



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201856836, 2 Desember 2018

Pencipta

Nama : **Enden Mina, ST., MT, Rama Indera Kusuma, ST., MT, , dkk**

Alamat : Villa Permata Hijau Custer Garnet Blok C1 No. 2 Kelurahan Serdang Kec. Kramatwatu , Kab. Serang, Banten, 42161

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Enden Mina, ST, MT, Rama Indera Kusuma, ST., MT, , dkk**

Alamat : Villa Permata Hijau Cluster Garnet Blok C1 No. 2 Kelurahan Serdang Kec. Kramatwatu , Kab. Serang, 27, 42161

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Laporan Penelitian**

Judul Ciptaan : **PENGEMBANGAN PETA RESPON DINAMIS TANAH TERHADAP GEMPA WILAYAH TANGERANG BANTEN UNTUK PERENCANAAN INFRASTRUKTUR TAHAN GEMPA**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 2 Desember 2018, di Serang

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000129278

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Enden Mina,ST.,MT	Villa Permata Hijau Custer Garnet Blok C1 No. 2 Kelurahan Serdang Kec. Kramatwatu
2	Rama Indera Kusuma, ST., MT	Gedong Cilegon Damai Blok E6 No.7b RT:01 RW:05 Kalitimbang Cibeber
3	Woelandari Fathonah, ST.,MT	Lingk.Karundang Kolektor RT.001/RW.005, Kelurahan Karundang, Kecamatan Cipocok Jaya
4	Aisi Farhah	Jl.Adi Sucipto No. 1,RT:003/RW:010, Kelurahan : Belendung, Kecamatan : B enda

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Enden Mina, ST, MT	Villa Permata Hijau Cluster Garnet Blok C1 No. 2 Kelurahan Serdang Kec. Kramatwatu
2	Rama Indera Kusuma, ST.,MT	Gedong Cilegon Damai Blok E6 No.7b RT:01 RW:05 Kalitimbang Cibeber
3	Woelandari Fathonah, ST.,MT	Lingk.Karundang Kolektor RT.001/RW.005, Kelurahan Karundang, Kecamatan Cipocok Jaya
4	Aisi Farhah	Jl.Adi Sucipto No. 1,RT:003/RW:010, Kelurahan : Belendung, Kecamatan : B enda



PENGEMBANGAN PETA RESPON DINAMIS TANAH TERHADAP GEMPA WILAYAH TANGERANG BANTEN UNTUK PERENCANAAN INFRASTRUKTUR TAHAN GEMPA

Enden Mina¹, Woelandari Fathonah², Aisi Farhah³

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman km. 3 Kota Cilegon – Banten Indonesia

endenmina@yahoo.com¹, woelan.civil@yahoo.ac.id², aisifarhah@gmail.com³

INTISARI

Tangerang merupakan salah satu wilayah di Provinsi Banten yang memiliki potensi gempa bumi yang cukup tinggi karena terletak pada wilayah pertemuan tiga buah lempeng tektonik berukuran benua yang secara terus menerus bergerak secara aktif, yaitu adalah Indo – Australia, Pasifik, dan Eurasia. Analisis *Site Specific Response Spectra* Gempa penting dilakukan sebagai langkah awal untuk perencanaan struktur tahan gempa. Tahap awal dalam Analisis *Site Specific Response Spectra* Gempa adalah melakukan Analisis *Seismic Hazard* Gempa dengan menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) dan penentuan percepatan gempa dipermukaan melalui analisis perambatan gelombang 1 dimensi dari batuan dasar ke permukaan tanah menggunakan bantuan *Software Nonlinear Earthquake Site Response Analysis* (NERA). Data kejadian gempa yang digunakan dalam analisis ini diambil dari sumber data gempa USGS tahun 1917 – 2017. Penelitian ini juga menggunakan 19 titik *sample* tanah berdasarkan data N – SPT.

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa karakteristik tanah untuk wilayah Tangerang termasuk kedalam kategori kelas tanah sedang. Nilai percepatan batuan dasar berdasarkan hasil Analisis *Seismic Hazard* Gempa untuk wilayah Tangerang diperoleh rentang nilai antara 0,11g – 0,21g, sedangkan nilai percepatan gempa dipermukaan untuk wilayah Tangerang diperoleh rentang nilai antara 0,18g – 0,38g dan termasuk kedalam zona wilayah gempa berwarna kuning berdasarkan Peta Gempa Indonesia atau SNI gempa 1726 : 2012.

Kata Kunci : Kecepatan Gelombang Geser, NERA, SPT, *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA).

ABSTRACT

Tangerang is one of the areas in Banten Province that has a high earthquake potential because it is located in the area of the meeting of three continental-sized tectonic plates that are continuously moving actively. The three active plates are Indo - Australia, Pacific, and Eurasia. Analysis of Earthquake Site Specific Response Spectrain is important as a first step for planning earthquake-resistant structures. The initial stage in the Analysis of Earthquake Site Specific Response Spectrain was to conduct Seismic Hazard Analysis using the Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) method and the determination of earthquake acceleration on the surface through the analysis of 1 – dimensional wave propagation from bedrock to ground surface using the help Software of Nonlinear Earthquake Site Response Analysis (NERA). The earthquake event data used in this analysis was taken from the USGS earthquake data source in 1917 - 2017. The study also used 19 soil sample points based on N-SPT data.

Based on the results of the analysis it can be concluded that the characteristics of the land for the Tangerang area included the category of medium land class. Base rock acceleration values based on the results of Seismic Hazard Analysis for the Tangerang area obtained a range of values between 0.11g - 0.21g, while the value of earthquake acceleration on the surface for the Tangerang area was obtained in the range of 0.18g - 0.38g and included the yellow zone. based on the Indonesian Earthquake Map or SNI 1726: 2012 earthquake.

Keywords: Shear Wave Velocity, NERA, SPT, *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA).

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah yang memiliki aktifitas kegempaan yang tergolong rumit dengan frekuensi kejadian gempa bumi cukup tinggi. Hal ini dinyatakan dalam poin b UU No. 24 Tahun 2007. Menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) menyatakan bahwa pesisir pantai selatan Provinsi Banten masuk dalam kategori rawan gempa bumi, termasuk wilayah Tangerang. Secara umum bahwa deformasi yang terjadi di Jawa bagian barat tersebut karena aktifitas tektonik zona subduksi di sepanjang palung Jawa dan dari sesar aktif di daratan. Sehingga wilayah Tangerang pun tidak terlepas dari kemungkinan terjadinya gempa bumi.

Menurut Mahesworo (dalam Harnindra, 2017) menyatakan bahwa upaya pengurangan resiko bencana gempa bumi pada suatu daerah adalah menggali dan menganalisis seluruh potensi bahaya gempa bumi. Hal itu, dapat dilakukan dengan usaha berupa perencanaan dan pembangunan bangunan yang tahan gempa untuk mengurangi resiko yang ditimbulkan akibat gempa bumi. Pada perencanaan bangunan harus memperhitungkan adanya tingkat bahaya gempa secara kuantitatif, yaitu dengan mempertimbangkan aspek geologi, aspek geoteknik serta aspek struktur bangunan.

Perencanaan dan pembangunan bangunan yang tahan gempa diperlukan input salah satunya berupa beban gempa yang dinyatakan dengan faktor percepatan gempa. Nilai percepatan gempa yang sesuai dengan lokasi yang ditinjau dapat diperoleh dari analisis *Site Specific Response Spectra* gempa yang dapat dilakukan melalui proses analisis rambatan gelombang gempa dengan memperhitungkan kondisi tanah lokal yang mempengaruhi karakteristik gelombang gempa yang datang merambat selama terjadi gempa.

Adanya prediksi *Site Specific Response Spectra* gempa suatu daerah dapat memudahkan dalam mengestimasi pengaruh gempa di daerah tersebut, dan memberikan input berupa informasi yang lebih lengkap tentang data respon percepatan gempa yang terjadi di lokasi tersebut, serta dapat digunakan dalam mendesain bangunan dengan mempertimbangkan aspek kegempaanannya.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai percepatan gempa di batuan dasar (PGA) melalui hasil analisis seismic *hazard* gempa di wilayah Tangerang. Dan untuk mendapatkan nilai percepatan gempa di permukaan tanah melalui analisis perambatan gelombang geser 1D di wilayah Tangerang. Dimana perhitungan bahaya gempa dianalisis menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) yang akan menghasilkan percepatan tanah di batuan dasar. Hasil dari PSHA selanjutnya dipergunakan untuk

memodelkan percepatan tanah di permukaan pada lokasi (*Site*) yang ditinjau dengan menggunakan *Software Nonlinear Earthquake Site Response Analyses* (NERA).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini menggunakan beberapa tinjauan dan pendukung pustaka dalam proses penelitian seperti pada referensi penelitian dengan judul “Laporan Akhir Pendayagunaan Peta Mikrozonasi Gempa Di DKI Jakarta” yang disusun oleh Dr. I wayan Sengara, dkk pada tahun 2010 untuk Kementrian Riset dan Teknologi. Dimana pada laporan tersebut hasil analisis perambatan gelombang geser satu dimensi dari batuan dasar ke permukaan menunjukkan percepatan di permukaan berkisar antara 0,26g sampai 0,31g atau dengan faktor amplifikasi sekitar 1,2 sampai 1,6 untuk periode ulang 500 tahun. Sedangkan untuk periode ulng 2500 tahun nilai PSA bervariasi anatar 0,33g sampai 0,49g atau faktor amplifikasi berkisar antara 0,9 sampai 1,4. Hasil analisis ini kemudian dipetakan dalam bentuk kontur percepatan dan kontur amplifikasi untuk menghasilkan peta mikrozonasi gempa di DKI Jakarta.

Selain itu tinjauan yang dijadikan sebagai referensi oleh peneliti adalah penelitian dengan judul “Analisis Respon Tanah di Permukaan pada Beberapa Lokasi Pengeboran Dangkal Stasiun Gempa BMKG” oleh Muhammad Ridwan dan Fahmi Aldiamar. Pada penelitian ini dilakukan analisis respon spesifik situs pada empat lokasi yaitu Serang, Sukabumi, Cilacap, dan Wonogiri yang telah diketahui kondisi tanahnya berdasarkan hasil uji pengeboran dan SPT. Hasil analisis pada seluruh lokasi tersebut diperoleh spektrum respons di permukaan pada periode 1,0 detik terjadi amplifikasi sedangkan pada PGA dan spektrum respons 0,2 detik terjadi deamplifikasi.

A. Analisis *Site Specific Response Spectra* Gempa

Mengingat akan tingginya aktivitas seismik di Indonesia, maka secara khusus terdapat interaksi antara struktur bangunan bawah tanah dengan kondisi tanahnya akibat adanya aktivitas gempa. Interaksi yang terjadi dapat berupa pengaruh beban gempa terhadap respon dinamik struktur bawah tanah tersebut maupun sebaliknya yaitu adanya pengaruh struktur bawah tanah terhadap perilaku perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan.

Ridwan dan Aldiamar (2017) menyatakan bahwa dampak yang ditimbulkan dari kejadian gempa itu beragam, hal ini dikarenakan terdapat goyangan gempa yang terjadi di permukaan tanah dan dipengaruhi oleh jarak dan kekuatan gempa, serta kondisi tanah setempat yang terkait dengan

fenomena amplifikasi gelombang akibat jenis dan ketebalan lapisan tanah/sedimen yang berada di atas batuan dasar. Kuantifikasi faktor amplifikasi yang terjadi pada suatu lokasi tinjauan menjadi permasalahan utama untuk mengetahui respons tanah permukaan (*Ground Response*) terhadap gelombang gempa dimana salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan metode analisis respons spesifik situs atau Analisis *Site Specific Response Spectra* Gempa..

Merujuk kepada Irsyam dkk. (2007) dan Aldiamar (2007) secara umum untuk Analisis *Site Specific Response Spectra* Gempa dilakukan dalam dua tahap, yaitu :

- a. Analisis *Hazard* Gempa di batuan dasar yang dihitung berdasarkan seluruh data sumber gempa dan data gempa historik yang pernah terjadi disekitar lokasi kajian.
- b. Analisis perambatan gelombang dari batuan dasar ke permukaan berdasarkan parameter – parameter tanah setempat hasil pengujian baik di lapangan maupun di laboratorium.

B. Analisis Resiko Gempa (*Seismic Hazard Analysis*)

McGuire (1993) dalam Syahbana, dan Sugianti (2013) menyatakan bahwa analisis resiko gempa bertujuan untuk menentukan suatu batas intensitas gempa tertentu yang berlaku di daerah kajian berdasarkan suatu nilai kemungkinan yang akan terjadi atau terlampaui pada suatu periode tertentu. Analisis resiko gempa (*seismic hazard analysis*) merupakan metode analisis untuk menentukan probabilitas kejadian persatuan waktu dari gerakan (guncangan) tanah pada level tertentu yang disebabkan oleh gempa bumi dan dihitung berdasarkan seluruh data sumber gempa dan data gempa historik yang pernah terjadi disekitar lokasi kajian.

Bahaya akibat dari gempa menggambarkan kemungkinan terjadinya suatu gempa dengan intensitas (percepatan, kecepatan, lama guncangan dan sebagainya) serta periode rata-rata tertentu, selama masa guna bangunan di suatu tempat. Untuk mengurangi bahaya gempa yang terjadi di kemudian hari perlu diketahui besarnya percepatan gempa pada periode ulang tertentu.

Analisis resiko gempa dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara Deterministik (*Deterministic Seismic Hazard Analysis/ DSHA*), apabila suatu skenario gempa bumi tertentu telah ditentukan dan Probabilistik (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis/ PSHA*), yang mempertimbangkan ketidakpastian dalam besaran, lokasi, dan waktu kejadian gempa bumi.

Perbedaan yang mendasar antara metode probabilistik dan metode deterministik dalam analisis resiko gempa adalah perbedaan pada cara memperlakukan *magnitude* gempa sebagai salah satu parameter perhitungan. Sebagai pengganti dari satu kontrol unik yang dipilih yaitu *magnitude*

maksimum yang kredibel seperti yang telah ditetapkan dalam analisis deterministik, maka pada konteks probabilistik, yang digunakan dalam analisis adalah hubungan keberulangan dari *magnitude* gempa.

C. PEER Ground Motion Database

Pada kenyataannya data catatan gempa yang ada di Indonesia lebih banyak dalam bentuk informasi mengenai lokasi pusat gempa, *magnitudo*, kedalaman dan mekanismenya sedangkan data dalam bentuk riwayat waktu masih sangat kurang. Hal ini disebabkan jumlah stasiun pencatat gempa di Indonesia yang masih sangat sedikit bila dibandingkan luas wilayah Indonesia.

Pemilihan data *ground motion* yang akan digunakan dalam analisis perambatan gelombang dari batuan dasar ke permukaan tanah merupakan faktor yang cukup penting. Data *ground motion* yang dimaksud adalah data digitasi riwayat waktu percepatan (*Acceleration Time Histories*). Hal yang paling penting untuk mendapatkan hasil yang akurat adalah pemilihan data riwayat waktu yang sesuai dengan kondisi spesifik geologi dan seismologi lokasi yang ditinjau. Apabila pada lokasi yang ditinjau tidak memiliki data *time histories* sendiri, maka dapat digunakan 3 metode alternatif untuk mendapatkan data digitasi riwayat waktu di batuan dasar, yaitu :

- a. Menggunakan data riwayat waktu percepatan dari daerah yang memiliki kondisi geologi dan seismologi yang mendekati atau mirip dengan lokasi kajian.
- b. Menggunakan riwayat waktu percepatan dari lokasi lain yang kemudian diskalakan sesuai dengan target parameter pergerakan batuan dasar (percepatan maksimum dan periode).
- c. Membuat riwayat waktu percepatan sintetik yang disesuaikan dengan kondisi geologi dan seismologi lokasi kajian.

Metode pemilihan dan *time histories* yang banyak digunakan di Indonesia adalah metode pada poin (2) dan (3), karena di Indonesia belum memiliki data *time histories* sendiri. Dalam memilih data *time histories* dari lokasi lain yang akan diskalakan, pemilihan dilakukan berdasarkan besarnya *magnitude* dan jarak episenter.

Database gerak tanah penelitian Teknik Gempa Pasifik (PEER) mencakup kumpulan gerak tanah yang secara luas yang tercatat di seluruh dunia dari gempa bumi dalam wilayah tektonik aktif. *Database* ini memiliki salah satu kumpulan metadata yang paling komprehensif, termasuk berbagai ukuran jarak, berbagai jenis situs, dan data sumber gempa.

D. Analisis Perambatan Gelombang Geser 1D

Selama terjadinya gempa akan terjadi penjalaran gelombang dari batuan dasar ke permukaan tanah. Selama penjalaran gelombang gempa akan terjadi amplifikasi atau deamplifikasi.

Perjalanan perambatan gelombang sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat dinamik tanah yang dilewati oleh gelombang gempa tersebut. Pengaruh kondisi tanah setempat telah dibahas oleh beberapa peneliti. Hampir semua peneliti mengambil asumsi bahwa respon utama disebabkan oleh penjalaran gelombang geser (*shear wave*) dari batuan dasar ke permukaan tanah.

Dalam penelitian ini, Analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan tanah menggunakan teori perambatan gelombang 1 – dimensi dalam domain waktu dengan bantuan program NERA (*Non Linier Earthquake Response Analysis*) (Bardet dan Tobita, 2001). Dari hasil pengolahan menggunakan software NERA didapatkan hasil yaitu *ground acceleration* di permukaan tanah, faktor amplifikasi dan respon spektra di permukaan.

Pada program NERA dilakukan dengan input stratifikasi tanah, berat jenis tanah dan parameter kecepatan gelombang geser yang didapatkan dari korelasi empiris terhadap data hasil pemoran dan uji N – SPT yang telah dilakukan di beberapa lokasi kajian. Kemudian dengan *software* NERA, nilai kecepatan gelombang geser (V_s) yang diinputkan akan diperoleh nilai modulus geser (G_{max}).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan dalam proses perancangan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Studi Kepustakaan
- b. Pengumpulan Data
 - 1) Data Primer : Data Pengeboran dan SPT.
 - 2) Data Sekunder : Data Gempa, Peta Kondisi tektonik, Data sumber gempa dan parameter – parameternya
- c. Pengolahan Data
 - 1) Konversi Skala Magnitudo
 - 2) Pemisahan Data Gempa Utama dan Susulan
 - 3) Menghitung Jarak Episenter dan Hiposenter Gempa
- d. Identifikasi Mekanisme Sumber Gempa
- e. Analisis Resiko Gempa dengan Metode Probabilistik (M dan R Dominan)
- f. *Strong Motion Database*
- g. Analisis Perambatan Gelombang Geser 1D
 - 1) Konversi N – SPT ke V_s
 - 2) Analisis Menggunakan Program NERA

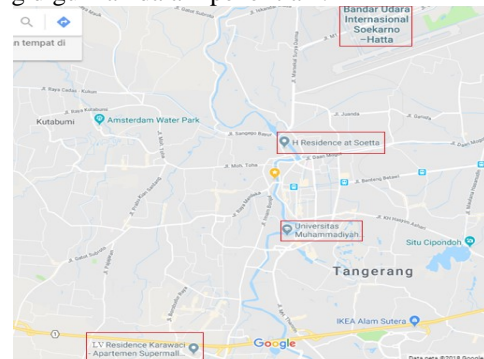
4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Tahap pertama dalam proses penelitian dimulai dengan mengumpulkan data gempa yang dapat pernah terjadi di sekitar radius yang telah ditentukan peneliti. Kemudian data tersebut diolah dan diidentifikasi sumber gempanya. Langkah berikutnya menganalisa probabilitas dari magnitudo dan jarak untuk mendapatkan nilai M & R dominan yang mewakili kejadian gempa di lokasi penelitian. Setelah itu mencari data *ground motion* yang

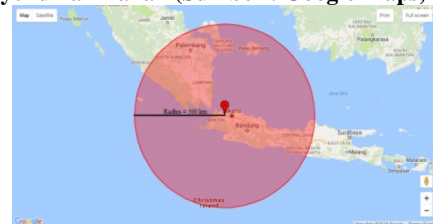
menggambarkan percepatan gempa yang terjadi di lokasi penelitian. Langkah terakhir adalah menganalisis perambatan gelombang geser 1 dimensi menggunakan program NERA. Input data yang diperlukan adalah kecepatan gelombang geser (V_s) yang didapatkan dari korelasi N – SPT. Hasil *output* dari analisis ini adalah berupa nilai percepatan gempa di permukaan, respon spektra percepatan, respon spektra pergerakan di permukaan tanah, respon spektra kecepatan dan nilai amplifikasi.

A. Lokasi Penelitian

Berikut ini adalah lokasi penelitian penyelidikan tanah dan batas radius data gempa yang digunakan dalam penelitian :



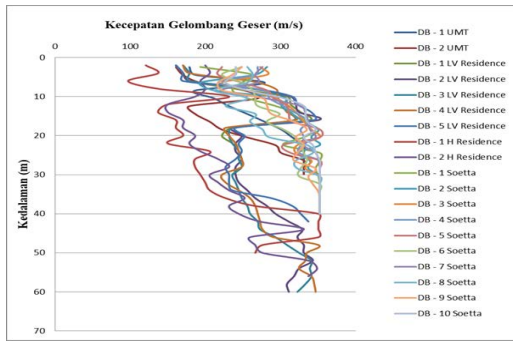
Gambar 1. Peta Lokasi Wilayah Penelitian Penyelidikan Tanah (Sumber : Google Maps, 2017)



Gambar 2. Batas Radius Gempa dari Wilayah Penelitian. (Sumber : Google Maps, 2017)

B. Site Klasifikasi Tanah Lokasi Penelitian

Klasifikasi tanah di Tangerang didapat berdasarkan data hasil pengeboran pada 11 titik penyelidikan di 4 lokasi wilayah Tangerang. Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan analisis disimpulkan bahwa secara umum tanah di Tangerang dapat dibagi menjadi 2 kategori tanah yaitu tanah sedang dan lunak dimana nilai N rerata ≤ 15 adalah tanah lunak, $15 < N$ rerata < 50 adalah tanah sedang dan N rerata ≥ 50 merupakan tanah keras menurut Peraturan Gempa Indonesia dalam SNI 03 – 1726 – 2012. Kategori tanah lunak umumnya dijumpai di sebagian daerah lokasi proyek UMT dan seluruh daerah Apartemen *H Residence* sedangkan tanah sedang disebagian wilayah proyek UMT dan seluruh daerah *LV North Mass Residence* dan *Crossway Timur Bandara Soekarno Hatta*.



Gambar 3. Grafik Profil Kecepatan Gelombang Geser terhadap Kedalaman untuk 19 titik Tinjauan. (Sumber: Analisis Penulis: 2018)

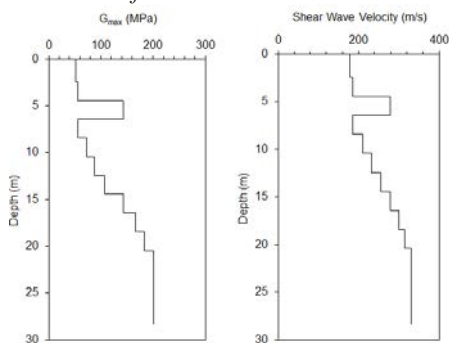
Tabel 1. Kejadian Gempa yang Mendekati Kriteria Kejadian Gempa Tangerang

Sumber Gempa	Mw	Rjb (Episenter)	Rrup (Hipocenter)	Nama Kejadian Gempa	Mw	Rjb (Episenter)	Rrup (Hipocenter)	Stasiun Sumber gempa
Subduksi	6,885 - 7,775	104,989 - 167,832	111,463 - 167,382	Borego Mtn (1968)	6,63	129,11	129,11	San Onofre - So Cal Edison
				Chi Chi, Taiwan (1999)	7,62	151,33	152,65	KAU039
Fault	6,544 - 6,781	19,427 - 97,736	59,904 - 138,318	Northwest Calif - 02 (1941)	6,6	91,15	91,22	Ferndale City Hall
				Northridge-01, (1994)	6,69	85,75	85,9	Phelan - Wilson Ranch

(Sumber : Web PEER, 2018)

D. Analisis Perambatan Gelombang Geser 1D Menggunakan Program NERA

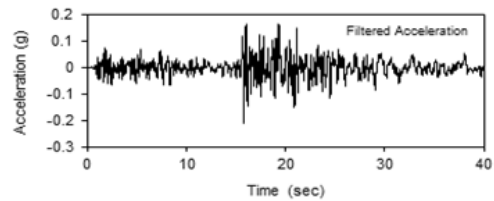
Seperti yang diketahui bahwa NERA memiliki beberapa lembar kerja yang masing – masing mewakili tahapan perhitungan tersendiri. Langkah pertama adalah mengisi lembar kerja *Earthquake*. Lembar kerja *Earthquake* digunakan untuk menentukan gerakan masukan gempa. Ada enam masukan wajib dan satu masukan opsional. Semua masukan dalam karakter biru. Langkah selanjutnya yaitu mengisi data parameter ketebalan lapisan tanah, berat jenis tanah, *shear wave velocity*, jenis tanah, lokasi muka air tanah yang dimasukkan pada lembar kerja *Profile*. Setelah itu melakukan *running* atau perhitungan pada program NERA berturut-turut yaitu *Process Earthquake Data*, *Calculate step – by – step*, dan *Calculate Output and All of the Above*.



Gambar 4. Contoh Profil Nilai Modulus Geser Dan Kecepatan Gelombang Geser Dari Program NERA (Sumber : Analisis Penulis, 2018)

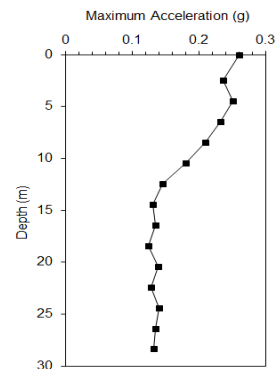
C. Strong Motion Database

Dari hasil analisis dipilih kejadian gempa yang paling mendekati nilai M & R dari hasil analisa PSHA sebelumnya untuk digunakan dalam analisa perambatan gelombang 1D. Berikut kejadian gempa yang dianggap mendekati kriteria M & R disekitar wilayah Tangerang disajikan dalam tabel berikut :

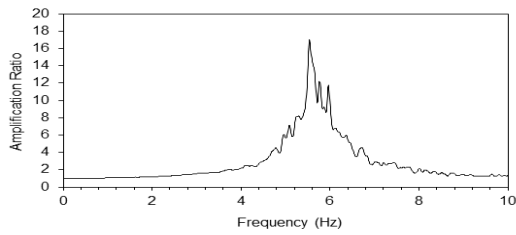


Gambar 5. Contoh Ground Motion Kejadian Gempa Borego Mnt untuk input NERA (Sumber : Analisis Penulis, 2018)

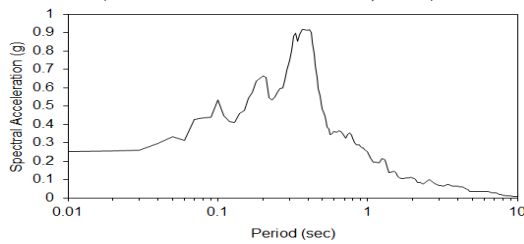
Seperti yang telah dibahas pada paragraf sebelumnya bahwa hasil *output* dari program NERA adalah nilai amplifikasi, nilai percepatan di batuan dasar sampai di permukaan tanah, respon spektra percepatan, respon spektra kecepatan, dan respon spektra pergerakan di permukaan tanah. Berikut contoh hasil *output - output* dari program NERA.



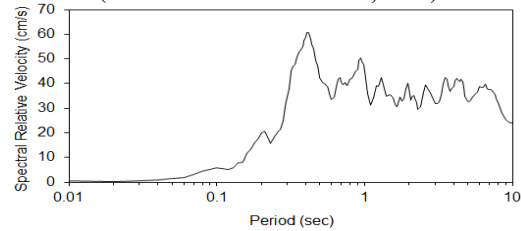
Gambar 6. Hasil output NERA Profil Percepatan Gempa di Permukaan. (Sumber : Analisis Penulis, 2018)



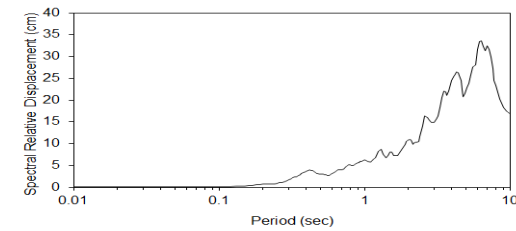
Gambar 7. Hasil output NERA Faktor amplifikasi.
(Sumber : Analisis Penulis, 2018)



Gambar 8. Hasil output NERA Spectral Acceleration.
(Sumber : Analisis Penulis, 2018)

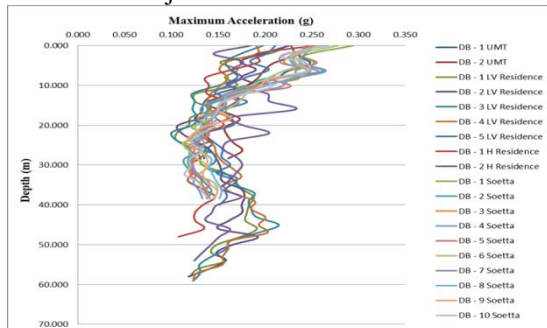


Gambar 9. Hasil output NERA Spectral Velocity.
(Sumber : Analisis Penulis, 2018)



Gambar 10. Hasil output NERA Spectral Displacement
(Sumber : Analisis Penulis, 2018)

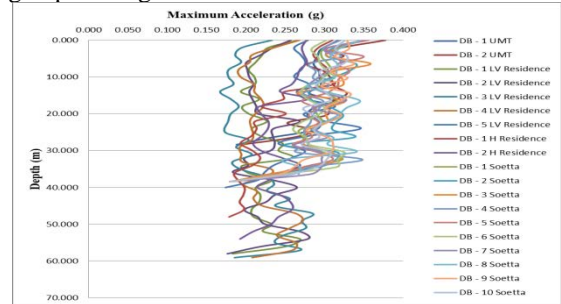
Berikut rekapitulasi profil percepatan di batuan dasar dan permukaan untuk 19 titik yang ditinjau pada mekanisme gempa subduksi disajikan dalam Gambar 11 & 12. Respon Spektra yang dihasilkan disajikan dalam Gambar 13 & 14.



Gambar 11. Rekapitulasi Profil Percepatan di Permukaan Berdasarkan Mekanisme Gempa Subduksi (Borego Mnt)

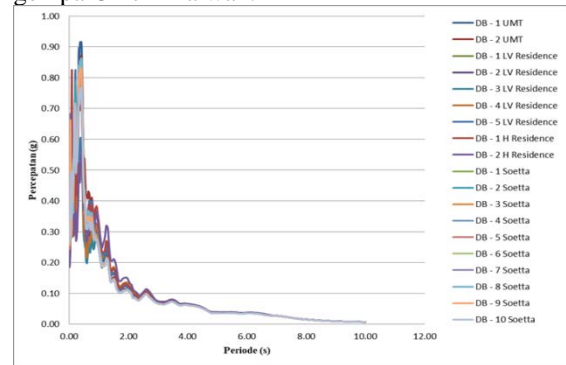
Berdasarkan rekapitulasi grafik Profil percepatan gempa diatas menunjukkan bahwa nilai percepatan gempa dibatuan dasar memiliki rentang nilai antara 0,108g – 0,161g. Sedangkan untuk nilai

percepatan gempa maksimum dipermukaan memiliki rentang nilai sebesar 0,185g – 0,294g untuk sumber gempa Subduksi yaitu kejadian gempa Borego Mnt.



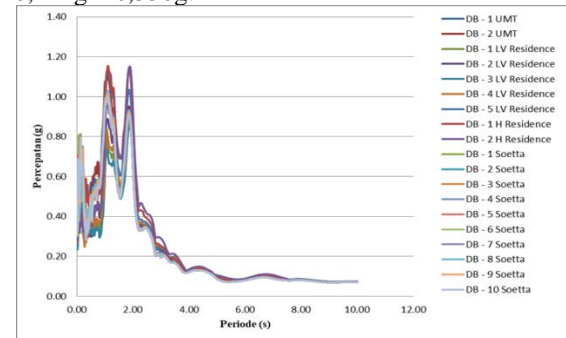
Gambar 12. Rekapitulasi Profil Percepatan di Permukaan Berdasarkan Mekanisme Gempa Subduksi (Chichi)

Berdasarkan rekapitulasi grafik Profil percepatan gempa diatas menunjukkan bahwa nilai percepatan gempa dibatuan dasar memiliki rentang nilai antara 0,174g – 0,208g. Sedangkan untuk nilai percepatan gempa maksimum dipermukaan memiliki rentang nilai sebesar 0,233g – 0,378g untuk sumber gempa Subduksi yaitu kejadian gempa Chichi Taiwan.



Gambar 13. Rekapitulasi Respon Spektra Gempa di Permukaan Berdasarkan Mekanisme Gempa Subduksi (Borego Mnt)

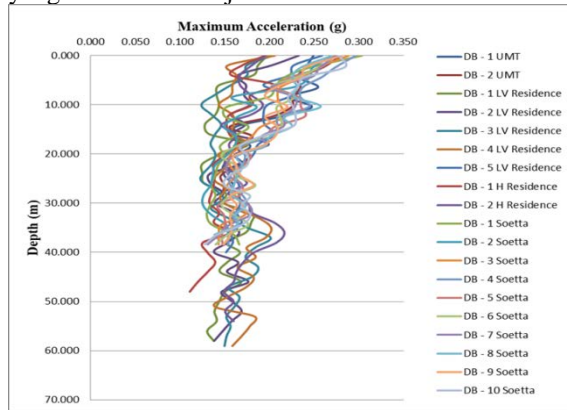
Berdasarkan grafik rekapitulasi respon spektra percepatan gempa dipermukaan untuk mekanisme gempa subduksi yaitu berdasarkan kejadian gempa Borego Mnt menghasilkan rentang nilai percepatan gempa di $T = 0,0$ detik yaitu sebesar 0,185g – 0,294g, untuk $T = 0,2$ detik yaitu 0,366g – 0,809g dan di $T = 1$ detik yaitu sebesar 0,242g – 0,330g.



Gambar 14. Rekapitulasi Respon Spektra Gempa di Permukaan Berdasarkan Mekanisme Gempa Subduksi (Chichi)

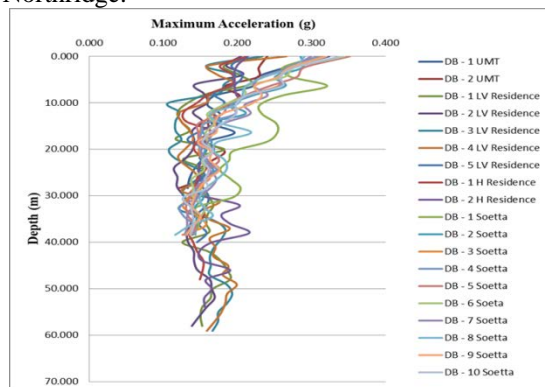
Berdasarkan rekapitulasi grafik respon spektra percepatan gempa dipermukaan untuk mekanisme gempa subduksi yaitu berdasarkan kejadian gempa Chichi Taiwan menghasilkan rentang nilai percepatan gempa di $T = 0,0$ detik yaitu sebesar $0,233g - 0,378g$, untuk $T = 0,2$ detik yaitu $0,314g - 0,752g$, dan di $T = 1$ detik yaitu sebesar $0,633g - 1,076g$.

Sedangkan untuk rekapitulasi profil percepatan di batuan dasar dan permukaan untuk 19 titik yang ditinjau pada mekanisme gempa *Fault* disajikan dalam Gambar 15 & 16. Respon Spektra yang dihasilkan disajikan dalam Gambar 17 & 18.



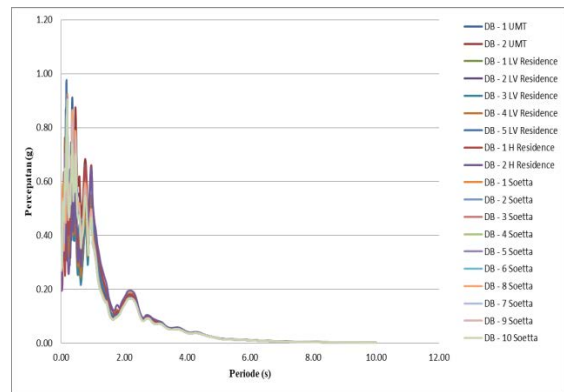
Gambar 15. Rekapitulasi Profil Percepatan di Permukaan Berdasarkan Mekanisme Gempa *Fault* (Northridge)

Berdasarkan rekapitulasi grafik Profil percepatan gempa diatas menunjukkan bahwa nilai percepatan gempa dibatuan dasar memiliki rentang nilai antara $0,111g - 0,166g$. Sedangkan untuk nilai percepatan gempa maksimum dipermukaan memiliki rentang nilai sebesar $0,195g - 0,304g$ untuk sumber gempa *Fault* yaitu kejadian gempa Northridge.



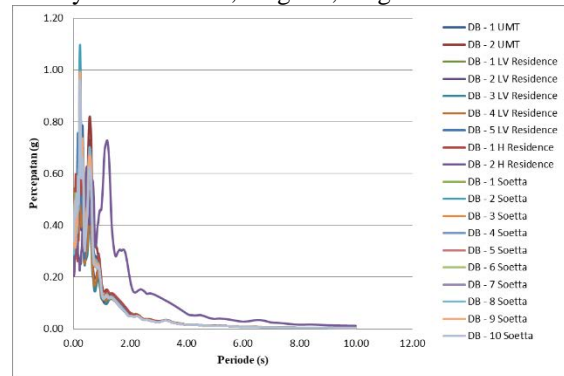
Gambar 16. Rekapitulasi Profil Percepatan di Permukaan Berdasarkan Mekanisme Gempa *Fault* (Northwest Calif - 02)

Berdasarkan rekapitulasi grafik Profil percepatan gempa diatas menunjukkan bahwa nilai percepatan gempa dibatuan dasar memiliki rentang nilai antara $0,116g - 0,166g$. Sedangkan untuk nilai percepatan gempa maksimum dipermukaan memiliki rentang nilai sebesar $0,205g - 0,351g$ untuk sumber gempa *Fault* yaitu kejadian gempa Northwest Calif 02.



Gambar 17. Rekapitulasi Respon Spektra Gempa di Permukaan Berdasarkan Mekanisme Gempa *Fault* (Northridge)

Berdasarkan rekapitulasi grafik respon spektra percepatan gempa dipermukaan diatas untuk mekanisme gempa subduksi yaitu berdasarkan kejadian gempa Northridge menghasilkan rentang nilai percepatan gempa di $T = 0,0$ detik yaitu sebesar $0,195g - 0,297g$, untuk $T = 0,2$ detik yaitu $0,317g - 0,863g$, dan di $T = 1$ detik yaitu sebesar $0,366g - 0,526g$.



Gambar 18. Rekapitulasi Respon Spektra Gempa di Permukaan Berdasarkan Mekanisme Gempa *Fault* (Northwest Calif - 02))

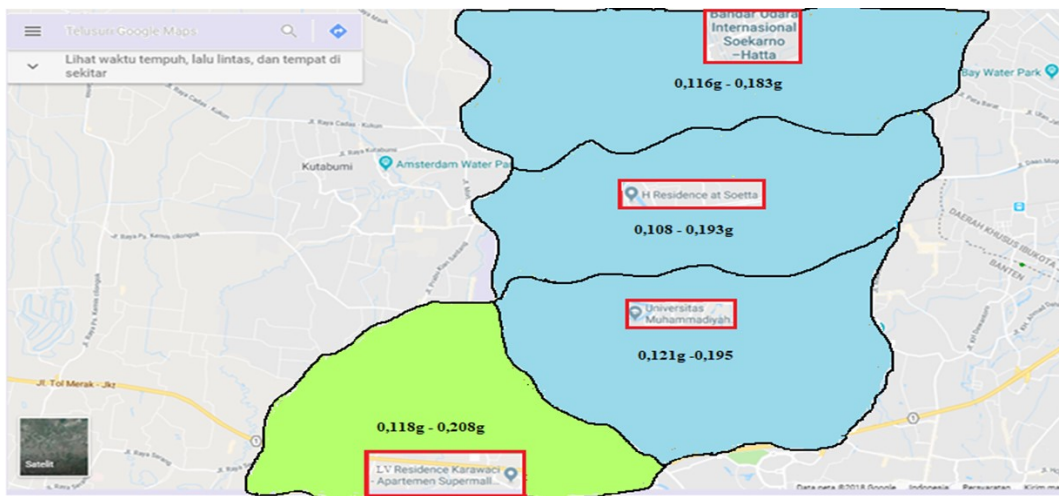
Sedangkan berdasarkan rekapitulasi grafik respon spektra percepatan gempa dipermukaan diatas untuk mekanisme gempa subduksi yaitu berdasarkan kejadian gempa Northwest Calif menghasilkan rentang nilai percepatan gempa di $T = 0,0$ detik yaitu sebesar $0,205g - 0,351g$, untuk $T = 0,2$ detik yaitu $0,256g - 0,756g$, dan di $T = 1$ detik yaitu sebesar $0,114g - 0,477g$.

Berikut ini merupakan tabel rekapitulasi percepatan batuan dasar, percepatan permukaan dan nilai amplifikasi maksimum berdasarkan hasil analisis untuk wilayah Tangerang, dimana berdasarkan tabel dibawah ini didapatkan nilai rentang percepatan gempa dibatuan dasar sebesar $0,108g - 0,208g$. Kemudian untuk rentang nilai percepatan gempa di permukaan didapatkan nilai sebesar $0,185g - 0,378g$. sedangkan untuk nilai amplifikasi maksimum yang didapatkan berkisar antara $5,484 - 42.252$.



Tabel 2. Rekapitulasi Range Nilai Hasil Analisis Percepatan Gempa & Amplifikasi Maksimum wilayah Tangerang

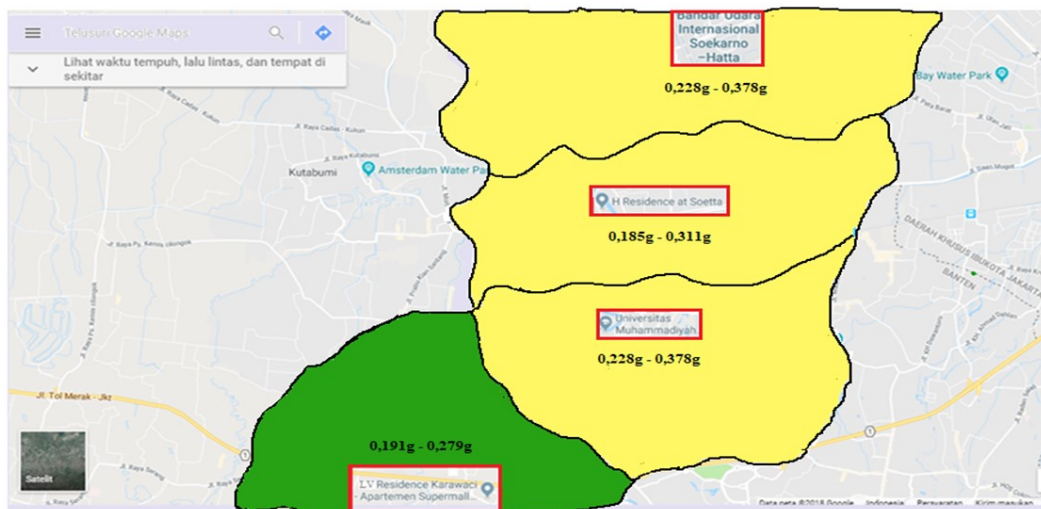
Lokasi Tinjauan	Percepatan Gempa di Batuan Dasar (g)		Percepatan Gempa di Permukaan (g)		Amplifikasi Maksimum	
	Range Nilai		Range Nilai		Range Nilai	
	Minimal	Maksimal	Minimal	Maksimal	Minimal	Maksimal
Area Proyek UMT	0.121	0.195	0.228	0.378	9.262	27.629
Proyek Apartemen LV North Mass Residence	0.118	0.208	0.191	0.279	8.052	13.660
Proyek Apartemen H Residence	0.108	0.193	0.185	0.311	5.484	12.607
Crossway Timur Bandara Soekarno Hatta	0.116	0.183	0.243	0.356	6.885	42.252

(Sumber : Analisis Penulis, 2018)



Gambar 19. Peta Kontur Pembagian Percepatan Gempa di Batuan Dasar untuk Wilayah Tangerang. (Analisis Penulis, 2018)

Gambar diatas merupakan peta pembagian percepatan gempa di batuan dasar untuk wilayah Tangerang. Sesuai dengan SNI gempa 1726 : 2012 atau buku peta gempa dimana warna biru  menggambarkan nilai antara 0,1g – 0,2g sedangkan warna hijau  menggambarkan nilai antara 0,2g – 0,25g.



Gambar 20. Peta Kontur Pembagian Percepatan Gempa di Permukaan untuk Wilayah Tangerang. (Analisis Penulis, 2018)

Gambar diatas merupakan peta pembagian percepatan gempa di permukaan untuk wilayah Tangerang. Sesuai dengan SNI gempa 1726 : 2012 atau buku peta gempa dimana dan warna hijau ■■■■ menggambarkan nilai antara 0,25g – 0,3g sedangkan warna kuning ■■■■ menggambarkan nilai antara 0,3g – 0,4g



Gambar 21. Peta Kontur Pembagian Percepatan Gempa di Permukaan untuk Titik Tinjauan di Wilayah Tangerang. (Sumber: Analisis Penulis, 2018)

Gambar diatas merupakan peta wilayah Tangerang dimana batas wilayah Tangerang ditandai dengan list garis berwarna merah ■■■■ dan wilayah dengan arsiran berwarna kuning ■■■■ merupakan wilayah dengan percepatan gempa di permukaan untuk rentang nilai 0,3g – 0,4g, sedangkan wilayah dengan arsiran berwarna hijau ■■■■ merupakan percepatan gempa di permukaan Untuk Rentang Nilai 0,25g – 0,3g.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Analisis resiko gempa dengan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) memberikan gambaran kejadian gempa yang dapat mewakili kejadian gempa wilayah Tangerang yaitu yang memberikan kontribusi bahaya terbesar adalah sumber gempa Subduksi dengan besaran *Magnitude* (M) sebesar 6,8 – 7,7 SR dan Jarak *Rupture* (*Rrup*) sebesar 111,4 – 167,8 km. Sedangkan untuk sumber gempa Patahan (*Fault*) didapatkan besaran *Magnitude* (M) sebesar 6,5 – 6,7 dan *Rrup* sebesar 59,9 – 138,3 km.

Time historis (riwayat waktu) untuk sumber gempa Subduksi yang mendekati kriteria pada wilayah Tangerang adalah kejadian gempa *Borego Mountain* (1968) dan *Chichi Taiwan* (1999) dengan masing – masing besaran *Magnitude* (M) sebesar 6,63 dan 7,62 dan *Rrup* sebesar 129,11 km dan 152,65 km. Sedangkan untuk sumber gempa Patahan (*Fault*) didapatkan kejadian gempa *Northwest Calif - 02* (1941) dan *Notrhridge - 01* (1994) dengan masing – masing besaran *Magnitude* (M) sebesar 6,6 dan 6,69 dan *Rrup* sebesar 91,22 km dan 85,9 km. Berdasarkan hasil analisis data dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Nilai percepatan gempa dibatuan dasar untuk wilayah Tangerang dari hasil analisis *Seismic Hazard* gempa dengan rentang nilai yaitu antara 0,108g – 0,208g. Hasil analisis tersebut sudah mendekati dengan hasil dari

Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia atau SNI gempa 1726 : 2012 dimana percepatan gempa di batuan dasar dengan probabilitas terlampaui 10 % dalam 50 tahun atau periode ulang 500 tahun untuk wilayah Tangerang adalah sebesar 0,150g – 0,200g dengan zona wilayah berwarna biru muda..

- b. Nilai percepatan gempa di permukaan berdasarkan hasil analisis perambatan gelombang 1 dimensi menggunakan program NERA diperoleh rentang nilai yaitu antara 0,185g – 0,378g. Hasil tersebut sudah mendekati nilai percepatan gempa maksimum yang dihasilkan oleh Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia atau SNI gempa 1726 : 2012 dimana percepatan gempa maksimum untuk wilayah Tangerang adalah sebesar 0,300g – 0,400g dengan zona wilayah berwarna kuning.

B. Saran

Berdasarkan studi yang telah dilakukan, maka hal – hal yang perlu diperhatikan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

- a. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan lebih banyak data sejarah gempa dari berbagai sumber katalog gempa dan menggunakan program pendukung analisis atau *software* seperti SEISRISK III, Program PSHA USGS atau Open SHA, Ez – Frisk, EQ – Risk, CRISIS 2007, dan lain

sebagainya dalam melakukan analisis *hazard* gempa, agar lebih memudahkan dalam menganalisis dan hasil yang didapatkan lebih akurat.

- b. Penelitian selanjutnya juga diharapkan menggunakan metode lain seperti Deterministik sebagai pelengkap dan pembanding dari metode Probabilistik dalam melakukan analisis *hazard* gempa.
- c. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan data hasil penyelidikan tanah yang lebih banyak dan tersebar merata untuk wilayah penelitian agar dapat dilakukan mikrozonasi yang lebih teliti di wilayah tersebut yang sangat berguna untuk perencanaan infrastruktur bangunan tahan gempa, manajemen tata guna lahan, estimasi kerusakan bangunan dan korban jiwa.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aldiamar, F. (2013). *Evaluasi Peta Percepatan Gempa Sumatera (SNI – 1726 – 2002) Terhadap Peta Percepatan Gempa Menggunakan Software PSHA*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan DPU.
- Asrurifak, dkk. (2017). *Peta Gempa Indonesia 2017 Dan Aplikasinya Untuk Perencanaan Gedung Dan Infrastruktur Tahan Gempa*. Isi dan format laporan disajikan dalam Workshop Pengurangan Risiko Bencana Gempa Kota Surabaya & Jawa Timur, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 19 Oktober 2017.
- Bardet, J.P., dan T. Tobita. (2001). *NERA: A Computer Program For Nonlinear Earthquake site Response Analyses of Layered Soil Deposits*. California, Los Angeles: Department of Civil Engineering, University of Southern.
- Edwiza, Daz., dan Novita, Sri. (2008). *Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai*. Aceh: Program Studi Fisika Unand.
- Faizah, Restu. *Menghitung PGA (Peak Ground Acceleration)*, [Online]. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah. <http://blog.umy.ac.id/restufaizah/menghitung-pga-peak-ground-acceleration-hazard/>. Diakses pada 19 april 2018.
- Harnindra, V. A., Sunardi, B., & Santosa, B. J. (2017). *Implikasi Sesar Kendeng Terhadap Bahaya Gempa dan Pemodelan Percepatan Tanah di Permukaan di Wilayah Surabaya*. Surabaya: Jurnal Sains dan Seni ITS.
- Hendriyawan. (2008). *Analisis Site Specific Dengan Bantuan Software NERA*. Bandung: Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil Dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/>. Diakses pada tanggal 26 bulan Desember 2017 pukul 17.00.
- [https://www.google.com/maps/Bandar+Udara+Intern+SoekarnoHatta/H+Residence/LV+Residence+Karawaci/Univ+Muhamadiyah+Tangerang+\(UMT\)](https://www.google.com/maps/Bandar+Udara+Intern+SoekarnoHatta/H+Residence/LV+Residence+Karawaci/Univ+Muhamadiyah+Tangerang+(UMT)). Diakses pada tanggal 28 bulan desember 2017 pukul 13.00
- <https://www.doogal.co.uk/Circles.php>. Diakses pada tanggal 28 bulan desember 2017 pukul 16.58.
- <http://bmkg.go.id/tentang-gempa>. Diakses pada tanggal 18 bulan maret 2018 pukul 22.30.
- <https://sains.kompas.com/read/2018/02/02/182603623/gempa-bumi-mungkin-diprediksi/>. Diakses pada tanggal 10 bulan april 2018 pukul 14.30.
- Irsyam, Masyhur., dkk. (2010). *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010*. Bandung: Tim Revisi Peta Gempa Indonesia.
- Krammer, L. S. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. New Jersey, USA: Prentice - Hall Inc.,
- Karim, Mahdi. (2010). *Rangkuman Pedoman Analisis Bahaya dan Risiko Bencana Gempa Bumi*. <https://mahdikarim.wordpress.com>. Diakses pada tanggal 18 bulan April 2018.
- Mina, E., & Kusuma, R. I. (2013). *Analisis Site Specific Response Spectra Gempa Berdasarkan Parameter Dinamis Tanah Untuk Wilayah Cilegon*. Cilegon: Jurnal fondasi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- PEER, (2018). *Pacific Earthquake Engineering Research Center, Strong Motion Database*, <http://peer.berkeley.edu/>.
- Puteri, F. S., dkk. (2011). *Laporan PL3002 Aspek Kebencanaan Analisis Bahaya Gempa Bumi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Ramadhan, Armedito. (2011). *Analisis Penggunaan Column Pada Daerah Berpotensi Likuifaksi Studi Kasus Proyek Airstrip Tanjung Ulie, Halmahera, Maluku Utara*. Tugas Akhir.

- Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Republik Indonesia. (2007). Undang – Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Lembaran Negara RI Tahun 2007, No. 4723. https://www.bnpb.go.id/ppid/file/UU_24_2007.pdf. Diakses pada 11 Maret 2018.
- Ridwan, M., dan Fahmi Aldiamar. (2017). *Analisis Respon Tanah Di Permukaan Pada Beberapa Lokasi Pemboran Dangkal Stasiun Gempa BMKG*. Bandung: Jurnal Permukiman,
- Sengara, I. W., dkk. (2010). *Laporan Akhir Pendayagunaan Peta Mikrozonasi Gempa di DKI Jakarta*. Bandung: Pusat Mitigasi Bencana Institut Teknologi Bandung.
- Suharjanto. (2013). *Rekayasa Gempa*. Yogyakarta: Kepel Press.
- Suku, Y. L., dan Reinardus S.A. (2012). *Analisis Probabilitas Resiko Gempa (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) Kota Ende Berdasarkan Fungsi Atenuasi Joyner-Boore Dan Youngs*. Ende: Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Flores Ende.
- Syahbana, A. J., dan Khori Sugianti. (2013). *Pemodelan 2D perubahan tekanan air pori hubungannya dengan Likuifaksi: Studi kasus Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI.
- SNI 1726 : 2012. *Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Diterbitkan di Jakarta.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). *Buku Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Bandung.
- tirto.id. (22 Desember 2017). *214 Sesar Aktif Ditemukan, BNPB Imbau Waspada Sumber Gempa Baru*. <https://tirto.id/214-sesar-aktif-ditemukan-bnpb-imbau-waspada-sumber-gempa-baru-cB9i>. Diakses pada tanggal 10 bulan april 2018 pukul 14.30.
- www.tangerangkota.go.id/web. Diakses pada tanggal 10 bulan april 2018 pukul 14.00.