

# EVALUASI BAHAYA GEMPA (*SEISMIC HAZARD*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *POINT SOURCE* DAN PENENTUAN RESPONS SPEKTRA DESAIN KOTA KUPANG

Dantje Sina<sup>\*)</sup>  
(dantje\_sina@yahoo.com)

## Abstrak

Gempa yang terjadi pada suatu lokasi diakibatkan oleh adanya pelepasan energi dari pusat gempa, yang kemudian merambat hingga lokasi gempa. Besarnya energi yang sampai ke lokasi akan mempengaruhi besarnya gempa yang terjadi. *Seismic hazard analysis* merupakan analisa pengaruh pelepasan energi dari pusat gempa terhadap lokasi tertentu, yang akan menghasilkan parameter-parameter gerakan tanah yang berguna bagi desain struktur.

Berdasarkan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI – 1726 – 2002), kota Kupang berada dalam batas wilayah 4 dengan faktor respons gempa 0.20 g dan wilayah 5 dengan faktor respons gempa 0.25g. Namun, dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir, terjadi beberapa kali gempa dengan magnitudo lebih dari 8 skala Richter. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang **Bahaya Gempa (*Seismic Hazard*) dan Penentuan Respons Spektra Desain Kota Kupang** dengan tujuan untuk mengetahui nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) kota Kupang akibat gempa periode ulang 500 tahun dan *respons spectra* desain yang tepat untuk kota Kupang sesuai dengan PGA di atas.

Penelitian ini menghasilkan gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun di kota Kupang mempunyai *Peak Ground Acceleration* (PGA) 0.2 g dan memiliki durasi antara 8 detik dan *respons spectra* desain yang tepat untuk kota Kupang dengan menggunakan percepatan adalah maksimum 1961.33 mm/s<sup>2</sup>.

Kata kunci : seismic hazard analysis, respons spectra desain.

## Abstract

The earthquake which occurred at a site is caused by the release of energy from the epicenter, which then propagate to the location of the earthquake. The amount of energy to the location will affect the magnitude earthquake that occurred. *Seismic hazard analysis* is an analysis of the influence of the release of energy from the epicenter of a particular location, which will result in ground motion parameters are useful for the design of the structure.

Based on Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (ISO - 1726 - 2002), the city of Kupang located within the boundary 4 with 0,20 g seismic response factor and region 5 with 0.25g earthquake response factor. However, within recent years, occurred several times a quake with a magnitude of more than 8 on the Richter scale. Therefore, the need to do research on *Seismic Hazard* and determination of response spectra design of the city of Kupang in order to know the value of *Peak Ground Acceleration* (PGA)

---

<sup>\*)</sup> Dosen Teknik Sipil FST Undana

Kupang earthquake return period of 500 years and the response spectra for the city of Kupang.

This research results an earthquake with return period of 500 years in Kupang city has a Peak Ground Acceleration (PGA), 0.2 g and has a duration of between 8 seconds and the response spectra for Kupang by using the maximum acceleration is 1961.33 mm/s<sup>2</sup>.

Keywords : seismic hazard analysis, respons spectra design.

## Pendahuluan

Gempa yang terjadi pada suatu lokasi diakibatkan oleh adanya pelepasan energi dari pusat gempa, yang kemudian merambat hingga ke lokasi gempa. Besarnya energi yang sampai ke lokasi akan mempengaruhi besarnya gempa yang terjadi. Analisa pengaruh pelepasan energi dari pusat gempa terhadap lokasi tertentu dikenal dengan *seismic hazard analysis*. *Seismic hazard analysis* akan menghasilkan parameter-parameter gerakan tanah yang berguna bagi *earthquake engineering*, dalam hal ini desain struktur.

Untuk mendesain suatu struktur yang tahan terhadap gempa, perlu terlebih dahulu ditetapkan besarnya gaya gempa yang mungkin terjadi pada struktur tersebut. Besarnya gaya gempa yang mungkin timbul pada suatu daerah dengan probabilitas tertentu digambarkan melalui peta wilayah gempa.

Pada pembagian wilayah gempa Indonesia berdasarkan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI – 1726 – 2002), kota Kupang berada dalam batas wilayah 4 dengan faktor respons gempa 0.20 g dan wilayah 5 dengan faktor respons gempa 0.25g. Namun, dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir, terjadi beberapa kali gempa dengan magnitudo lebih dari 8 skala Richter. Oleh karena itu maka perlu dilakukan penelitian tentang **Bahaya Gempa (*Seismic Hazard*) Dan Penentuan Respons Spektra Desain Kota Kupang** dengan tujuan untuk mengetahui nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) kota Kupang akibat gempa periode ulang 500 tahun dan *respons spectra* desain yang tepat untuk kota Kupang sesuai dengan PGA di atas. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan untuk perencanaan gedung tahan gempa di Kota Kupang dan sekaligus merupakan sarana mitigasi di wilayah ini.

## Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Kupang yang memiliki batas wilayah 9<sup>0</sup>19'-10<sup>0</sup>57' Lintang Selatan dan 121<sup>0</sup>30'-124<sup>0</sup>11' Bujur Timur. Data yang pada penelitian ini adalah data sekunder berupa data gempa yang diambil dari US Geological Survey Earthquake data Bases serta data akselogram gempa El Centro komponen N – S yang tercatat tanggal 19 Mei 1940.

Wilayah kota Kupang yang berada pada posisi 9<sup>0</sup>19'-10<sup>0</sup>57' Lintang Selatan dan 121<sup>0</sup>30'-124<sup>0</sup>11' Bujur Timur, dibagi menjadi beberapa grid seperti pada gambar 1. Tiap tiap titik pada grid tersebut dijadikan sebagai objek penelitian.

Data hasil pengumpulan dengan teknik tersebut akan diurutkan berdasarkan magnitudo. Data yang dipergunakan pada penelitian ini adalah data gempa dengan magnitudo lebih besar dari 5 skala Richter.

Percepatan tanah puncak (PGA) ditentukan berdasarkan rumus Gumbel yaitu :

$$PGA = AN^B$$

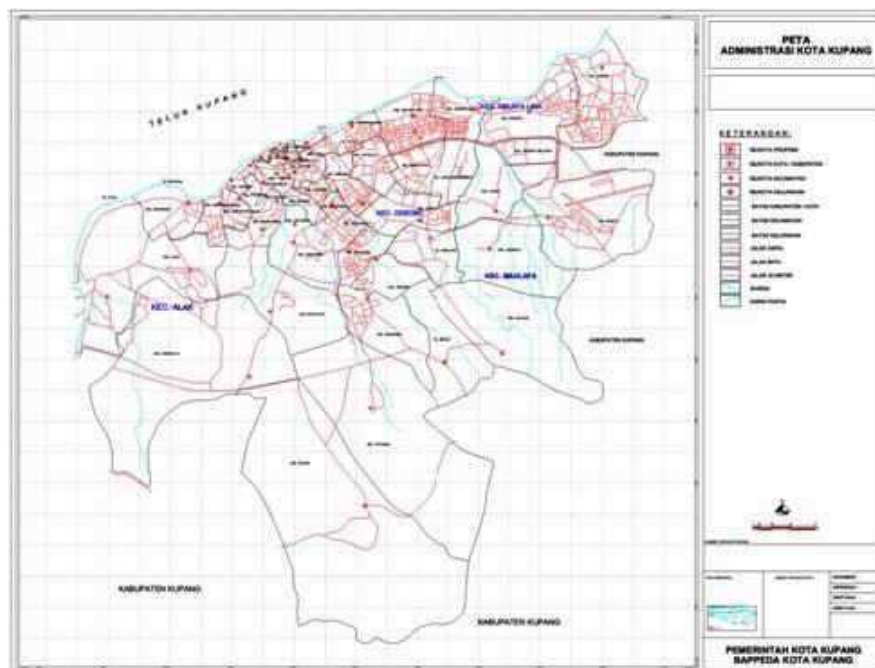
$$\ln PGA = B + A \ln N$$

$$A = \frac{n \sum (\ln N \times \ln PGA) - \sum \ln N \times \sum \ln PGA}{n \sum (\ln N)^2 - (\sum \ln N)^2}$$

$$B = \frac{\sum (\ln N)^2 \times \sum \ln PGA - \sum \ln N \times \sum (\ln N \times \ln PGA)}{n \sum (\ln N)^2 - (\sum \ln N)^2}$$

N = Annual exceedance rate

n = Jumlah data



Gambar 1. Pembagian Wilayah Kota Kupang sebagai Objek Penelitian

Hasil perhitungan PGA untuk tiap titik diplotkan pada peta wilayah dan kemudian dihubungkan dengan titik yang memiliki kontur sama sehingga diperoleh peta wilayah gempa untuk daerah tersebut.

Berdasarkan PGA pada peta gempa yang dibuat, dengan menggunakan program NONLIN dan data gempa El Centro N – S, dibuat respons spectra desain untuk kota Kupang. Setelah itu, respons spectra disain tersebut dibuat suatu seri data gempa buatan (*Artificial Earthquake Motion*) yang mempunyai karakteristik sesuai respons spectra desain Kota Kupang, menggunakan program SIMQUAKE. *Artificial Earthquake Motion* inilah yang akan dipakai pada analisis – analisis dinamik bangunan di kota Kupang.

## Perhitungan Peak Ground Acceleration

Atenuasi yang digunakan pada perhitungan Perhitungan Peak ground Acceleration pada penelitian ini menggunakan rumusan yang dikemukakan oleh **Joyner and Boore** :

$$PGA = 0,49 + 0,23(M - 6) - \log \sqrt{R^2 + 8^2} - 0,0027 \sqrt{R^2 + 8^2} \quad \text{dalam (g)}$$

R = Jarak Hiposentrum (km).

Koefisien regresi linear pada metode Gumbel sebagai model matematika resiko gempa Kota Kupang adalah :

$$\begin{aligned} A & : - 0.1861 \\ B & : - 2.7001 \end{aligned}$$

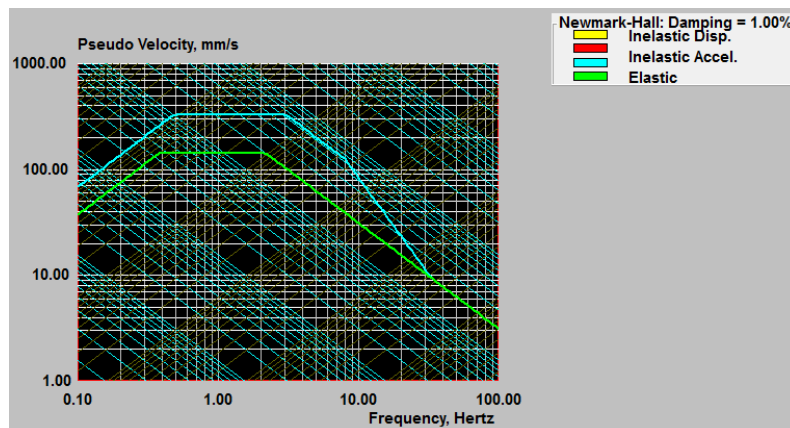
Berdasarkan model matematika tersebut dengan koefisien regresi seperti terlihat di atas, maka suatu bangunan di kota Kupang dengan umur rencana minimum 50 tahun sesuai SNI 1726 – 2002 harus didesain terhadap Peak Ground Acceleration (PGA) 0.2 terhadap agar diharapkan dapat tahan terhadap gempa dengan periode ulang 500 tahun

## Elastic Design Response Spektra Kota Kupang

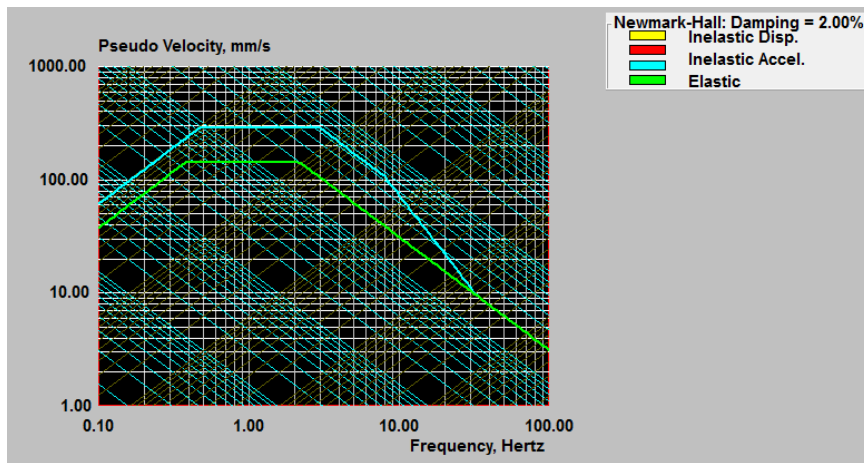
Design Response untuk kota Kupang pada penelitian ini dibuat menggunakan program Nonlin. Data percepatan yang digunakan sebagai input pada analisa ini adalah data gempa El Centro 1940. Maximum ground motion kota Kupang yang digunakan pada analisa ini adalah sebagai berikut :

- Maximum Acceleration : 0.2 g = 1961.33 mm/s<sup>2</sup>
- Maximum Velocity : 0.2 x 710 mm/s = 142 mm/dt
- Maximum displacement : 0.2 x 300 mm = 60 mm

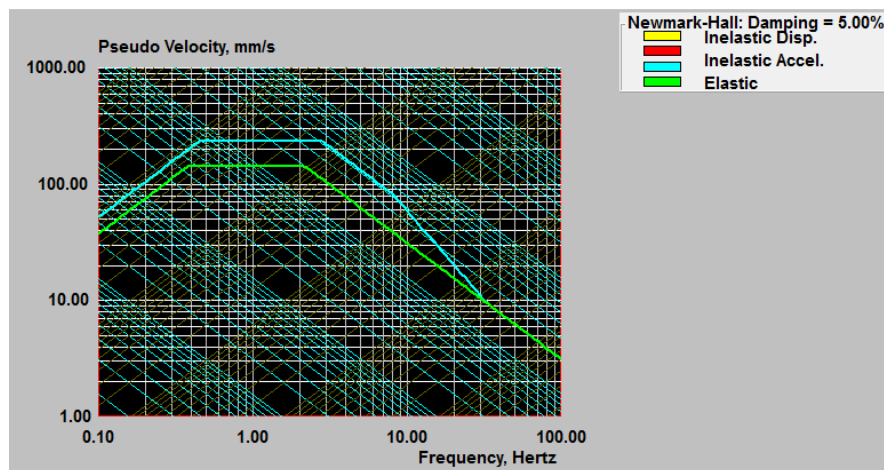
Gambar Elastic Design Respons Spectra Kota Kupang untuk beberapa tingkat peredaman terlihat di bawah ini.



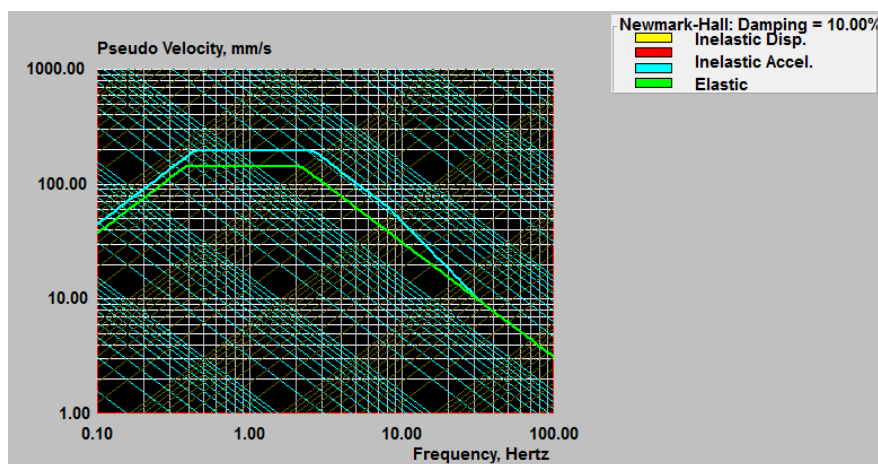
Gambar 2. Design Respons Spectra Kota Kupang untuk Damping 1 % (Newmark – Hall , Median)



Gambar 3. Design Respons Spectra Kota Kupang untuk Damping 2 % (Newmark – Hall , Median)



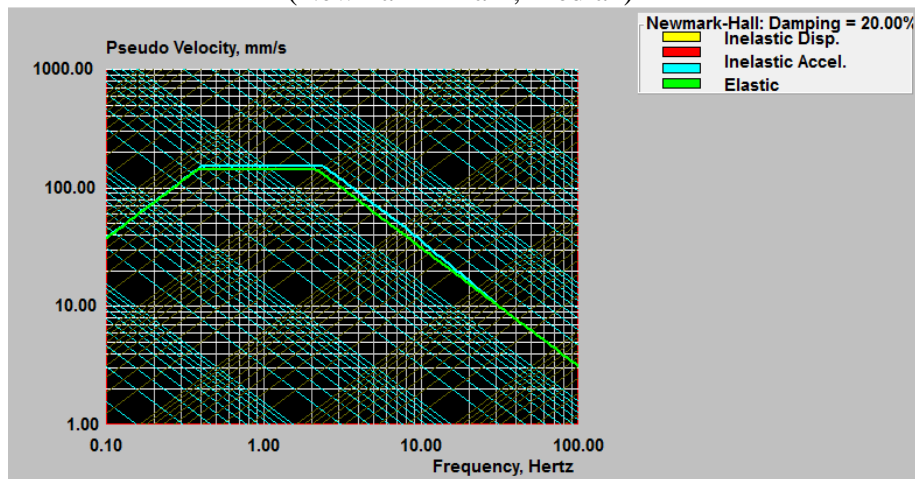
Gambar 4. Design Respons Spectra Kota Kupang untuk Damping 5 % (Newmark – Hall , Median)



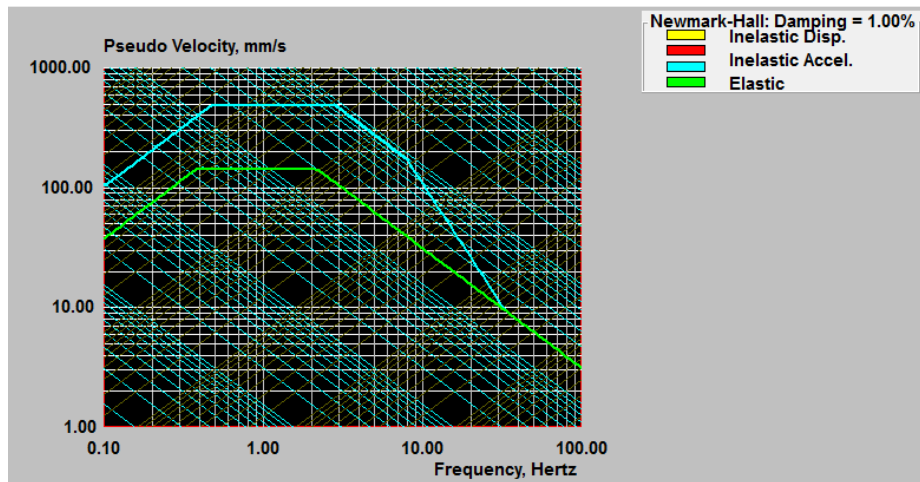
Gambar 5. Design Respons Spectra Kota Kupang untuk Damping 10 %



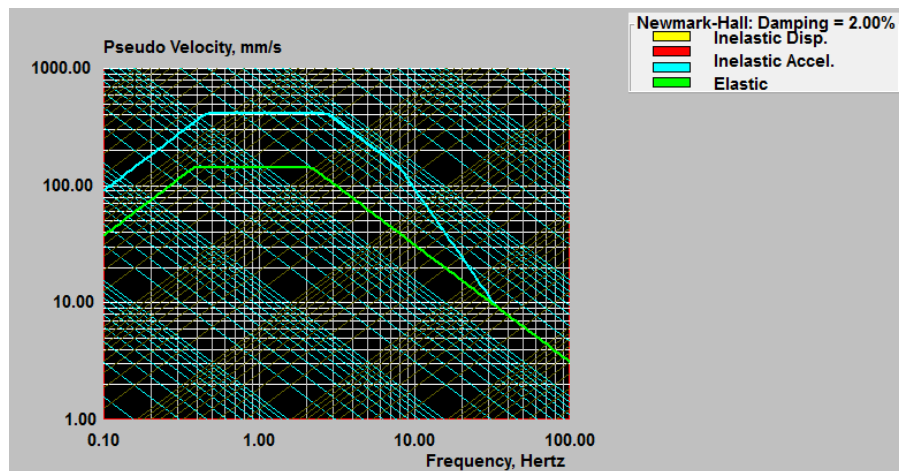
(Newmark – Hall , Median)



Gambar 6. Design Respons Spectra Kota Kupang untuk Damping 20 %  
(Newmark – Hall , Median)

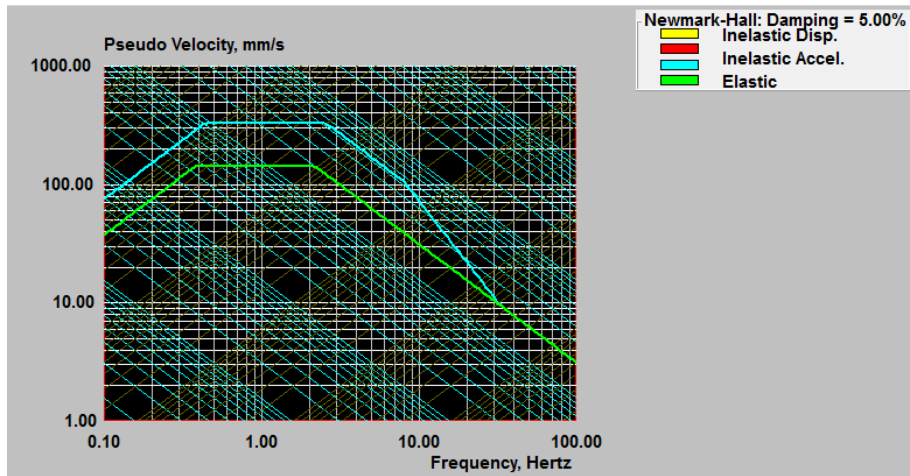


Gambar 7. Design Respons Spectra Kota Kupang untuk Damping 1 %  
(Newmark – Hall , One sigma)

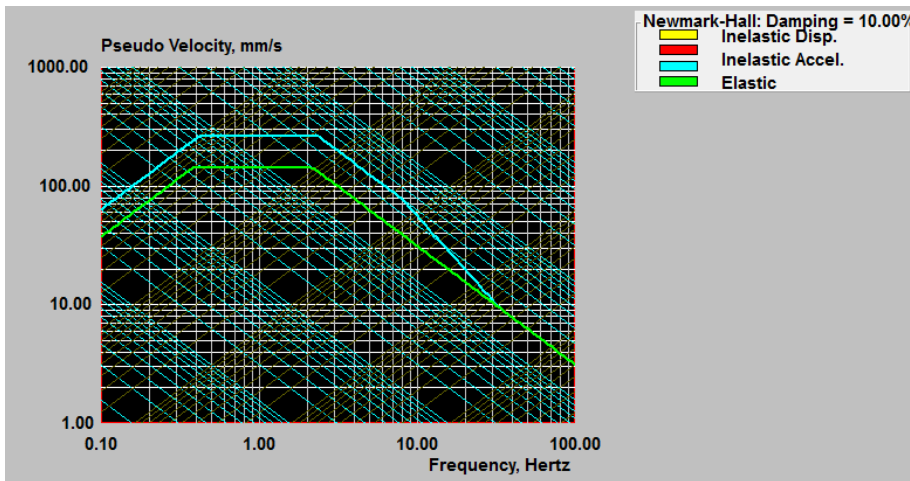


Gambar 8. Design Respons Spectra Kota Kupang untuk Damping 2 %

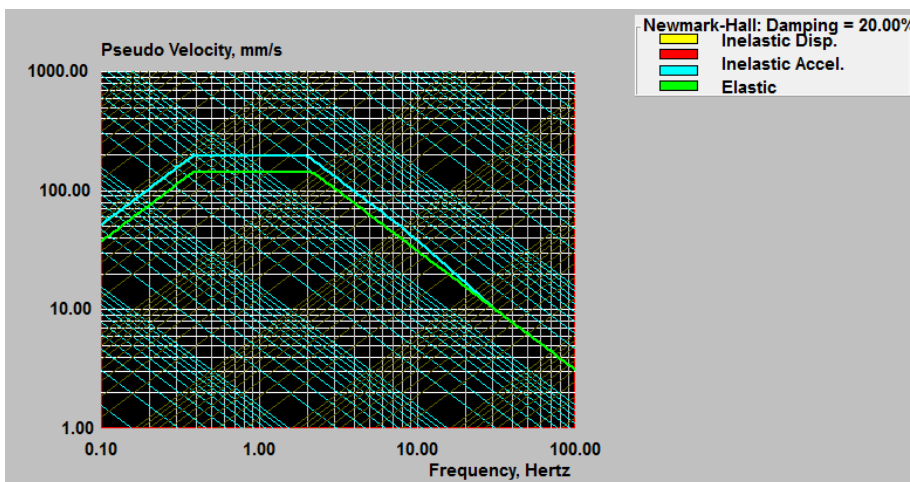
(Newmark – Hall , One sigma)



Gambar 9. Design Respons Spectra Kota Kupang untuk Damping 5 %  
(Newmark – Hall , One sigma)



Gambar 10. Design Respons Spectra Kota Kupang untuk Damping 10 %  
(Newmark – Hall , One sigma)



Gambar 11. Design Respons Spectra Kota Kupang untuk Damping 20 %  
(Newmark – Hall , One sigma)

**Artifisial Earthquake Motion Kota Kupang**

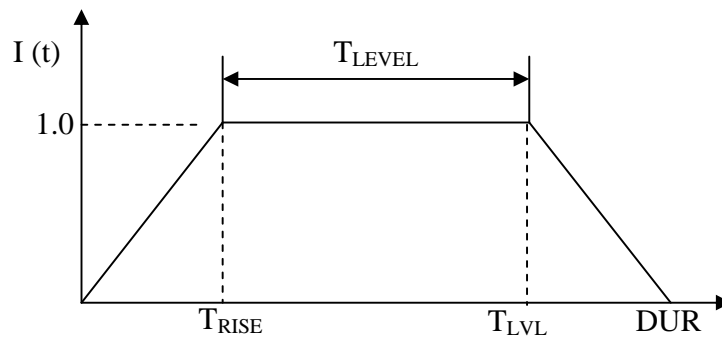
Artificial Earthquake motiom (AEM) kota Kupang untuk beberapa tingkat peredaman digeneralisasi berdasarkan respons spectra target sebagai berikut :

Tabel 6. Target Respons Spectra Kota Kupang

TSV (sec)	SVD (in/sec)
0.01	4.072
0.03	8.796
0.069	26.085
0.330	97.025
2.387	142.593
5.696	60.301
9.831	39.214

Fungsi intensitas untuk menstimulasikan karakter transien dari gempa real diasumsikan berbentuk trapesium seperti gambar di bawah ini dengan karakteristik masing-masing :

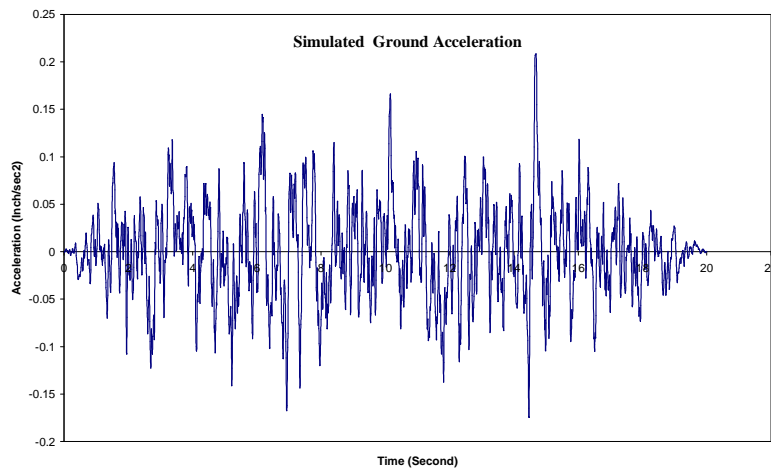
- $T_{RISE}$  : 2 detik
- $T_{LVL}$  : 10 detik
- DUR : 12 detik



Gambar 12. Fungsi Intesitas

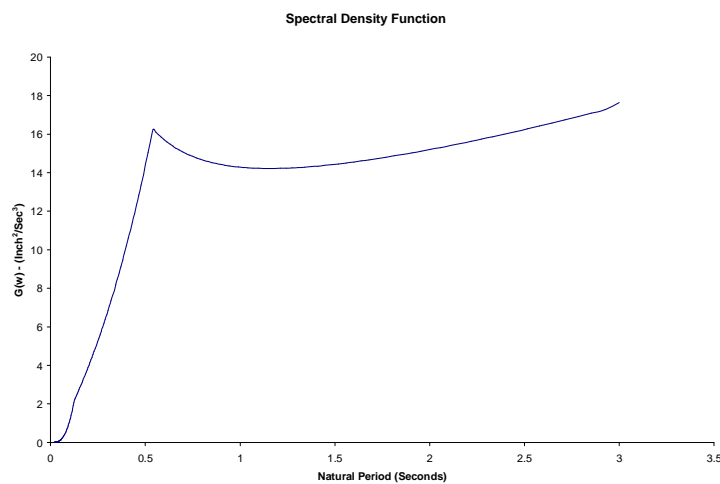
Percepatan tanah dasar artificial kota Kupang adalah sebagai berikut :





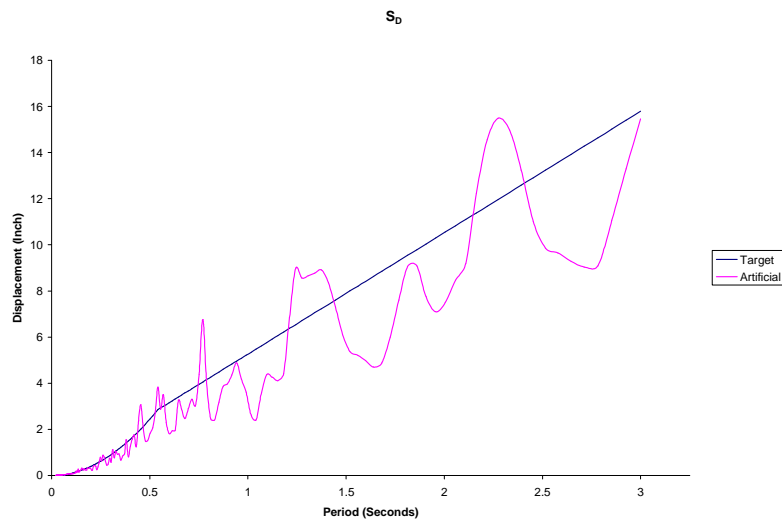
Gambar 13. Artificial Ground Acceleration Kota Kupang

Dari gambar terlihat bahwa gempa di kota kupang mempunyai percepatan maksimum 0.2 g. *Strong motion* terjadi antara detik ke 6 sampai detik ke 14 atau berdurasi 8 detik.

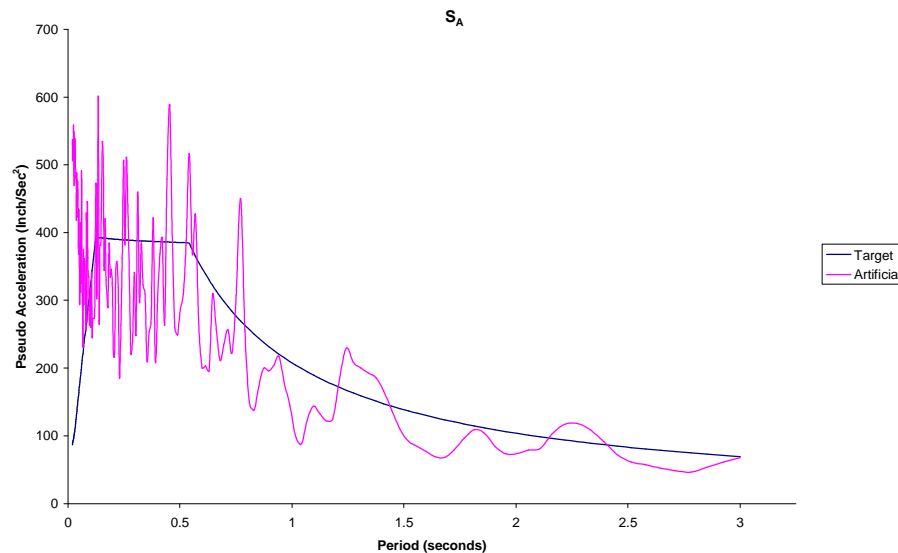


Gambar 14. *Spectral Density Artificial Earthquake* Kota Kupang

Gambar 14 menunjukkan bahwa *artificial earthquake* kota Kupang mempunyai kecenderungan terpusat pada periode antara 5 sampai 10 detik sesuai dengan durasinya yang rata-rata berlangsung antara 4 sampai 12 detik.



Gambar 15. *Pseudo Velocity Target dan Artificial Earthquake Kota Kupang*



Gambar 16. *Pseudo Acceleration Target dan Artificial Earthquake Kota Kupang*

### Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan hal – hal sebagai berikut :

1. Gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun di kota Kupang mempunyai Peak Ground Acceleration (PGA) 0.2 g dan memiliki durasi antara 8 detik
2. Design Response untuk kota Kupang menggunakan percepatan, kecepatan dan displacemen dasar sebagai berikut :

- Maximum Acceleration : 0.2 g = 1961.33 mm/s<sup>2</sup>
- Maximum Velocity : 0.2 x 710 mm/s = 142 mm/dt
- Maximum displacement : 0.2 x 300 mm = 60 mm

## Daftar Pustaka

Bella, R. A., (2009), Penataan Ruang Kawasan Rawan Gempa Bumi Di Nusa Tenggara Timur, *Jurnal Semiringkai*, Vol. IV No. 1 Maret 2009, Kupang.

Bozorgina, Y., Champbell, K. W. (2004), Engineering Characterization of Ground Motion, *Earthquake Engineering*, Bozorgina, Y., Champbell, K. W, Editor, CRC Press, Florida.

Chopra, A. K., (1997), *Dynamic of Structures*, Printice Hall, Singapore.

Dowrick, D. (2003), *Earthquake Risk Reduction*, John Wiley & Sons, Sussex.

Mohraz, B., Sadek, F., (2005), Earthquake Ground Motion and Response Spectra, *Handbook of Earthquake Engineering*, Naeim, F., Editor., JohN Wiley & Sons, New York

SNI 1726 - 2002, Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, Bandung.