

ANALISIS DETERMINISTIK POTENSI SEISMIK PATAHAN LEMBANG TERHADAP REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG

Akhlamad Muktaf Haifani

Pusat Pengkajian Keselamatan Reaktor, Badan Pengawas Tenaga Nuklir

ABSTRAK

ANALISIS DETERMINISTIK POTENSI SEISMIK PATAHAN LEMBANG TERHADAP REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG. Analisis beban gempa pada suatu tapak yang digunakan untuk aktifitas manusia khususnya dibidang tenaga nuklir sangat diperlukan sekali untuk menentukan apakah tapak tersebut akan aman dari bahaya seismik. Analisis deterministik dengan menggunakan studi fungsi atenuasi yang sesuai dapat dipergunakan diantaranya Joyner & Boore Attenuation Function (1988), Crouse Attenuation Function (1991), atau Boore et all Attenuation Function (1997) dapat memperkirakan seberapa besar pengaruh gempa tersebut terhadap tapak, dilihat dari parameter-parameter gempa yang ada. Patahan Lembang merupakan salah satu patahan yang berpotensi menimbulkan gempa yang besar di daerah Bandung, oleh karena itu perlu dikaji lebih jauh dampaknya terhadap keberadaan dari instalasi nuklir yang ada disana. Reaktor Triga 2000 ini terletak pada kedudukan 6°7' LS dan 107°37' BT. Bandung adalah dataran tinggi dengan ketinggian rata-ratanya 700 m dari permukaan laut dan dikelilingi oleh jalur pegunungan. Analisis ini menekankan pada perhitungan potensi gempa bumi terhadap gedung reaktor dengan mengaplikasikan parameter-parameter gempa pada tapak reaktor serta respon tapak dengan memakai fungsi atenuasi dari Boore, et all, 1997.

Kata kunci : Analisis deterministik, fungsi atenuasi, reaktor, seismik, parameter gempa, respon tapak

ABSTRACT

SEISMIC POTENTIAL DETERMINISTIC ANALYSIS OF LEMBANG FAULT TOWARD REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG. The analysis of the earthquake load on a site that is used for the human activities especially in the nuclear power site is very necessary to determine whether that site will be safe from seismic hazards. Deterministic analysis using all attenuation function that is suitable can be used among other things Joyner & Boore Attenuation Function (1988), Crouse Attenuation Function (1991), or Boore et all Attenuation Function (1997) can estimate how high the effluent of the earthquake toward the site, it can be seen from the earthquake parameter. Lembang fault is one of the fault potential in Bandung, West Java wich cause big earthquake, that way is necessary to be assess the effect to the present of the nuclear installation there. This reactor lies in the position 6°7' Latitude and 107°37' Longitude. Bandung is a high land with average elevation of 700 meter uper sea level and surrounded by the mountain range. This analysis stresses in the calculating the potential of the earthquake toward the reactor building by applicating the earthquake parameters on the reactor site and site response by using attenuation function from Boore et all, 1997.

Key word : Deterministic analysis, attenuation function, reaktor, seismic, earthquake parameters, site respon

PENDAHULUAN

Reaktor TRIGA 2000 Bandung merupakan fasilitas yang dikelola oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknik Nuklir (P3TKN) terletak di kota Bandung, Propinsi Jawa Barat. Secara geografis terletak pada 6°57' Lintang Selatan dan 107°37' Bujur Timur. Bandung merupakan dataran tinggi dengan ketinggian rata-rata 700 m diatas permukaan laut dan dikelilingi oleh gunung-gunung. Disebelah utara oleh gunung Tangkuban Perahu, disebelah timur oleh gunung Galunggung, disebelah selatan oleh Gunung Papandayan dan disebelah barat oleh

Gunung Gede.⁽¹⁾

Melihat usia reaktor khususnya bangunan fisik yang sudah cukup tua maka perlu dikaji kelayakan gedung tersebut yang dapat menunjang keselamatan dan kelangsungan pengoperasian reaktor terhadap bahaya seismik. Dalam memahami mekanis karakteristik medan seismik tapak reaktor, digunakan zona sumber gempabumi di Indonesia dan peta bahaya gempa bumi dengan periode perulangan 100 th, (Engkon K. Kertapati dkk) sehingga akan mempermudah kita dalam peman-tauan, pengukuran dan mitigasi dari gempa bumi terhadap suatu daerah.

Studi fungsi attenuasi yang dipakai dalam melakukan analisis deterministik akan dipilih untuk disesuaikan dengan karakteristik tapak dan sumber gempa yang ada. Fungsi attenuasi yang akan dipakai berdasarkan dari fungsi attenuasi yang telah dipakai oleh para ahli kegempaan di seluruh dunia diantaranya adalah *Joyner & Boore Attenuation Function* (1988), *Crouse Attenuation Function* (1991), atau *Boore et all Attenuation Function* (1997), *Youngs et all Attenuation Function*. Hasil akhir dari analisis ini adalah untuk menentukan seberapa besar nilai percepatan yang akan ditimbulkan berdasarkan parameter gempa yang ada apakah masih dibawah standar desain seismik terhadap bangunan reaktor dilihat dari kondisi geologi dan seismologi yang ada pada tapak reaktor tersebut.

TATANAN TEKTONIK BANDUNG DAN SEKITARNYA

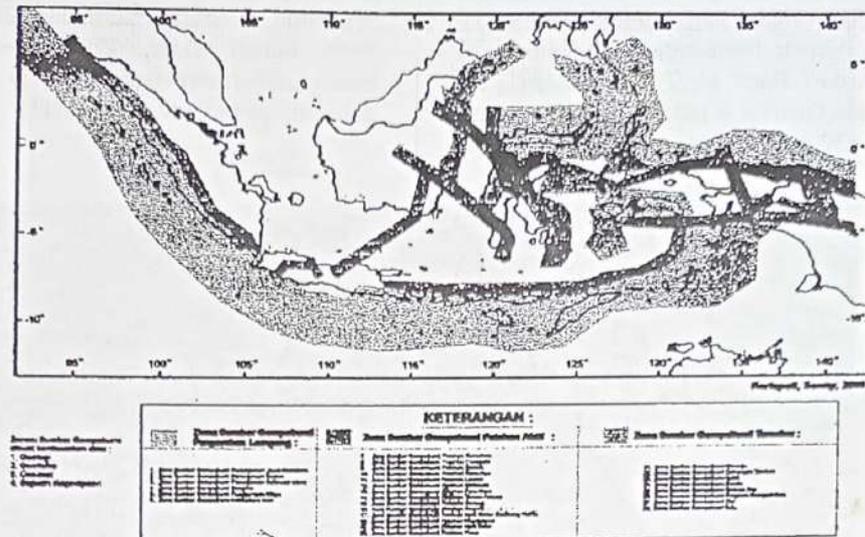
Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan empat lempeng aktif dunia yaitu lempeng Eurasia, Lempeng India-Australia dan Lempeng Philipina.

Lempeng India-Australia bergerak relatif kearah Utara relatif terhadap Lempeng Eurasia (7 mm/th), Lempeng Pasifik serta Lempeng Philipina di bagian Timur bergerak ke barat keduanya menumpu di awah pinggiran Lempeng Asia Tenggara (10 m/th) seperti tampak pada Gb.1 ,sebagai bagian dari Lempeng Eurasia. Pergerakan lempeng besar dalam bentuk penumpuan dan papasan dapat menimbulkan beberapa zona subduksi dan patah permukaan.Selain itu pergerakan ini akan membebaskan sejumlah energi yang telah terkumpul sekian lama secara tiba-tiba, dimana proses pelepasan tersebut menimbulkan getaran gempa dengan nilai yang beragam.⁽²⁾

Penentuan zonasi sumber gempa bumi yang dicirikan dengan pergerakan patahan permukaan yang spesifik dapat diidentifikasi dengan data geologi, geofisika, geodesi dan sejarah kegempaan-nya. Untuk kelengkapan pemodelan seismotektonik harus dimulai dari rejim tektonik masa kini yaitu suatu ekspresi permukaan bumi yang terjadi selama jaman Kuarter, meliputi 2-2,5 jt tahun terakhir,atau paling tidak dimulai dari jaman Pleistosen. Secara garis besar ada tiga lajur sumber gempabumi di wilayah Indonesia yaitu :



Gambar 1. Sumber Robert Hall dalam Sardjono, Puslitbang Geologi.



Gambar 2. Zona sumber gempabumi Indonesia (Kertapati, 1999).

- Lajur subduksi/penukikan yaitu semua gempa bumi yang timbul pada jalur subduksi yang disebabkan oleh pertemuan antara dua lempeng yaitu lempeng samudera yang menunjam ke arah lempeng benua disebabkan diantaranya oleh perberbedaan berat jenis. *Crouse* (1992) membagi zona subduksi menjadi dua yaitu Lajur *inter late/megathrust* dengan kedalaman 0 – 50 km dan Lajur *intra plate/Benioff* mulai dari kedalaman 70 – 250 km.
- Lajur Sesar Kerak Bumi Dangkal / *Shallow Crustal* semua kejadian pada kerak bumi dangkal yang berkaitan dengan terbentuknya sesar/patahan.
- Lajur Menyebar / *Diffuse* yaitu lajur gempabumi yang diasumsikan sebagai daerah seismotektonik yang mempunyai potensi kegempaan yang sama seperti kejadian gempabumi yang berhubungan dengan aktifitas gempabumi *back arc basin* termasuk cekungan busur belakang.

Zonasi sumber gempabumi adalah suatu wilayah yang mempunyai karakteristik geologi, seismisitas dan kegempaannya yang sama, ditandai dengan penyebaran patahan/sesar. Seperti yang tampak pada Gambar 2 daerah Bandung dan sekitarnya dipengaruhi oleh empat (4) zona sumber gempabumi⁽³⁾ yaitu :

1. Zona sumber Sub-duksi Jawa-Sumatera

Berhubungan dengan kejadian gempa bumi dangkal di sebelah samudera, menengah /sedang di poros pulau dan dalam di utara. Gempa bumi

dangkal dari sistem gempa zona ini, bertanggung jawab terhadap kejadian tsunami di pesisir barat Sumatera, dan selatan Jawa.

2. Zona sumber akrasi prisma Sukabumi

Patahan Cimandiri-Cirata-Lembang terutama disekitar Cimandiri sebagai penyebab terjadinya Gempabumi Sukabumi tahun 1902, 1912 dan 1982.

3. Zona sumber Baribis

Patahan penimbul gempa yang terletak dalam zona sumber gempa ini membentang melintas Majalengka, Kuningan.

4. Zona sumber sesar Bumiayu

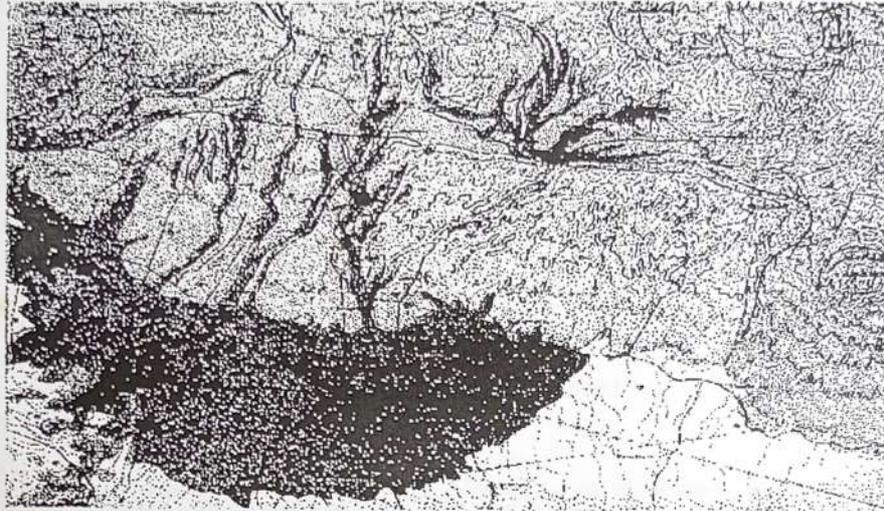
Patahan bumiayu yang membentang dari selatan Cirebon sampai ke Bumiayu di Jawa Tengah, patahan ini bertanggung jawab terhadap Gempa Bumiayu 1931, 1970 dan 1992 serta Gempabumi Cirebon selatan tahun 1847 dan 1875.

Struktur geologi yang berkembang di sekitar lokasi telitian adalah struktur patahan (sesar) normal (sesar turun) yang dikenal dengan patahan Lembang. Jarak antara daerah telitian dengan Patahan Lembang terdekat kurang lebih 8 km (Gambar 3).⁽⁴⁾

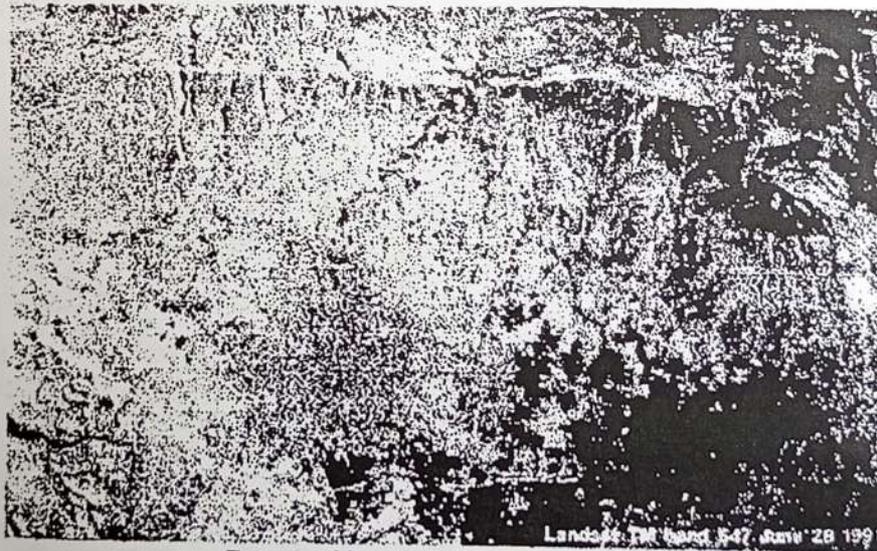
Patahan Lembang adalah patahan normal dengan blok utara relatif turun terhadap blok selatan dengan kemiringan bidang patahan diperkirakan tegak, dan terdapat di daerah Utara Cimahi-Penyadokan-Batureog-Maribaya hingga Gunung Pulosari dan membelok ke arah selatan hingga ke

daerah Utara Ujung Berung. Jejak patahan berupa gawir dapat diikuti mulai dari Batureog hingga ke wilayah Ujung Berung. Patahan tersebut memanjang sekitar 25 km dari Barat ke Timur, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4 patahan/sesar Lembang terjadi antara 3000 – 6000 tahun lalu dengan

panjang pergeseran 140 meter dan rata-rata geser 30 mm/tahun (Engkon Kertapati, 2003). Bemmelen, 1949 dalam Dam 1996 menjelaskan bahwa sesar/patahan termasuk *volcano – tectonic* yang terbentuk akibat gaya gravitasi.



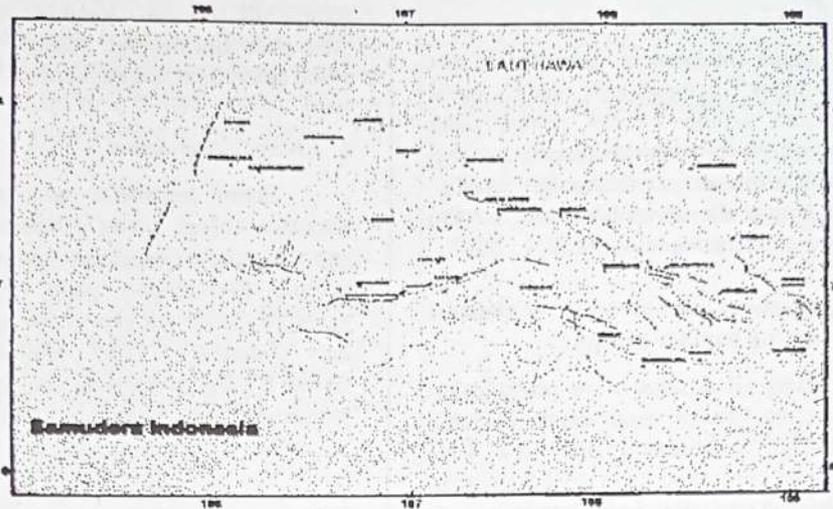
Gambar 3. Peta patahan Lembang.



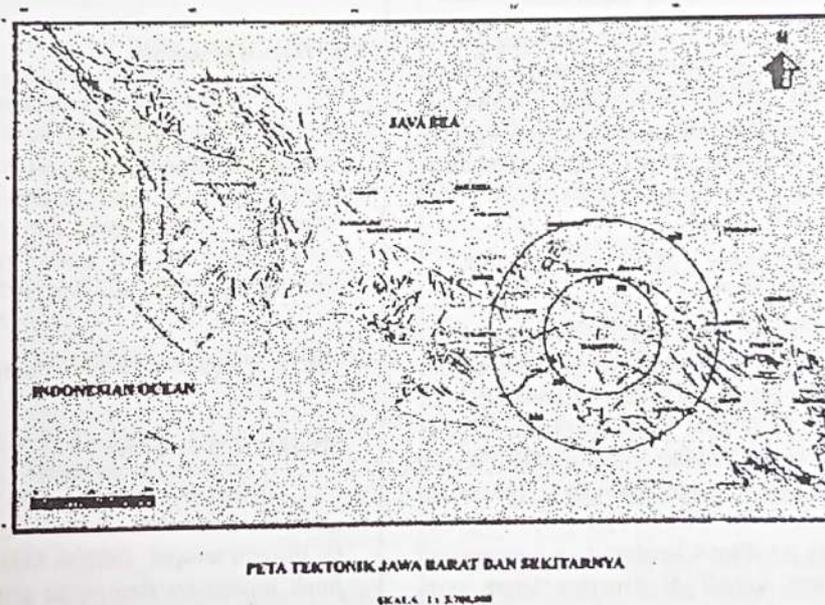
Gambar 4. Foto : Citra Satelit Sesar Lembang (Sumber data; Puslitbang Geologi).

Data kegempaan yang berhasil kami dapatkan adalah data kegempaan daerah Bandung dan sekitarnya selama kurun waktu 100 th dengan asumsi bahwa pada kurun waktu itu bisa diketahui seberapa banyak gempa bumi yang telah terjadi dan sampai seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan gempa tersebut terhadap daerah telitian, serta kemungkinan

teradinya gempa itu kembali (periode ulang gempa) (Gambar 5). Sedangkan data sejarah gempa juga kami diambil dalam radius 100 km dari daerah telitian dengan asumsi bahwa ada beberapa gempa yang masih dapat dirasakan dalam radius tersebut dan diperkirakan masih bisa menimbulkan dampak negatif terhadap daerah telitian^[5] (Gambar 6).



Gambar 5. Peta pola patahan di Jawa bagian barat.



Gambar 6. Peta sebaran gempa bumi dalam jarak 100 km selama 100 th.

METODOLOGI

Peristiwa gempabumi yang mempunyai skala kerusakan tinggi dilihat dari intensitasnya maupun dari resiko yang ditimbulkan diklasifikasikan sebagai kejadian eksternal karena pengaruh alam mempunyai derajat ketidakpastian yang cukup besar, maka diperlukan metoda yang sistematis dalam rangka untuk melakukan analisis terhadap resiko yang ditimbulkan serta meminimalisir ke-

tidakpastian tersebut. Adapun beberapa aspek yang penting untuk diperhatikan dan yang seharusnya dianalisis secara deterministik diantaranya adalah :

- Mengidentifikasi dan karakterisasi semua sumber gempabumi
- Pemilihan parameter yang sesuai
- Studi fungsi atenuasi
- Pemilihan gempa yang signifikan.

Identifikasi dan karakterisasi sumber gempa bumi

Dalam rangka melakukan identifikasi dan karakterisasi sumber gempabumi yang perlu diperhatikan adalah semua sumber gempa yang berada pada radius 30 km diperlukan peta geologi skala 1 : 200.000, termasuk penafsiran foto geologi dan citra satelit hingga daerah terdekat seluas 1 km dilakukan dengan pemetaan geologi skala 1 : 5000.

Pemilihan parameter-parameter seismisitas untuk masing-masing sumber gempa

Dengan mengetahui sejarah gempa baik dari instrumental maupun historis maka dapat diketahui parameter-parameter gempabumi apa saja yang dapat menimbulkan kerusakan serta resiko tercapainya atau terlampauinya intensitas gerakan tanah setempat dimasa yang akan datang. Adapun parameter-parameter gempabumi itu diantaranya adalah :

a. Magnitude maksimum yang dapat ditimbulkan

Untuk menentukan besarnya magnitudo maksimum yang dapat ditimbulkan suatu sumber gempa bumi baik itu berupa patahan permukaan zonasi subduksi maupun zona gempabumi dengan epicenter yang menyebar maka dapat digunakan suatu rumus yang dikembangkan oleh *D. L. Well & K. J. Coppersmith, 1997*)

b. Intensitas gempabumi

Intensitas adalah suatu besaran yang menyatakan besarnya tingkat kerusakan yang dapat terjadi berdasarkan pada pengamatan saat gempabumi itu terjadi atau kualitatif efek suatu gempabumi pada suatu lokasi tertentu. Satuan yang dipakai secara Internasional sebagai standar baku bagi penentuan intensitas adalah skala MMI (Modified Mercalli Intensity). Skala ini dibuat berdasarkan pengamatan efek gempa yang terjadi di Amerika Utara serta dibagi dalam 12 tingkatan skala. Hubungan kasar antara skala Modified Mercalli dan percepatan maksimum permukaan tanah dapat dinyatakan dengan rumus⁽⁶⁾

$$\text{Log } a = 1/3 \cdot I - 1/2 \quad (1)$$

atau

$$\text{Log } a = 1/3 \cdot I + 1/4 \quad (2)$$

dimana a = nilai percepatan pucak tanah (gall)

I = nilai Intensitas gempa (MMI)

Hubungan tersebut sebenarnya sangat kasar (subyektif) tergantung pada tingkat/kualitas bangun-

an, keadaan panik dan tidaknya pada saat terjadinya gempa dll. Namun demikian skala ini digunakan oleh para Seismologi sebagai faktor pembanding untuk penentuan tingkat kerusakan.

c. Energi gempabumi

Suatu parameter gempa yang menyatakan besarnya energi yang dilepaskan terjadinya suatu gempabumi dengan durasi tertentu dari fokus suatu gempa. Perhitungan yang dipakai untuk memperkirakan besarnya energi menggunakan persamaan dari *Gutenberg, 1956*. Hubungan antara strain-energi E yang dilepaskan dan magnitudo pada suatu gempa dinyatakan dengan rumus.⁽⁷⁾

$$\text{Log } E = 114 + 1,5 M \quad (3)$$

Dimana E = energi (erg)

M = magnitudo (richter)

d. Durasi gempabumi

Evaluasi durasi gempabumi diperlukan untuk memperkirakan seberapa lama guncangan gempa bumi dapat terjadi. Parameter ini merupakan fungsi dari besarnya gempa tergantung dari panjangnya gesekan L (mis: sumbu dari patahan *strike slip*). Rumus yang dipakai untuk menentukan besarnya durasi gempa dari *Donovan, 1973*,⁽⁸⁾ yakni :

$$t_0 = 4 + (M - 5) \times 11 \quad \text{untuk } 5 < M < 8 \quad (4)$$

Studi fungsi atenuasi

Dipakai sebagai suatu cara untuk menggambarkan korelasi antara intensitas gerakan tanah (i) disuatu tempat dengan kekuatan gempa (m) dan jarak hiposenter dari suatu gempabumi. Pemakaian fungsi atenuasi disesuaikan dengan kondisi di Indonesia dengan mempertimbangkan pada deviasi terkecil dari masing-masing fungsi atenuasi untuk masing-masing mekanisme gempabumi atau jenis-jenis patahan. Pada umumnya fungsi atenuasi tergantung oleh beberapa hal berikut :

- Tipe mekanisme sumber gempabumi yang ditinjau
- Jarak episenter
- Kondisi lapisan kulit bumi yang dilintas oleh gelombang gempabumi
- Kondisi tanah lokal disekitar lokasi

Karena belum ada fungsi atenuasi yang dihasilkan secara spesifik berdasarkan pencatatan gempa bumi maka ada beberapa fungsi atenuasi yang dipakai didunia dapat dipakai yang tentunya sesuai dengan mekanisme gempa bumi. Adapun beberapa fungsi atenuasi yang dapat dipakai [9] yaitu.

Joyner & Boore Attenuation Function (1988)

Fungsi atenuasi ini dipakai untuk menghitung percepatan horisontal maksimum (PHA). Fungsi tersebut dipublikasikan pertama kali oleh Joyner dan Boore tahun 1988. Persamaan yang diperoleh adalah :

$$\text{Log}(Y) = a + b(M-6) + c(M-6)^2 + d(\log r) + kr + s + \sigma \quad (5)$$

$$r^2 = r_0^2 + h^2$$

dimana :

Y = parameter gempabumi (percepatan atau kecepatan maksimum).

M = magnitudo gempabumi.

r_0 = jarak terdekat dari lokasi ke proyeksi vertikal gempabumi akibat aktivitas patahan permukaan.

s = parameter untuk koreksi kondisi tanah setempat.

σ = standar kesalahan (dengan bilangan dasar 10).

a, b, c, d, k, s dan h = diperoleh Joyner & Boore dari regresi analisis.

Fungsi Atenuasi Crouse

Fungsi yang diambil dari berdasarkan data gempabumi dari mekanisme subduksi pada zona subduksi di bagian barat Cascadia, Pasifik Utara dengan karakteristik percepatan tanah horisontal dan damping 5 %. Persamaan yang diperoleh adalah :

$$\text{Ln}(Y) = 6,36 + 1,76M - 2,73 \ln(R + 1,58 \exp(0,60M) + 0,0091 * h) \quad (6)$$

$$\sigma = 0,773$$

dimana :

M = besarnya magnitudo gempabumi

R = jarak (km)

H = kedalaman fokus

σ = standar deviasi dari $\ln a$

Boore et al. Attenuation Function (1997)

Fungsi atenuasi ini merupakan model terakhir yang diusulkan untuk menyempurnakan fungsi atenuasi sebelumnya. Persamaan itu adalah

$$\text{Ln}(Y) = b_1 + b_2(M-6) + b_3(M-6)^2 + b_4 \ln r - b_5 \ln \frac{V_s}{V_A} \quad (7)$$

dimana :

$b_1 = b_{ISS} = -0,313$ untuk mekanisme gempa *strike slip*

$= b_{IRS} = -0,117$ untuk mekanisme gempa *reverse slip*

$= b_{IALL} = -0,242$ untuk mekanisme yang tidak spesifik

M = magnitudo gempabumi

r = jarak

V_s = rata-rata kecepatan gelombang geser

V_A = rata-rata kecepatan pada batuan.

ANALISIS DETERMINISTIK

Seperti tampak pada Gambar 7 menunjukkan distribusi epicenter dari perekaman data gempabumi Badan Meteorologi dan Geofisika, di Daerah Sumatera Selatan – Jawa Bagian Barat yang mempunyai koordinat $4^\circ - 12^\circ$ LS dan $100^\circ - 112^\circ$ BT.

Sesuai dengan anjuran dari IAEA bahwa untuk analisis seismik secara terperinci meliputi daerah seluas 100 km^2 dan selama 100 th. Dari data sumber gempa maka dapat dilakukan perhitungan jarak antara daerah telitian (P_2 TN) dengan sumber gempa (Epicentrum) dan mendapatkan jarak minimum sumber gempa terhadap daerah telitian.

Harga R didapat dari :

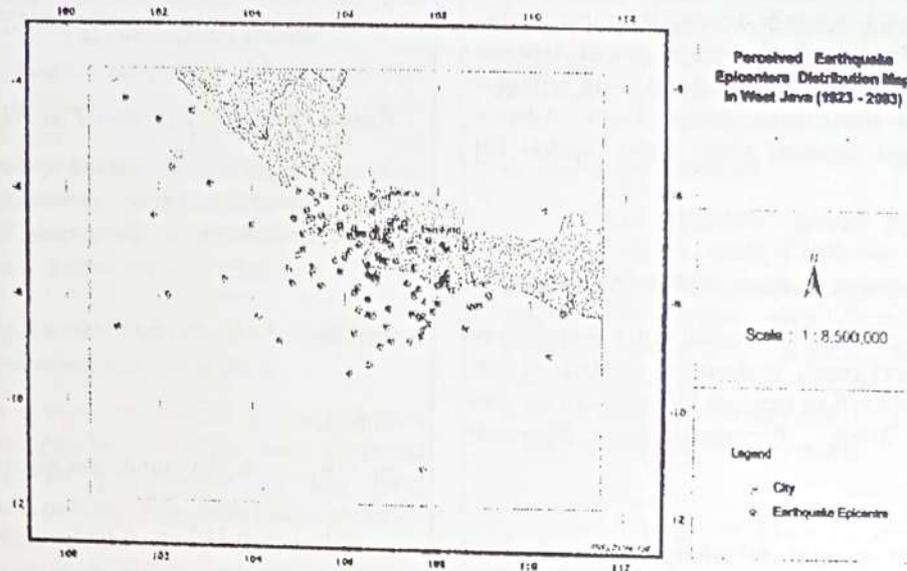
$$R = \sqrt{\Delta^2 + H^2} \quad (8)$$

dimana

R = jarak terdekat daerah telitian terhadap sumber gempa

Δ = jarak epicentrum terhadap tapak

H = kedalaman sumber gempa



Gambar 7. Distribusi gempa bumi yang dirasakan di Jawa Barat 1923-2003.

Tabel 1. Tabel penentuan harga R (jarak) *epicentre* terhadap tapak reaktor.

Earthquake source	Lat	Lon	Mag	Dep (H)	Δ	R
1	-7.66	108.2	6.1	62	98.67	116.532
2	-6.98	108.1	5.8	14	53.44	55.246
3	-6.58	107.29	5.5	100	55.50	114.369
4	-7.07	107.5	3.9	2	25.5	25.578
5	-6.84	107.28	6.0	130	41.11	136.345
6	-7.23	107.91	4.3	33	25.5	41.704

Magnitudo Maksimum

Sumber gempa 2 (Tabel 1) berdasarkan koordinat $6^{\circ}58'48''$ LS dan $108^{\circ}6'0''$ BT menunjukkan bahwa sumber gempa itu diperkirakan disebabkan oleh pergerakan Patahan Lembang yang tercatat dengan Magnitudo 5,8 mb. Data gempabumi pada Bulan Juni 2003 menyebutkan bahwa terjadi gempabumi sebagai akibat aktivitas Patahan Lembang sebesar 5,4 mb pada kedalaman 10 km. Dengan menggunakan metode diperkenalkan oleh D.L Well & K.J. Copersmith, (1997) maka akan diketahui seberapa maksimum magnitudo (*Maximum Credible Earthquake*) yang dapat ditimbulkan oleh patahan tersebut, dilihat dari panjang patahan, kemungkinan pergeseran atau rata-rata pergeserannya. Dalam hal ini perhitungan yang dilakukan menitik beratkan pada besarnya panjang patahan, dengan rumus sebagai berikut :

$$M = 65,08 + 1,16 \text{ Log (Panjang Patahan Gempa - SRL, surface rupture length)} \quad (9)$$

Berdasarkan data yang diperoleh bahwa dari Citra Satelit dan Peta Geologi, panjang Patahan Lembang diperoleh sebesar 25 km. Maka besarnya magnitudo maksimum yang disebabkan oleh patahan itu adalah 6,7. Kemudian dikoversikan untuk mendapatkan besaran magnitudo gelombang badan (M_w), persamaan untuk konversi itu adalah :

$$M_w = 1,1 M - 0,64 \quad (10)$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai konversi itu diperoleh nilai Magnitudo Gelombang Badan (M_w) sebesar 6,73 M_w .

Percepatan Puncak Tanah (Peak Ground Acceleration, PGA)

Dalam rangka menentukan besarnya percepatan puncak tanah sebagai akibat beban seismik maka digunakan Fungsi attenuasi dari *Boore et all* dengan faktor redaman 5 %. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 serta Gambar 8 merupakan hasil perhitungan untuk penentuan spektrum horisontal dimana Percepatan Puncak Tanah (PGA/Peak Ground Acceleration) pada periode nol sebagai nilai Percepatan Puncak Dasar (PBA/ Peak

Base Acceleration) sangat bermanfaat sekali untuk penentuan besarnya kekuatan pondasi tanah terhadap beban seismik.

Analisis respon tanah ini telah dilakukan pada dua macam karakteristik tapak yang berbeda yaitu pada tanah dan batuan dan sebagai acuan untuk rata-rata kecepatan gelombang geser digunakan rekomendasi dari Boore, et al, 1997. (Tabel 2).

Adapun parameter-parameter gempa bumi yang dapat diperoleh berdasarkan perhitungan dilihat pada Tabel 4, berikut ini.

Tabel 2. Rekomendasi rata-rata kecepatan gelombang geser (Boore, et al, 1997).

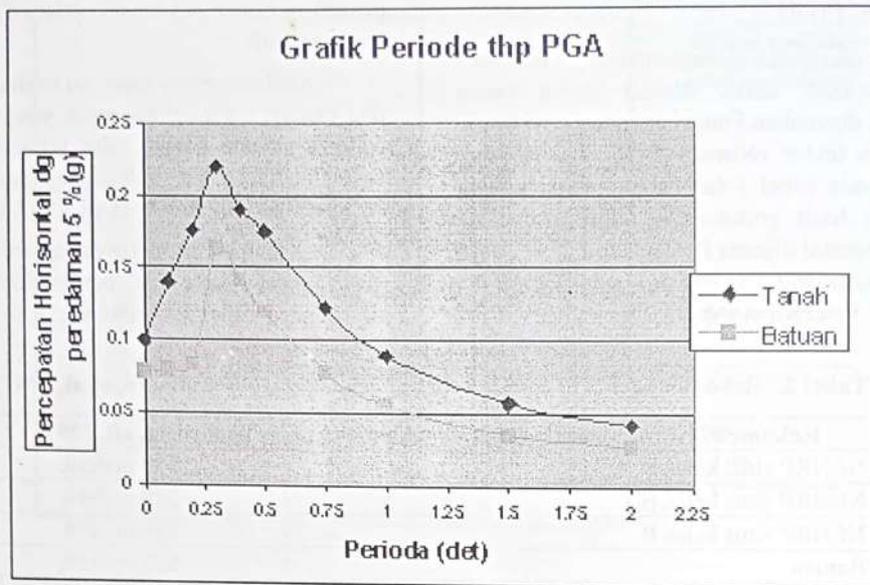
Rekomendasi rata-rata kecepatan gelombang geser (Boore, et al, 1997)	
NEHRP situs kelas B	1070 m/detik
NEHRP situs kelas B	520 m/detik
NEHRP situs kelas B	250 m/detik
Batuan	620 m/detik
Tanah	310 m/detik

Tabel 2. Konstanta atenuasi untuk Spektrum Percepatan Horisotal (redaman 5 %) untuk gempa akibat pergerakan patahan Lembang pada tanah (Boore et al, 1997).

Period a (s)	b1RV	b2	M1	b3	b5	bv	VA (m/dt)	h (km)	r	VS (m/dt)	Ln Y	Y
0	-0.117	0.527	6.73	0	-0.778	-0.371	1396	5.57	55.53	310	-2.29912	0.1
0.1	1.087	0.753	6.73	-0.226	-0.934	-0.212	1112	6.27	55.6	310	-1.97084	0.14
0.2	1.17	0.711	6.73	-0.207	-0.924	0.292	2118	7.02	55.69	310	-1.73524	0.176
0.3	0.803	0.769	6.73	-0.161	-0.893	-0.401	2133	5.94	55.56	310	-1.53561	0.22
0.4	0.423	0.831	6.73	-0.12	-0.867	-0.487	1954	4.91	55.45	310	-1.61914	0.19
0.5	0.087	0.884	6.73	-0.09	-0.846	-0.553	1782	4.13	55.4	310	-1.74482	0.175
0.75	-0.562	0.979	6.73	-0.046	-0.813	-0.653	1507	3.07	55.33	310	-2.10208	0.122
1	-1.009	1.036	6.73	-0.032	-0.798	-0.698	1406	2.9	55.32	310	-2.41693	0.089
1.5	-1.538	1.085	6.73	-0.044	-0.796	-0.704	1479	3.92	55.38	310	-2.86468	0.057
2	-1.801	1.085	6.73	-0.085	-0.812	-0.655	1795	5.85	55.55	310	-3.16598	0.042

Tabel 3. Konstanta atenuasi untuk Horisontal Spektra Acceleration (redaman 5 %) untuk pergerakan patahan Lembang pada batuan (Boore et al, 1997).

Period a (s)	b1RV	b2	M1	b3	b5	bv	VA (m/dt)	h (km)	r	VS (m/dt)	Ln Y	Y
0	-0.117	0.527	6.73	0	-0.778	-0.371	1396	5.57	55.53	620	-2.55628	0.077
0.1	1.087	0.753	6.73	-0.226	-0.934	-0.212	1112	6.27	55.6	620	-2.53421	0.079
0.2	1.17	0.711	6.73	-0.207	-0.924	0.292	2118	7.02	55.69	620	-2.4943	0.083
0.3	0.803	0.769	6.73	-0.161	-0.893	-0.401	2133	5.94	55.56	620	-1.81356	0.163
0.4	0.423	0.831	6.73	-0.12	-0.867	-0.487	1954	4.91	55.45	620	-1.95671	0.141
0.5	0.087	0.884	6.73	-0.09	-0.846	-0.553	1782	4.13	55.4	620	-2.12813	0.119
0.75	-0.562	0.979	6.73	-0.046	-0.813	-0.653	1507	3.07	55.33	620	-2.5547	0.078
1	-1.009	1.036	6.73	-0.032	-0.798	-0.698	1406	2.9	55.32	620	-2.90074	0.055
1.5	-1.538	1.085	6.73	-0.044	-0.796	-0.704	1479	3.92	55.38	620	-3.35266	0.035
2	-1.801	1.085	6.73	-0.085	-0.812	-0.655	1795	5.85	55.55	620	-3.61999	0.027



Gambar 7. Nilai Respon Spektra akibat gempa pada dua macam kelas tapak yaitu pada tanah dan batuan.

Tabel 4. Parameter-parameter kegempaan sebagai akibat dari aktivitas patahan lembang.

Jenis	Nilai
Magnitude Maksimum (MCE) (D.L. Well & K.J. Coppersmith, 1997)	6.7 Richter
Intensitas Gempa	7.5 MMI
Energi Gempa (Gutenberg, 1956)	21.45 erg
Durasi Gempa (Donovan, 1973)	22,7 detik

KESIMPULAN

1. Analisis deterministik diperlukan untuk menentukan seberapa besar potensi bahaya seismik yang dapat terjadi pada suatu tapak.
2. Dengan menggunakan studi fungsi attenuasi dalam analisis ini dapat mengurangi nilai ketidakpastian dari suatu gempabumi, karena studi fungsi attenuasi mencerminkan hubungan antara intensitas gerakan tanah (i) disuatu tempat dengan kekuatan gempa (m) dan jarak hiposenter dari suatu gempabumi.
3. Data tentang parameter-parameter kegempaan pada suatu tapak sangat diperlukan baik yang diperoleh dari data instrumental maupun historis gempa untuk memperkirakan sumber gempa yang berpotensi menimbulkan kerusakan.
4. Patahan Lembang yang terletak 25 km disebelah utara dari tapak reaktor Bandung merupakan

salah satu sumber gempabumi dianggap paling berpotensi menimbulkan kerusakan.

5. Perlu dilakukan analisis probabilistik secara komprehensif untuk memperkirakan semua sumber gempa baik yang sudah diketahui maupun yang belum dalam rangka mengantisipasi secara dini bahaya yang dapat ditimbulkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Laporan Analisis Keselamatan*, Reaktor TRIGA 2000 Bandung.
2. KERTAPATI, E. K., *Aktivitas Gempabumi di Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Januari 2004.

3. KERTAPATI, E. K.; *Aplikasi Zona Sumber Gempa Bumi dalam Aspek Teknik Gempa*, Pertemuan Ilmiah Ikatan Ahli Konstruksi Indonesia (HAKI), 1995.
4. P.H. SILITONGA, *Peta Geologi Lembar Bandung*, Jawa, 1973.
5. Kertapati, E. K., *Pemahaman Gempa Bumi Dalam Upaya Menurunkan Resiko Bahaya Gempa Bumi*, Seminar Teknologi Pengurangan Dampak Gempa Bumi dan Tsunami, 1995.
6. RICHTER,., *Elementary Seismology*, WH Freeman And Co., San Fransisco and London, Halaman 321-322, 1958.
7. AKIYAMA, H and NISHIYAMA I; *Earthquake Resistant Limit State Design*, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), Tsukuba, Japan.
8. TJOKRODIMULYO K., *Teknik Gempa*, Nafiri Offset, 1997.
9. BOORE, D. M., W. B. JOYNER, T. E. FUMAL, *Emphirical Near - Source Attenuation Relationship for Historical and Vertical Components of Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity and Pseudo - Absolute*

Aceleration Respon Spektra, 1997, Seis. Of Research Letters 68 (1), pp. 154 - 180, 1997.

TANYA JAWAB

Syarip

- Disimpulkan bahwa $PGA = 0,22$ g (untuk tanah), apakah nilai PGA sebesar tersebut berbahaya atau biasa-biasa saja?
- Berapa PGA maksimum yang masih aman untuk instalasi gedung-gedung pada umumnya?

A. Muktaf H.

- Nilai PGA $0,22$ g akan aman bila disain bangunan reaktor mampu menahan besarnya percepatan gempa tersebut. Berdasar standar IAEA pada NS. 6 1-6 bahwa setiap bangunan reactor daya harus mampu menahan percepatan gempa minimal $0,1$ g.
- Untuk daerah Jawa dan sekitarnya $< 0,1$ g, untuk daerah Kalimantan dan sekitarnya $< 0,05$ g.