersebut didownload dari program *United States Geological Survey (USGS)* dengan batas koordinat 8.5° LS - 7° LS dan 110° BT - 111.5° BT dengan *magnitude* momen ≥ 4 SR.

Perhitungan percepatan tanah maksimum dimulai dengan perhitungan episenter dan hiposenter. Episenter merupakan pusat gempa di permukaan bumi sebagai proyeksi dari fokus gempa di dalam bumi. Jarak episenter dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_{\text{episenter}} = \left(\frac{i_{(N/S)}}{i} \right) (\Delta^{\circ}) (L_{\text{stasiun}})$$

$$L_{\text{episenter}} = f(x) = a_0 + B_{\text{episenter}} = \left(\frac{i_{(E/W)}}{i} \right) (\Delta^{\circ}) (B_{\text{stasiun}})$$

dengan $L_{\text{episenter}}$ adalah titik lintang episenter, $B_{\text{episenter}}$ adalah titik bujur episenter, $i_{(N/S)}$ adalah setengah amplitudo gelombang pertama dari gelombang *P* pada komponen utara atau selatan, $i_{(E/W)}$ adalah setengah amplitudo gelombang pertama dari gelombang *P* pada komponen timur atau barat, Δ° adalah derajat yang ditentukan dari nilai *Jeffreys-Bullent*, L_{stasiun} adalah titik lintang stasiun, B_{stasiun} adalah titik bujur stasiun, sedangkan i (*resultan impuls*) didapat dari persamaan :

$$i = \sqrt{i_{(N/S)}^2 + i_{(E/W)}^2}$$

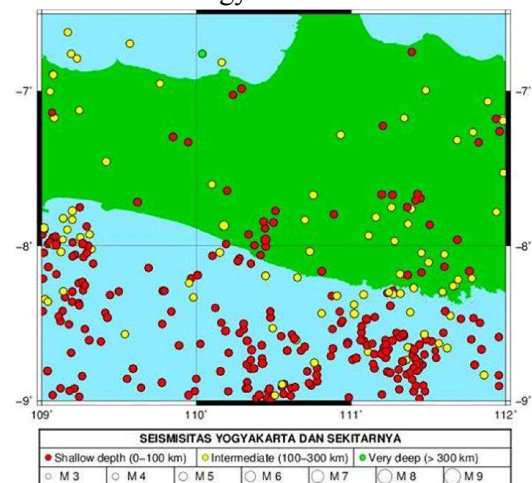
Selanjutnya adalah menghitung jarak hiposenter. Jarak hiposenter merupakan titik kejadian gempabumi di *focus* (bagian dalam bumi). Menghitung jarak hiposenter dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$h_{(\text{vertikal})} = i - i_{(\text{vertikal})}$$

dengan h adalah kedalaman gempa (0), i didapat dari persamaan di atas dan $i_{(\text{vertikal})}$ adalah setengah amplitudo gelombang pertama dari gelombang *P* pada komponen vertikal. Hiposenter dinyatakan sebagai jarak kedalaman dalam satuan km ($1^{\circ} = 111$ km).

III. Hasil dan Pembahasan

Dari data perhitungan empiris nilai percepatan tanah maksimum yang terdiri atas 423 kejadian gempa menghasilkan sekitar 961 grid, dimana dalam setiap grid tersebut terdapat nilai percepatan tanah maksimum gempabumi di Daerah Istimewa Yogyakarta.



Gambar 1Peta Sebaran Percepatan Tanah Maksimum Daerah Yogyakarta

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan bagian dari jalur gempa bumi yang terbentang dari Pulau Sumatera, Jawa, Bali hingga Nusa Tenggara. Sehingga mengakibatkan wilayah Yogyakarta menjadi daerah yang rawan terhadap gempa bumi. Dari gambar peta sebaran percepatan tanah maksimum daerah Yogyakarta dapat diketahui :

- Kedalaman dangkal 0-100 km ditandai dengan bulatan warna merah.
- Kedalaman menengah 100-300 km ditandai dengan bulatan warna kuning.
- Kedalaman dalam >300 km ditandai dengan bulatan warna hijau.

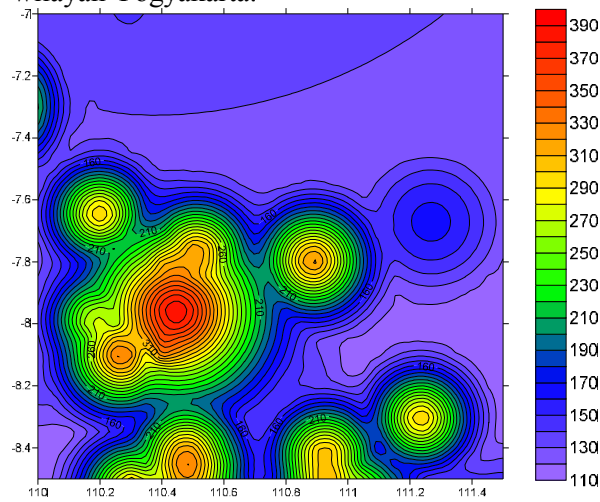
Pengukuran dilakukan dengan metode *Next Generation Attenuation (NGA)* dengan menggunakan rumus empiris Young (1997). Parameter yang digunakan adalah parameter magnitudo. Hasil pemodelan pola penyebaran hiposenter dan episenter gempa bumi nilai percepatan tanah maksimum di Daerah Istimewa Yogyakarta menunjukkan adanya aktivitas sesar dan zona subduksi yang ditandai dengan hiposenter dangkal dan semakin dalam ke arah laut selatan Yogyakarta. Wilayah Yogyakarta mempunyai magnitudo yang besar dan mempunyai tingkat resiko gempa yang besar. Pusat gempa bumi yang terjadi di daerah Yogyakarta kebanyakan terletak didalam laut yaitu sekitar samudera Indonesia.

Gambar 2 Peta Overlay

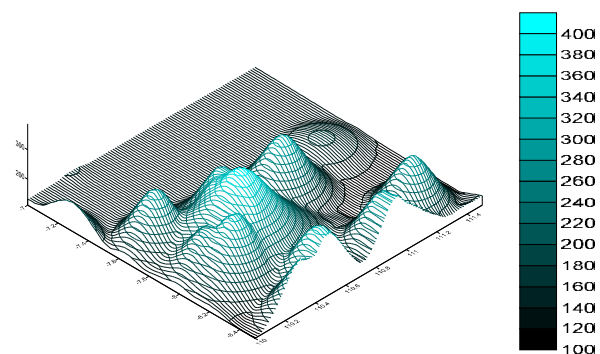
Perhitungan dengan menggunakan rumus empiris Young (1997) tersebut menghasilkan percepatan tanah maksimum tertinggi sebesar 389 gal yang terletak pada koordinat 7.95° LS – 110.45° BT dan percepatan tanah maksimum terendah sebesar 112 gal yang terletak pada koordinat 8.35° LS – 111.5° BT. Rata-rata nilai percepatan tanah maksimum wilayah Yogyakarta adalah sebesar 172,46 gal. Wilayah-wilayah yang memiliki nilai percepatan tanah maksimum terbesar berada di sekitar daerah Bantul, Gunung

Kidul, Kulon Progo, Sleman, Klaten, Kebumen, Tegal, Imogiri, Jetis, dan Pandak. Berdasarkan peta geologi Daerah Istimewa Yogyakarta, daerah yang memiliki nilai percepatan tanah maksimum terbesar berada pada dominasi struktur geologi *Quaternary* (endapan gunungapi merapi muda). Endapan gunungapi merapi muda tersebut terdiri dari tuf, abu, breksi, aglomerat dan lelehan lava tak terpisahkan [8]. Tuf, abu, breksi dan aglomerat merupakan jenis batuan yang menyebabkan tanah mengalami pergerakan. Pergerakan tanah tersebut menyebabkan gempa bumi. Sehingga dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk dalam tingkat resiko gempa bumi besar.

Dari hasil perhitungan percepatan tanah maksimum periode 1973 – 2014, untuk rumus empiris Young (1997), metode NGA nilainya bervariasi namun trendnya sama dan selalu konsisten. Untuk rumus empiris Young (1997) memiliki nilai percepatan tanah maksimum yang sesuai dengan sejarah gempa bumi wilayah Yogyakarta. Sehingga dapat diambil keputusan bahwa rumusan Young dapat digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum di wilayah Yogyakarta.



Gambar 3 Peta Kontur Percepatan Tanah Maksimum



Gambar 4 Kontur Percepatan Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Metode NGA

Gambar di atas merupakan hasil kontur nilai percepatan tanah maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta. Semakin biru muda maka nilai percepatan tanah maksimum semakin tinggi. Dan sebaliknya, semakin biru tua bahkan berwarna hitam maka nilai percepatan tanah maksimum semakin rendah. Berdasarkan gambar dapat disimpulkan bahwa wilayah Yogyakarta memiliki nilai percepatan tanah maksimum tertinggi sebesar 389 gal (biru muda) dan nilai percepatan tanah maksimum terendah sebesar 112,04 gal (hitam).

IV. Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan percepatan tanah maksimum di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan metode NGA (*Next Generation Attenuation*), nilai percepatan tanah maksimum tertinggi 389 gal pada koordinat 7.95° LS – 110.45° BT dan percepatan tanah maksimum terendah 112,04 gal pada koordinat 8.35° LS – 111.5° BT. Wilayah-wilayah yang memiliki nilai percepatan tanah maksimum terbesar berada di daerah Bantul, Gunung Kidul, Kulon Progo, Sleman, Klaten, Kebumen, Tegal, Imogiri, Jetis, dan Pandak. Dari penelitian ini pula dapat disimpulkan bahwa Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk dalam tingkat resiko gempa bumi dengan resiko besar. Pola sebaran hiposenter dan episenter gempa bumi Daerah Istimewa Yogyakarta menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki rata-rata kedalaman gempa yang dangkal dengan nilai antara 0-100 km dan menunjukkan adanya aktivitas sesar dan zona subduksi.

V. Daftar Pustaka

1. Milson, J., Masson D., Nichols G., Sikumbang N., Dwiyanto B., Parson L., dan Kallagher H., 1992, *The Manokwari Trough and The Western End of The New Guinea Trench*, *Tectonics*, 11, 145-153.
2. Subardjo, 2001, *Intensitas Seismik dan Percepatan Tanah untuk Beberapa Kota di Indonesia*, *J. BMG.*, 2 (3): 37-41.
3. Hamilton, W., 1979, *Plate Tectonics and Island Arcs*, *Geol. Soc. Am. Bull.*, **100**, 1503–1527.
4. Wagner, D., I. Koulakov, W. Rabbel, B.G. Luehr, A. Wittwer, H. Kopp, M. Bohm, G. Asch and the MERAMEX Scientists, 2007, *Joint inversion of active and passive seismic data in Central Java*, *Geophys. J. Int.* (2007) 170, 923–932.
5. Youngs, R. R., Chiou, S. J., Silva, W. J., Humphrey, J. R., 1997, *Strong Ground Motion Attenuation Relationship for Subduction Zone*

Earthquake, *Bulletin of Seismological Society of America*, Vol. 68, No. 1.

6. Daryono, 2009, *Local Site effect of Graben Bantul Using Microtremor Measurement*, *Proceedings of International Conference Earth Science and Technology*, Department of Geological Engineering, Gadjah Mada University.
7. Husein, S., Subagyo P., Myo T., Tun N., and Jaya M., 2008, *A Short Note on the Seismic History of Yogyakarta Prior to the May 27, 2006 Earthquake*, *The Yogyakarta Earthquake of May 27, 2006*, Star Publishing Company Inc.
8. Rahardjo, Wartono., Sukandarrumidi., dan H.M.D Rosidi., 1995, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.