ANALISA PERBANDINGAN KURVA HAZARD PADA KOTA YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN BEBERAPA FUNGSI ATENUASI

Andreas A.S. Nepa¹⁾, Muhammad Nur Ilham²⁾,
Yosua Lahoep³⁾, Imam Trianggoro Saputro⁴⁾

^{1).2).3).4)} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sorong

Email : asnandre89@gmail.com

ABSTRAK

Yogyakarta merupakan kota dengan tingkat kerawanan gempa yang tinggi. Tingkat kerawanan gempa serta populasi penduduk yang tinggi menjadikan Yogyakarta sebagai kota dengan tingkat risiko yang tinggi terhadap gempa. Salah satu usaha untuk mengurangi risiko gempa adalah membuat peraturan tentang perencanaan bangunan tahan gempa. Salah satu komponen dalam peraturan kegempaan tersebut adalah tersedianya data percepatan tanah serta respons spektra. Oleh karena itu, penelitian tentang percepatan tanah yang sesuai untuk Kota Yogyakarta sangat penting untuk dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah menentukan percepatan tanah sintetis dan respons spektra dipermukaan yang sesuai untuk Kota Yogyakarta. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan dan pengolahan data gempa, identifikasi, pemodelan dan karakterisasi sumber gempa, pengelolaan unsur ketidakpastian, analisis bahaya gempa probabilistic dan deagregasi, proses spectral matching, penentuan percepatan tanah sintetis dan respons spectra di permukaan untuk Kota Yogyakarta. Hasil penelitian merekomendasikan percepatan tanah sintetis dan respons spektra di permukaan Kota Yogyakarta mengacu pada data gempa. Kern County, 1952 dan Imperial Valley, 1979 setelah di skalakan dan dilakukan proses spectral matching dipakai sebagai dasar desain percepatan tanah dan respons spectra akibat sumber gempa subduksi dan shallow crustal di kota ini.

Kata Kunci : *Analisa perbandingan kurva hazard , kota yogyakarta*

1. PENDAHULUAN

Kota Yogyakarta merupakan salah satu kota dengan tingkat risiko yang tinggi terhadap bencana gempa karena letaknya yang relatif dekat dengan sumber gempa dan tingkat kepadatan penduduk yang cukup tinggi. Pada tahun 2010, tingkat kepadatan penduduk di Kota Yogyakarta sudah mencapai lebih dari 1.902 jiwa/km² dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat. Kota Yogyakarta rawan terhadap gempa yang berasal dari zona subduksi lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasiadi sebelah selatan Pulau Jawa. Kecepatan penyusupan lempeng tektonik di selatan Pulau Jawa sekitar $6,7 \pm 0,7$ cm/tahun. menunjukkan penyusupan antara lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia di sepanjang barat Sumatra dan selatan Pulau Jawa. Kota Yogyakarta juga rawan terhadap bencana gempa yang diakibatkan aktivitas sesar (shallow crustal), antara lain sesar Opak sebagaimana ditunjukkan Gambar 2. Sesar Opak merupakan sesar terdekat dengan Kota Yogyakarta dengan jarak kurang lebih 10 km. Laju pergerakan (*slip rate*) sekitar 2,4 mm/tahun dengan kekuatan maksimum yang mungkin ditimbulkan sebesar 6,8 (Asruri fak drr., 2014). Gempa Yogyakarta 27 Mei 2006 merupakan contoh gempa yang di akibatkan oleh aktivitas sesar tersebut. Gempa tersebut menimbulkan korban jiwa sekitar 6.000 orang,

lebih dari 50.000 orang luka-luka, 600.000 orang mengungsi, lebih dari 127.000 rumah hancur, dan 451.000 rusak. Total kerugian diperkirakan mencapai 31 triliun (CGI, 2006). Hingga saat ini, gempa merupakan bencana yang belum dapat di prediksi kapan terjadinya, sehingga berpotensi menimbulkan korban, kerusakan, dan kerugian dalam jumlah yang besar. Oleh karena itulah, di perlukan perhatian khusus dan upaya semua pihak untuk mengurangi risiko gempa. Salah satu usaha untuk mengurangi risiko akibat bencana gempa

Gambar Sketsa tektonik Indonesia bagian yogyakarta

Gambar Sketsa elevasi peta digital Jawa bagian tengah dan detail peta Yogyakarta dan sekitarnya, garis hitam tebal menunjukkan posisi patahan Opak .

adalah dengan membuat peraturan yang mengatur tata cara perencanaan bangunan tahan gempa. Salah satu komponen utama dalam penyusunan peraturan kegempaan tersebut adalah tersedianya data percepatan tanah (*ground acceleration*) dan respons spektra. Untuk wilayah Indonesia, data percepatan tanah masih sangat sedikit, sehingga pada umumnya dalam analisis menggunakan data percepatan tanah (*ground acceleration*) dari wilayah lain, bahkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1726-2002 di rekomendasikan menggunakan empat buah akselerogram dari empat gempa yang berbeda, salah satunya harus diambil dari data gempa Elcentro 1940 komponen N-S (Irsyam dkk.,2008). Pemakaian data percepatan tanah (*ground acceleration*) dari wilayah atau negara lain belum tentu sesuai diterapkan untuk semua wilayah di Indonesia. Data percepatan tanah memegang peranan yang penting untuk mendapatkan hasil analisis dinamik yang akurat. Oleh karena itulah, pemilihan data percepatan tanah ini harus sesuai dengan kondisi geologi, seismologi, dan target parameter pergerakan batuan dasar seperti percepatan gempa maksimum, kandungan frekuensi dan durasi (Irsyam dkk.,2008). Mengingat parameter percepatan tanah dan respons spektra memegang peranan penting dalam penyusunan peraturan kegempaan, maka penelitian percepatan tanah dan respons spektra yang sesuai untuk Kota Yogyakarta menjadi sangat penting untuk dilakukan. Penelitian tentang rekomendasi percepatan tanah untuk Kota Yogyakarta pernah dilakukan oleh Teguh dan Purwono (2011), namun masih sebatas desain percepatan tanah pada batuan dasar dengan periode ulang gempa 500 tahun. Peraturan gempa modern saat ini sudah mengacu pada penggunaan periode ulang gempa 2.500 tahun, sehingga rekomendasi percepatan tanah untuk Kota Yogyakarta dengan periode ulang gempa 500 tahun perlu ditinjau kembali. Dalam penelitian sebelumnya Sunardi (2013) telah menentukan percepatan tanah yang sesuai untuk Kota Yogyakarta yang mengacu pada periode ulang gempa 2.500 tahun. Penelitian ini melengkapi penelitian sebelumnya dengan menekankan penggunaan teknik spectral matching menggunakan algoritma wavelet (Abrahamson,1992; Hancock dkk.,2006). Teknik tersebut diharapkan mampu mengoptimalkan proses spectral matching, sehingga penentuan percepatan tanah sintetis menjadi lebih baik. Disamping itu, diperoleh juga hasil *spectral matching* dalam bentuk time series percepatan (*acceleration*), kecepatan (*velocity*), serta pergeseran (*displacement*). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan percepatan tanah sintetis dan respons spektra di permukaan yang sesuai untuk Kota Yogyakarta. Parameter percepatan tanah dan respons spektra yang sesuai untuk Kota Yogyakarta sangat penting untuk analisis beban dinamik

yang diakibatkan oleh gempa, sehingga akan sangat bermanfaat sebagai acuan dalam perencanaan struktur bangunan yang tahan gempa.

1. PEMBAHASAN

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam *Seismic Hazard Assessment* untuk membuat prediksi kejadian gempa di masa yang akan datang (gempa rencana). Metode-metode itu diantaranya adalah *The Gumbel Type I method*, *The Line Source Method*, *The Total Probability Area Method* dan *The EQ Occurrence Distributed*.

Pada tugas kali ini, *Seismic Hazard Assessment* menggunakan *The Line Source Method* untuk membuat *Hazardcurve* yang dapat memperkirakan kejadian gempa di **Kota Jogjakarta**.

Rumus Atenuasi yang digunakan adalah atenuasi **McGuire (1977)**, **petrovski (1988)**, **alfaro (1990)**, dan **Campbell (1993)**. Kota Jogjakarta terletak pada koordinat 110,370

BT dan 7,730 LS.

1. Metode

Referensi dalam penelitian ini mengikuti Irsyam dkk.(2008), Firmansyah dan Irsyam (1999), dan Asruri fak dkk. (2014) dan Imam (2018). Untuk urutan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi koordinat kota Jogjakarta.
- b. Menganalisis jarak maks. 100 km dari titik episenter gempa bumi yang akan terjadi.
- e. Menganalisis percepatan tanah dengan menggunakan beberapa fungsi atenuasi.
- f. Membuat kurva hazard hasil dari analisis.
- g. Kesimpulan

2. Menghitung Fungsi Atenuasi

Pada analisis resiko gempa apabila lokasi yang ditinjau (*site interest*) tidak mempunyai data rekaman gempa, maka untuk memperkirakan besarnya percepatan maksimum tanah digunakan fungsi atenuasi. Yang dimaksud dengan fungsi atenuasi adalah suatu fungsi yang menggambarkan korelasi antara intensitas (i) gerakan tanah setempat, magnitude (M) dan jarak (R) dari sumber titik dalam daerah sumber gempa. Memperkirakan fungsi atenuasi untuk gerakan tanah akibat gempa telah menjadi subjek yang menarik dalam penelitian bidang kegempaan. Fungsi atenuasi merupakan alat yang penting dalam mengaplikasikan resiko kegempaan dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi atenuasi adalah :

1. Mekanisme Gempa

2. Jarak Episenter

3. Kondisi Tanah Lokal

4. Fungsi Atenuasi McGuire (1977),

5. Rumus Atenuasi Esteve: $Y = 472.10^{0.278.M} \cdot (R+25)^{-1.301}$

6. Menggunakan : $M = 6$

$R = 15 \text{ Km}$

$E = 2.718281828$

Tabel 1.1. Contoh Hasil Perhitungan Atenuasi McGuire

r km	McGuire, 1977 (cm/s ²)
2	301.8128605
3	287.8653549
4	275.0186864
5	263.1523461
6	252.1624613
7	241.9590534
8	232.4638161
9	223.608304
10	215.3324456
11	207.583316
12	200.3141164
13	193.4833238
14	187.0539764
15	180.9930714
16	175.2710551
17	169.8613893
18	164.7401807
19	159.8858634
20	155.2789259
21	150.9016747
22	146.7380304
23	142.7733497
24	138.9942705
25	135.3885768
100	41.10191641

Fungsi Atenuasi Petrovski, 1988

Rumus Atenuasi Petrovski, 1988: $\ln Y = 6.48 + 0.544.M - 1.33.Ln(R+20)$

Perhitungan :

Menggunakan : M = 6
 R = 15 Km
 F = 1

Petrovski, 1988		
no	Ln Y	Y (g)
1	5.694785	297.3129
2	5.632914	279.4752
3	5.573793	263.4313
4	5.517188	248.9342
5	5.462895	235.7791
6	5.410732	223.7953
7	5.360537	212.8392
8	5.312168	202.7894
9	5.265497	193.5424
10	5.220407	185.0096
11	5.176797	177.1146
12	5.134571	169.7915
13	5.093645	162.9828
14	5.053941	156.6385
15	5.015387	150.7145
16	4.97792	145.1721
17	4.941479	139.9771
18	4.90601	135.0993
19	4.871463	130.5117
20	4.83779	126.1902
21	4.804949	122.1133
22	4.772899	118.2616
23	4.741604	114.6179
24	4.711028	111.1664
25	4.681139	107.8929
100	2.496	12.130

Fungsi Atenuasi alfaró (1990)

Rumus Atenuasi alfaro (1990): $\text{Log } Y = -1.116 + 0.312 \cdot M_s - \log(R^2 + 7.9^2)^{0.5}$

Perhitungan :

Menggunakan :

M	= 1
R	= 15 Km
F	= 0

no	Alfaro, 1990		
	LogY	Y	(cm/s2)
1	-1.70508	0.019721	19.33935
2	-1.71512	0.01927	18.89748
3	-1.73088	0.018583	18.22389
4	-1.75119	0.017734	17.39142
5	-1.77478	0.016797	16.47176
6	-1.80052	0.01583	15.52391
7	-1.82746	0.014878	14.59011
8	-1.85489	0.013967	13.69714
9	-1.88229	0.013113	12.8597
10	-1.90931	0.012322	12.0841
11	-1.93571	0.011595	11.37128
12	-1.96137	0.01093	10.71903
13	-1.98619	0.010323	10.12347
14	-2.01015	0.009769	9.580011
15	-2.03325	0.009263	9.083845
16	-2.05549	0.0088	8.630328
17	-2.07691	0.008377	8.215114
18	-2.09752	0.007989	7.834233
19	-2.11738	0.007632	7.484109
20	-2.13651	0.007303	7.161551
21	-2.15496	0.006999	6.863723
22	-2.17276	0.006718	6.588118
23	-2.18994	0.006457	6.332517
24	-2.20655	0.006215	6.09496
25	-2.22261	0.00599	5.873713
100	-2.80535	0.001565	1.535217

Fungsi Atenuasi Campbell (1993).

Rumus Atenuasi Campbell (1993).
$$\ln Y = -3,15 + 0,683M - \ln(R^2 + (0,0586 \cdot e^{(0,683M)^2})^{0,5} \cdot (0,015 - 0,000995)R + 0,27 \cdot F + (-0,105 \ln(R))S, \text{ rock } S=1, F=1 \text{ unt. reverse}$$

Perhitungan :

Menggunakan : M = 6
R = 15 Km

no	Campbell, 1993		
	Ln Y	Y (g)	Y (cm/s ²)
1	-0.40821	0.66484	651.985663
2	-0.55626	0.573348	562.26276
3	-0.69033	0.501411	491.715872
4	-0.8134	0.443346	434.774258
5	-0.92446	0.396747	389.075879
6	-1.02409	0.359124	352.180542
7	-1.11371	0.328339	321.990717
8	-1.19485	0.302749	296.895697
9	-1.26888	0.281145	275.70909
10	-1.33696	0.262643	257.564463
11	-1.40002	0.246593	241.825147
12	-1.45881	0.232513	228.017463
13	-1.51395	0.220038	215.783782
14	-1.56595	0.208889	204.849978
15	-1.61522	0.198848	195.002823
16	-1.66209	0.189743	186.074145
17	-1.70684	0.181438	177.92959
18	-1.74973	0.173821	170.460534
19	-1.79094	0.166803	163.578191
20	-1.83065	0.160309	157.209257
21	-1.86901	0.154276	151.292647
22	-1.90615	0.148651	145.777023
23	-1.94218	0.143391	140.6189
24	-1.97719	0.138458	135.781177
25	-2.01126	0.133819	131.231985
100	-3.7011	0.024696	24.2187894

Perbandingan Fungsi-Fungsi Atenuasi

Setelah melakukan analisis dengan menggunakan fungsi atenuasi **McGuire (1977)**, **petrovski (1988)**, **alfaro (1990)**, dan **Campbell (1993)**. di atas maka diperoleh hasil kurva hazard seperti yang tersaji pada **Gambar** berikut ini.

Berdasarkan hasil Gambar di atas menunjukkan besarnya nilai percepatan tanah (*ground acceleration*) akan meningkat seiring dengan besarnya jarak yang diperhitungkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kurva hazard menunjukkan nilai terbesar pada saat menggunakan fungsi atenuasi Campbell, 1993, sedangkan nilai terkecil pada kurva hazard terjadi pada saat menggunakan fungsi atenuasi Alfaro 1990.

Kurva hazard ini dapat digunakan dalam menentukan besarnya percepatan tanah di daerah

kota Jogjakarta yang disebabkan oleh sumber gempa sesar opak. Hal ini juga dapat dianggap sebagai langkah mitigasi. Upaya mitigasi perlu dilakukan untuk mengidentifikasi bencana yang akan terjadi dikemudian hari dengan mengambil langkah antisipasi. Hal ini dilakukan dalam rangka untuk mengurangi resiko yang ditimbulkan sehingga tingkat kerugian dan korban yang berjatuh dapat di minimalisir.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Besarnya nilai percepatan tanah (*ground acceleration*) akan meningkat seiring dengan besarnya nilai jarak yang diperhitungkan.
2. Kurva hazard pada daerah kota yogyakarta akibat sesar akan menunjukkan nilai terbesar pada saat menggunakan fungsi atenuasi Campbell 1993.
3. Kurva hazard pada daerah yogyakarta akibat sesar akan menunjukkan nilai terkecil pada saat menggunakan fungsi atenuasi Alfaro 1990.

6. Daftar pustaka

1. Abrahamson, N. A., 1992. Non-stationary spectral matching,
2. Seismological Research Letters, 63(1), 30. Asrurifak, Widiyantoro, S., Triyoso, W., Natawidjaja, D.H.,
3. <http://www.scribd.com/doc/232424738/PetaSpektra-Hazard-Indonesia->
4. [Model-Gridded-Seismicity-Untuk-Sumber-GempaBackground](#) .