

# INTERAKSI TANAH-STRUKTUR DINDING BASEMENT AKIBAT TEKANAN LATERAL PADA TANAH LEMPUNG BERLANAU

## SOIL-STRUCTURE INTERACTION ON BASEMENT WALL DUE TO LATERAL EARTH PRESSURE ON SILTY CLAY

<sup>1</sup>Dyna Prasetya Riani, <sup>2</sup>Sri Wulandari

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gunadarma,

<sup>1</sup>dynaprasetya2105@gmail.com, <sup>2</sup>Sriwulandari@staff.gunadarma.ac.id

### Abstrak

Interaksi tanah struktur merupakan suatu metode yang dilakukan untuk menganalisa bagaimana peran dari beban gempa terhadap distribusi tekanan tanah lateral dinamis pada dinding basement. Metode-metode yang dilakukan didasarkan pada uji eksperimental maupun secara analisa terhadap perilaku dinding penahan tanah. Studi ini dilakukan untuk menganalisa distribusi tekanan lateral dinamis pada dinding basement di permukaan dengan menggunakan metode numerik. Analisa interaksi tanah-struktur dinamis dilakukan dengan menggunakan Program Plaxis Dynamics 2D. Studi parametrik yang diambil pada penelitian ini yaitu sensitivitas terhadap pengaruh variasi kondisi tanah, percepatan gempa di batuan dasar, kandungan frekuensi input. Kondisi tanah yang digunakan berdasarkan data tanah lapangan pada daerah Tangerang Selatan. Variasi mekanisme keruntuhan gempa yang digunakan yaitu Shallow Crustal, Meganthrust, dan Benioff dengan variasi Peak Ground Acceleration 0,1 g, 0,33g, dan 0,6 g. Hasil yang diperoleh dari studi ini adalah distribusi tekanan tanah lateral yang mencapai nilai maksimum pada dasar basement dengan adanya peningkatan tekanan yang hampir linear dengan semakin meningkatnya input motion. Studi ini juga memberikan rekomendasi untuk penentuan distribusi tekanan tanah lateral dinamis dengan pola distribusi tekanan tanah lateral yang terjadi pada dinding basement, pengaruh PGA, dan mengetahui gambaran mengenai pengaruh interaksi tanah terhadap besarnya tekanan lateral gempa yang bekerja dengan membatasi penelitian dengan jenis tanah, jenis pondasi, dan pemodelan struktur menggunakan aplikasi berbasis 2D.

**Kata kunci:** interaksi tanah-struktur, beban gempa, plaxis 2D, metode numerik

### Abstract

Soil-structure interaction is a method used to analyze the role of the earthquake load on the dynamic lateral earth pressure distribution on the basement walls. The methods used are based on experimental tests and analysis of the behaviour of the retaining wall. Conducted this study to analyze the distribution of dynamic lateral stress on the basement walls at the surface using numerical methods. Analysis of dynamic soil-structure interactions was carried out using the Plaxis Dynamics 2D Program. Parametric studies taken in this study are sensitivity to the influence of variations in ground conditions, earthquake acceleration in bedrock, and input frequency content. Soil conditions used are based on field soil data in the South Tangerang area. The variations of the earthquake collapse mechanism used were Shallow Crustal, Megan thrust, and Benioff with variations of Peak Ground Acceleration 0.1 g, 0.33g, and 0.6 g. The result is that the lateral earth pressure distribution reaches its maximum value at the base of the basement with an almost linear increase in pressure with increasing input motion. Recommendations for determining the dynamic lateral earth pressure distribution with the lateral soil pressure distribution pattern that occurs on the basement wall, the influence of PGA, and knowing the description of the effect of soil interaction on the magnitude of the earthquake lateral pressure that works by limiting research to soil type, foundation, and structural modelling using 2D-based applications.

**Keywords:** soil-structure interaction, seismic load, plaxis 2D, numerical method

## PENDAHULUAN

Pada era ini, perancangan bangunan tidak hanya dibangun ke atas, namun juga dibangun ke arah bawah. Perancangan suatu bangunan bertingkat pada lokasi perkotaan menjadi pilihan utama dalam memenuhi kebutuhan ruang parkir dengan basemen memiliki banyak faktor yang harus diperhatikan. Salah satu aspek penting yang perlu diperhitungkan yaitu tekanan lateral akibat beban pada dinding basemen. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan analisis mengenai distribusi tekanan tanah lateral dinamik pada dinding basemen. Penelitian ini akan menggunakan Metode Elemen Hingga. Metode Elemen Hingga dilakukan dengan bantuan Program Plaxis 2D. Pemodelan tanah dilakukan dalam suatu model konstitutif yang mempunyai tegangan-regangan tertentu. Selain itu, hasil dari perbandingan variasi nilai PGA diharapkan dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam perencanaan struktur bawah gedung bertingkat tahan gempa yang lebih aktual dengan keadaan lapangan. Pemodelan diterapkan pada beberapa jenis data tanah tipikal guna mendapatkan gambaran mengenai distribusi beban interaksi lateral pada basemen. Wijayanto dan Sengara (2017) menjelaskan adanya pengaruh interaksi tanah-struktur basement terhadap distribusi tekanan tanah lateral dinamis pada dinding basement dan amplikasi motion gempa di permukaan. Silaban dan Sengara (2018) mengembangkan beberapa metode dan eksperimen perilaku tekanan dinamis pada dinding basement dengan mempertimbangkan pengaruh inersia struktur bangunan atas dan basement serta pondasi tiang bor. Prameshwari dan Susila (2020) menyimpulkan distribusi tekanan tanah lateral dinamik pada dinding basemen dengan mempertimbangkan efek SSI memiliki kecenderungan membesar seiring dengan bertambahnya kedalaman basemen. Untuk

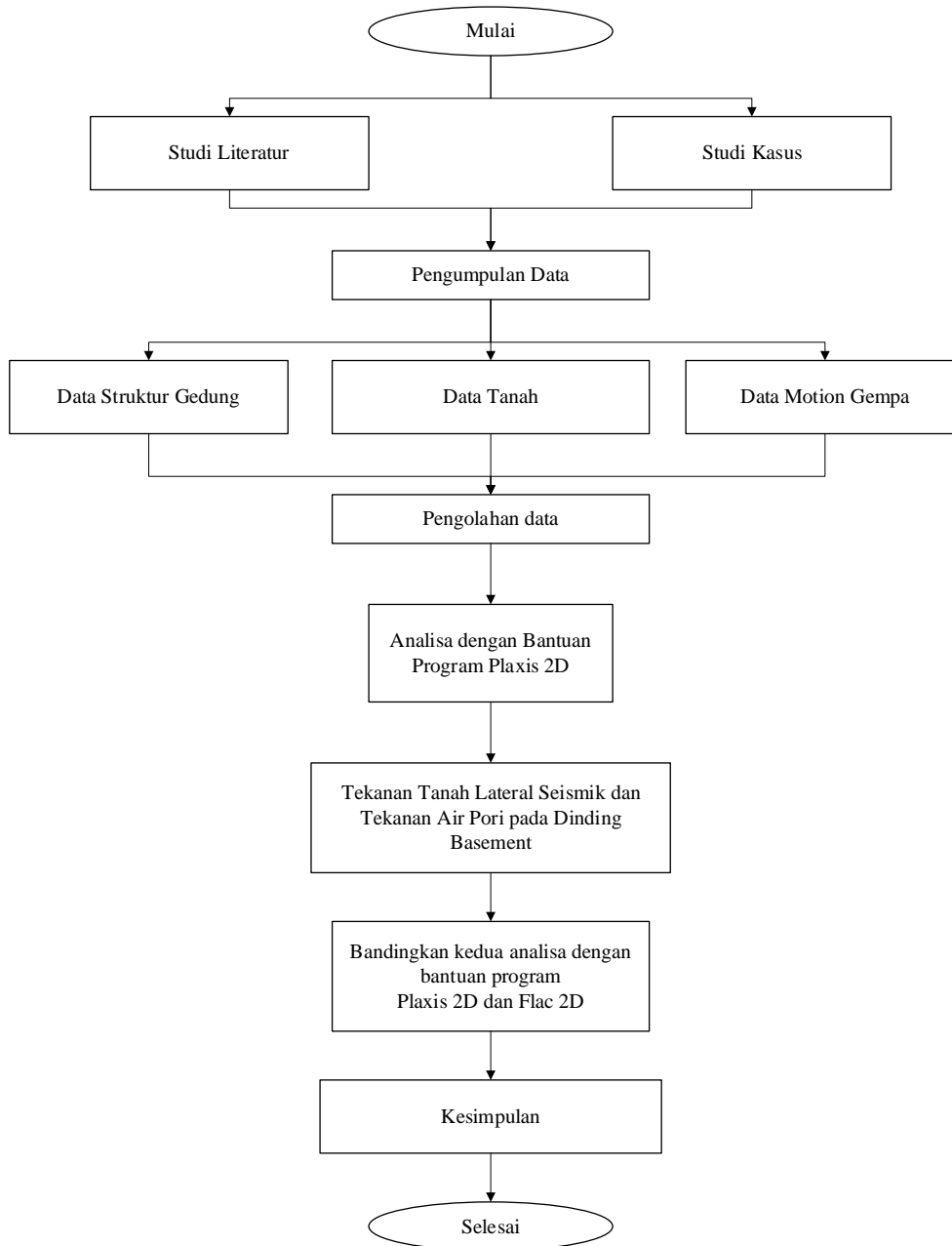
melakukan identifikasi tekanan lateral efektif dan komponen tanah dinamik berdasarkan letak kedalaman dari dinding basemen maka digunakanlah metode numerik dengan aplikasi berbasis 2D. Tingkat akurasi sangat dipengaruhi oleh besaran nilai PGA dan klasifikasi tanah. Perbedaan tingkat kedalaman tanah dan jenis tanah dengan jenis pondasi dan dinding basemen mempengaruhi efek dari SSI. Berdasarkan atas hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan pola distribusi tekanan tanah lateral yang terjadi pada dinding basement, pengaruh PGA, dan mengetahui gambaran mengenai pengaruh interaksi tanah terhadap besarnya tekanan lateral gempa yang bekerja dengan membatasi penelitian dengan jenis pondasi, jenis tanah, dan pemodelan struktur menggunakan aplikasi berbasis 2D.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode dalam penelitian Interaksi Tanah Struktur yang digunakan menggunakan Metode Numerik berbasis aplikasi. Beberapa tahapan mulai dari pencarian literatur hingga pengujian sampel tanah menggunakan aplikasi diharapkan dapat memenuhi persyaratan tertentu guna menjawab tujuan penelitian ini. Pemodelan dilakukan menggunakan aplikasi berbasis 2D dengan mengambil beberapa parameter variabel seperti kondisi tanah, beban gempa, kekakuan struktur bangunan, *peak ground acceleration*, kedalaman basement, dan letak kedalaman bartuan dasar.

Penelitian ini akan dilakukan menggunakan dua jenis metode numerik yaitu metode elemen hingga. Metode elemen hingga ini dilakukan menggunakan bantuan Program Plaxis 2D. Tahapan penelitian akan dijelaskan pada diagram alir pada Gambar 1.

Model dari material tanah yang digunakan pada studi ini adalah model mohr-coulomb untuk memodelkan karakteristik tanah. Parameter tanah yang akan dimodelkan ditunjukkan pada Tabel 1.



**Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian**

**Tabel 1. Parameter Tanah Mohr-Coulomb**

Lapisan	Kedalaman	Jenis Tanah	MAT (m)	Cu (kN/m <sup>2</sup> )	v'	Eu (kN/m <sup>2</sup> )	Γ (kN/m <sup>3</sup> )
1	0 – 9	Lempung Berlanau	2,6	33	0,4	8250	16,41
2	9 – 15	Lempung Berlanau	2,6	15	0,5	3750	14,52
3	15 - 24	Lanau Berpasir	2,6	15	0,5	3750	14,67

Sumber: Data Penyelidikan Tanah

Analisa respon dinamik pada dinding basement memerlukan data riwayat waktu percepatan gempa yang terekam dibatuan

dasar. Lokasi dari kedalaman batuan dasar menjadi faktor yang mempengaruhi besarnya nilai amplifikasi percepatan gempa dari batuan

dasar ke permukaan. Hasil analisa kegempaan yang akurat menghitung percepatan tanah sintetis pada batuan dasar dengan kondisi tektonik, respons spektra, dan analisa bahaya gempa. jenis subduksi dan kerak dangkal yang diskalakan pada percepatan 0,1 g, 0,33 g, dan 0,6 g yang dirambatkan dari batuan dasar hingga ke permukaan tanah yang diperoleh dari penelitian *Probabilistic Seismic Hazard*

*Analysis (PSHA)*. *Ground Motion* menggunakan data Kota Jakarta dengan mekanisme gempa *Shallow Crustal, Megathrust, dan Benioff*. Struktur yang diperhitungkan dalam analisa merupakan konstruksi dari pondasi, basement, dan bangunan atas. Secara umum konstruksi dimodelkan berupa Pelat Basement, dan Dinding Basement sebagai material elastik dengan karakteristik sebagai berikut:

**Tabel 2. Spesifikasi Basement**

Elemen	Lebar	Tinggi	E Material	V	p	I	A	EA	EI
	m	m	kN/m		kN/m <sup>3</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kNm <sup>2</sup> /m
K1	0.9	0.9	31528.6	0.2	24	0.05	0.81	2.55.E+07	1.72.E+06
B1	0.88	14	37007.8	0.2	24	201.23	12.32	4.56.E+08	7.45.E+09
Pelat Basement	1.2	1	26999.4	0.2	24	0.10	1.20	3.24.E+07	2.70.E+06

Sumber : Data Pemodelan Struktur Gedung Bertingkat

### Plaxis 2D

Tahap ini dilakukan analisis interaksi tanah-struktur untuk menentukan faktor amplifikasi respons permukaan akibat adanya basement dibandingkan dengan kondisi *free-field* dengan menggunakan Program Plaxis Dynamics. Tanah dimodelkan sebagai solid elemen dan struktur bangunan dimodelkan sebagai elemen balok dan kolom, batas kiri dan kanan dimodelkan sebagai *absorbent boundary*. Beban gempa berupa data gempa sintetis yang diberikan pada lapisan paling bawah. Beban gempa yang digunakan sebagai input motion berbentuk *time history displacement* mengingat Plaxis melakukan perhitungan berdasarkan pada konsep *load-displacement*.

Seluruh hitungan menggunakan program Plaxis akan menghasilkan output berupa *time history*. Jenis *time history* yang dipakai berupa analisa *time history acceleration* yang membangun respon

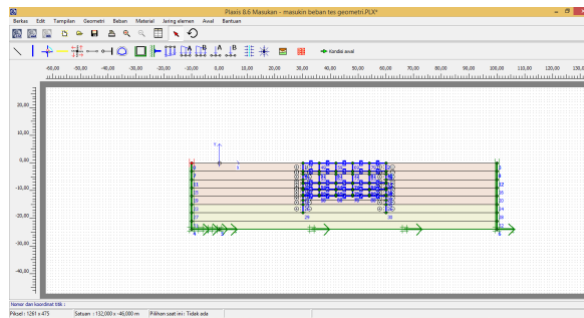
spektra dari *time history* menggunakan perangkat lunak seismosignal.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

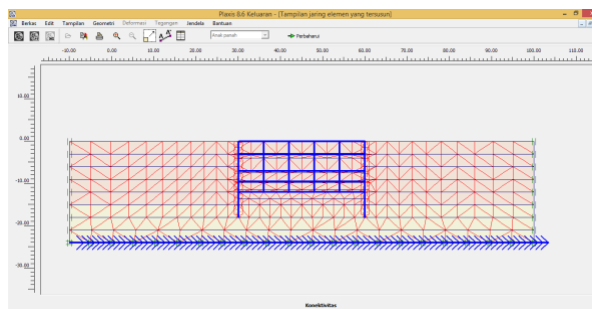
Berdasarkan hasil keluaran pada Plaxis 2D, maka diketahui kondisi tekanan tanah lateral efektif dan tekanan air pori terhadap variasi nilai PGA dan mekanisme gempa. Variabel yang akan ditinjau dalam analisa ini adalah kondisi tanah yang didasarkan pada kecepatan gelombang geser rata-rata, kandungan frekuensi dari input motion, percepatan gempa di batuan dasar (PBA), dan struktur bangunan yang berinteraksi dengan tanah. Maksud dan tujuan dari penelitian ini berhubungan dengan interaksi tanah dan struktur yang membandingkan respon spektra di permukaan tanah akibat adanya struktur bangunan terhadap keadaan sistem yang *free field*. Analisa dilakukan dengan menggunakan dua software yaitu Plaxis Dynamics konsep 2 Dimensi. Total analisa yang dilakukan adalah 9 analisis dengan 1 variabel basement sedalam 12 meter dengan dinding penahan tanah sedalam 18 meter, 1 variabel kondisi tanah

atau data tanah, 3 variabel input motion, dan 3 variabel percepatan gempa di batuan dasar. Interaksi tanah-struktur antara dinding dan pelat basement dengan tanah sekitarnya dimodelkan dengan model Mohr-Coulomb yang digabungkan. Seluruh parameter tanah dan elemen struktur didefinisikan maka akan dilakukan pemodelan geometri dan kondisi batas sehingga didapatkan pemodelan sebagai berikut. Adapun keluaran dari plaxis yang ditinjau adalah kurva percepatan fungsi waktu

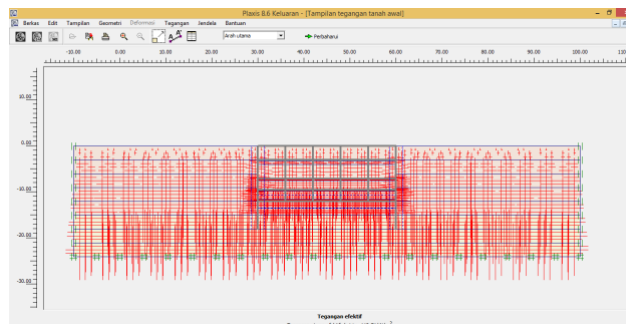
dan kurva tekanan lateral tanah fungsi waktu pada titik yang telah ditinjau. Kurva percepatan diambil dari beberapa titik permukaan guna menganalisa respons. Sedangkan kurva tekanan tanah lateral diambil dari beberapa titik di sepanjang *interface* antara dinding basement dan tanah. Berdasarkan hasil keluaran pada Plaxis 2D, maka diketahui kondisi tekanan tanah lateral efektif dan tekanan air pori terhadap variasi nilai PGA dan mekanisme gempa.



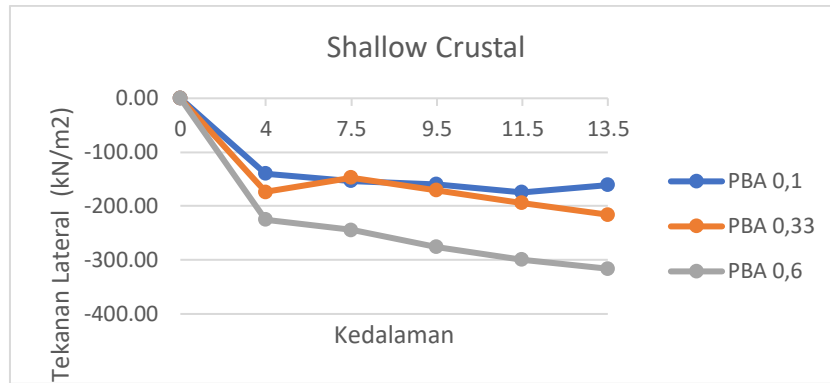
**Gambar 2. Model Elemen Hingga Program Plaxis 2D**



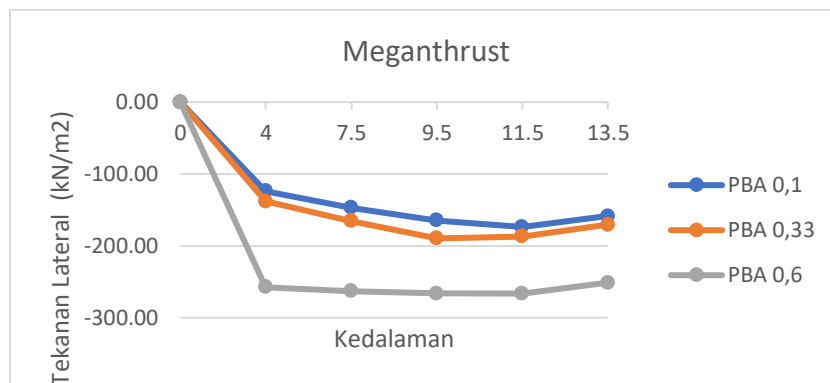
**Gambar 3. Mesh Elemen Hingga pada Program Plaxis 2D**



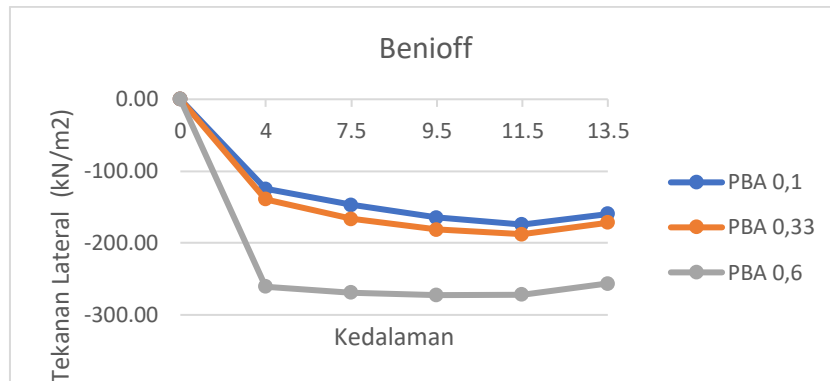
**Gambar 4. Tegangan Efektif pada Program Plaxis 2D**



**Gambar 5. Perbandingan Tekanan Tanah Lateral Efektif pada Dinding Basement Terhadap Variasi Nilai PGA (a) 0,1g, (b) 0,3g, dan (c) 0,6 pada *Shallow Crustal***



**Gambar 6. Perbandingan Tekanan Tanah Lateral Efektif pada Dinding Basement Terhadap Variasi Nilai PGA (a) 0,1g, (b) 0,3g, dan (c) 0,6 pada *Meganthrust***



**Gambar 7. Perbandingan Tekanan Tanah Lateral Efektif pada Dinding Basement Terhadap Variasi Nilai PGA (a) 0,1g, (b) 0,3g, dan (c) 0,6 pada *Benioff***

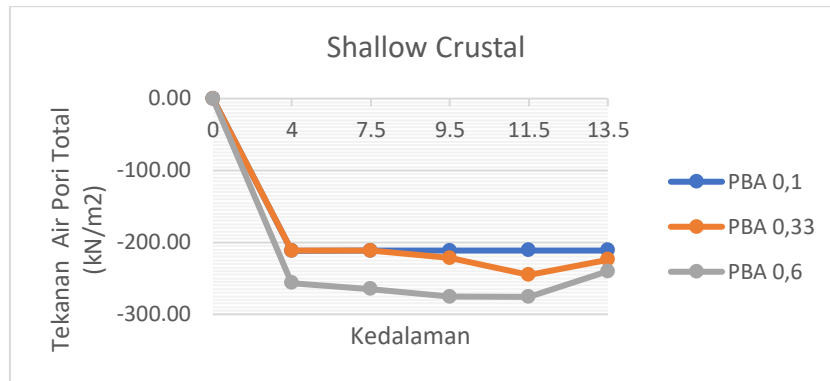
Berdasarkan hasil analisa dari tekanan tanah lateral efektif dan komponen tekanan tanah dinamik maka didapatkan nilai tekanan tanah lateral efektif yang ditampilkan merupakan nilai maksimum pada setiap studi parametrik. Jika dibandingkan anantara distribusi tekanan tanah lateral efektif dinamik dengan pertambahan kedalaman basemen

maka memiliki kecenderungan meningkat. Pada variasi nilai PGA maka perbandingan tekanan tanah lateral dinamik efektif menghasilkan pola distribusi resultan gaya lateral dinamik yang lebih besar dimana gaya akan berbanding lurus dengan nilai percepatan yang terjadi. Pada variasi mekanisme gempa dapat disimpulkan bahwa keseluruhan

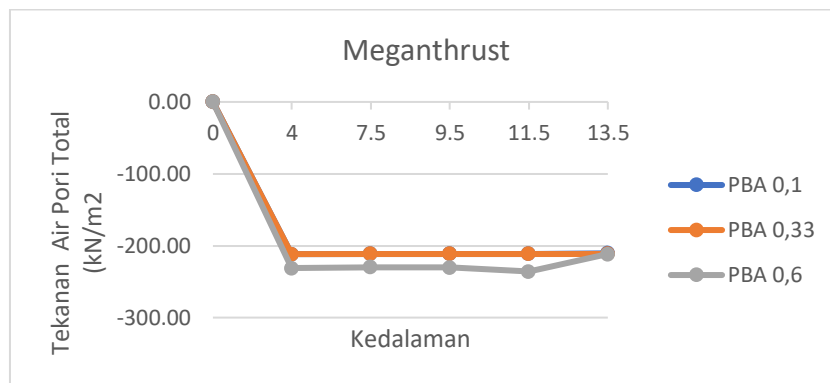
distribusi tekanan tanah lateral akan meningkat.

Tekanan tanah lateral bertambah seiring dengan besarnya nilai PGA dan sangat berpengaruh terhadap kondisi kelas situs

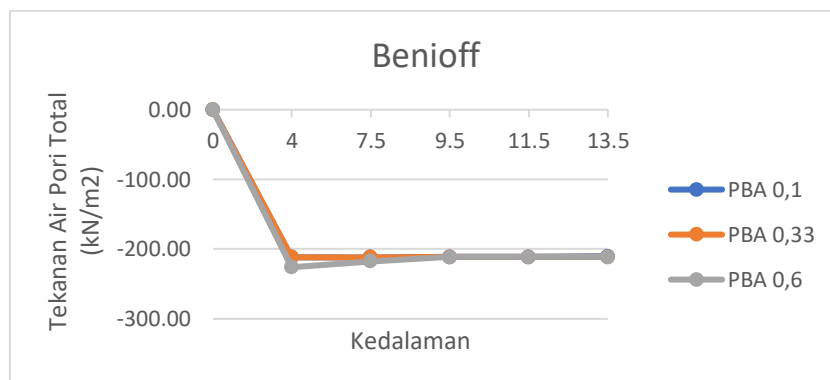
tanah. Mekanisme gempa turut menghasilkan tekanan tanah lateral seismik menjadi berbeda. Mekanisme gempa subduksi (*Megathrust* dan *Benioff*) menghasilkan tekanan tanah lateral seismik yang lebih besar dari *Shallow Crustal*.



**Gambar 8. Perbandingan Variasi Tekanan Air Pori pada Dinding Basement Terhadap Variasi Nilai PGA (a) 0,1g, (b) 0,3g, dan (c) 0,6 pada *Shallow Crustal***



**Gambar 9. Perbandingan Variasi Tekanan Air Pori pada Dinding Basement Terhadap Variasi Nilai PGA (a) 0,1g, (b) 0,3g, dan (c) 0,6 pada *Megathrust***



**Gambar 10. Perbandingan Variasi Tekanan Air Pori pada Dinding Basement Terhadap Variasi Nilai PGA (a) 0,1g, (b) 0,3g, dan (c) 0,6 pada *Benioff***

Berdasarkan pada hasil program Plaxis 2D, maka didapatkan bahwa perbedaan dari mekanisme keruntuhan gempa tidak cukup mempengaruhi tekanan air pori secara signifikan. Namun pada nilai tegangan efektif dapat terlihatnya perubahan nilai namun juga tidak cukup mempengaruhi dengan adanya variasi dari mekanisme keruntuhan gempa.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi percepatan horisontal maka tekanan tanah lateral seismik maksimumnya akan semakin besar. Hal tersebut berhubungan dengan perpindahan dinding secara translasi yang semakin besar pada percepatan horisontal yang semakin tinggi.
2. Pada perbedaan mekanisme gempa *shallow crustal*, *benioff*, dan *megathrust* tidak terlalu terlihat perbedaan yang signifikan. Ketiga jenis mekanisme gempa ini hanya memberikan perbedaan yang signifikan pada frekuensi dan durasi efektif. Respon tanah terhadap *motion gempa* dengan kandungan frekuensi dan durasi yang berbeda akan memberikan hasil yang berbeda meskipun memiliki amplitudo maksimum yang sama. Secara umum mekanisme gempa megathrust akan memberikan penambahan tegangan lateral efektif yang lebih besar daripada mekanisme gempa shallow crustal dengan nilai PGA yang sama.

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. 2002. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002). Jakarta:BSN.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 : 2012) Jakarta:BSN.

Delfebriyadi. Irsyam, M. Hutapea, B., et al (2017) *Zonasi Hazard Gempa Bumi Untuk Wilayah Jakarta*, Vol. 24 No 2, P.159 [Online version via <https://media.neliti.com>] [viewed on 11/03/2020].

Mikola, R.G., Candia, G., dan Sitar, N. 2014. Seismic Earth Pressure on Retaining Structures and Basement Walls. Tenth U.S. National Conference on Earthquake Engineering, 21 – 25 Juli 2014. Anchorage: Earthquake Engineering Research Institute.

Mikola, R., G. Candia, G. Sitar, N. (2016). *Seismic Earth Pressures on Retaining Structures and Basement Walls in Cohesionless Soils*, J. Geotech. Geoenviron. Eng., 04016047 [Online version via [ascelibrary.org](http://ascelibrary.org)] [viewed on 15/03/2020].

PLAXIS Materials Model Manual. 2017. Version 2017, Delft University of Technology, Netherlands. Engineering 1-4 November 2015, Christchurch, New Zealand.

Prameshwari, G.G. (2020). Studi Perilaku Interaksi Tanah-Struktur pada Dinding Basemen akibat Beban Gempa dengan Metode Beda Hingga, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.

Ramadhan, M. R., & Susila, E., (2018) *Analisis Pengaruh Interaksi Tanah-Struktur Tekanan Tanah Lateral Seismik Pada Dinding Basement*. Tesis Magister. Bandung: ITB [didownload dari: <https://digilib.itb.ac.id/index.php/collect ion/type/7/0>] [diakses 11/08/2019].

Sukertha, I. N., & Sengara, I. W., (2008) *Analisis Pengaruh Interaksi Tanah-Struktur Pondasi dan Basement Terhadap Faktor Amplifikasi Respon Spektra Permukaan*. Tesis Magister.



- Bandung: ITB [didownload dari: <https://digilib.itb.ac.id/index.php/collection/type/7/0>] [diakses 11/08/2019].
- Taib, M. T., & Hutapea B. M., (2006) *Studi Analisis Pengaruh Beban Seismik Terhadap Tekanan Tanah Lateral Pada Struktur Penahan Tanah Kaku Dengan Metode Elemen Hingga*. Tesis Magister. Bandung: ITB [didownload dari: <https://digilib.itb.ac.id/index.php/collection/type/7/0>] [diakses 11/08/2019].
- Tanjung C., & Toha, F. X., (2006) *Analisis Interaksi Tanah-Struktur Pondasi Tiang Gedung Ciputra World 1 Tower 4. Tugas Akhir Sarjana*. Bandung: ITB [didownload dari: <https://digilib.itb.ac.id/index.php/collection/type/7/0>] [diakses 11/08/2019].
- Toha, F. X. (2003). Interaksi Tanah-Tiang-Basement Akibat Beban Lateral Gempa, *Vol. 10 No 1 Januari 2003*. [Online version via Jurnal Teknik Sipil] [viewed on 12/01/2020].
- Silaban, E. C. and Sengara, I. W. (2018). Interaksi Tanah-Struktur Basement Wall dan Pondasi Tiang Akibat Pengaruh Tekanan Lateral Dinamis dengan Metode Elemen Hingga, [Online version via <https://digilib.itb.ac.id/index.php/gdl/view/27027>] [viewed on 12/01/2020].
- Sengara, I.W., 1996. Perkembangan dan Aplikasi Metode Elemen Hingga untuk Analisis dan Desain dalam Geoteknik. *Jurnal Teknik Sipil Vol.3 No.3*, ITB, Bandung.
- Sengara, I.W., Sumiartha, P. 2002. Analisis Interkasi Tanah-Struktur Dengan Metode Elemen Hingga Untuk Menentukan Distribusi Tekanan Lateral Dinamis pada Dinding Basemen. Perpustakaan ITB-Bandung.
- Wijayanto, N., & Sengara, I. W., (2007) *Analisis Pengaruh Interaksi Tanah-Struktur Basement Terhadap Distribusi Tekanan Tanah Lateral Dinamis Pada Dinding Basement dan Amplifikasi Motion Gempa Dipermukaan*. Tesis Magister. Bandung: ITB [didownload dari: <https://digilib.itb.ac.id/index.php/collection/type/7/0>] [diakses 11/08/2019].