

# PEMETAAN NILAI KOEFISIEN SEISMIK DI DAERAH NUSA TENGGARA TIMUR

**Basry Yadi Tang**

Program Studi Manajemen Pertanian Lahan Kering, Jurusan Manajemen Pertanian Lahan Kering  
Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Jl. Prof. Dr. Herman Yohanes Lasiana, Kota Kupang-NTT, 85011, Indonesia  
Email : [basrytang@yahoo.co.id](mailto:basrytang@yahoo.co.id)

## Abstrak

Telah dilakukan perhitungan dan pemetaan nilai koefisien seismik pada 335 titik grid di daerah Nusa Tenggara Timur. Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data historis gempa bumi yang memiliki magnitudo  $\geq 5$  SR dan kedalaman  $\leq 80$  km periode 1977-2007, dengan batasan  $6^{\circ}LS-13^{\circ}LS$  dan  $118^{\circ}BT-129^{\circ}BT$  yang bersumber dari BMKG dan USGS. Dengan diketahuinya nilai percepatan tanah maksimum dan nilai percepatan gravitasi bumi yang telah dikoreksi dengan menggunakan koreksi lintang gravitasi untuk tiap titik grid, maka nilai koefisien seismik maksimum dapat dihitung dengan membandingkan nilai percepatan tanah maksimum terhadap nilai percepatan gravitasi bumi untuk tiap titik grid. Setelah dilakukan analisis perhitungan diperoleh nilai koefisien seismik di daerah Nusa Tenggara Timur. Data input berupa nilai percepatan tanah maksimum untuk formulasi Katayama diperoleh nilai koefisien seismik maksimum sebesar 0.30236. Data input berupa nilai percepatan tanah maksimum untuk formulasi Donovan diperoleh nilai koefisien seismik maksimum sebesar 0.2335 sedangkan data input berupa nilai percepatan tanah maksimum untuk formulasi Murphy-O'Brein diperoleh nilai koefisien seismik maksimum sebesar 0.107720.

**Kata kunci:** koefisien seismik maksimum; percepatan tanah maksimum; formulasi Donovan; formulasi Katayama; formulasi Murphy-O'Brein

## Abstract

Conducted research on determined and mapping of the value seismic coefficient by using 335 grid points in East Nusa Tenggara. The data which used are earthquake historic data with have condition of magnitude certainty  $\geq 5$  SR and deep  $\leq 80$  km in periodic 1977-2007, with the limitation region  $6^{\circ}S-13^{\circ}S$  and  $118^{\circ}E-129^{\circ}E$ . These data were taken from BMKG and USGS. By using the results of maximum peak ground acceleration and gravity acceleration value which using gravity latitude correction for every grid points, therefor the value of maximum seismic coefficient can be determined by comparing the value of maximum peak ground acceleration with gravity acceleration for each grid points. After the analysis, so that maximum seismic coefficient value in East Nusa Tenggara is determined. Data input from maximum peak ground acceleration Katayama's formulation yield the value of maximum seismic coefficient is 0.30236. Data input from maximum peak ground acceleration Donovan's formulation yield the value of maximum seismic coefficient is 0.2335 and data input from maximum peak ground acceleration Murphy-O'Brein's formulation yield the value of maximum seismic coefficient is 0.107720.

**Keywords:** maximum seismic coefficient; maximum peak ground acceleration; Donovan's formulation; Katayama's formulation; Murphy-O'Brein's formulation

## PENDAHULUAN

Gempabumi adalah getaran bumi yang disebabkan oleh adanya pergeseran lapisan batuan di dalam perut bumi. Tanah bergerak sebagai respon dari getaran energi yang disebut gelombang seismik yang dibangkitkan dari perut bumi. Pergeseran yang tiba-tiba dari suatu batuan, seperti patahan, melepaskan energi yang menjalar di dalam bumi hingga

mencapai permukaan sebagai gelombang seismik.

Gempa bumi bertalian dengan serangkaian gerakan gelombang atau getaran yang merambat di dalam bumi, dari suatu pusat yang letaknya juga di dalam bumi. Terjadinya gempa bumi tektonik terasa pengaruhnya di permukaan bumi, tidak saja pada daerah yang dekat dengan sumber gempa

bumi tetapi juga pada daerah sekitarnya sampai radius tertentu. Luasnya daerah yang terkena pengaruh gempa bumi tektonik bergantung pada besarnya energi yang dilepaskan dan posisi sumber gempa bumi.

Sano menyatakan bahwa perbandingan antara gaya seismik ( $F$ ) dan gaya gravitasi ( $g$ ) disebut koefisien seismik ( $k$ ). Pernyataan yang memasukkan gaya seismik dalam perhitungan bangunan tahan gempa dikenal sebagai koefisien seismik Sano. Untuk mendirikan bangunan tahan gempa, harus diperhatikan percepatan tanah maksimum dan koefisien seismik maksimum di daerah tersebut sehingga bangunan harus di desain sedemikian agar dapat menahan percepatan tanah tersebut. Dengan mengetahui nilai koefisien seismik dapat mempermudah perancang bangunan untuk melakukan perhitungan dalam mendirikan sebuah bangunan tahan gempa, koefisien seismik sangat berpengaruh dalam standar pendirian bangunan anti gempa [1].

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya nilai koefisien seismik, di daerah Nusa Tenggara Timur. Pada penelitian ini pembahasan masalah hanya dilakukan untuk mengkaji mengenai nilai koefisien seismik berdasarkan aktifitas kegempaan dalam periode tahun 1977 sampai dengan tahun 2007 dengan magnitudo gempabumi  $\geq 5$  SR dan kedalaman sumber gempa  $\leq 80$  km dalam hal ini berupa gempa dangkal yang telah menimbulkan percepatan tanah maksimum pada permukaan tanah dan adanya perubahan nilai koefisien seismik khususnya di daerah Nusa Tenggara Timur dan sekitarnya.

## DASAR TEORI

Daerah Nusa Tenggara Timur termasuk dalam jalur pegunungan Mediterania dan berada pada zona penunjaman lempeng, yakni lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah Utara, menyusup di bawah lempeng Eurasia. Batas pertemuan lempeng tersebut berbentuk konvergen yang ditandai dengan adanya palung laut (*trench*). Hal tersebut terbukti dengan ditemukannya palung di sebelah Selatan Pulau Timor yang dikenal dengan palung Timor (*Timor Trough*). Zona tumbukan yang diindikasikan dengan adanya palung laut, sering disebut juga dengan zona subduksi atau zona *Wadati-Benioff*. Zona

penunjaman ini menyusup sampai kedalaman 700 km di bawah permukaan bumi [2].

Distribusi pusat gempa di daerah Nusa Tenggara Timur berdasarkan kedalaman, didominasi gempabumi dangkal yang tersebar di sekitar Pulau Flores, kepulauan Alor dan di sekitar kepulauan Wetar sampai Romang. Di pesisir Selatan Pulau Timor, gempabumi banyak terjadi akibat aktivitas subduksi lempeng. Gempabumi menengah lebih banyak terkonsentrasi di Pulau Timor, Pantar, Lembata, Solor, Romang dan Laut Sawu. Sebaran gempabumi dalam, terkonsentrasi di sebelah Utara busur kepulauan Alor dan Pulau Flores [3].

Menurut H. F. Reid, gempa terjadi akibat dari adanya perubahan bentuk batuan yang diakibatkan oleh adanya akumulasi tegangan elastik yang berlangsung secara terus-menerus. Batuan yang menerima akumulasi tegangan elastik menjadi bengkok atau melengkung, seterusnya menjadi patah. Energi yang dilepaskan saat terjadi patahan menjalar ke permukaan sebagai gelombang seismik yang mengakibatkan tanah terguncang [4].

Gelombang seismik adalah gelombang elastik yang menjalar ke seluruh bagian dalam bumi dan melalui permukaan bumi, akibat adanya lapisan batuan yang patah secara tiba-tiba atau adanya suatu ledakan. Gelombang gempa yang dipancarkan oleh sumbernya akan menjalar ke segala arah dengan tipe, kecepatan dan arah penjarangan bervariasi tergantung pada sifat fisis dan dimensi medium. Untuk medium yang paling sederhana yaitu medium yang homogen, isotropik dan elastik sempurna, maka gelombang gempa menjalar sebagai sinar yang berbentuk garis lurus.

Gempabumi adalah getaran bumi yang disebabkan oleh adanya pergeseran lapisan batuan di dalam perut bumi. Tanah bergerak sebagai respon dari getaran energi yang disebut gelombang seismik yang dibangkitkan dari perut bumi. Pergeseran yang tiba-tiba dari suatu batuan, seperti patahan, melepaskan energi yang menjalar di dalam bumi hingga mencapai permukaan sebagai gelombang seismik, seperti riak air yang menyebar ketika sebuah batu dijatuhkan ke dalam kolam yang tenang. Percepatan tanah merupakan gangguan yang perlu dikaji untuk setiap gempabumi, kemudian dipilih percepatan tanah maksimum

untuk mendapatkan gambaran tentang efek paling parah yang pernah dialami suatu lokasi kejadian. Pengukuran percepatan tanah menggunakan metode empiris dapat dilakukan dengan pendekatan dari beberapa rumus yang diturunkan dari parameter-parameter gempabumi. Beberapa formula pendekatan antara lain [5]:

a. Formulasi Empiris Donovan

Donovan memperoleh suatu model empiris percepatan tanah yaitu:

$$\alpha = \frac{1080 \times \text{Exp}(0.5Ms)}{(R + 25)^{1.32}} \quad (1)$$

b. Formulasi Empiris Katayama

Katayama memperoleh model empiris Percepatan tanah yaitu:

$$\text{Log} \alpha = 2.306 - 1.637 \times \text{Log}(R + 30) + 0.411Ms$$

(2)

c. Formula Empiris Murphy-O'Brein

Formula empiris Murphy-O'Brein adalah:

$$\text{Log} \alpha = 0.14I + 0,24Ms - 0,68\text{Log} \Delta + 0.7 \quad (3)$$

Efek primer gempa bumi adalah kerusakan struktur bangunan baik yang berupa gedung perumahan rakyat, gedung bertingkat, fasilitas umum, monumen, jembatan dan infrastruktur lain, yang diakibatkan oleh getaran dari gempa bumi. Secara umum, tingkat kerusakan yang terjadi tergantung dari kekuatan dan kualitas bangunan, kondisi geologi dan geotektonik lokasi bangunan, dan percepatan tanah di lokasi bangunan akibat dari getaran suatu gempa bumi.

Bila suatu gelombang melalui suatu lapisan sedimen maka akan timbul suatu resonansi. Ini disebabkan karena gelombang gempa mempunyai *spektrum* yang lebar sehingga hanya gelombang gempa yang sama dengan periode dominan dari lapisan sedimen yang akan diperkuat. Bangunan-bangunan yang berada di atasnya akan menerima getaran-getaran tersebut, dimana arahnya dapat diuraikan menjadi dua komponen yaitu: komponen vertikal dan komponen horizontal.

Untuk getaran yang vertikal, pada umumnya kurang membahayakan sebab searah dengan gaya gravitasi. Sedangkan untuk komponen horizontal menyebabkan keadaan bangunan seperti diayun. Bila bangunan itu tinggi, maka dapat diumpamakan seperti

bandul yang mengalami getaran paksaan (*Force Vibration*).

Untuk mendirikan bangunan tahan gempa, harus diperhatikan percepatan tanah maksimum di daerah tersebut dan bangunan harus di desain sedemikian hingga dapat menahan percepatan tanah tersebut. Bila suatu bangunan konstruksinya lebih lemah dari yang diperkirakan, maka bangunan disebut *under design*, ini sangat membahayakan dan dapat disebut bangunan tidak tahan gempa.

Bila suatu bangunan konstruksinya lebih kuat dari yang diperkirakan, maka bangunan disebut *over design*. Ini merupakan pemborosan biaya, maka apabila ingin membangun bangunan tahan gempa, hal-hal di atas perlu diperhatikan dan masalah percepatan tanah memegang peranan penting.

Pengaruh gelombang gempa bumi terhadap bangunan yang paling dominan adalah gaya seismik horizontal daripada gaya seismik vertikal. Hal ini dikarenakan sebuah bangunan secara teoritis dirancang hanya untuk tahan terhadap gaya vertikalnya saja yaitu gaya gravitasi bumi, Sehingga ketika terjadi gempa bumi yang percepatan tanahnya komponen vertikal, maka gaya vertikal tersebut akan tereliminasi oleh gaya berat bangunan itu sendiri. Karena bangunan biasanya hanya dirancang untuk tahan terhadap gaya gravitasi, jadi kebanyakan gaya horizontalnya tidak diperhitungkan dalam pendirian bangunan, Jadi saat ada gelombang gempa yang mempunyai gaya horizontal, maka banyak bangunan yang runtuh. Karena banyak yang tidak memperhitungkan gaya horizontal bangunan saat pendirian bangunan.

Koefisien seismik yang digunakan untuk perhitungan disain bangunan. Koefisien tersebut secara sederhana dapat dihitung dengan cara:

$$k = \frac{F}{m \cdot g} \quad \text{atau} \quad k = \frac{\alpha}{g} \quad (4)$$

Jadi gaya seismik dapat dihitung dengan

$$F = m \cdot \alpha$$

$$\text{Karena, } m = \frac{W}{g}$$

Maka diperoleh rumusan sebagai berikut:

$$F = \frac{\alpha \cdot W}{g} = \frac{\alpha}{g} W$$

Karena,  $k = \frac{\alpha}{g}$

Sehingga:

$$F = k.W \quad (5)$$

dengan:

k = Koefisien seismik

F = Gaya seismik (N)

$\alpha$  = Percepatan tanah (gal)

m = Massa (gram)

W = Berat bangunan (gr.cm/sec<sup>2</sup>)

g = Percepatan gravitasi (cm/sec<sup>2</sup>)

Dalam survei gaya gravitasi pada suatu lokasi, data percepatan gravitasi yang terukur di lapangan secara umum masih dipengaruhi oleh banyak keadaan mulai dari letak titik pengamatan (*latitude*), pengaruh topografi di sekitarnya dan pengaruh keadaan geologi di daerah tersebut (densitas batuan). Bentuk elipsoida bumi dikoreksi kembali parameter-parameter geodesinya berdasarkan data satelit pada tahun 1967 yang menghasilkan bentuk elips baru yang disebut *Geodetic Reference System 1967*, sehingga harga gravitasi normal bumi menjadi:

$$g_m = 978,031846(1 + 5,3024x10^{-3} \sin^2 \theta - 5,8x10^{-6} \sin^2 2\theta) \quad (6)$$

Pada tahun 1984, IAG (*International Association of Geodesy*) mengadopsi *Geodetic Reference System 1980* mengenai bentuk terbaru elips bumi dengan parameter-parameter jari-jari equator, jari-jari kutub, gravitasi normal di equator dan gravitasi normal di kutub yang menghasilkan *World Geodetic System 1984*, yang memberikan harga  $g_1$  terbaru, yaitu:

$$g_m = 978,03267714 \frac{1 + 1,93185138639x10^{-3} \sin^2 \theta}{\sqrt{1 - 6,69437999013x10^{-3} \sin^2 \theta}} \quad (7)$$

Persamaan di atas disebut gravitasi teoritis (*theoretical gravity*) atau gravitasi normal (*normal gravity*) [6].

## METODE PENELITIAN

Data yang digunakan berupa koordinat dari masing-masing stasiun pencatat gempa dan koordinat episenter gempa yang diperoleh dari data base di Badan Meteorologi dan Geofisika, serta data-data historis gempa bumi seperti waktu kejadian gempa (*origin time*), lokasi gempa, magnitudo gempa, kedalaman

gempa yang diperoleh dari stasiun Geofisika klas I Kupang dalam periode tahun 1977-2007. Penulis menganalisis data penelitian menggunakan formulasi yang ada maka nilai percepatan tanah maksimum di daerah penelitian dapat diketahui. Setelah besarnya nilai percepatan tanah maksimum pada permukaan di setiap grid diperoleh, kemudian disusun dari nilai maksimum terkecil ke nilai maksimum terbesar. Selanjutnya menghitung besarnya nilai percepatan gravitasi sebagai pembagi dari perhitungan koefisien seismik, nilai ini dihitung menggunakan koreksi lintang gravitasi berdasarkan lintang untuk tiap-tiap titik grid. Langkah terakhir yaitu menghitung besarnya nilai koefisien seismik untuk tiap-tiap grid dan menganalisis data output serta mengambil kesimpulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data periode 1977-2007 yang bersumber dari BMKG dan USGS dengan batasan wilayah yang terletak pada 6<sup>0</sup> LS-13<sup>0</sup> LS dan 118<sup>0</sup> BT-129<sup>0</sup> BT, telah terjadi gempa dengan magnitudo  $\geq 5$  SR dan kedalaman  $\leq 80$  km sebanyak 350 kejadian gempa. Untuk dapat mengetahui secara lokal mengenai nilai percepatan tanah maksimum pada tiap daerah maka wilayah Nusa Tenggara Timur dibagi menjadi beberapa region:

1. Region I : 6.00<sup>0</sup> – 9.00<sup>0</sup> LS dan 118.00<sup>0</sup> – 123.00<sup>0</sup> BT
2. Region II : 9.00<sup>0</sup> – 10.50<sup>0</sup> LS dan 118.00<sup>0</sup> – 123.00<sup>0</sup> BT
3. Region III : 10.50<sup>0</sup> – 13.00<sup>0</sup> LS dan 118.00<sup>0</sup> – 123.00<sup>0</sup> BT
4. Region IV : 6.00<sup>0</sup> – 9.00<sup>0</sup> LS dan 123.00<sup>0</sup> – 125.00<sup>0</sup> BT
5. Region V : 9.00<sup>0</sup> – 10.50<sup>0</sup> LS dan 123.00<sup>0</sup> – 125.00<sup>0</sup> BT
6. Region VI : 10.50<sup>0</sup> – 13.00<sup>0</sup> LS dan 123.00<sup>0</sup> – 125.00<sup>0</sup> BT
7. Region VII : 6.00<sup>0</sup> – 9.00<sup>0</sup> LS dan 125.00<sup>0</sup> – 129.00<sup>0</sup> BT
8. Region VIII : 9.00<sup>0</sup> – 10.50<sup>0</sup> LS dan 125.00<sup>0</sup> – 129.00<sup>0</sup> BT
9. Region IX : 10.50<sup>0</sup> – 13.00<sup>0</sup> LS dan 125.00<sup>0</sup> – 129.00<sup>0</sup> BT

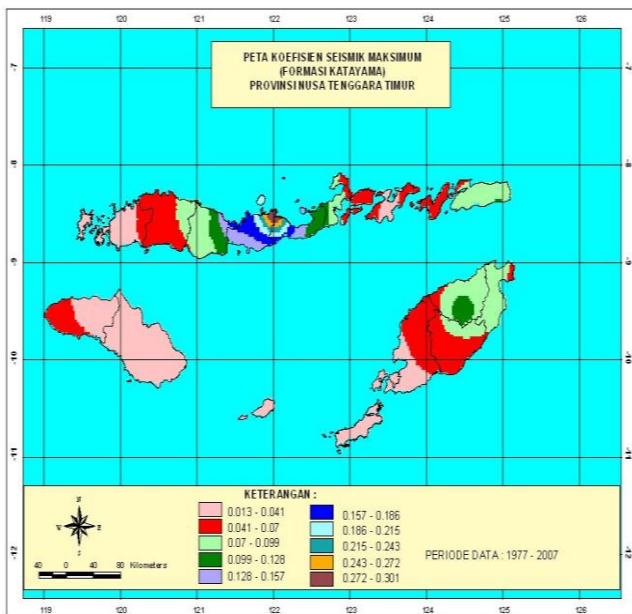
Setelah melakukan perhitungan percepatan tanah dengan menggunakan formulasi yang ada maka percepatan tanah maksimum di daerah penelitian dapat diketahui, perbandingan antara nilai percepatan tanah maksimum yang diperoleh dengan nilai

percepatan gravitasi pada suatu lokasi merupakan nilai dari koefisien seismik, yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Nilai Koefisien Seismik Maksimum Tiap Region (Formulasi Katayama)

No	Region	Titik Grid	Koefisien Seismik Maksimum (gal)
1	I	8.50 <sup>o</sup> LS - 122.00 <sup>o</sup> BT	0,30236
2	II	10.00 <sup>o</sup> LS - 119.00 <sup>o</sup> BT	0,10789
3	III	10.5 <sup>o</sup> LS - 118.50 <sup>o</sup> BT	0,04921
4	IV	8.50 <sup>o</sup> LS - 125.00 <sup>o</sup> BT	0,12483
5	V	9.50 <sup>o</sup> LS - 124.50 <sup>o</sup> BT	0,12438
6	VI	10.50 <sup>o</sup> LS - 124.50 <sup>o</sup> BT	0,03097
7	VII	8.00 <sup>o</sup> LS - 125.50 <sup>o</sup> BT	0,05759
8	VIII	-	-
9	IX	-	-

Peta sebaran nilai koefisien seismik maksimum dengan menggunakan data input berupa nilai percepatan tanah maksimum (formulasi Katayama) untuk tiap-tiap region dapat di lihat pada gambar berikut:

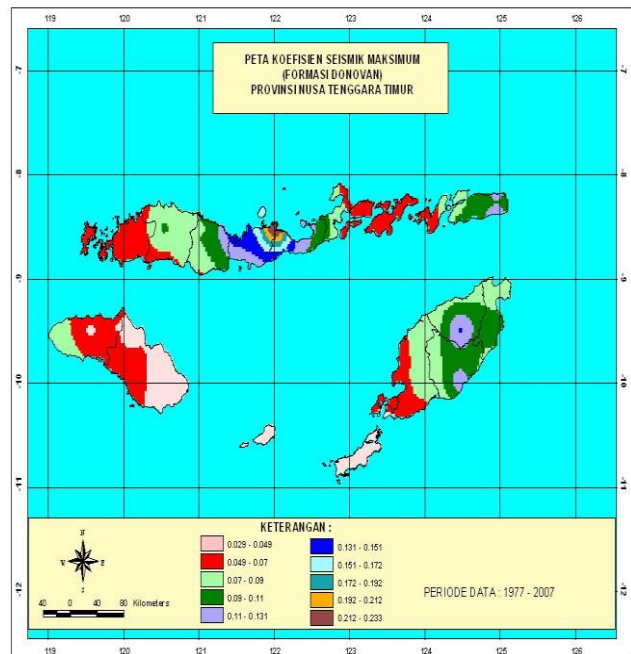


Gambar 1. Peta Koefisien Seismik Maksimum (Formulasi Katayama)

Tabel 2. Nilai Koefisien Seismik Maksimum Tiap Region (Formulasi Donovan)

No	Region	Titik Grid	Koefisien Seismik Maksimum (gal)
1	I	8.50 <sup>o</sup> LS- 122.00 <sup>o</sup> BT	0,2335
2	II	10.00 <sup>o</sup> LS - 119.00 <sup>o</sup> BT	0,14063
3	III	10.50 <sup>o</sup> LS - 118.50 <sup>o</sup> BT	0,08527
4	IV	8.00 <sup>o</sup> LS - 125.00 <sup>o</sup> BT	0,13178
5	V	9.50 <sup>o</sup> LS - 124.50 <sup>o</sup> BT	0,13331
6	VI	10.50 <sup>o</sup> LS - 124.50 <sup>o</sup> BT	0,06547
7	VII	8.00 <sup>o</sup> LS - 125.50 <sup>o</sup> BT	0,09287
8	VIII	-	-
9	IX	-	-

Peta sebaran nilai koefisien seismik maksimum dengan menggunakan data input berupa nilai percepatan tanah maksimum (formulasi Donovan) untuk tiap-tiap region dapat di lihat pada gambar berikut:

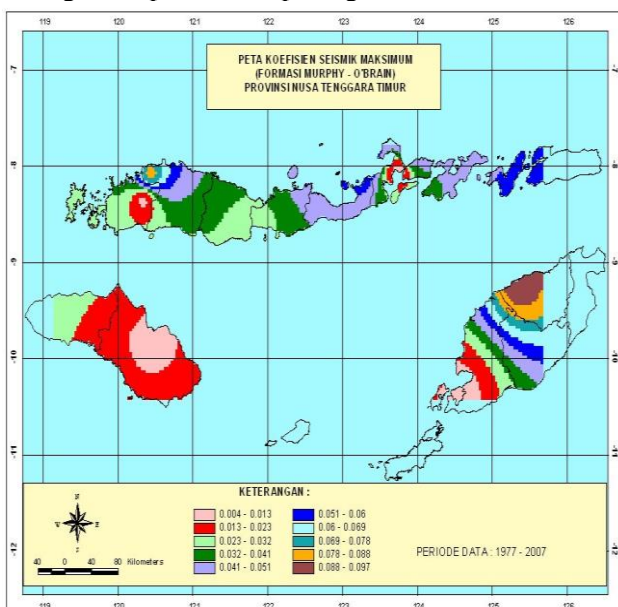


Gambar 2. Peta Koefisien Seismik Maksimum (Formulasi Donovan)

Tabel 3. Nilai Koefisien Seismik Maksimum Tiap Region (Formulasi Murphy-O'Brein)

No	Region	Titik Grid	Koefisien Seismik Maksimum (gal)
1	I	8.36 <sup>0</sup> LS - 120.28 <sup>0</sup> BT	0,08224
2	II	9.39 <sup>0</sup> LS - 120.15 <sup>0</sup> BT	0,02491
3	III	9.39 <sup>0</sup> LS - 120.15 <sup>0</sup> BT	0,0073
4	IV	8.12 <sup>0</sup> LS - 124.3 <sup>0</sup> BT	0,10772
5	V	9.27 <sup>0</sup> LS - 124.28 <sup>0</sup> BT	0,09702
6	VI	10.10 <sup>0</sup> LS - 123.34 <sup>0</sup> BT	0,01573
7	VII	8.12 <sup>0</sup> LS - 124.30 <sup>0</sup> BT	0,04907
8	VIII	-	-
9	IX	-	-

Peta sebaran nilai koefisien seismik maksimum dengan menggunakan data input berupa nilai percepatan tanah maksimum (formulasi Murphy-O'Brein) untuk tiap-tiap region dapat di lihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Peta Koefisien Seismik Maksimum (Formulasi Murphy-O'Brein)

## SIMPULAN DAN SARAN

Nilai koefisien seismik di daerah Nusa Tenggara Timur dengan data input berupa nilai percepatan tanah maksimum untuk formulasi Katayama diperoleh nilai koefisien seismik maksimum sebesar 0.30236, data input berupa nilai percepatan tanah maksimum untuk formulasi Donovan diperoleh nilai koefisien seismik maksimum sebesar 0.2335 sedangkan data input berupa nilai percepatan tanah maksimum untuk formulasi Murphy-O'Brein diperoleh nilai koefisien seismik maksimum sebesar 0.107720. Hasil penelitian ini kiranya dapat digunakan sebagai bahan informasi bagi pemerintah dan masyarakat di daerah Nusa Tenggara Timur, agar memperoleh gambaran mengenai kondisi tanah berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum dan nilai koefisien seismik maksimum di daerah Nusa Tenggara Timur.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Sabtadji, A, 2004. "Perhitungan Percepatan Tanah Maksimum Menggunakan Rumus Empiris Atenuasi Berdasarkan Data Accelerograph Di Stasiun Geofisika Sanglah Denpasar-Bali". Akademi Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
2. Daryono, 2004. "Aspek Seismisitas dan Tektonik di Alor". Balai Meteorologi dan Geofisika Wilayah III, Bali, <http://64.203.71.11/kompas-cetak/0412/16/ilpeng/1440960.html>.
3. Fauzi, 2006. "Daerah Rawan Gempa Tektonik di Indonesia". Pusat Gempa Nasional, Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
4. Telford, W, M., 2004. "Applied Geophysics" Cambridge University Press, London.
5. Subardjo & Gunawan, 2004. "Pengetahuan Seismologi". Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
6. Kore, H, D., 2006. "Komputasi Variasi Medan Gravitasi Normal Bumi Terhadap Lintang Berdasarkan World Geodetic System (skripsi)". Undana, Kupang.