

ISBN : 978-979-96668-7-

PROSIDING

PERTEMUAN ILMIAH TAHUNAN XIII 2009
HIMPUNAN AHLI TEKNIK TANAH INDONESIA
Indonesian Society for Geotechnical Engineering

**DEVELOPMENT OF GEOTECHNICAL ENGINEERING
IN CIVIL CONSTRUCTION**



HATTI BEKERJASAMA DENGAN UNIVERSITAS UDAYANA
DIDUKUNG OLEH PU DAN LPJK



GRAND INNA BALI BEACH HOTEL SANUR, DENPASAR, BALI
5-6 NOPEMBER 2009

**Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT-XIII) HATTI
Hatti bekerjasama dengan: Program Studi Magister Teknik Sipil,
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Grand Inna Bali Beach Hotel Sanur, Denpasar, Bali 5-6 Nopember 2009**

DEVELOPMENT OF GEOTECHNICAL ENGINEERING IN CIVIL CONSTRUCTION

Editor: *I Wayan Redana,
Indrasurya B Mochtar,
Indarto,
Widjojo A. Prakoso,
Ersa Rismantojo,
I Wayan Sengara, dan
Paulus P. Raharjo.*

**Dicetak dan diterbitkan oleh
HIMPUNAN AHLI TEKNIK TANAH INDONESIA
Basement Aldevco Octagon, Jl. Warung Jati Barat Raya No. 75
Jakarta 12740**

**SAMBUTAN KETUA UMUM
HIMPUNAN AHLI TEKNIK TANAH INDONESIA**

**Yth. Dewan Penasihat dan Dewan Pertimbangan Pengurus HATTI Pusat
Pengurus Cabang HATTI
Para Undangan, Pembicara, dan Peserta Pertemuan Ilmiah Tahunan ke XIII
HATTI**

Pertama-tama kami mengucapkan selamat datang di kota Denpasar, Bali.

Seperti di tahun sebelumnya, pada tahun 2009 ini kita kembali menyelenggarakan Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT), yang kecuali menjadi ajang temu ilmiah dan saling tukar-menukar informasi juga menjadi forum untuk membicarakan peningkatan kinerja asosiasi yang kita cintai ini. Dari segi pengembangan organisasi, terlaksananya Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) ini di Denpasar, Bali mempunyai arti yang sangat penting. Mengapa? Karena pada tahun-tahun sebelumnya PIT HATTI selalu dilaksanakan di pulau Jawa; seolah-olah kita tidak mampu menyelenggarakannya di luar pulau Jawa. Pelaksanaan PIT di Denpasar, Bali ini, membuktikan bahwa Komisariat Daerah HATTI Bali sudah cukup berkembang, dan bahwa kehadiran ahli geoteknik di pulau Bali telah diakui. Semoga aktualisasi ini mendapat respons yang positif dari pemerintah/peguruan tinggi setempat dengan cara meningkatkan partisipasi para ahli geoteknik Indonesia dalam membangun daerah masing-masing. Terimakasih kami ucapkan pada Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali atas kerjasamanya dalam pelaksanaan PIT ini.

Pertemuan Ilmiah Tahun ini mengambil tema "Development of Geotechnical Engineering in Civil Construction". Untuk menopang tema tersebut maka panitia PIT tahun ini telah berhasil mendatangkan pembicara tidak hanya dari Indonesia, tetapi juga dari luar Indonesia dengan topik yang cukup bervariasi yang meliputi : pembangunan infrastruktur, perbaikan tanah, penentuan parameter tanah, sistim fondasi, kegempaan dll. Mengingat semakin seringnya terjadi gempa di negara kita, maka pada PIT tahun ini diadakan panel diskusi mengenai masalah kegempaan. Kita tidak tahu kapan gempa itu akan terjadi, tetapi kita harus tahu dan harus bisa mengurangi kerusakan yang akan timbul akibat gempa. Disinilah peran kita sebagai anggota HATTI diperlukan.

Kepada para pembicara yang telah bersedia datang dan memaparkan makalahnya, para peserta pameran, para sponsor dan pihak-pihak lain yang telah membantu terselenggaranya kegiatan PIT ini kami ucapkan terimakasih. Semoga kerjasama kita berlanjut diwaktu-waktu yang akan datang. Ungkapan penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada para panitia yang telah bekerja keras tanpa pamrih demi terselenggaranya acara ini dan tentu saja demi HATTI kita tercinta.

Akhir kata, kami ucapkan Selamat ber-Seminar dan sampai jumpa lagi pada PIT yang akan datang.

Denpasar, November 2009

**Ir. Bigman Hutapea, M.Sc., Ph.D
Ketua Umum HATTI**

SUSUNAN PANITIA

- Pengarah:** Ir. Bigman Hutapea, MSCE, PhD (Ketua HATTI Pusat)
- Ketua:** Prof. Ir. I Wayan Redana, MASc, PhD (Ketua HATTI Bali)
- Wakil Ketua:** Ir. I Wayan Reti Adnyana
- Sekretaris:** Ir. I Wayan Arya, MT
- Bendahara:** Ir. Anissa Maria Hidayati, MT
- Sie Dana:** Ir. I Ketut Swijana, MT
Ir. Siska Rustiani, MT (Koord. HATTI Jawa Barat)
Sugino (Koordinator HATTI Pusat)
- Sie Makalah:** Prof. Ir. I Wayan Redana, MASc, PhD (Unud)
Prof. Ir. Indrasurya B Mochtar, MSc, PhD (ITS)
Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA (ITS)
Ir. Widjojo A. Prakoso, MSCE, PhD (UI)
Ir. Ersa Rismantojo, MSCE, PhD (ITB)
Ir. I Wayan Sengara, MSCE, PhD (ITB)
Prof. Ir. Paulus P.Raharjo, MSCE, PhD (UNPAR)
- Sie Akomodasi dan Konsumsi:** I Wayan Sinarta, MT
I Nyoman Ari Budiman, ST, MT
Ir. AAK Tjerita, MSc
- Sie Acara:** Ir. I Wayan Wiraga, MT
Ir. Tjok. Swarsa Putra, MT
Ir. I N Ramia,
Ir. Giatmajaya,
Sujahtera, ST
Ni Putu Oki Wirastuti
- Sekretariat:** Ir. Silvia Gabrina Tonyes, MSc
Ir. IGN Wardana, MT
Ir. IG Suryanegara Dwipa, MT
Gede Sastra Wibawa, ST,
Komang Sudiastawa, ST
Ir. Putu Diaparna,
IG Ngurah Dharmayasa
I Putu Sukmana Gita

Daftar Isi

Kata Pengantar Ketua Panitia	ii
Sambutan Ketua Umum HATTI	iii
Susunan Panitia	iv
Daftar Isi	v

Pembicara Utama:

1. *Good practices in design and construction of deep excavation, keynote oleh Associate Professor Wong Kai Sin (Nanyang Technological University, Singapore)* K-1
2. *Beberapa aspek Geoteknik terkait bencana gempa Jawa Barat dan Sumatera Barat 2009, oleh Ir. I Wayan Sengara, MSCE, PhD dkk (ITB)* K-14
3. *Consolidation Settlements of Deep Clay Layers under High Rise Buildings in Jakarta oleh Franciscus Xaverius Toha dan I Wayan Sengara* K-22

Technical Session:

1. *PT Bauer Pratama*
2. *PT Menard Geosystems Indonesia: Sustainable Foundation Treatment for a High Road Embankment Construction on Soft Peaty Clay, oleh Kenny Yee dan Ryan Ade Setiawan.* T-1
3. *PT Maccaferri Indonesia: Stabilisasi Lereng Dengan Perkuatan Timbunan Menggunakan Terramesh System (Slope Stability with Embankment Reinforcement Using Terramesh System) oleh Presetyo Oetomo, Dwi Cahyo Adi S, dan Herdiansyah A.* T-12
4. *PT Caturpile Perkasa*

Pembicara Umum:

Session I: Gempa dan Dinamika Tanah

1. *Studi Perbandingan Koefisien Gempa Dasar (C) Antara SNI 1726 – 2002 Dengan Tinjauan Secara Mikrozonasi Untuk Wilayah Surabaya Timur (Stephanus Alexsander dan Indarto)* 1
2. *Pengaruh Jarak dan Lapisan Tanah Pada Percepatan Gempa Bumi Studi Kasus: Deposit Kota Padang (Helmy Darjanto dan Abdul Hakam)* 6

3. *Alternatif Penanggulangan Likuifaksi*
(Agus Darmawan Adi) 10
4. *Dynamic Equilibrium Analysis of Earthquake Resistant Retaining Walls*
(Abdul Hakam) 15
5. *Analisis Perubahan Periode Sistem Struktur dengan Base Isolasi Seismik Berdasarkan Fungsi Magnifikasi Non-Linier*
(Djamal M. Abdat, Herlien D. Setio dan Sangriyadi Setio) 19
6. *Linierisasi Optimal Persamaan Keadaan Sistem Struktur Dinamik Non-Linier Lokal*
(Djamal M. Abdat, Herlien D. Setio dan Sangriyadi Setio) 25

Session II: Daya Dukung Tanah

1. *Analysis of Settlement Contour and Bearing Stress Contour of Large Raft Foundations*
(Wiratman Wangsadinata, Winda Djoenaidi, I Nengah Sukertha, Bobby Chris Indarto, A.M. Yoke Harsari N, dan Andrew Arnaldi) 31
2. *Perbaikan Lapis Pondasi dengan Teknologi Daur Ulang untuk Rekonstruksi Perkerasan Jalan Jalur Pantura Menggunakan CTRB*
(Martinus Agus Sugiyanto) 37
3. *Permasalahan Kembang Susut Tanah Ekspansif pada Bangunan Permanen*
(Budijanto Widjaja dan Freddy Gunawan) 40
4. *Sifat Teknis Tanah dan Struktur Fondasi Candi Wisnu Dalam Tinjauan Geoteknik*
(Ahmad Rifa'i) 45
5. *Analisis Lendutan Sistem Cakar Ayam pada Tanah Ekspansif*
(Hary Christady, Hardiyatmo, Bambang Suhendro, Agus Firdansyah) 54

Session III: Penurunan dan Konsolidasi Tanah

1. *Solusi Geoteknik untuk Perancangan Gedung Berpondasi Dangkal Di Atas Lapisan Tanah Lempung Lunak yang Memiliki Potensi Pemampatan Konsolidasi yang Besar*
(Indrasurya B. Mochtar dan Yudhi Lastiasih) 59
2. *Usulan Perumusan Pemampatan Konsolidasi Sekunder Untuk Tanah Lempung*
(Arief Alihudien dan Indrasurya B. Mochtar) 64

3. *Reliability of the Method for Determination of Coefficient of Consolidation (c_v)* 70
(Agus Setyo Muntohar dan Kabul Basah Suryolelono)
4. *Settlement Issues of Highrise Buildings due to Compression of Over Consolidated Clay Layer under Pile Foundation* 76
(Rahardjo P.P., Halim Y., and Winata R.)
5. *New Coal Terminal Development over a 32 m Deep Swamp* 82
(Henrico B. Winata, David K. Nolan, Jack R. Morgan)
6. *Assesment to the Field Evaluatian of Soft Clay Subgrades Induced Flexible Pavement Condition* 88
(Ria Asih Aryani Soemitro, Elfin Kurniawan dan Agus Suwito)

Session IV: Pondasi Tiang Pancang

1. *Metode Kurva Fitting untuk Mengestimasi Daya Dukung Tiang Bor dan Tiang Pancang Hasil Uji Beban Vertikal Statis* 93
(Fabian J. Manoppo)
2. *Model Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Analisis Daya Dukung Batas Tiang Tunggal* 97
(Niken Silmi Surjandari, A. Aziz Djajaputra dan Sri Prabandiyani R. W)
3. *Pengaruh Penyelidikan Tanah Terbatas Pada Perkiraan Bearing Stratum Untuk Desain Pondasi Tiang* 102
(Ardy Arsyad, Abdul Rahman Djamaluddin, Abdul Muthalib)
4. *Analysis on Laterally Loaded Group Piles by Plaxis 3D Foundation* 108
(Sri Dewi dan Gouw Tjie Liong)
5. *Simulasi Low Strain Parallel Seismic Testing pada Tiang Tunggal dengan metode Elemen Hingga* 118
(Chandra Suciadi, Isser Freddy, Endra Susila, Widjojo A Prakoso, dan Masyhur Irsyam)

Session V: Pengujian Tanah dalam Geoteknik

1. *Pengukuran Energi Aktual dari SPT Hammer* 124
(Berdasar BS EN ISO22476-3, ASTM D4633-05 dan ASTM D6066096)
(Syukri Fitrialdi dan Doni Santoso)
2. *Korelasi Antara Uji Kepadatan Lapangan, HCP, dan CBR Laboratorium pada Beberapa Jenis Tanah di Pekanbaru* 129
(Soewignjo Agus Nugroho)

Pengaruh Jarak dan Lapisan Tanah Pada Percepatan Gempa Bumi Studi Kasus: Deposit Kota Padang

Helmy Darjanto

Praktisi HATTI Jawa Timur, Surabaya

dan

Abdul Hakam

Jurusan Teknik Sipil – Universitas Andalas

ABSTRAK: Studi empiris mengenai amplifikasi percepatan gelombang seismik telah banyak dilakukan walaupun hasilnya masih menjadi perdebatan. Dalam tulisan ini studi dengan menggunakan data real yang tercatat langsung telah dilakukan. Data percepatan diperoleh langsung dari akselerometer untuk gempa kuat. Akselerogram dicatat pada tiga lokasi yang berbeda di Kota Padang. Data lapisan tanah pada masing-masing stasiun pencatat dilakukan dengan pengeboran dalam. Sumber seismik adalah gempa bumi langsung dari pertemuan lempeng benua. Studi ini menunjukkan bahwa bentuk catatan getaran pada lokasi yang berbeda menunjukkan beberapa parameter seismik yang berbeda. Perbedaan ini antara lain disebabkan oleh perbedaan deposit tanah dan jarak masing-masing stasiun. Hasil studi ini sangat bermanfaat dalam memferifikasi berbagai teori mengenai perambatan gelombang seismik pada deposit tanah.

Keywords : Gempabumi, Percepatan

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah termasuk negara yang mempunyai resiko gempa cukup tinggi. Hal ini dikarenakan oleh letak Indonesia yang berada pada pertemuan empat lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Australia, lempeng Asia, lempeng Pasifik, dan lempeng laut Philipina. Interaksi antara ke empat lempeng utama tersebut menjadikan Indonesia sebagai benar satu negara yang memiliki aktifitas seismik yang cukup tinggi dan rawan terhadap bahaya gempa, (Gambar 1).

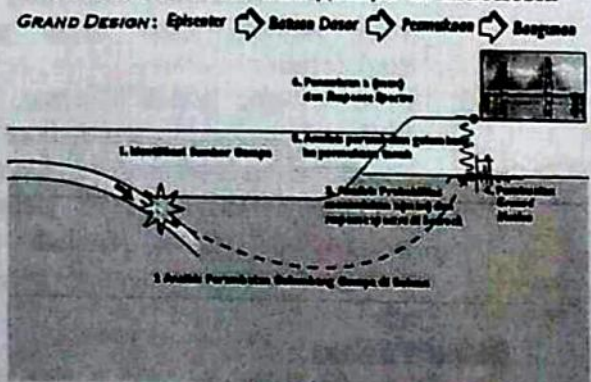
Selain itu dari data pencatatan kejadian gempa di Indonesia yang dikeluarkan oleh lembaga-lembaga kegempaan nasional dan inter-nasional, yaitu bahwa jumlah total kejadian gempa dengan $M_s \geq 5$ yang tercatat sejak tahun 1897 sampai tahun 2006 adalah lebih dari 8000 atau > 80 kejadian per tahun. Oleh karena tingginya aktifitas seismik tersebut, maka perencanaan bangunan di Indonesia harus memperhitungkan aspek-aspek kegempaan.

Parameter kegempaan yang diperlukan dalam perencanaan umumnya dinyatakan dalam percepatan gempa dan respon spektra di permukaan. Untuk mendapatkan hasil analisa yang akurat perlu diketahui proses perambatan gelombang dari pusat gempa (fokus) hingga ke permukaan tanah pada lokasi yang ditinjau. Perambatan gelombang ini

merupakan proses yang panjang dan kompleks sebagaimana terlihat pada Gambar 2 di bawah ini :



Gambar 1. Titik-titik gempa di Indonesia

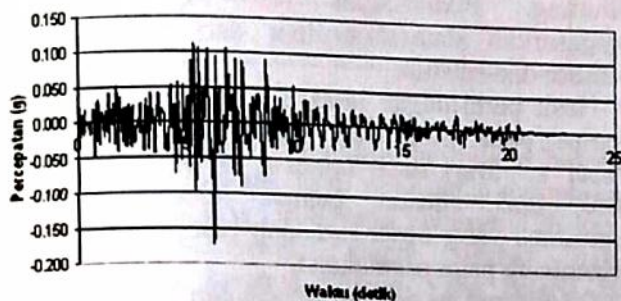


Gambar 2. Perambatan gelombang seismik
PERTEMUAN ILMIAH TAHUNAN – XIII HATTI, BALI 2009

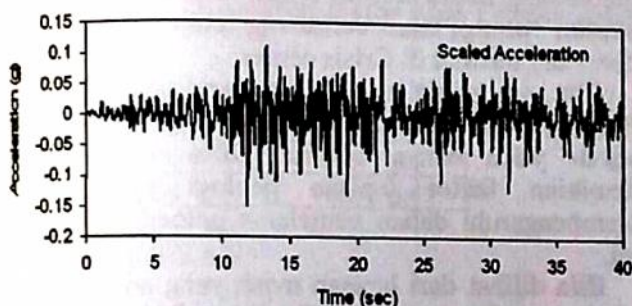
Sejak berkembangnya rekayasa gempa dikalangan insinyur dunia, telah banyak formula-formula dan gambar-gambar yang mengaitkan hubungan antara jarak suber gempa dengan besarnya percepatan gempa. Rangkuman dari penelitian-penelitian tersebut dapat dilihat pada Das (1983).

Percepatan rambatan gelombang gempa, merupakan parameter seismik yang sangat penting dalam bidang rekayasa. Sehingga untuk mendapatkannya banyak teori-teori dan pendekatan-pendekatan rekayasa dilakukan. Sejauh ini pendekatan-pendekatan tersebut terus digunakan bahkan hingga membentuk riwayat waktu percepatan imitasi (Helmy, 2009)

Beberapa bentuk hubungan riwayat waktu dari percepatan imitasi hasil perhitungan adalah seperti pada Gambar 3 dan 4, masing-masing untuk kota Surabaya dan Jakarta.



Gambar 3. Percepatan gempa kota Surabaya



Gambar 4. Percepatan gempa kota Jakarta

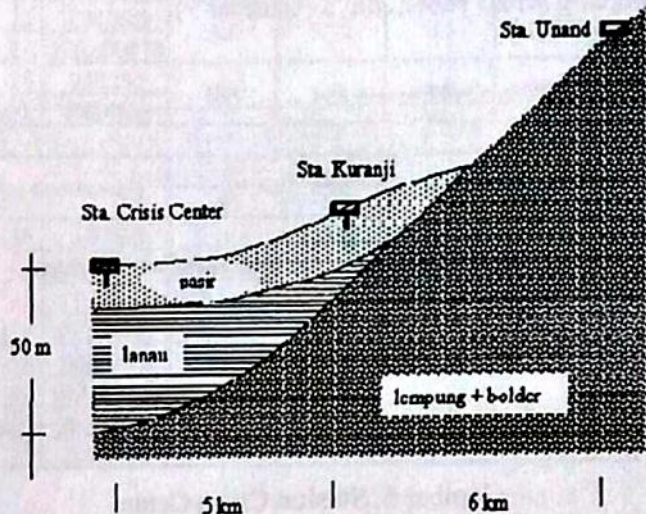
2. STASIUN ACCELEROMETER

Untuk mencatat rambatan gelombang seismik, di kota Padang telah dipasang beberapa buah accelerometer. Terdapat tiga stasiun pencatatan rambatan gelombang gempa di kota Padang dan 1 stasiun di kota Bukittinggi, yaitu:

- i. Kampus Universitas Andalas
- ii. Kantor Camat Kuranji, dan
- iii. Crisis Centre, Padang
- iv. Lobang Jepang, Bukittinggi

Masing-masing stasiun telah ditentukan koordinat lokasinya. Hal ini berguna dalam menentukan jarak masing-masing terhadap pusat gempa.

Lapisan tanah sepanjang stasiun pencatatan dapat digambarkan berdasarkan hasil pengeboran. Jarak masing-masing stasiun dan jenis lapisan tanah dibawahnya ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Lokasi stasiun

Accelerometer yang berada pada stasiun-stasiun tersebut, memerlukan supley tenaga listrik untuk bekerja. Sehingga aliran listrik tidak boleh terhenti pada sesaat sebelum dan sesudah gempa. Apabila terdapat gangguan pada suplay tenaga listrik, maka alat pencatat tidak bekerja dan pesan 'tidak ada catatan' akan tersimpan pada memory dari alat pencatat.

Pada saat gempa 30 September 2009 yang menghancurkan kota Padang dan Pariaman, aliran listrik secara otomatis mati sesaat guncangan terjadi. Sehingga tidak satupun stasiun pencatat gempa memberikan catatan percepatan pada saat itu. Namun kini tiap stasiun akan dilengkapi dengan UPS yang untuk menghindari terulangnya kegagalan pencatatan bila gempa besar terjadi lagi.

3. CATATAN PERCEPATAN

Dalam tulisan ini disampaikan hasil pencatatan yang diperoleh pada kejadian gempa berpusat di daerah pertemuan lempeng di Kepulauan Mentawai pada tanggal 16 Agustus 2009 pukul 02.38 WIB siang hari. Gempa ini berkekuatan 6.6 pada skala Richter. Gempa ini cukup keras dirasakan di kota Padang namun tidak memberikan dampak kerusakan yang berarti.

Dynamic Equilibrium Analysis of Earthquake Resistant Retaining Walls

Abdul Hakam

Civil Engineering of Andalas University

ABSTRAK: The dynamic analysis of retaining walls subjected to earthquake load is presented in this paper. Number of retaining wall models subjected to dynamic loading have been tested in the laboratory. The movements of the soil particle of the systems were recorded during the tests. The displacement of the points are then investigated to carry out the failure pattern of the system. The dynamic equilibrium formulation then was derived based on the forces acting on the retaining wall system. The forces are assumed to be in equilibrium state and act in the centre of gravities and the shear contacts. Every force are derived into its horizontal and vertical components. The shear and overturning resistant of the structure then can be calculated based. The safety factors of the stability are estimated based on the ratio of the resistant forces compared to the driving forces. It is concluded that the proposed method can be used to estimate the stability of retaining wall due to earthquake loading.

Keywords : Retaining walls, dynamic analysis

1. INTRODUCTION

Recently, dynamic lateral loads has been attacking retaining walls and caused several major damages. The dynamic lateral loads can be resulted by an earthquake motion. The increase of lateral pressure during motion can produce additional sliding and/or tilting to the retaining wall structures. Theories to estimate stability of retaining structures due to dynamic lateral pressure have been described by Das (1983).

The study of dynamic lateral earth pressure also has been given by Nazarian and Hadjan (1979) in the past. The study divided the theories of dynamic analysis into three categories, that are:

1. Fully plastic analysis
2. Solutions based on elastic wave theory
3. Non-linear and elastoplastic solutions

Based on Coulomb active pressure behind a wall, the classic analysis of Mononobe-Okabe has been derived (Mononobe, 1929 and Okabe 1926). The analysis is based on the assumptions:

1. The failure of the soil behind the wall formed in a stright-plane.
2. The wall moved in such way to produced minimum active pressure.
3. The shear strength of the dry back-fill is following Mohr-Coulomb theory.
4. On the failure plane, the full shear strength is mobilized.

5. The soil behind the wall behaves as a rigid body.

The more recently solutions of dynamic problems of retaining walls usually calculated based on numerical analyses (Vidya, 2007). However, the results gave number of interpretation depend on the data involved into the input of the analysis.

2. PROPOSED METHOD

Here, a new method to estimate the stability of a retaining wall due to dynamic pressure is proposed. The proposed method is based on the static equivalent analysis. However the forces acting on the wall are analyses based on the dynamic equilibrium. Then the lateral forces due to dynamic acceleration are included in the analysis.

The method introduced number of assumptions that are:

1. The failure of the backfill behind the wall is a straight-plane and follows the Rankine's active condition.
2. The active pressure behind the wall is fully generated.
3. The shear strength of back-fill is following Mohr-Coulomb theory.
4. On the failure plane, the full shear strength is mobilized.
5. The failure zone of the soil behind the wall behaves as a rigid body.

Tabel 1. Rangkuman percepatan gempa dan jarak stasiun

Magnitude and Depth	Tgl/Lokasi/Koordinat(*)		Jam	Station dan Koordinat(*)		amax (gal)			Jarak (Km)	
						X	Y	Z		
6.6	16/8-2009		14:38.2	Bukittinggi	S	0.30638	2.4	16.1	3	164.4098504
					E	100.36205				
	Mentawai			Gubernur	S	0.9378	8.9	84.1	4.2	
					E	100.35987				
20 Km	S	1.486	14:38.2	Kuranji	S	0.931689	3.6	51.2	3.5	121.347887
	E	99.469			E	100.409878				
				Unand	S	0.92283	N/A	N/A	N/A	
					E	100.4638				

Magnitude and Depth	Tgl/Lokasi/Koordinat(*)		Jam	Station dan Koordinat(*)		amax (gal)			Jarak (Km)	
						X	Y	Z		
6.6	1/10/2009		08:52.3	Bukittinggi	S	0.30638	0.6	2.8	1.8	274.5843317
					E	100.36205				
	Sungai Penuh			Gubernur	S	0.9378	N/A	N/A	N/A	
					E	100.35987				
15 Km	S	2.508	08:52.3	Kuranji	S	0.931689	N/A	N/A	N/A	211.9637917
	E	101.484			E	100.409878				
				Unand	S	0.92283	N/A	N/A	N/A	
					E	100.4638				

Pada Tabel 2 berikut juga ditampilkan besarnya percepatan permukaan hasil pencatatan gempa pada tanggal 17 Agustus 2008 yang berjarak 120 km di Kepulauan Mentawai. Dapat dilihat bahwa percepatan di kampus Unand yang relatif jauh dibanding dengan stasiun lainnya, mempunyai catatan percepatan yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa disamping jarak, maka kondisi lapisan tanah merupakan faktor yang penting dalam kegempaan.

Tabel 2. Percepatan Gempa 17 Agustus 2009

Crisis Centre	2.625 gal
Kuranji	2.5 gal
Unand	7.25 gal

5. KESIMPULAN

Meskipun jarak tempuh dapat mengurangi besarnya amplitude gelombang gempa, namun kondisi lapisan tanah dalam jarak yang relatif kecil,

merupakan faktor yang lebih significant terhadap penjarangan gelombang seismik.

Tulisan ini merupakan penelitian awal untuk mengetahui pengaruh lapisan tanah di kota Padang terhadap hasil pencatatan percepatan gempa dipermukaan tanah. Penelitian ini akan dilanjutkan terus sejalan dengan pengumpulan data kegempaan yang terus berlajut hingga saat ini.

REFERENCES

- Das, BM (1983), *Fundamental of Soil Dynamics*, Elsevier Pub., NY
- Vidya A (2007), *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) Akibat Beban Dinamis dengan Simulasi Numerik*, Skripsi, UNAND
- Helmy Darjanto (2009), *Analisis Resiko Gempa dengan teorema probabilitas total untuk kota-kota di Indonesia yang aktifitas seismiknya tinggi*, Seminar Nasional 'Bangunan Tahan Gempa', Universitas Andalas

6. The forces acting on the wall are in equilibrium state.
7. The forces are generated due to gravity and the acceleration of the earthquake motion.
8. The forces act in their centre of gravities and the shear contact.
9. There is no movement on the system which is assumed to be stable.

10. The passive resistant on the toe of the wall is ignored.
11. Every force can be derived into its horizontal and vertical component.
12. The moment on the structure point is produced by the force components.

Based on those assumptions, the forces acting on the wall then can be drawn in the Figure 1.

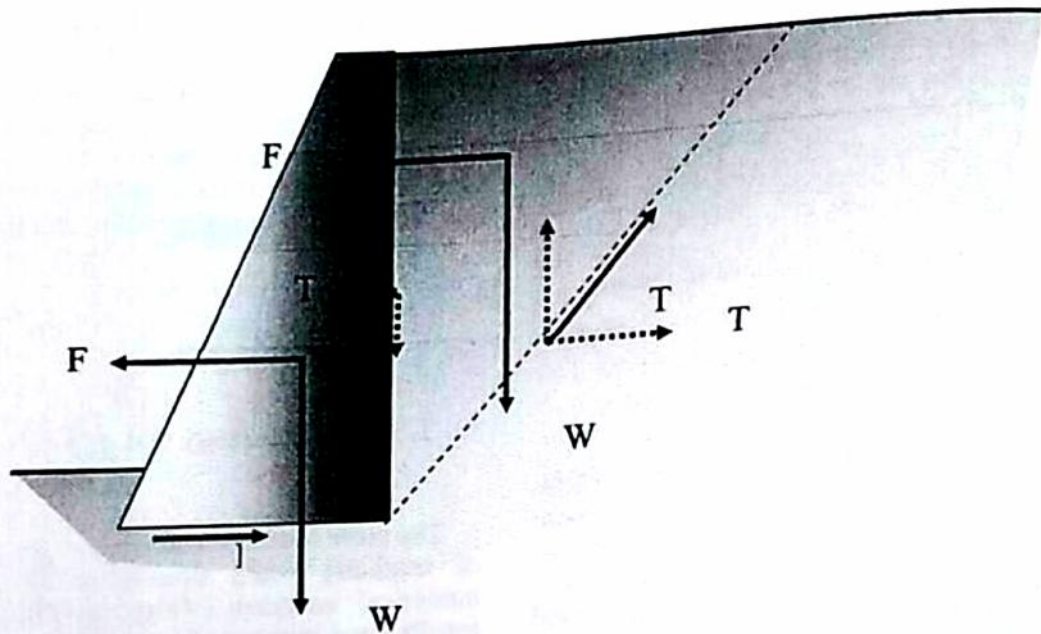


Figure 1. The dynamic forces acting on the wall system

Then, the stability of the retaining wall system due to the acting forces can be written as:

a. Overturning Stability:

The overturning stability of the wall is represented by the ratio of the sum of resistant moments respect to the toe and the sum of overturning moments on the same point in terms of the factor of safety:

$$FS_{ov} = \frac{\sum M_R}{\sum M_{ov}}$$

The forces which derive the overturning moment are T_N , F_{e1} and F_{e2} . Meanwhile, the force defend against the overturning of the wall is W_1 .

b. Sliding Stability:

The sliding stability then is represented by the ratio of the resistant forces on the base on the wall and driving forces in terms of the factor of safety:

$$FS_{sl} = \frac{\sum F_R}{\sum F_d}$$

The forces which slide the wall are T_N , F_{e1} and F_{e2} . Meanwhile, the force defend against the wall sliding is F .

3. CASE STUDY

The stability of a wall with the height of 9m and the base-width of 4 m is analyzed. The width of the wall-top is 1.5 m which made of reinforced concrete

material with the unit weight of 2.4 t/m^3 . The backfill soil is dry sand with the internal shear angle of 35 degree and the unit weight of 1.79 t/m^3 . The forces act on the wall system the calculated as shown in the table 1.

$$FS_{ov} = \frac{252.45}{67.47} = 3.74$$

b. By involving the active pressure of the soil.

$$FS_{ov} = \frac{252.45}{126.18} = 2.00$$

The stability of the retaining wall system due to the acting forces then can be calculated as:

Overturning Stability:

a. By ignoring the active pressure of the soil.

Table 1. Forces acting on the wall

Component	Force (ton)	toe dist. (m)	M_{ov} (t.m)	M_R (t.m)	Remarks
W_1	59.40	4.25	-	252.45	weight of the wall
T_N	15.44	2.86	44.16	-	weight of the backfill
F_{e1}	2.97	3.82	11.35	-	due to the eq. of the wall
F_{e2}	1.89	6.33	11.93	-	due to the eq. of the backfill
P_a	19.57	3.00	58.72	-	active pressure of the backfill
T_c	5.63	-	-	-	shear on the failure plane
F	41.59	-	-	-	shear resistant on the base

The stability of the retaining wall system due to the acting forces then can be calculated as:

Overturning Stability:

a. By ignoring the active pressure of the soil.

$$FS_{ov} = \frac{252.45}{67.47} = 3.74$$

b. By involving the active pressure of the soil.

$$FS_{ov} = \frac{252.45}{126.18} = 2.00$$

Sliding Stability:

a. By ignoring the active pressure of the soil, the forces resist the sliding is T_c and F meanwhile the diving forces are T_N , F_{e1} and F_{e2} .

$$FS_{sl} = \frac{47.22}{20.30} = 2.33$$

b. By involving the active pressure of the soil which is act driving the wall.

$$FS_{sl} = \frac{47.22}{39.87} = 1.18$$

The minimum safety factor of the retaining wall due to the dynamic forces can be adopted as 1.2.

CONCLUSIONS

It has been shown that the proposed method can be used easily to estimate the stability of the wall due to the earthquake load. The proposed method is based on dynamic equilibrium of forces acting on the retaining wall system when an earthquake attacks. The forces are assumed to be in equilibrium state and act in their centre of gravities and the shear contact. The stability of the wall is calculated in the same way that is in the static analysis with number of dynamic component of the forces. Then, practically the proposed method can be used to estimate the stability of retaining wall due to earthquake loading.

ACKNOWLEDGEMENT

A great thanks id offered to Agnes Vidya who has given important contribution in this work.

REFERENCES

- Das, BM (1983), *Fundamental of Soil Dynamics*, Elsevier Pub., NY
- Nazarian, HN and Hadjan AH (1979), Earthquake-Induced Lateral Soil Pressure on Structures, *Jou. of Geo. Engg. Div. ASCE*, 105 (GT9), 1049-1066 – See Das (1983)
- Mononobe, N (1929), Earthquake-Proof Construction of Mansory Dams, *Proceedings, Wold Engg. Conf. 9*, 174-180 – See Das (1983)

- Okabe, S (1926), *General Theory of Earth Pressure*, *Jou. of Japanese Soc. of Civ. Engg. (Tokyo)* 12(1) – See Das (1983)
- Vidya A (2007), *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) Akibat Beban Dinamis dengan Simulasi Numerik*, Skripsi, UNAND