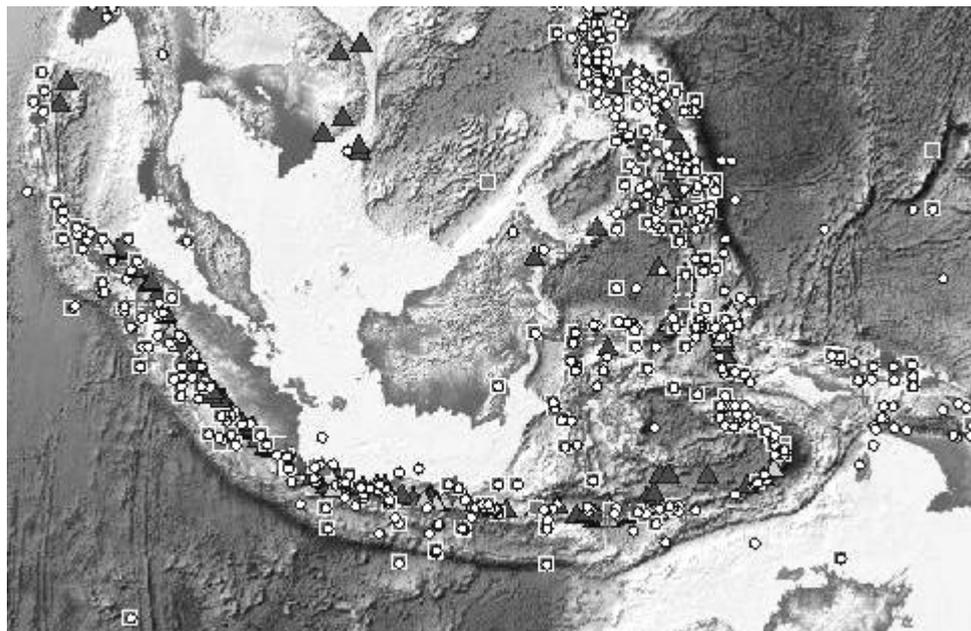


BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Wilayah Indonesia merupakan salah satu wilayah di dunia dengan aktifitas kegempaan yang sangat tinggi. Kondisi kegempaan yang sangat tinggi tersebut menjadikan kepulauan Indonesia menjadi sangat rawan terhadap peristiwa gempa bumi. Tingginya aktifitas kegempaan di wilayah ini disebabkan adanya pertemuan dan tumbukan beberapa lempeng raksasa seperti Eurasia (*Eurasian Plate*), Indo-Australia (*Indo-Australian Plate*) dan Pasifik (*Pasific Plate*) serta beberapa lempeng kecil yang terdapat di sekitar wilayah Sulawesi, Maluku dan Papua. Pertemuan serta tumbukan diantara lempeng-lempeng tersebut menyebabkan timbulnya jalur-jalur subduksi dan sesar aktif (*fault*) di seluruh wilayah Indonesia. Gambar 1-1 memberikan ilustrasi tentang batas pertemuan lempeng disekitar wilayah Indonesia dan lokasi episenter gempa yang diperoleh dari USGS (*United States Geological Survey*) pada tahun 2009 (<http://www.earthquake.usgs.gov>, 2009).



Gambar 1.1. Batas Pertemuan Lempeng dan Episenter Gempa di Sekitar Wilayah Indonesia (<http://www.earthquake.usgs.gov>, 2009)

Berdasarkan hasil pengumpulan data gempa yang diperoleh dari katalog gempa dunia, Asrurifak (2010) menyampaikan bahwa sejak tahun 1900 sampai 2009 terjadi 52290 peristiwa gempa di sekitar wilayah Indonesia. Berdasarkan urutan kejadiannya seluruh peristiwa gempa tersebut dapat dibagi menjadi tiga jenis peristiwa yaitu gempa awal

(*foreshock*), gempa utama (*mainshock*) dan gempa susulan (*aftershock*). Berdasarkan catatan USGS (<http://www.earthquake.usgs.gov>, 2014) sampai tahun 2012 terjadi 89 peristiwa gempa dengan magnituda minimum 8. Dari 89 kejadian gempa tersebut, 8 diantaranya terjadi disekitar kepulauan Indonesia. Berdasarkan catatan peristiwa gempa besar yang dibuat oleh USGS (<http://www.earthquake.usgs.gov>, 2014), sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.1., peristiwa gempa Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 dengan kekuatan 9.1 Mw merupakan gempa terbesar ketiga yang pernah terjadi di dunia sejak tahun 1900. Gempa Aceh yang diikuti dengan tsunami telah menelan korban 227898 jiwa (<http://www.earthquake.usgs.gov>, 2009). Pada Tabel 1.1. juga terlihat lima diantara tujuh belas gempa besar dengan magnituda lebih besar dari 8.5 Mw terjadi di wilayah Kepulauan Indonesia.

Tabel 1.1. Catatan Gempa Terbesar di Dunia (<http://www.earthquake.usgs.gov>, 2014)

<i>Date</i>	<i>latitude</i>	<i>longitude</i>	<i>Magnitude</i>	<i>Region</i>
1/31/1906	1	-81.5	8.8	Colombia-Ecuador
11/11/1922	-28.553	-70.755	8.5	Chile-Argentina Border
2/3/1923	54	161	8.5	Kamchatka
2/1/1938	-5.05	131.62	8.5	Banda Sea
8/15/1950	28.5	96.5	8.6	Assam-Tibet
11/4/1952	52.76	160.06	9	Kamchatka, Russia
3/9/1957	51.56	-175.39	8.6	Andreanof Islands, Alaska
5/22/1960	-38.29	-73.05	9.5	Chile
10/13/1963	44.9	149.6	8.5	Kuril Islands
3/28/1964	61.02	-147.65	9.2	Prince William Sound, Alaska
2/4/1965	51.21	-178.5	8.7	Rat Islands, Alaska
12/26/2004	3.295	95.982	9.1	Off the West Coast of Northern Sumatra
3/28/2005	2.074	97.013	8.6	Northern Sumatra, Indonesia
9/12/2007	-4.438	101.367	8.5	Southern Sumatra, Indonesia
2/27/2010	-35.846	-72.719	8.8	Offshore Maule, Chile
3/11/2011	38.322	142.369	9	Near the East Coast of Honshu, Japan
4/11/2012	2.311	93.063	8.6	Off the West Coast of Northern Sumatra

Sejak kejadian gempa Aceh, wilayah Indonesia dikejutkan oleh beberapa kejadian gempa besar dan sedang yang menghancurkan sendi-sendi kehidupan masyarakat di sekitar daerah yang terkena gempa. Akibat kejadian gempa tersebut tidak hanya dirasakan oleh masyarakat disekitar wilayah yang terkena gempa tetapi juga dirasakan oleh seluruh penduduk Indonesia. Beberapa gempa besar dan sedang yang pernah terjadi diantaranya gempa Nias pada tanggal 28 Maret 2005 dengan kekuatan 8.6 Mw, gempa Yogyakarta tanggal 17 Juli 2006 dengan kekuatan 6.3 Mw, gempa di wilayah Sumatera Selatan pada tanggal 12 September 2007 dengan kekuatan 8.5 Mw, gempa di wilayah Tasikmalaya pada

tanggal 2 September 2009 dengan kekuatan 7.4 Mw dan terakhir terjadi di Padang pada tanggal 30 September 2009 dengan kekuatan 7.4 Mw. Meskipun gempa yang terjadi di Yogyakarta masuk dalam kategori gempa dengan kekuatan sedang, jumlah korban jiwa akibat gempa yang terjadi di wilayah ini cukup besar yaitu 5716 orang (Elnashai et al., 2007). Jumlah korban jiwa pada peristiwa gempa terakhir di Padang berjumlah 1100 jiwa. Besarnya jumlah korban jiwa pada peristiwa gempa Yogyakarta dan Padang sebagian besar disebabkan tertimbun reruntuhan bangunan. Gambar 1.2. memberikan ilustrasi tentang kehancuran beberapa bangunan akibat peristiwa gempa Padang. Tabel 1.2. menunjukkan jumlah bangunan yang hancur dan rusak akibat gempa Yogyakarta pada tanggal 17 Juli 2006.



Gambar 1.2. Kerusakan dan Kehancuran Bangunan Setelah Peristiwa Gempa Padang 30 September 2009 (EERI *Special Earthquake Report* Desember, 2009)

Tabel 1.2. Jumlah Bangunan Hancur dan Rusak Akibat Gempa Yogyakarta 2006 Berdasarkan Data dari Bappenas 2006 (Elnashai et al., 2007)

<i>Province and District</i>	<i>Totally Destroyed</i>	<i>Damaged</i>	<i>Total (Buildings)</i>
Yogyakarta Province	88,249	98,343	186,592
Bantul	46,753	33,137	79,890
Sleman	14,801	34,231	49,032
Gunung Kidul	15,071	17,967	33,038
Yogyakarta City	4,831	3,591	8,422
Kulonprogo	6,793	9,417	16,210
Central Java	68,415	103,689	172,104
Klaten	65,849	100,817	166,666
Sukoharjo	1,185	488	1,673
Magelang	499	729	1,228
Purworejo	144	760	904
Boyolali	715	825	1,540
Wonogiri	23	70	93
Total (Buildings)	156,664	202,032	358,696

Gambaran tentang tingkat kerawanan suatu daerah terhadap peristiwa gempa sering diwujudkan dalam bentuk peta zonasi gempa (*Seismic Hazard Map*). Peta zonasi gempa memuat informasi tentang percepatan gerakan tanah di batuan dasar. Batuan dasar (SB) adalah batuan yang memiliki nilai kecepatan rambat gelombang geser minimum 750 m/s. Badan Standarisasi Nasional (2012) telah menerbitkan peraturan tentang tata cara

perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (untuk selanjutnya pada tulisan ini disebut dengan SNI 1726:2012). Pada peraturan tersebut juga disampaikan gambaran tentang tingkat kerawanan seluruh wilayah Indonesia terhadap peristiwa gempa. Tingkat kerawanan wilayah Indonesia terhadap peristiwa gempa digambarkan dalam bentuk 5 peta gempa yaitu:

1. Peta gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (*Risk-Adjusted Maximum Considered Earthquake/MCE_R*) pada elevasi batuan dasar (SB) untuk periode pendek (SS)
2. Peta MCE_R pada elevasi batuan dasar untuk periode panjang (S1)
3. Peta gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (*Maximum Considered Earthquake Geometric Mean/MCE_G*) pada elevasi batuan dasar
4. Peta koefisien resiko gempa untuk periode 0.2 detik
5. Peta koefisien resiko gempa untuk periode 1 detik

Kelima peta gempa pada SNI 1726:2012 merupakan hasil penelitian Irsyam et al. (2010) yang mendapat tugas dari Kementerian Pekerjaan Umum. Peta-peta gempa sebagaimana tertuang pada SNI 1726:2012 dapat memberikan gambaran tentang tingkat kerawanan suatu daerah terhadap peristiwa gempa. Tingkat kerawanan suatu daerah terhadap peristiwa gempa dapat dilihat dari besar kecilnya nilai percepatan gerakan tanah dan koefisien resiko gempa di batuan dasar.

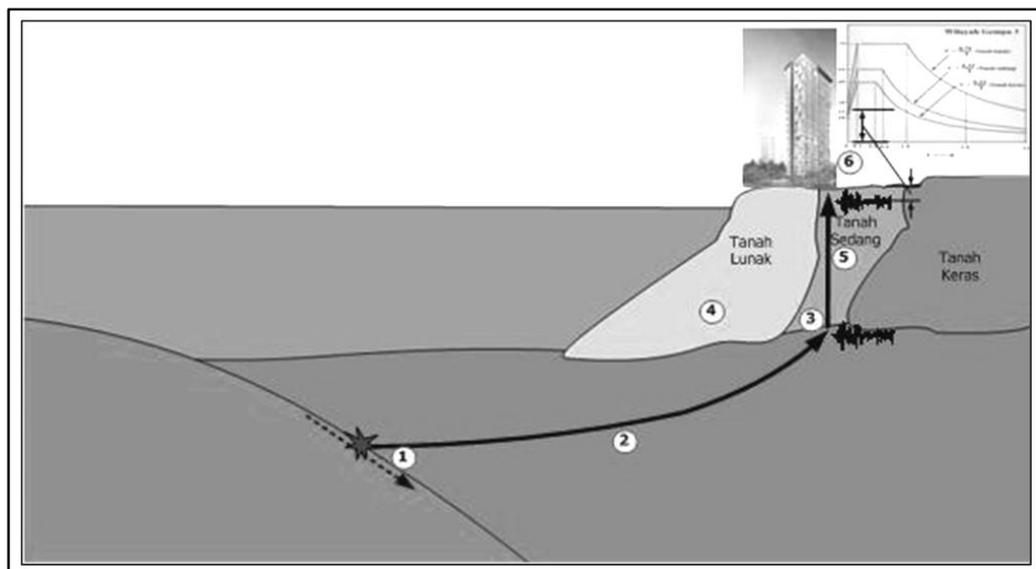
Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Luco et al. (2007) menunjukkan adanya ketidak-seragaman probabilitas kehancuran bangunan meskipun bangunan di rencanakan dengan menggunakan beban gempa yang seragam yang diperoleh dari hasil analisis *hazard* gempa (*Probability Seismic Hazard Analysis/PSHA*) di batuan dasar. Ketidak-seragaman probabilitas ini disebabkan adanya perbedaan bentuk struktur, material yang digunakan dan percepatan gerakan tanah dipermukaan. Penelitian *seismic hazard* terbaru telah memasukkan probabilitas kehancuran (*probability of collapse*) dari bangunan atau juga dikenal sebagai *fragility* bangunan (*fragility effect*). Dengan memasukkan probabilitas kehancuran bangunan, maka analisis *seismic hazard* sudah mempertimbangkan resiko kehancuran bangunan di permukaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Irsyam et al. (2010) menghasilkan perubahan yang sangat signifikan terhadap peta percepatan puncak gempa (*Peak Ground Acceleration/PGA*) di batuan dasar. Perubahan penting yang dilakukan pada pengembangan peta *seismic hazard* untuk wilayah Indonesia adalah dikembangkannya peta percepatan gerakan tanah di batuan dasar dengan probabilitas 2% terlampaui selama 50 tahun (periode ulang gempa 2500 tahun).

Peta percepatan gerakan tanah yang telah dikembangkan sudah mempertimbangkan probabilitas kehancuran bangunan (*Probability of Collaps*) sebesar 1% selama 50 tahun.

Perhitungan beban gempa pada struktur bangunan memerlukan informasi besarnya percepatan tanah puncak (PGA), respon spektra gempa (*seismic response spectra*) dan *ground motion* dalam bentuk riwayat waktu percepatan gempa (*Acceleration Time History/TH*) di permukaan. Besarnya PGA, Respon Spektra dan TH di permukaan tanah dipengaruhi oleh kondisi lapisan tanah tempat gelombang gempa merambat. Kokusho et al. (1982) dan Irsyam (2010) menyampaikan bahwa perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan memerlukan data dinamis tanah berupa modulus geser dan damping. Analisis perambatan gelombang dari batuan dasar ke permukaan tanah dengan memasukkan parameter dinamis tanah juga dikenal sebagai analisis pengaruh kondisi tanah lokal (*Site Specific Analysis/SSA*). Gambar 1.3. secara ilustratif memberikan penjelasan tentang 6 tahapan penting yang harus dilakukan pada SSA. Keenam tahapan penting pada SSA meliputi:

1. Identifikasi sumber gempa
2. Perhitungan percepatan gerakan tanah di batuan dasar dengan menggunakan fungsi atenuasi
3. Penentuan *ground motion* dalam bentuk *acceleration time histories* (TH) di batuan dasar berdasarkan hasil analisis *hazard* gempa
4. Penentuan kondisi dinamis tanah setempat tempat gelombang gempa akan merambat
5. Analisis perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan
6. Perhitungan spektra percepatan serta *acceleration time histories* di permukaan



Gambar 1.3. Skema Tahapan Analisis Pengaruh Kondisi Tanah Lokal (*Site Specific Analysis*)

Untuk memudahkan perhitungan percepatan tanah di permukaan, SNI 1726:2012 memberikan masukan cara memperkirakan percepatan tanah di permukaan. Besarnya percepatan tanah di permukaan dipengaruhi oleh jenis tanah tempat gelombang gempa merambat, nilai MCE_R di batuan dasar dan faktor amplifikasi percepatan. Peraturan ini membagi jenis tanah (situs tanah) menjadi 3 (tiga) yaitu jenis tanah SC (tanah keras), SD (tanah sedang) dan SE (tanah lunak). Untuk menentukan situs tanah dapat menggunakan minimal satu diantara 3 (tiga) parameter yaitu kecepatan rambat gelombang geser rata-rata (\bar{V}_S), nilai hasil test penetrasi standar rata-rata (\bar{N} - SPT) dan kekuatan geser *Undrained Shear Strength* (\bar{S}_u) lapisan tanah sampai kedalaman 30 meter.

SSA dapat dilakukan pada satu titik atau beberapa titik pengamatan di suatu wilayah. SSA yang dilakukan pada beberapa titik pada suatu wilayah dapat membantu memberikan gambaran tentang kondisi seismotektonik atau zonasi gempa pada wilayah bersangkutan. Bentuk akhir dari informasi yang menggambarkan kondisi seismotektonik suatu wilayah dapat diwujudkan dalam bentuk peta mikrozonasi gempa. Peta mikrozonasi gempa dibuat dengan cara mengagregasikan spektra percepatan gerakan tanah di permukaan dari beberapa sumber gempa pada beberapa titik pengamatan di suatu wilayah. Peta mikrozonasi gempa menggambarkan kontur spektra percepatan gempa di permukaan tanah pada suatu wilayah. Peta mikrozonasi gempa sangat dibutuhkan pada perencanaan tata ruang wilayah terutama menyangkut zonasi rawan gempa pada suatu wilayah. Salah satu manfaat yang dapat diperoleh dengan menggunakan peta mikrozonasi gempa adalah adanya gambaran komprehensif tentang wilayah rawan gempa pada suatu wilayah.

Peta mikrozonasi gempa sangat diperlukan terutama pada daerah-daerah dengan pertumbuhan infrastruktur wilayah yang cukup tinggi serta pada daerah-daerah dengan tingkat kerawanan terhadap peristiwa gempa yang cukup tinggi. Kota-kota besar di Indonesia seperti Jakarta, Surabaya, Semarang, Bandung, Medan dan Makasar merupakan kota-kota dengan tingkat pertumbuhan infrastruktur cukup tinggi. Jumlah penduduk di kota-kota tersebut cukup besar dan tingkat pertumbuhan penduduk juga cukup tinggi yang menyebabkan tingginya pertumbuhan pembangunan infrastruktur termasuk di dalamnya pembangunan gedung-gedung bertingkat. Kota-kota seperti Banda Aceh, Padang, Yogyakarta dan Denpasar merupakan kota-kota dengan pertumbuhan infrastruktur tidak terlalu tinggi tetapi merupakan kota-kota dengan tingkat kerawanan terhadap peristiwa gempa cukup tinggi. Pembuatan peta mikrozonasi gempa pada kota-kota tersebut di atas sangat diperlukan. Peta mikrozonasi gempa juga diperlukan pada daerah-daerah lain dengan pembangunan infrastruktur spesial (mempunyai kekhususan tertentu) seperti PLTU (Pusat Listrik Tenaga Uap), PLTN (Pusat Listrik Tenaga Nuklir), dam dan jembatan bentang panjang.

1.2. Identifikasi Masalah.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Irsyam et al. (2010), wilayah dengan lokasi berdekatan dengan sumber gempa sesar aktif sangat rawan terhadap peristiwa gempa. Kota Semarang merupakan wilayah dengan tingkat resiko gempa yang cukup tinggi karena dikelilingi oleh beberapa sesar aktif. Sesar-sesar aktif yang berpotensi memberikan pengaruh terhadap tingkat kerawanan Kota Semarang akibat peristiwa gempa yaitu Sesar Opak (Yogyakarta), Sesar Lasem, Sesar Pati, Sesar Lembang dan Sesar Cimandiri. Berdasarkan posisi masing-masing sesar terhadap Kota Semarang, Sesar Lasem merupakan sesar yang posisinya paling dekat dengan Kota Semarang. Melihat tingkat resiko gempa yang cukup tinggi dan pertumbuhan pembangunan infrastruktur yang semakin pesat, pengembangan peta *hazard* gempa dan peta mikrozonasi gempa Kota Semarang menjadi sangat perlu untuk segera dilaksanakan. Masalah penting yang dijumpai pada pengembangan peta *hazard* gempa dan pembuatan peta mikrozonasi gempa Kota Semarang adalah:

1. Identifikasi semua sumber gempa yang berpotensi memberikan pengaruh terhadap Kota Semarang. Tiga sumber gempa yang digunakan oleh Irsyam et al. (2010) terdiri dari subduksi, *fault* dan *background*. Dengan adanya sumber gempa *background* selain sumber gempa subduksi dan *fault* memberikan pengaruh yang sangat penting pada analisis *hazard* gempa. Sumber gempa *background* adalah sumber gempa di sekitar sesar aktif dan gempa-gempa acak disekitar sesar aktif yang belum teridentifikasi dengan jelas tetapi mempunyai sejarah kegempaan (Asrurifak, 2010). Identifikasi semua sumber gempa subduksi, *fault* dan *background* menjadi persoalan yang sangat penting pada analisis *hazard* gempa Kota Semarang.
2. Pemanfaatan data seismisitas terbaru dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti Geoteknik, Geologi, Seismologi dan Geofisika. Data yang telah dipublikasikan kadang-kadang belum dimanfaatkan secara optimal pada analisis *seismic hazard* pada satu lokasi pengamatan. Data gempa yang diperlukan pada analisis *hazard* gempa diperoleh dari katalog-katalog gempa yang ada di dalam dan dari luar wilayah Indonesia. Pencatatan data gempa sangat dipengaruhi oleh alat yang digunakan dan lama waktu pencatatan data gempa. Analisis konversi skala gempa untuk berbagai skala gempa dan analisis kelengkapan (*completeness*) data menjadi persoalan yang sangat penting pada analisis *hazard* gempa pada satu lokasi pengamatan.
3. Data hasil *ground motion* di batuan dasar tidak selalu mudah untuk didapatkan. Data tersebut sangat sulit didapatkan di Indonesia karena lokasi penempatan alat pencatat getaran gempa belum tersebar secara merata di seluruh wilayah Indonesia dan posisi alat pencatat gelombang gempa tidak selalu berada tepat pada lokasi pengamatan. Mencocokkan lokasi pengamatan dengan lokasi penempatan akselerogram gempa tidak

selalu mudah untuk dilaksanakan karena kedua lokasi tersebut harus memiliki kemiripan kondisi geologi, geoteknik dan seismotektonik. Untuk mengatasi sulitnya memperoleh data *ground motion* dalam bentuk *time histories* di batuan dasar, Irsyam (2010) memberikan masukan dengan membuat *Modified Time Histories* (MTH) pada lokasi pengamatan. Pembuatan MTH tidak selalu mudah dilakukan karena memerlukan perhitungan yang cukup rumit. SNI 1726:2012 mensyaratkan penggunaan 5 buah *ground motion* pada perhitungan bangunan tahan gempa. Saat ini belum ada informasi resmi tentang 5 buah *ground motion* yang dapat digunakan di Kota Semarang.

4. Analisis *hazard* gempa yang telah dilakukan oleh Makrup (2009), Asrurifak (2010), dan Hutabarat (2011) menggunakan nilai V_{s30} sebesar 760 m/s. V_{s30} adalah nilai kecepatan rambat gelombang geser rata-rata pada 30 meter lapisan tanah paling atas. Nilai V_{s30} sebesar 760 m/s juga disarankan oleh USGS. Pengambilan nilai V_{s30} sebesar 760 m/s disebabkan sulitnya mendapatkan data V_{s30} nyata di lokasi pengamatan diseluruh wilayah Indonesia. Makin kecil nilai V_{s30} yang digunakan pada analisis *hazard* gempa akan menghasilkan nilai spektra percepatan di batuan dasar makin besar. Peta *hazard* gempa wilayah Indonesia yang telah dikembangkan oleh Irsyam et al. (2010) masih terlalu kecil untuk pengembangan peta rawan gempa Kota Semarang. Peta *hazard* gempa yang telah dikembangkan masih menggunakan nilai $V_{s30} = 760$ m/s. Untuk pengembangan peta *hazard* gempa Kota Semarang perlu dikaji ulang penggunaan nilai V_{s30} nyata di wilayah ini.
5. SSA pada umumnya dilakukan dengan membuat simulasi perambatan gelombang gempa (*ground motion*) dalam bentuk TH dari batuan dasar ke permukaan. Posisi batuan dasar ditentukan dengan menggunakan nilai $N-SPT \geq 50$ atau $V_s \geq 750$ m/s. Penentuan posisi batuan dasar dengan menggunakan nilai " V_s " jauh lebih baik dibandingkan dengan menggunakan data N-SPT. Posisi batuan dasar menjadi sangat sulit ditentukan pada beberapa wilayah di Indonesia juga di Kota Semarang, karena belum adanya penelitian yang lengkap tentang nilai " V_s " di batuan dasar untuk seluruh wilayah Indonesia. Persoalan yang sering dijumpai pada penentuan posisi batuan dasar adalah ketebalan lapisan sedimen. Lapisan sedimen adalah lapisan tanah di atas batuan dasar sampai ke permukaan. Ketebalan lapisan sedimen sangat bervariasi pada suatu wilayah. Ketebalan lapisan sedimen dapat mencapai lebih dari 100 m dan bahkan bisa mencapai lebih dari 300 m. Informasi tentang elevasi batuan dasar dari penelitian geologi dan geoteknik sangat sulit didapatkan di Indonesia. Untuk menentukan elevasi batuan dasar memerlukan alat pengeboran yang mampu melakukan pengeboran sampai elevasi batuan dasar. Biaya yang sangat besar dan waktu yang panjang diperlukan untuk menentukan elevasi batuan dasar.

6. Hasil kajian awal SSA untuk berbagai model ketebalan lapisan sedimen menunjukkan adanya peningkatan nilai percepatan gerakan tanah di permukaan jika lapisan sedimen makin tipis. Nilai maksimum percepatan gerakan tanah di permukaan terjadi pada model dengan ketebalan lapisan sedimen 30 meter. Hasil perhitungan nilai spektra percepatan di permukaan untuk periode 0.2 s dengan menggunakan tebal lapisan sedimen 30 meter lebih besar dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan menggunakan tebal lapisan sedimen lebih dari 30 meter. Untuk periode 1.0 s nilai spektra percepatan di permukaan yang dihitung dengan menggunakan tebal lapisan sedimen 30 meter hampir sama dengan hasil perhitungan menggunakan tebal lapisan sedimen lebih besar dari 30 meter. Pada pembuatan peta mikrozonasi gempa Kota Semarang perlu dipertimbangkan penggunaan ketebalan lapisan sedimen 30 meter sebagai alternatif SSA karena sulitnya memperoleh elevasi batuan dasar yang tepat untuk Kota Semarang.
7. Parameter dinamis tanah (modulus geser tanah dan *damping*) untuk SSA sebaiknya diperoleh berdasarkan hasil pengujian di laboratorium atau pengujian di lapangan. Pengujian di lapangan atau di laboratorium untuk mendapatkan nilai modulus geser dan *damping* sangat sulit di laksanakan karena sulitnya mendapatkan peralatan laboratorium dan peralatan lapangan untuk melakukan pengujian modulus geser dan *damping*. Pendekatan empiris untuk memperoleh parameter dinamis tanah sering dilakukan dengan menggunakan nilai N-SPT hasil pengujian *Standard Penetration Test* atau nilai tahanan konus (qc) hasil pengujian CPT (*Cone Penetrometer Test*). Pendekatan empiris ini mempunyai permasalahan sehubungan dengan tingkat ketelitian nilai parameter dinamis tanah meskipun metode pendekatannya lebih mudah dan lebih murah.

1.3. Perumusan Masalah.

Melihat beberapa permasalahan sebagaimana disampaikan pada sub bagian 1.2, penelitian tentang *hazard* gempa dan mikrozonasi gempa di Kota Semarang secara umum harus mampu mengatasi beberapa masalah sebagai berikut:

- a. Apakah analisis *hazard* gempa dapat mengakomodir semua data gempa, yang dicatat oleh beberapa stasiun pencatat data gempa nasional dan internasional, yang berpotensi memberikan pengaruh pada Kota Semarang.
- b. Apakah data gempa yang digunakan dapat memenuhi persyaratan kelengkapan data dan dihasilkan dari pemilihan gempa *mainshock* yang diperoleh dari stasiun pencatatan gempa atau katalog gempa.
- c. Bagaimana metode yang tepat pada analisis *hazard* gempa untuk pembuatan peta *hazard* gempa di batuan dasar baik melalui pendekatan deterministik maupun probabilistik, dengan mempertimbangkan probabilitas kehancuran bangunan (*fragility effect*).

- d. Bagaimana cara menentukan posisi atau elevasi batuan dasar yang memiliki nilai kecepatan rambat gelombang geser V_s minimum 750 m/s.
- e. Bagaimana cara mendapatkan data V_{s30} untuk perhitungan *hazard* gempa.
- f. Bagaimana cara mendapatkan data *ground motion* atau TH pada batuan dasar yang didasarkan pada hasil pemilihan magnituda (M) dan jarak (R) yang sesuai untuk wilayah Kota Semarang.
- g. Bagaimana cara mendapatkan data dinamis tanah (modulus geser, *damping* dan *density*) untuk analisis perambatan gelombang gempa (SSA) dan pengembangan peta mikrozonasi gempa Kota Semarang.

1.4. Maksud Dan Tujuan

1.4.1. Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis *hazard* gempa dan *site specific analysis* Kota Semarang untuk pembuatan mikrozonasi gempa Kota Semarang.

1.4.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini secara garis besar adalah sebagai berikut:

- a. Pengembangan peta *hazard* gempa untuk percepatan tanah puncak (PGA), spektra 0.2 detik dan 1 detik di batuan dasar masing-masing untuk periode ulang 2500 tahun, dengan memasukkan nilai nyata V_{s30} dan mempertimbangkan pendekatan secara deterministik dan probabilistik serta memasukkan *fragility effect* pada perhitungan probabilitas kehancuran bangunan.
- b. Pembuatan *modified time histories* dan perhitungan respon spektra percepatan di permukaan tanah di wilayah Kota Semarang yang dapat digunakan untuk perhitungan bangunan tahan gempa.
- c. Pembuatan peta mikrozonasi gempa Kota Semarang melalui pendekatan probabilistik untuk periode ulang gempa 2500 tahun dan deterministik dengan mempertimbangkan pengaruh dari sumber gempa Sesar Lasem melalui pemodelan elevasi batuan dasar pada kedalaman 30 meter.

1.5. Manfaat Penelitian.

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari hasil pengembangan peta *hazard* gempa dan mikrozonasi gempa Kota Semarang yaitu:

1. Memberikan masukan pada pemerintah Kota Semarang tentang peta *hazard* gempa dan peta mikrozonasi gempa yang selama ini belum pernah dibuat atau dikembangkan.

2. Peta *hazard* gempa dan peta mikrozonasi gempa Kota Semarang diharapkan dapat memberikan masukan kepada Pemerintah Kota Semarang pada perencanaan Tata Ruang Wilayah.
3. Membantu para ahli struktur bangunan dalam memilih data *ground motion* dalam bentuk *time histories* yang tepat yang dapat digunakan pada perhitungan bangunan tahan gempa di wilayah Kota Semarang.
4. Memberikan masukan kepada Pemerintah Daerah Kota Semarang dan para ahli geoteknik tentang struktur lapisan tanah sampai kedalaman 30 meter. Dengan data pengamatan *boring-log*, maka data spasial tentang distribusi nilai V_{s30} dapat digambarkan dalam bentuk peta-peta tematik.

1.6. Pembatasan Masalah.

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Data sumber gempa dan parameter *seismic* yang digunakan untuk analisis *hazard* gempa dan SSA adalah data kegempaan yang berada disekitar wilayah Indonesia dengan radius maksimum sebesar 500 km dari Kota Semarang.
2. Data gempa yang digunakan pada analisis *hazard* gempa dianggap tidak tergantung pada waktu (*time independent*) dan pada selang waktu yang sangat kecil hanya terjadi satu kejadian gempa yang melampaui satu nilai tertentu.
3. Zona sumber gempa diambil dari studi sebelumnya dan informasi tentang sumber gempa baru yang diperoleh dari katalog gempa nasional maupun internasional.
4. Zona sumber gempa yang digunakan adalah sumber gempa subduksi, *fault* dan *background*. Analisis probabilistik menggunakan pendekatan probabilitas total untuk tiga sumber gempa. Analisis deterministik menggunakan skenario jarak ke *site* terdekat dan magnituda terbesar dari ketiga sumber gempa.
5. Fungsi atenuasi untuk perhitungan percepatan gerakan tanah yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada hasil kajian yang telah dilakukan oleh Irsyam et al. (2010) untuk sumber gempa subduksi, *fault* dan *background*.
6. Fungsi distribusi kapasitas kehancuran dari bangunan yang digunakan pada analisis probabilitas distribusi kehancuran (*probability of collapse*) untuk perhitungan MCE_R mengacu pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Luco et al. (2007). Latar belakang pemilihan fungsi distribusi ini karena Kota Semarang belum memiliki fungsi distribusi kapasitas kehancuran bangunan.
7. Data *ground motion* diambil dari stasiun pencatatan gempa di dalam negeri maupun dari luar negeri. Karena data tersebut untuk lokasi pengamatan Kota Semarang sulit untuk diperoleh, maka dilakukan analisis modifikasi *time histories* dengan menggunakan data

dari hasil pengamatan ditempat lain. Pemilihan data akselerogram dari tempat lain didasarkan pada hasil analisis deagregasi *hazard* gempa dan kesesuaian kondisi seismisitas, morfologi dan geologi dari semua sumber gempa yang berpengaruh pada Kota Semarang.

8. Penelitian mikrozonasi gempa yang dilakukan untuk Kota Semarang adalah penelitian mikrozonasi gempa dengan menggunakan data gempa dan data hasil penelitian geoteknik dan geologi. Pada penelitian ini digunakan nilai-nilai parameter dinamis tanah berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan rumus-rumus empiris yang telah dikembangkan oleh beberapa ahli. Data yang digunakan pada perhitungan parameter dinamis tanah adalah N-SPT yang telah dikoreksi (N60).
9. Permasalahan penting yang selalu dihadapi pada pembuatan mikrozonasi gempa adalah penentuan elevasi atau lokasi dari batuan dasar yang mempunyai nilai V_s minimum 750 m/s. Pada penelitian ini elevasi batuan dasar diperkirakan dengan menggunakan pengamatan *single station feedback microtremor* dan analisis HVSR (*Horizontal to Vertical Spectrum Response*) dari Nakamura (1989).
10. Analisis perambatan gelombang dari batuan dasar menuju permukaan dianggap berdimensi 1 (1-D) secara vertikal. Batasan ini diambil karena kedalaman dari batuan dasar sampai ke permukaan pada titik pengamatan jauh lebih kecil jika dibandingkan jarak antar titik pengamatan pada arah horizontal. Dengan batasan ini, maka model pelapisan tanah pada satu titik pengamatan dianggap horizontal.

1.7. Sistematika Penulisan

Secara umum sistematika penulisan pada penelitian ini dibagi menjadi enam bab yaitu:

Bab 1 Pendahuluan.

Bagian ini berisi latar belakang diadakannya penelitian, identifikasi masalah yang ada pada saat ini, perumusan masalah yang dihadapi oleh peneliti pada saat melakukan penelitian, maksud dan tujuan penelitian dan manfaat hasil penelitian.

Bab 2 Kajian Pustaka dan Kerangka Pikir Penelitian.

Kajian pustaka memuat hasil kajian terhadap penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti lain serta latar belakang teori yang digunakan pada penelitian ini. Pada bagian ini juga disajikan kerangka pikir yang digunakan sebagai pedoman pada penelitian ini.

Bab 3 Metode Penelitian.

Secara umum bagian ini menjelaskan tentang seluruh langkah-langkah yang dilakukan pada proses penelitian yang mencakup penyusunan teori-teori yang diperlukan untuk analisis *hazard* gempa dan SSA, metode pengumpulan data dan metode verifikasi dan validasi data. Pada bagian ini juga diterangkan piranti lunak yang digunakan dan dikembangkan sebagai alat bantu penyelesaian masalah.

Bab 4 Analisis Data.

Pada bagian ini dijelaskan model sumber gempa yang digunakan pada analisis *hazard* gempa dan penelitian mikrozonasi gempa Kota Semarang. Metode analisis untuk mendapatkan spektra percepatan gerakan tanah di batuan dasar dan di permukaan. Dua metode pendekatan untuk mendapatkan percepatan gerakan tanah di permukaan yaitu dengan pendekatan *hazard* gempa dan *site specific analysis* disampaikan pada bagian ini. Analisis deterministik dengan mempertimbangkan pengaruh sumber gempa Sesar Lasem untuk mitigasi gempa wilayah Kota Semarang juga disampaikan pada bagian ini. Bab ini akan menjelaskan secara lengkap tentang hasil pengolahan data primer dan sekunder dan validasi hasil pengolahan data. Peta V_s30 , peta perkiraan elevasi batuan dasar dan peta *hazard* gempa juga akan disajikan pada bagian ini.

Bab 5 Pembahasan Hasil Penelitian.

Bab ini menjelaskan secara lengkap tentang hasil pengolahan data primer dan sekunder, validasi hasil pengolahan data dan komparasi hasil penelitian dengan hasil penelitian lain yang pernah dilakukan sebelumnya. Peta-peta *seismic hazard* dan peta mikrozonasi gempa untuk wilayah Kota Semarang akan disajikan sebagai hasil akhir dari penelitian ini. Pada bagian ini juga disampaikan hasil kajian untuk memilih *time histories* yang dapat digunakan untuk Kota Semarang. Pada bagian ini juga disajikan peta wilayah rawan gempa untuk Kota Semarang berdasarkan hasil analisis probabilistik, SSA dan deterministik dengan mempertimbangkan pengaruh dari sumber gempa Sesar Lasem.

Bab 6 Kesimpulan, Implikasi dan Saran.

Kesimpulan akhir yang menggambarkan tentang kondisi nyata tingkat kerawanan gempa Kota Semarang disajikan pada bagian ini. Beberapa penyederhanaan atau pembatasan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini sehubungan dengan adanya keterbatasan waktu dan biaya serta fasilitas penunjang perlu dikaji ulang untuk pelaksanaan penelitian yang akan datang. Saran-saran penting bagi pengembangan penelitian *seismic hazard* dan mikrozonasi gempa akan disampaikan pada bagian ini.