



dapat diakses melalui <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>



Model Percepatan Tanah Maksimum Di Kota Manado Menggunakan Metode Donovan dan McGuire

Guntur Pasau^{a*}, Maria Daurina Bobanto^{a*}, Dolfie P. Pandara^{a*}

^aJurusan Fisika, FMIPA, Unsrat, Manado

KATA KUNCI

Model, percepatan, metode Donovan, Metode McGuire, mitigasi.

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis percepatan tanah maksimum gempa bumi di Kota Manado menggunakan metode Donovan dan McGuire. Kota Manado merupakan bagian dari lengan utara Pulau Sulawesi terletak pada batas pertemuan beberapa lempeng besar sehingga wilayah ini sangat rawan akan guncangan gempa bumi. Upaya mitigasi perlu dilakuakn sejak dini untuk memperkecil dampak resiko gempa bumi tersebut. Salah satu upaya mitigasi adalah memetakan percepatan tanah maksimum (*peak ground acceleration*) di permukaan. Penentuan variasi nilai percepatan tanah maksimum menggunakan metode Donovan dan metode McGuire. Data yang digunakan adalah data hypocenter gempa yang dikumpulkan dari dua katalog yakni data USGS dan ANSS selama selang pengamatan Februari 1963 sampai Agustus 2017 meliputi radius 500 km dari Kota Manado. Hasil analisis menunjukkan bahwa percepatan tanah maksimum di Kota Manado menggunakan metode Donovan sekitar 42.12 gal sampai dengan 51.82 gal sedangkan metode Mc Guire diperoleh nilai percepatan tanah sekitar 59.13 gal sampai 72.53 gal.

KEYWORDS

Model, acceleration, Donovan method, McGuire Method, mitigation..

ABSTRACT

The peak ground acceleration analysis in Manado city has been done using Donovan and McGuire method. Manado City is part of the north arm of Sulawesi Island located at the boundary of several major plate meetings so that this region is very prone to earthquake shocks. Mitigation efforts need to be done early to minimize the impact of the earthquake risk. One mitigation effort is to map the peak ground acceleration on the surface. Determination of peak ground acceleration variation using the Donovan and McGuire method. The data used are earthquake hypocenter data collected from two catalogs namely USGS and ANSS data during the observation interval February 1963 to August 2017 covering a radius of 500 km from Manado City. The result of the analysis shows that the peak ground acceleration in Manado City uses Donovan method about 42.12 gal up to 51.82 gal while Mc Guire method obtained the peak ground acceleration a value of about 59.13 gal to 72.53 gal.

TERSEDIA ONLINE

01 Februari 2018

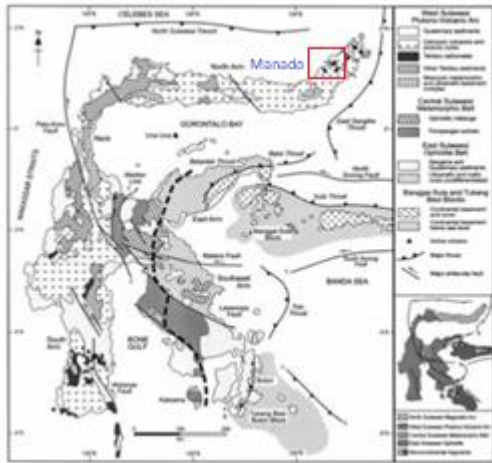
1. Pendahuluan

Kota Manado secara geografis terletak pada $124^{\circ}40' - 124^{\circ}50'$ BT dan $1^{\circ}30' - 1^{\circ}40'$ LU. Secara tektonik Kota Manado yang merupakan bagian dari lengan utara Sulawesi terletak pada batas pertemuan beberapa lempeng besar dunia yang sangat aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia serta satu lempeng mikro yaitu lempeng mikro Filipina. Lempeng-lempeng tersebut saling bergerak satu

dengan yang lain sehingga terjadi tumbukan satu dengan yang lain (Kertapati, 2006). Tekanan dahsyat karena pergerakan lempeng-lempeng bumi ini menyebabkan interior bumi terpecah-pecah menjadi bagian-bagian kecil kerak bumi yang bergerak antara satu terhadap lainnya yang dibatasi oleh patahan-patahan aktif. Dampak dari kondisi geografis ini sehingga mengakibatkan Kota Manado menjadi daerah sangat rawan bencana alam kebumihan khususnya bencana gempa bumi. Beberapa kejadian gempabumi yang pernah

*Corresponding author: Jurusan Fisika FMIPA UNSRAT, Jl. Kampus Unsrat, Manado, Indonesia 95115; Email address: pasaujunior@gmail.com

melanda wilayah ini seperti pada tahun 1980, 1988 dan 2007 yang mengakibatkan kerusakan sejumlah bangunan di Kota Manado.



Gambar 1. Peta tektonik Pulau Sulawesi (Hall dan Wilson, 2000).

Gempa bumi merupakan gerakan tiba-tiba yang diakibatkan oleh pelepasan energi yang terakumulasi saat terjadi tumbukan lempeng kulit bumi, pergeseran sesar, aktifitas gunung api atau yang lain. Ketika terjadi gempa bumi maka energi yang dilepaskan akan dijalarkan dalam bentuk gelombang dan merambat ke segala arah sehingga getarannya sampai di permukaan bumi. Getaran yang sampai dipermukaan bumi menghasilkan nilai percepatan tanah yang berbeda-beda tergantung dari beberapa parameter gempa diantaranya besar kecilnya magnitudo (*M*), kedalaman sumber (hiposenter), jarak pusat gempa (episenter) dan karakteristik batuan penyusun atau perlapisan di suatu tempat yang ditinjau. Percepatan tanah maksimum (*peak ground acceleration* /PGA) adalah nilai percepatan yang paling besar di suatu titik yang ditinjau. Salah satu efek dari guncangan tanah pada suatu percepatan tertentu dapat mengakibatkan keruntuhan bangunan diatas permukaan yang dilaluinya. Gempa bumi tidak dapat diprediksi kapan akan terjadinya akan tetapi dapat dilakukan pemetaan diwilayah mana saja yang rentan atau beresiko akan bahaya gempa bumi. Resiko gempa bumi adalah umumnya disebabkan oleh besarnya percepatan tanah di suatu wilayah.

Upaya-upaya mitigasi gempa bumi perlu dilakukan untuk memperkecil dampak dari bencana gempa-gempa tersebut. Salah satu upaya mitigasi adalah melakukan analisis dan pemetaan percepatan tanah maksimum disuatu wilayah (Pasau, dkk, 2015). Percepatan tanah maksimum (*peak ground acceleration*) adalah nilai percepatan tanah terbesar pada suatu tempat akibat getaran gempa bumi dalam periode waktu tertentu (Boatwright, at al 2001). Percepatan tanah maksimum merupakan salah satu parameter yang sering digunakan dalam mengestimasi tingkat kerusakan tanah akibat guncangan gempa bumi.

Percepatan tanah di suatu daerah dapat diukur langsung dengan *accelerograf* atau *strongmotion*

seismograf (Boatwright, at al 2001) yang dipasang pada tempat tersebut atau dapat juga melalui pendekatan formula empiris. Terbatasnya peralatan jaringan *accelerograf* yang tidak lengkap dari segi periode waktu maupun tempatnya menyebabkan penentuan nilai percepatan tanah maksimum lebih banyak menggunakan pendekatan formula empiris. Ada beberapa rumusan empiris yang sering digunakan dalam penentuan percepatan tanah maksimum ini diantaranya adalah menggunakan Metode Esteva (1970), Metode Kanai (1966), Metode McGuire (1974, 1977), Metode Donovan (1973) dan lain-lain.

Pada penelitian ini analisis percepatan tanah maksimum menggunakan rumusan empiris dari McGuire dan Metode Donovan. Secara matematik rumus empiris Mc Guirre R.K (Doughlas, 2011) adalah:

$$\alpha = \frac{472,3 \times 10^{0,273M}}{R + 25^{1,301}} \tag{1}$$

dengan α = percepatan tanah maksimum (gal)
 M = magnitudo gelombang permukaan (Ms)
 R = jarak hiposenter (km).

Sedangkan perhitungan percepatan getaran tanah maksimum berdasarkan pendekatan rumus empiris dari Donovan (Doughlas, 2011) adalah sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{1.080 \times 10^{0,5M}}{R + 25^{1,22}} \tag{2}$$

dengan M = magnitudo gelombang permukaan (Ms)
 R = jarak hiposenter (km).

$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2} \tag{3}$$

dengan Δ = jarak episenter (km)
 h = kedalaman sumber gempa (km)

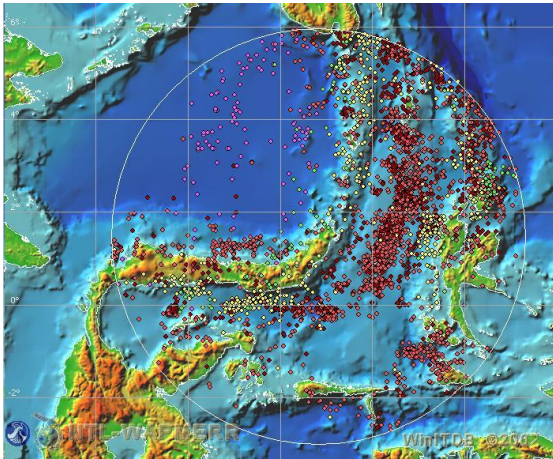
2. Material dan Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data-data rekaman gempa yang pernah terjadi di sekitar wilayah Manado dan sekitarnya dengan radius 500 km dari Kota Manado. Data yang dikumpulkan dari dua sumber katalog yakni NEIC-USGS dan ANSS selama periode pengamatan dari April 1963 - Agustus 2017. Data yang dihimpun dengan magnitudo lebih besar dari M3.0 dengan kedalaman maksium 300 km. Data-data gempa yang telah dikumpulkan dari berbagai katalog mempunyai skala magnitudo yang berbeda-beda, oleh karena itu maka langkah awal yang harus dilakukan adalah menyeragamkan skala magnitudo ke dalam skala magnitudo permukaan (*magnitudo surface/MS*). Hasil penyeragaman kemudian disortir untuk menentukan gempa *independent* (*mainshock*) lepas dari gempa *dependent* seperti *foresock* dan *aftersock*. Proses penyeragaman ini dilakukan berdasarkan kriteria *time window* dan *distance window* menggunakan metode empiris yang diusulkan oleh Gardner dan Knopoff (1974). dengan batuan *software zmap*. Dari gempa *main sock* yang terpilih kemudian dilakukan perhitungan

nilai percepatan tanah maksimum menggunakan rumus empiris dari Donovan dan McGuire. Hasil perhitungan percepatan kemudian diplot secara spasial atau dipetakan untuk menentukan daerah-daerah mana saja mempunyai nilai percepatan tanah yang signifikan (percepatan paling besar).

3. Hasil Dan Pembahasan

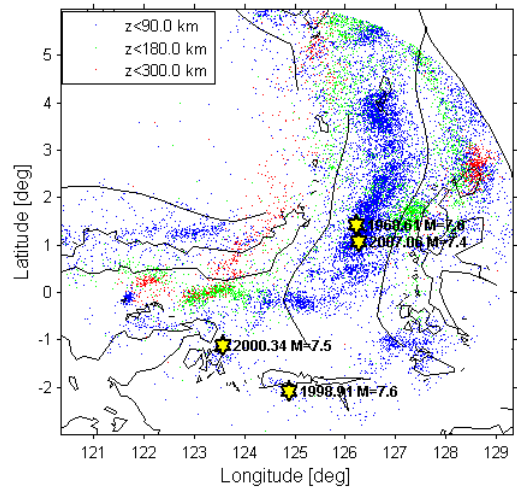
Data gempa yang digunakan adalah data hypocenter dari tahun 1963 - Agustus 2017 dengan radius 500 km dari Kota Manado seperti di tampilan pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Peta Seismisitas radius 500km dari Kota Manado tahun 1963-2017

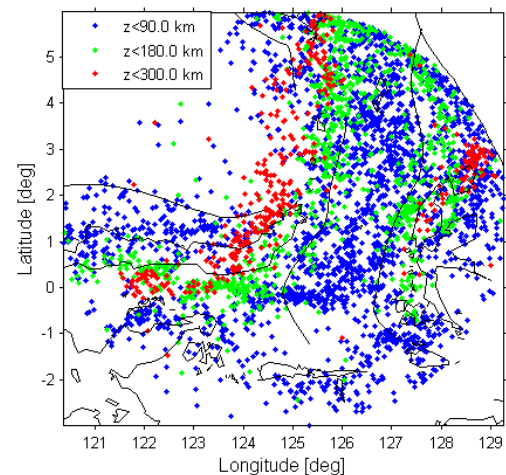
Dari sebaran seismisitas gempa-gempa di atas menunjukkan bahwa Kota Manado dan sekitarnya merupakan wilayah yang sudah ribuan kali dilanda gempa bumi dengan kedalaman yang bervariasi mulai dari gempa-gempa dalam, menengah dan dangkal. Sumber gempa ini terutama berasal dari aktivitas dua sumber gempa utama di wilayah ini yakni tumbukan ganda laut Maluku (*Molluca sea collision*) dan subduksi Sulawesi utara (*North Sulawesi Trench*).

Dari sejumlah data gempa yang terkumpul yakni gempa dengan magnitudo lebih besar dari $M_{3.0}$ dan kedalaman kurang dari 300 km kemudian dilakukan penyeragaman skala magnitudo. Penyeragaman atau konversi berbagai skala magnitudo ke *magnitude Surface* (M_s) menggunakan model empiris yang diusulkan oleh Scordilis (2006). Pemilihan magnitudo permukaan (M_s) karena efek kerusakan gempa bumi berada dipermukaan bumi. Hasil dari penyeragaman data gempa selama selang pengamatan dari April 1963 sampai Agustus 2017 dengan magnitudo $M_w \geq 3$ dan kedalaman kurang dari 300 km, diplot seperti gambar 3 dibawah:



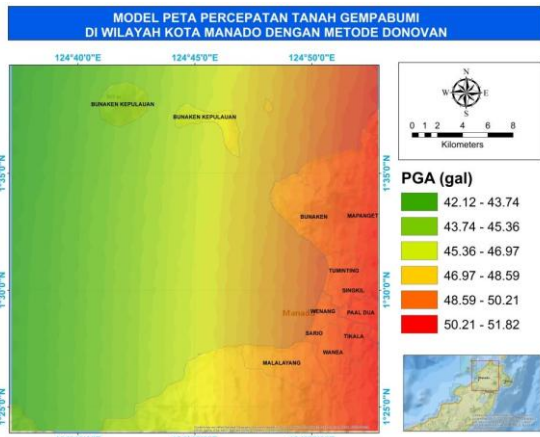
Gambar 3. Plot data *Magnitude Surface* (M_s)

Proses pemisahan gempa utama atau independen (*mainshock*) dari gempa rintisan (*foreshock*) dan gempa susulan (*aftershock*) dilakukan dengan menggunakan kriteria rentang waktu (*time window*) dan rentang jarak (*distance window*). Hasil pemisahan (*decluster*) gempa utama dari gempa-gempa rintisan dan gempa-gempa susulan seperti ditampilkan pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Plot data gempa utama berdasarkan kriteria Gardner & Knopof (1974).

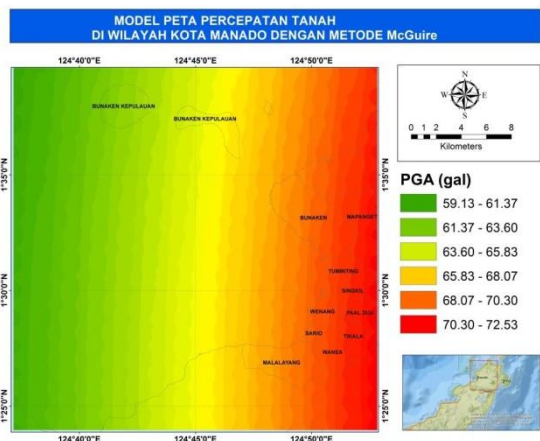
Hasil analisis percepatan tanah maksimum (PGA) yang diperoleh dengan menggunakan metode Donovan diperoleh nilai percepatan tanah sebesar 42,12 gal sampai dengan 51,82 gal. Nilai percepatan tanah paling besar terjadi disekitar Kecamatan Tuminting, Singkil, Paal Dua, Tikala dan Wanea yakni sekitar 48,59 gal sampai 51,82 gal. Sedangkan wilayah Kecamatan Malalayang mempunyai percepatan tanah sekitar 45 gal sampai 48 gal serta Bunaken Kepulauan mempunyai percepatan tanah sekitar 42 gal sampai 45 gal seperti ditunjukkan pada gambar 5 berikut:



Gambar 5 Model Percepatan Tanah Kota Manado Menggunakan Metode Donovan

Variasi nilai-nilai percepatan tanah maksimum tersebut diduga diakibatkan oleh posisi suatu wilayah terhadap sumber gempa yang cukup berpengaruh. Seperti pada gambar 5 diatas nilai percepatan tanah paling besar berada disekitar wilayah bagian timur Kota Manado karena cukup dekat dengan sumber gempa subduksi ganda laut Maluku. Sementara untuk wilayah Malalayang dan Bunaken cukup kecil karena letak posisinya relatif jauh dari sumber-sumber gempa yang berpengaruh tersebut.

Hasil analisis percepatan tanah maksiium yang diperoleh dengan menggunakan metode Mc Guire menunjukkan nilai yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan metode Donovan. Nilai percepatan tanah menggunakan metode McGuire sekitar 59,13 gal sampai dengan 72,53 gal. Nilai percepatan tanah paling besar terjadi disekitar Kecamatan Tuminting, Singkil, Paal Dua, Tikala dan Wanea yakni sekitar 68 gal sampai 72,53 gal. Sedangkan wilayah Kecamatan Malalayang mempunyai percepatan tanah sekitar 65 gal sampai 68 gal serta Bunaken Kepulauan mempunyai percepatan tanah sekitar 59 gal sampai 63 gal seperti ditunjukkan pada gambar 6 berikut:



Gambar 6 Model Percepatan Tanah Kota Manado Menggunakan Metode McGuire

Sama seperti metode Donovan, variasi nilai-nilai percepatan tanah maksimum menggunakan Metode McGuire diduga diakibatkan oleh posisi

suatu wilayah terhadap sumber gempa yang cukup berpengaruh. Seperti pada gambar 6 diatas nilai percepatan tanah paling besar berada disekitar wilayah bagian timur Kota Manado karena cukup dekat dengan sumber gempa subduksi ganda laut Maluku. Sementara untuk wilayah Malalayang dan Bunaken cukup kecil karena letak posisinya relatif jauh dari sumber-sumber gempa yang berpengaruh tersebut.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis model percepatan tanah maksimum akibat getaran gempa bumi di Kota Manado dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Percepatan tanah maksimum akibat gempa bumi di Kota Manado menggunakan Metode Donovan sekitar 42.12 gal sampai dengan 51.82 gal sedangkan metode Mc. Guire diperoleh nilai percepatan tanah sekitar 59.13 gal sampai 72.53 gal
2. Nilai percepatan tanah yang diperoleh sangat erat kaitannya dengan posisi sumber gempa bumi yang dalam hal ini subduksi ganda laut Maluku. Semakin jauh dari sumber gempa percepatan semakin menurun
3. Dengan besarnya nilai percepatan tanah maksimum (*peak ground acceleration / PGA*) akibat gempa bumi di Kota Manado ini sehingga sangat diharapkan sebagai bahan acuan bagi masyarakat dan pemerintah dalam mendirikan bangunan tahan gempa bumi.
4. Percepatan tanah yang diperoleh dengan metode-metode empiris sebaiknya dikombinasi dengan karakteristik tanah setempat.

Daftar Pustaka

Boatwright, J, Tywissen, K. and Seekins L., (2001): Correlation of ground motion and intensity for 17 January 1994 Northridge, California earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **91**, 739-752

Douglas, J., (2011). Groundmotion Prediction equations 1964- 2010. Berkeley: BRGM.

Gardner, J.K. and Knopoff, L, (1974). Is the sequence of earthquakes in southern California, with after socks removed, Poissonian?, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **64**: 1363-1367.

Hall, R. and Wilson, M.E.J., (2000). Neogene Sutures in Eastern Indonesia, *Journal of Asian Earth Sciences*, **18**: 781-808.

Pasau, G dan Tanauma, A., (2015). Analisis Resiko Gempa Bumi Lengan Utara Sulawesi Menggunakan Data Resolusi Tinggi Sebagai Upaya Mitigasi Bencana, *Jurnal Spektra* **16**(3): 6-10.

Wiemer, S. 2001. A Software Package to Analyze Seismicity: ZMAP. *Seismological Research Letters* **72**:373-382.