



HIMPUNAN AHLI TEKNIK TANAH INDONESIA
INDONESIAN SOCIETY FOR GEOTECHNICAL ENGINEERING
MEMBER OF INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS
AND GEOTECHNICAL ENGINEERING (ISSMGE)



CERTIFICATE OF APPRECIATION

This certificate is awarded to

Dr. Ir. Abdul Hakam, MT

as

Speaker

on

20th ANNUAL SCIENTIFIC MEETING

Conference Theme

**“GEOTECHNICAL ROLE TO ACCELERATE
INFRASTRUCTURE CONSTRUCTION IN INDONESIA”**

Bidakara Hotel Jakarta, November 15th – 16th 2016

INDONESIAN SOCIETY FOR GEOTECHNICAL
ENGINEERING

JAKARTA, 16 NOVEMBER 2016
ORGANIZING COMMITTEE



Prof. Ir. Masyhur Irsyam, MSE, Ph.D.
President

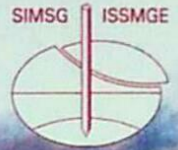


Dr. Ir. Pintor Tua Simatupang, MT
Chairman

ISBN No. : 978-602-17221-4-5



HIMPUNAN AHLI TEKNIK TANAH INDONESIA
INDONESIAN SOCIETY FOR GEOTECHNICAL ENGINEERING (ISGE)
MEMBER SOCIETY OF INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS
AND GEOTECHNICAL ENGINEERING (ISSMGE)



Proceedings

*20th Annual National Conference
on Geotechnical Engineering*

**“Geotechnical Role
to Accelerate Infrastructure Construction
in Indonesia ”**

Bidakara Hotel Jakarta, 15-16 November 2016

Supported by:



TABLE OF CONTENTS

Preface Committee Chairman	i
Message from President of Indonesian Society for Geotechnical Engineering (ISGE)	ii
Organizing Committee	iii
Table of Contents	v-xi
<u>Keynote Speakers :</u>	
1 Case Studies of Land Reclamation and Related Ground Improvement Works (<i>Prof. C.F.Leung-National University Singapore</i>).....	1-8
2 Aspek aspek Penting pada Draft R1 SNI Struktur Penahan Tanah (<i>Ir. Irawan Firmansyah, MSCE.</i>)	9-26
3 Pipe Jacking Technology and Application of Grouting Technology in Pipe Jacking (<i>Prof. Hideki Shimada (Kyushu University, Japan)</i> ,	27-34
4 Application of Geotextile Tube in the Construction of Sea Dike and Shore Protection (<i>Prof. Eun Chul Shin - Korean Geotechnical Society, Korea</i>).....	35-48
5 Cracks In Soils And Their Implication For Geotechnical Engineering (<i>Indrasurya B. Mochtar, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, ITS – Hutagamissufardal - Universitas Lambung Mangkurat</i>	49-54
6 Lesson Learned from Case Histories of Natural Slopes and Man Made Slopes Failures with Their Counter Measures in Indonesia (<i>Paulus P. Rahardjo - Universitas Katolik Parahyangan, Bandung</i>	55-76

Session I : R.A1

1	Dinamis Dinding Penahan Tanah Kantilever Berdasarkan Disain Spektra Kota Padang Panjang <i>Abdul Hakam (Dept. of Andalas University), Hendri Warman (Dept. of Bung Hatta University).....</i>	77-82
2	Application of automatic real-time monitoring system in Taiwan High Speed Rail <i>Christian Luis, Johnny Huang (Geotech Science Co., Ltd)</i>	83-88
3	Pembuatan Sabuk Pantai Dengan Karung Memanjang Geotekstil Nir-Anyam Untuk Mitigasi Bencana dan Adaptasi Perubahan Iklim <i>Dandung Sri Harninto, Multazam (PT Geoforce Indonesia, JakartaIndonesia)</i>	89-96
4	Uji Geolistrik untuk Penyelidikan Sumber Air Tanah <i>I Wayan Redana¹⁾ (Fakultas Teknik, Universitas Udayana), I Nengah Simper²⁾ (Fakultas MIPA, Universitas Udayana)</i>	97-102
5	Studi Eksperimental Laboratorium PerkuatanBambu Dalam Mengurangi Deformasi Elastis Tanah Lempung Lunak <i>Ardy Arsyad, Lawalenna Samang, Arjantio Tahir (Universitas Hasanuddin Makassar).....</i>	103-110

Session II : R.A2

6	Kajian Gradasi dan Ukuran Butir Pasir Terhadap Getaran Berpotensi Likuifaksi <i>Soewignjo Agus Nugroho, Agus Ika Putra, Ferry Fatnanta (Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia)</i>	111-116
7	Eksperimentasi dan Analisis Perilaku Tanah Murni dengan TanahCampuran Semen Ditinjau Dari Sifat Fisik dan Stabilisasi Tanah <i>Yan Juansyah, Devi Oktarina, S Ade Basa Noriah (Teknik Sipil Universitas Malahayati, Bandar Lampung)</i>	117-122
8	Studi Pengaruh <i>Precious Slag Ball</i> Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR <i>Agape Desfandi, ST. (PT. Dwisaha Pradana),Hanny Juliani Dani, ST., MT. (Maranatha Christian University)</i>	123-128

Analisis Dinamis Dinding Penahan Tanah Kantilever Berdasarkan Disain Spektra Kota Padang Panjang

Abdul Hakam

Indonesian Society For Geotechnical Engineering - ISGE (HATTI), Civil Eng, Dept. of Andalas University, Indonesia

Hendri Warman

Indonesian Society For Geotechnical Engineering - ISGE (HATTI), Civil Eng, Dept. of Bung Hatta University, Indonesia

E-mail: ahakam2008@yahoo.com and warman_hendri@yahoo.com

ABSTRAK: Dinding penahan merupakan struktur geoteknik yang kestabilannya sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya tekan yang bekerja padanya. Nilai tekanan tanah yang mendorong dinding dapat bekerja secara aktif pada kondisi statis dan berubah nilainya tergantung parameter seismik pada kondisi dinamis. Salah satu metode yang sering digunakan untuk menentukan tekanan seismik dinding penahan tanah adalah persamaan Mononobe-Okabe, yang mulai dikembangkan pada tahun 1926. Namun metoda yang telah banyak dirujuk secara luas ini tidak selalu dapat digunakan pada semua keadaan. Dalam tulisan ini disampaikan kajian terhadap metoda analisis dinamis dinding penahan tanah kantilever dengan memanfaatkan persamaan dasar kesetimbangan dinamis struktur geoteknik. Parameter-parameter yang digunakan diperoleh hasil penyelidikan tanah di lokasi konstruksi dinding di kota Padang Panjang. Beban seismik ditentukan berdasarkan disain spektra kota Padang Panjang dengan Peta Zonasi Gempa Indonesia tahun 2012. Hasil kajian analisis dinamis dinding penahan tanah kantilever dengan prosedur ini memberikan solusi yang memuaskan.

Kata kunci: dinding penahan kantilever, analisis dinamis, gempa bumi, desain spektra

ABSTRACT: Retaining walls are geotechnical structures which its stability are mainly influenced by the compressive forces on them. The soil pressure on the walls can be in term of active pressure in static conditions and then increase related to seismic parameters on dynamic conditions. The well known approach that is often used to determine the seismic pressure on retaining wall is Mononobe-Okabe method, which was developed in 1926. However, the method that has been widely adopted, can not always be used in all aspects. This paper presents a study of dynamic analysis of cantilever retaining wall by utilizing the basic dynamic equilibrium of geotechnical structures. Parameters for the analysis are obtained from soil investigation on the construction site in the Padang Panjang city. Seismic load is determined based on the spectral design of Padang Panjang city using Indonesian Earthquake Code 2012. It is concluded that the dynamic analysis of the cantilever retaining wall using these procedures give a satisfactory solution.

Keywords: cantilever retaining wall, dynamic analysis, earthquakes, spectral design

1 PENDAHULUAN

Stabilitas dinding penahan tanah sangat ditentukan oleh besarnya tekanan tanah yang bekerja dibelakangnya. Secara teori nilai tekanan tanah yang mendorong dinding pada keadaan statis adalah tekanan aktif dan akan meningkat nilainya pada kondisi dinamis. Besarnya peningkatan nilai tekanan pada keadaan dinamis ini sangat ditentukan oleh parameter-parameter seismik yang

mempengaruhinya. Pada daerah yang mempunyai tingkat bahaya gempabumi yang tinggi, dinding penahan tanah biasanya dirancang untuk mampu menahan tekanan seismik selama terjadinya gempa bumi.

Studi tentang respon dinamis dinding penahan tanah dapat dilakukan dengan membuat pengujian model di laboratorium, seperti yang telah dibuat oleh Ertugrul et al. (2014). Studi ini dilakukan dengan menggunakan model dinding penahan tanah

yang fleksibel yang diletakkan pada meja getar dan diberikan beban dinamis hingga percepatan 1g. Dari studi ini dapat dilihat bahwa kelenturan dinding mempunyai pengaruh yang kuat terhadap besarnya tegangan tekan dinamis yang bekerja pada dinding. Studi laboratorium ini dilaporkan memberikan hasil yang cukup memuaskan bila dibandingkan dengan perhitungan analitis.

Analisis respon dinamis dinding penahan tanah juga dapat dilakukan dengan penggabungan dua metoda yang berbeda. Vrettos et al (2016) telah mempelajari tentang respon dinamis dari dinding penahan tanah kantilever yang kaku akibat beban seismik horizontal dengan menggabungkan metoda numerik dan analitik. Gabungan metoda tersebut adalah untuk menentukan nilai beban dinamis yang bekerja pada dinding penahan tanah. Metoda numerik digunakan untuk menyelesaikan perhitungan dikarenakan kompleksnya persoalan yang ada apabila dibandingkan dengan cara analitis. Respon dinamis terhadap beban seismik dalam studi ini ditampilkan dalam bentuk tekanan pada dinding dan juga dalam bentuk gaya-gaya dalam yang bekerja pada badan dinding penahan tanah.

Metoda Mononobe-Okabe, yang mulai dikembangkan sejak tahun 1926, merupakan salah satu metode yang masih sering digunakan untuk menentukan nilai tekanan seismik pada dinding penahan tanah. Namun metoda yang telah banyak dirujuk secara luas ini mempunyai keterbatasan dalam hal menentukan besarnya tekanan seismik yang diakibatkan oleh adanya batasan geometri dinding penahan tanah serta nilai data seismik yang digunakan.

Metode Mononobe-Okabe telah digunakan oleh Trandafir et al. (2009) dalam studi untuk mempelajari perilaku perpindahan yang terjadi pada dinding penahan tanah tipe gravitasi akibat bahaya gempabumi. Kajian ini juga sekaligus mempelajari efektivitas dari angkur dalam menjaga stabilitas lereng. Dari kajian tersebut didapati bahwa perpindahan dinamis, baik arah horizontal dan vertikal, pada dinding penahan tanah lebih besar dibandingkan lereng yang di angkur.

Pada kasus dalam kajian ini, metoda Mononobe-Okabe tidak memberikan hasil yang wajar secara aplikasi. Untuk itu maka diadopsi penggabungan teori mekanika tanah dan dinamika tanah untuk dapat menghasilkan

metoda analisis stabilitas dinding penahan tanah dinamis yang memuaskan. Dalam tulisan ini disampaikan kajian terhadap metoda analisis dinamis dinding penahan tanah kantilever dengan memanfaatkan persamaan dasar kesetimbangan dinamis struktur geoteknik.

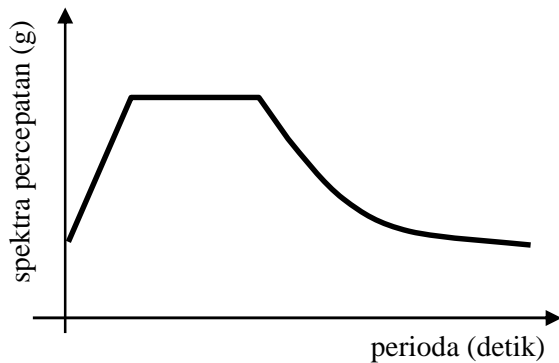
Data yang digunakan dalam kejian ini diperoleh dari hasil penyelidikan tanah di lokasi konstruksi dinding penahan tanah di kota Padang Panjang. Nilai beban seismik yang digunakan dihitung berdasarkan disain spektra kota Padang Panjang menggunakan Peta Zonasi Gempa Indonesia tahun 2012. Prosedur analisis yang diaplikasikan diharapkan dapat memberikan solusi analisis dinamis dinding penahan tanah kantilever yang rasional. Selanjutnya solusi tersebut dapat memberikan nilai-nilai yang memuaskan dalam perencanaan praktis.

2 PROSEDUR PERHITUNGAN

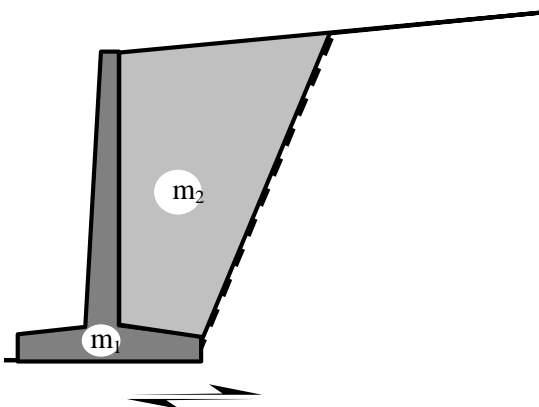
2.1 Beban Gempa

Dalam analisis dinamis dinding penahan tanah akibat gempabumi, perhitungan beban gempa yang bekerja merupakan langkah awal yang menentukan angka-angka stabilitas dan nilai-nilai geometrik yang mempengaruhinya. Untuk itu maka diperlukan kejelian dalam memilih metoda yang memberikan nilai-nilai yang logis sehingga menghasilkan solusi yang memuaskan. Kemampuan untuk mempertimbangkan nilai-nilai yang dapat diterima secara logis sesungguhnya merupakan faktor yang sangat penting dalam aplikasi nyata.

Penentuan nilai beban gempa yang bekerja pada dinding penahan tanah dalam kajian ini dilakukan dengan mengadopsi prosedur disain spektra yang sering dilakukan untuk analisis dinamis bangunan gedung. Seiring dengan kemajuan pengetahuan kegempaan, dimana penentuan zona gempa yang ada saat ini dilakukan dengan lebih mendalam dan mendetail seperti yang telah dilakukan oleh Irsyam dkk (2010), maka perlu juga pemanfaatan disain spektra untuk penerapan di analisis struktur non gedung. Bentuk umum dari disain spektra adalah seperti ditampilkan pada Gbr. 1. berikut.



Gbr. 1. Bentuk umum spektra disain



Gbr. 2. Massa yang bergerak akibat beban gempa pada dinding penahan tanah

Untuk mendapatkan beban gempa yang bekerja pada struktur dinding penahan tanah yang ditinjau, maka harus didapatkan nilai dari periode sistem yang melibatkan massa dan kekakuan dari sistem tersebut. Massa sistem dihitung dengan melibatkan elemen-elemen sistem yang bergerak sebagai akibat adanya beban seismik horizontal (lihat Gbr. 2). Sedangkan kekakuan dari sistem dihitung dengan mengadopsi kekakuan pegas ekivalen dari sistem untuk struktur pondasi persegi kaku yang mendukung gaya dinamis horizontal dengan formula dari Barkan (1962) dalam Whitman dan Richart (1967), sebagai berikut:

$$k = 2(1 + \mu) G F_x (BL)^{0.5} \quad (1)$$

dimana:

- μ = Poisson Ratio
- G = Modulus geser tanah
- F_x = Faktor dari rasio L/B
- L = Panjang tapak
- B = Lebar tapak

Periode dari sistem dinding penahan tanah selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$T = 1/f_n \quad (2)$$

dimana:

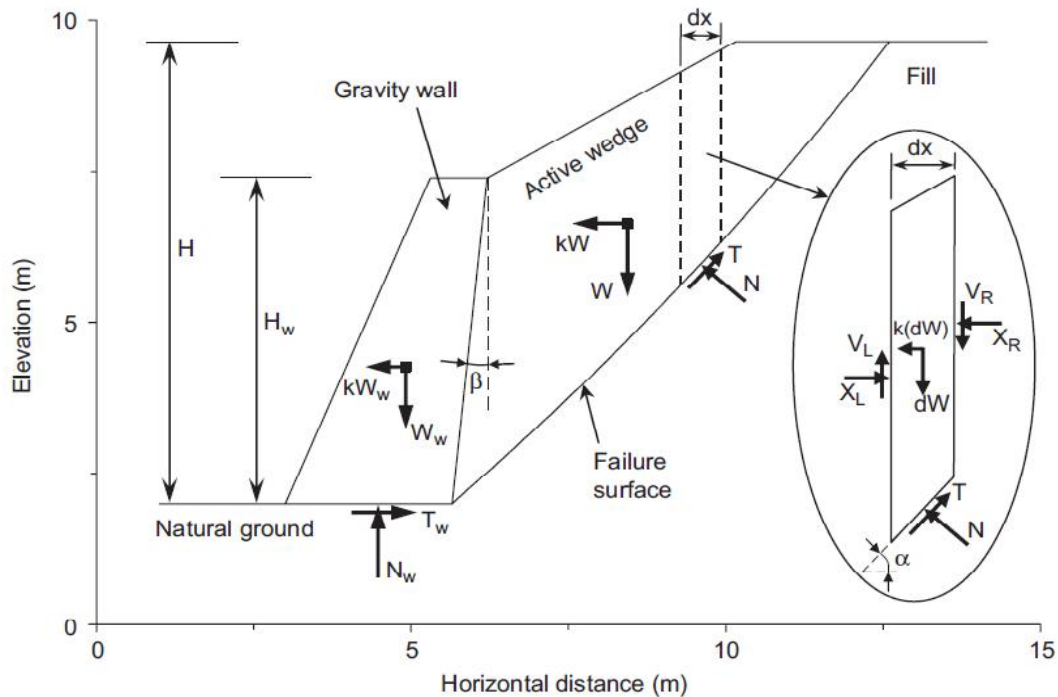
- $f_n = (1/2\pi) (k/m)^{0.5}$
- k = kekakuan pegas tanah
- m = massa total

Periode dari sistem selanjutnya digunakan untuk menentukan spektrum percepatan yang nantinya dipakai dalam perhitungan beban-beban inersia yang bekerja pada dinding penahan tanah.

2.2 Perhitungan Stabilitas

Setelah mendapatkan nilai-nilai beban yang bekerja pada sistem dinding penahan tanah, selanjutnya stabilitas dinding penahan tanah dihitung berdasarkan perbandingan dari gaya-gaya dan tegangan yang menahan dengan gaya-gaya dan tegangan yang aktif bekerja terhadap stabilitas yang ditinjau.

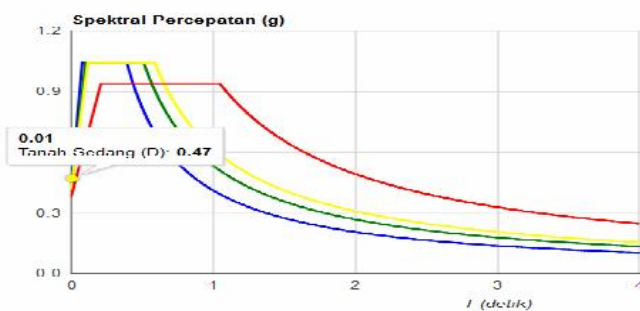
Pada Gbr. 3 ditampilkan gaya-gaya yang dipertimbangkan bekerja pada sebuah dinding penahan tanah dalam studi yang dilakukan oleh Trandafir et. al (2009). Dalam studi ini beban-beban serupa juga diperhitungkan namun dimodifikasi untuk dinding penahan tanah tipe kantilever. Uraian lebih lanjut dari beban-beban tersebut disampaikan dalam contoh kasus pada bagian berikut.



Gbr. 3. Gaya-gaya yang dipertimbangkan pada analisis geser dalam studi oleh Trandafir et. al (2009)

3 KASUS DINDING KANTILEVER

Prosedur perhitungan yang dijabarkan pada bagian sebelumnya telah diaplikasikan untuk menganalisis stabilitas dinding penahan tanah kantilever untuk menahan badan jalan di kota Padang Panjang, Sumatera Barat. Untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam analisis, telah dilakukan investigasi lapangan pada lokasi dinding tersebut. Pada Gbr. 4. ditampilkan satu potongan penampang dari dinding penahan tanah kantiver dengan tinggi 7 hingga 9 m.



Gbr. 4. Spektrum disain untuk kota Padang Panjang

Tabel 1. Perhitungan massa pada sistem dinding.

Nama bagian	lebar (m)	tinggi (m)	brt sat. (kN/m ³)	Berat (kN/m)
W1 =	0.25	8.65	24	51.9
W2 =	0.15	8.65	24	31.14
W3 =	3.5	0.35	24	29.4
W4 =	3.1	8.65	15	402.23
			Wtot =	514.67
Wae =	1/2*BV*H*(Lae) =			202.5
m (t/m') =	(Wtot + Wae) / g			73.11

Kekakuan pegas ekivalen dari sistem dinding penahan tanah, dihitung dengan menggunakan persamaan (1) diatas, adalah:

$$k = 85046 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Selanjutnya dengan, berdasarkan nilai massa dan kekakuan tersebut, perioda dari sistem dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2) dan didapat nilai sebesar:

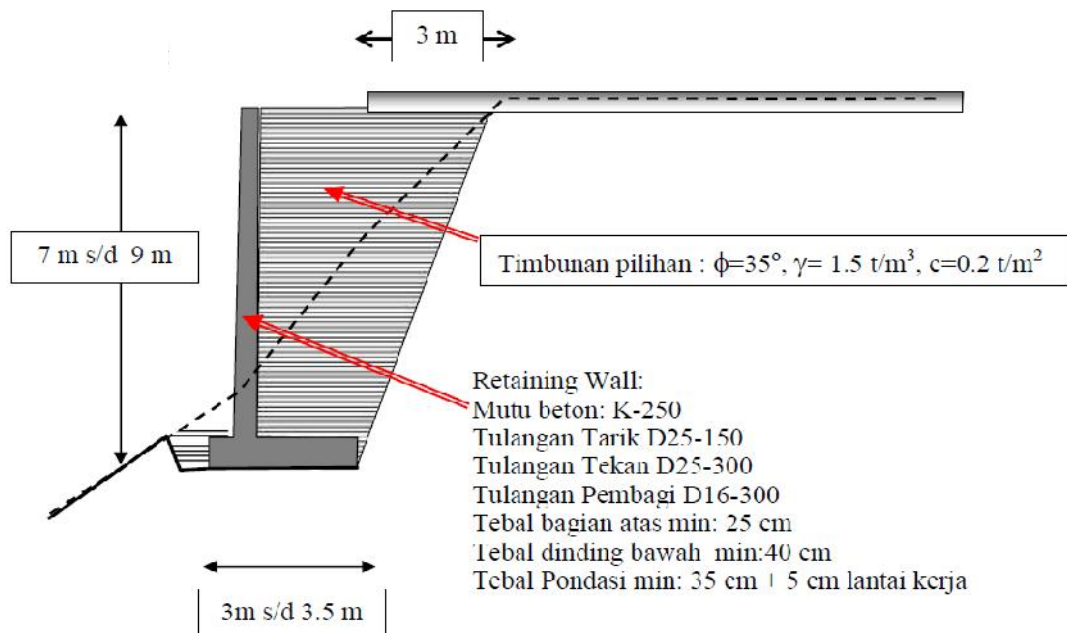
$$T = 0.0187 \text{ detik}$$

Berdasarkan nilai perioda tersebut, maka dari Gbr. 4 dapat diambil nilai spektrum percepatan sebesar 0.5. Nilai ini selanjutnya dipergunakan untuk menghitung gaya tekan yang bekerja akibat beban dinamik pada dinding penahan tanah.

Selanjutnya nilai-nilai stabilitas dinding terhadap bahaya guling dan pergeseran dapat ditentukan dengan membandingkan nilai gaya-gaya yang menahan dan gaya yang mengakibatkan bahaya tersebut. Berdasarkan rasio tersebut, dapat ditentukan dimensi dinding yang menghasilkan nilai keamanan kritis terhadap kestabilan guling atau geser, seperti ditampilkan pada Gbr. 5.

Tabel2. Perhitungan momen pada sistem dinding.

Nama Bagian	Mr (kN.m / m ¹)	Mo (kN.m / m ¹)
W1 =	69.3	120.5
W2 =	36.1	50.0
W3 =	82.6	2.6
W4 =	1210.7	933.6
Mr.tot =	1398.7	1106.6
Tekanan tanah timbunan		
Pae=		1215.0
Wae =	911.25	



Gbr. 5. Dimensi minimum dinding kantilever hasil analisis beban gempa

DAFTAR PUSTAKA

- Trandafir, A.C., Kamai, T., and Sidle, R.C., 2009. Earthquake-induced displacements of gravity retaining walls and anchor-reinforced slopes, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 29, Issue 3, March 2009: 428-437
- Ertugrula, O.L and Trandafir, A.C., 2014. Seismic earth pressures on flexible cantilever retaining walls with deformable inclusions, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Vol. 6, issue 5, Oct. 2014: 417-427
- Vrettos. C., Beskos, D.E., Triantafyllidis, T., 2016. Seismic pressures on rigid cantilever walls retaining elastic continuously non-homogeneous soil: An exact solution, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 82, March 2016: 142-153

- Irsyam, M., Sengara, I.W.S, Aldiamar, F., Widiyantoro, S., Triyoso, W., Hilman, D., Kertapati, E., Meilano, I., Suhardjono, Asrurifak, M., dan Ridwan, M., 2010. Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010, Bandung, 1 Juli 2010
- Whitman, R.V. and Richart, F.E.Jr. (1967). Design procedure for dynamically loaded foundations, *Journal of the Soil Mech. and Foundation Div. ASCE*. 93 (SM6), 169-193