

SKRIPSI

ANALISIS PENENTUAN TEKANAN TANAH LATERAL DINAMIK MENGGUNAKAN METODE PSEUDOSTATIK, METODE SEMI-EMPIRIS, DAN METODE ELEMEN HINGGA



**ALBERT DANIEL IRAWAN
NPM : 6101801206**

PEMBIMBING : Aswin Lim, Ph.D.

KO-PEMBIMBING : Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK/ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI
2022**

SKRIPSI

ANALISIS PENENTUAN TEKANAN TANAH LATERAL DINAMIK MENGGUNAKAN METODE PSEUDOSTATIK, METODE SEMI-EMPIRIS, DAN METODE ELEMEN HINGGA



ALBERT DANIEL IRAWAN
NPM : 6101801206

PEMBIMBING: Aswin Lim, Ph.D.

**KO-
PEMBIMBING:** Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T.

PENGUJI 1: Budijanto Widjaja, Ph.D.

PENGUJI 2: Siska Rustiani, Ir., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK/ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI
2022

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Albert Daniel Irawan.

NPM : 6101801206

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / ~~tesis / disertasi~~^{*)} dengan judul:

Analisis Penentuan Tekanan Tanah Lateral Dinamik Menggunakan Metode Pseudostatik, Metode Semi-Empiris,
Dan Metode Elemen Hingga

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 5 Januari 2022



ALBERT DANIEL IRAWAN
6101801206

*) coret yang tidak perlu

ANALISIS PENENTUAN TEKANAN TANAH LATERAL DINAMIK MENGGUNAKAN METODE PSEUDOSTATIK, METODE SEMI-EMPIRIS, DAN METODE ELEMEN HINGGA

Albert Daniel Irawan
NPM : 6101801206

Pembimbing : Aswin Lim, Ph.D.

Ko-Pembimbing : Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK/ISK/S/X/2021)

BANDUNG

JANUARI

2022

ABSTRAK

Terdapat berbagai penelitian dalam menentukan tekanan tanah lateral dinamik, koefisien tekanan tanah lateral dinamik, dan penambahan koefisien tekanan tanah lateral dinamik akibat gempa bumi yang bekerja pada dinding penahan tanah, yaitu teori Mononobe Okabe (1926 – 1929) yang berdasar pada metode pseudostatik serta teori Seed Whitman (1970), Wood (1973), Mylonakis (2007), serta hasil eksperimen *centrifuge* dan analisis metode beda hingga menggunakan program FLAC oleh Mikola dan Sitar (2013) yang berdasar pada metode semi-empiris. Namun, terdapat satu metode yang masih jarang digunakan, yaitu metode elemen hingga. Maka, dalam penelitian ini dilakukan studi analisis dengan metode elemen hingga menggunakan program PLAXIS 2D yang hasilnya kemudian ditampilkan bersama dengan metode pseudostatik dan metode semi-empiris. Studi dilakukan pada tanah pasir kering yang homogen isotropik dan pada dinding *basement* yang kaku dan fleksibel dengan variasi *ground motion* berdasarkan berbagai kejadian gempa bumi, yaitu Kobe TAK090-2, Kocaeli YPT330-2, Loma Prieta WVC 270-1, dan Kocaeli YPT330-3. Dari studi ini didapatkan bahwa analisis menggunakan metode elemen hingga menghasilkan nilai penambahan koefisien tekanan tanah lateral dinamik yang lebih besar dibandingkan dengan teori Mononobe Okabe (1926 – 1929), Seed Whitman (1970), hasil eksperimen *centrifuge* dan analisis metode beda hingga menggunakan program FLAC, tetapi lebih kecil dibandingkan dengan teori Wood (1973) dan teori Mylonakis (2007). Grafik tren batas atas, batas bawah, dan rata-rata juga didapatkan.

Kata kunci: penambahan koefisien tekanan tanah lateral dinamik, metode pseudostatik, metode semi-empiris, metode elemen hingga, tanah pasir, dinding *basement*, *ground motion*, PLAXIS 2D

DETERMINATION ANALYSIS FOR DYNAMIC LATERAL EARTH PRESSURE USING PSEUDOSTATIC METHOD, SEMI-EMPIRICAL METHOD, AND FINITE ELEMENT METHOD

Albert Daniel Irawan
NPM : 6101801206

Advisor : Aswin Lim, Ph.D.

Co-Advisor : Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING**

(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK/ISK/S/X/2021)

**BANDUNG
JANUARY
2022**

ABSTRACT

There are various research projects in determining dynamic lateral earth pressure, dynamic lateral earth pressure coefficient, and dynamic lateral earth pressure coefficient increment resulted by earthquake on retaining walls, i.e., Mononobe Okabe (1926 – 1929) which is based on pseudostatic method also Seed Whitman (1970), Wood (1973), Mylonakis (2007), along with centrifuge experiment result and analysis based on finite different method using FLAC program by Mikola and Sitar (2013) which are based on semi-empirical method. However, there is one method which is still rarely used, i.e., finite element method. So therefore, this study will conduct analysis study based on finite element method using PLAXIS 2D program, then the result will be compared with analytics method. This study is carried out on homogeneous and isotropic sandy soil along with stiff and flexible basement walls with variation on ground motion based on various earthquake histories, i.e., Kobe TAK090-2, Kocaeli YPT330-2, Loma Prieta WVC270-1, and Kocaeli YPT330-3. The result of this study is that the finite element method produces considerably higher of dynamic lateral earth pressure coefficient increment than Mononobe Okabe (1926 – 1929), Seed Whitman (1970), centrifuge experiment result and analysis based on finite different method using FLAC program by Mikola and Sitar (2013), but lower result than Wood (1973) and Mylonakis (2007). Upper bound, lower bound, and mean trend graph are also obtained from this study.

Keywords: dynamic lateral earth pressure coefficient increment, analytics method, finite element method, sandy soil, basement walls, ground motion, PLAXIS 2D

PRAKATA

Dengan memanjatkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ANALISIS PENENTUAN TEKANAN TANAH LATERAL DINAMIK MENGGUNAKAN METODE PSEUDOSTATIK, METODE SEMI-EMPIRIS, DAN METODE ELEMEN HINGGA dengan tanpa kekurangan dan tepat pada waktunya, sebagai salah satu syarat akademik wajib untuk menyelesaikan studi tingkat S-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Penulis menyadari bahwa terdapat berbagai hambatan dalam penyelesaian skripsi ini, namun penulis mendapatkan dukungan, bantuan, bimbingan, semangat, kritik, masukan, dan nasehat dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terimakasih setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Aswin Lim, Ph.D. selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T. selaku dosen ko-pembimbing atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D., Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D., Bapak Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S., Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T., Bapak Kevin Martandi Setianto, S.T., M.T., Bapak Martin Wijaya, Ph.D., Bapak Aflizal Arafianto, S.T., M.T., Bapak Stefanus Alvi Diaz, S.T., M.T., Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., Bapak Eric Ng Yin Kuan, Ir., M.T., Bapak Soerjadedi Sastraastmadja, Ir., Bapak Andra Andriana, S.T., dan Bapak Yudi selaku para dosen Pusat Studi Geoteknik Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Katolik Parahyangan.

4. Seluruh dosen dan asisten dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Katolik Parahyangan.
5. Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dan semangat sejak pertama penulis melakukan pembelajaran di Universitas Katolik Parahyangan.
6. Tim lomba PACIVIC PIEZOCONE, beranggotakan Yoshua Thendar dan Hans Tjahjadi yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi sekaligus mengikuti lomba yang berbuah manis bagi perjuangan kami selama perkuliahan.
7. Yoshua Thendar, Stefanus Vincent, Emmanuel Kelvin, Rivandi Octavianus, Phillips Henzi, Michael Tiojordy, dan Arif Yunando sebagai rekan-rekan seperjuangan satu bimbingan skripsi Bapak Aswin Lim, Ph.D.
8. Seluruh rekan-rekan dari Angkatan 2018, kakak tingkat, dan adik tingkat yang telah membantu penulis selama pembelajaran di Universitas Katolik Parahyangan.
9. Seluruh civitas akademika Universitas Katolik Parahyangan, terkhusus Program Studi Teknik Sipil.
10. Semua pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu per satu, yang telah memberikan semangat dan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisan skripsi ini, maka dari itu segala kritik dan saran yang membangun akan sangat diterima demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca dan memanfaatkannya.

Bandung, 5 Desember 2021



Albert Daniel Irawan

6101801206

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Masalah	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian	1-2
1.4 Lingkup Penelitian	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-3
1.7 Diagram Alir	1-4
2 BAB 2	2-1
2.1 Dinding Penahan Tanah	2-1
2.1.1 Pengertian Dinding Penahan Tanah	2-1
2.1.2 Jenis-Jenis Dinding Penahan Tanah	2-1
2.1.3 Kegunaan Dinding Penahan Tanah	2-8
2.2 Tekanan Tanah Lateral	2-8
2.2.1 Tekanan Tanah Lateral <i>At Rest</i>	2-10
2.2.2 Tekanan Tanah Lateral Aktif	2-11

2.2.3	Tekanan Tanah Lateral Pasif.....	2-13
2.3	Tekanan Tanah Lateral Dinamik.....	2-15
2.3.1	Metode Pseudostatik	2-16
2.3.2	Metode Semi-Empiris	2-19
2.4	Gempa Bumi.....	2-24
2.4.1	Gelombang Gempa Bumi.....	2-25
2.4.2	Percepatan Tanah Maksimum (Peak Ground Acceleration).....	2-26
2.5	Teori Metode Elemen Hingga	2-26
2.6	Program Metode Elemen Hingga PLAXIS 2D	2-27
2.6.1	Model Konstitutif <i>Hardening Soil</i>	2-28
2.6.2	Model Konstitutif <i>Hardening Soil Small-Strain (HS Small Model)</i>	2-29
3	BAB 3	3-1
3.1	Penentuan <i>Ground Motion</i> Gempa Bumi.....	3-1
3.2	Penentuan Klasifikasi dan Parameter Tanah.....	3-3
3.2.1	Klasifikasi Tanah	3-3
3.2.2	Berat Isi Tanah (γ)	3-3
3.2.3	Modulus Elastisitas Tanah (E)	3-3
3.2.4	Sudut Geser Dalam Tanah (ϕ).....	3-4
3.2.5	Angka Poisson (ν)	3-4
3.3	Penggunaan Persamaan dalam Metode Pseudostatik dan Metode Semi-empiris.....	3-5
3.3.1	Teori Mononobe Okabe (1926 – 1929).....	3-5
3.3.2	Teori Seed Whitman (1970).....	3-5
3.3.3	Teori Wood (1973).....	3-6
3.3.4	Teori Mylonakis (2007)	3-6

3.4	Analisis Menggunakan Program PLAXIS 2D	3-7
3.4.1	Pemodelan <i>Soil Column</i> untuk <i>Free Field Motion</i>	3-7
3.4.2	Pemodelan Dinding Basement pada PLAXIS 2D.....	3-19
3.5	Membuat Grafik Penambahan Koefisien Tekanan Tanah Lateral Aktif Dinamik Antara Metode Pseudostatik, Metode Semi-empiris, dan Metode Elemen Hingga	3-22
4	BAB 4	4-1
4.1	Data Tanah untuk Pemodelan.....	4-1
4.2	Data Struktur <i>Basement</i> untuk Pemodelan	4-2
4.3	Bentuk Model	4-3
4.4	Percepatan Horizontal Gempa Bumi	4-3
4.4.1	Gempa Bumi Kobe TAK090-2	4-4
4.4.2	Gempa Bumi Kocaeli YPT330-2	4-4
4.4.3	Gempa Bumi Loma Prieta WVC270-1	4-5
4.4.4	Gempa Bumi Kocaeli YPT330-3	4-6
4.5	Penambahan Koefisien Tekanan Tanah Lateral Dinamik Akibat Gempa Bumi berdasarkan Metode Pseudostatik dan Metode Semi-empiris.....	4-6
4.6	Tekanan Tanah Lateral Statik dan Dinamik yang Dinormalisasi (<i>Normalized Earth Pressure</i>) berdasarkan Metode Elemen Hingga.....	4-7
4.6.1	Gempa Bumi Kobe TAK090-2	4-7
4.6.2	Gempa Bumi Kocaeli YPT330-2	4-9
4.6.3	Gempa Bumi Loma Prieta WVC270-1	4-10
4.6.4	Gempa Bumi Kocaeli YPT330-3	4-12
4.7	Perbandingan Koefisien Tekanan Tanah Lateral Dinamik antara Metode Pseudostatik, Metode Semi-empiris, dan Metode Elemen Hingga	4-13
4.8	Grafik Tren Penambahan Koefisien Tekanan Tanah Lateral Dinamik Akibat Gempa Bumi.....	4-14

5	BAB 5	5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran.....	5-2
0	DAFTAR PUSTAKA.....	xviii
	LAMPIRAN.....	1



DAFTAR NOTASI

c'_{ref}	: Kohesi tanah efektif (kPa)
E	: Modulus elastisitas tanah (kPa)
E'	: Modulus elastisitas tanah efektif (kPa)
EA	: <i>Normal stiffness</i>
EI	: <i>Flexural rigidity</i>
E_{50}^{ref}	: Modulus <i>secant</i> dari Uji <i>Triaxial Drained</i> (kPa)
E_{oed}^{ref}	: Modulus <i>tangent</i> dari Uji <i>Oedometer</i> (kPa)
E_{ur}^{ref}	: Modulus <i>unloading</i> dan <i>reloading</i> (kPa)
G_0^{ref}	: Modulus geser saat regangan sangat kecil (kPa)
K_a	: Koefisien tekanan tanah lateral aktif statik
K_{ae}	: Koefisien tekanan tanah lateral aktif dinamik akibat gempa bumi
K_0^{NC}	: Koefisien tekanan tanah lateral <i>at rest</i> saat <i>normally consolidated</i>
m	: Kekuatan eksponensial
P_a	: Tekanan tanah lateral aktif statik
P_{ae}	: Tekanan tanah lateral aktif dinamik akibat gempa bumi
PGA	: <i>Peak Ground Acceleration</i>
PGA_{br}	: <i>Peak Ground Acceleration Bed Rock</i>
PGA_{ff}	: <i>Peak Ground Acceleration Free Field</i>
ΔK_{ae}	: Penambahan koefisien tekanan tanah lateral aktif dinamik akibat gempa bumi
ΔP_{ae}	: Penambahan tekanan tanah lateral aktif dinamik akibat gempa bumi

- γ : Berat isi tanah (kPa)
- γ_{sat} : Berat isi tanah jenuh air (kPa)
- γ_{unsat} : Berat isi tanah tidak jenuh air (kPa)
- $\gamma_{0.7}$: Regangan geser saat $G_s = 0,722 G_0$
- ϕ' : Sudut geser dalam tanah efektif ($^\circ$)
- ν' : Angka Poisson efektif tanah



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian.....	1-5
Gambar 2.1 Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (Gravity Retaining Wall) (Das, 2016)	2-2
Gambar 2.2 Dinding Penahan Tanah Tipe Semi Gravitasi (Semi Gravity Retaining Wall) (Das, 2016).....	2-2
Gambar 2.3 Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever (Cantilever Retaining Wall) (Das, 2016).....	2-3
Gambar 2.4 Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dengan Rusuk (Counterfort Retaining Wall) (Das, 2016)	2-4
Gambar 2.5 Tampak Depan Pemasangan Soldier Pile (Ou, 2006)	2-4
Gambar 2.6 Tampak Depan Pemasangan Turap (Sheet Pile) (Ou, 2006).....	2-5
Gambar 2.7 Ilustrasi Pemasangan Column Pile (Ou, 2006).....	2-6
Gambar 2.8 Tahapan-Tahapan Konstruksi Dinding Diafragma : (a) Proses Galian, (b) Proses Pemasangan Steel Pipe untuk Sambungan, (c) Proses Pemasangan Tulangan Baja, (d) Proses Pengecoran (Ou, 2006, digambar ulang dari Xanthakos, 1994)	2-7
Gambar 2.9 Berbagai Kegunaan Dinding Penahan Tanah (Tanjung, 2016).....	2-8
Gambar 2.10 Pergerakan Relatif (Rotasi) pada Dinding Penahan Tanah (Budhu, 2000)	2-9
Gambar 2.11 Lingkaran Mohr pada Kondisi At Rest, Aktif, dan Pasif (Budhu, 2000)	2-9
Gambar 2.12 Tekanan Tanah Lateral At Rest (Das, 2016)	2-10
Gambar 2.13 Tekanan Tanah Lateral Aktif (Das, 2016).....	2-11
Gambar 2.14 Ilustrasi Tekanan Tanah Aktif Rankine (Das,2016).....	2-12
Gambar 2.15 Ilustrasi Tekanan Tanah Lateral Aktif Coulomb (Das, 2016)	2-13
Gambar 2.16 Tekanan Tanah Lateral Pasif (Das, 2016)	2-13
Gambar 2.17 Ilustrasi Tekanan Tanah Pasif menurut Teori Rankine (Das, 2016)	2-14
Gambar 2.18 Ilustrasi Tekanan Tanah Pasif Coulomb (Das, 2016).....	2-15

Gambar 2.19 Ilustrasi Konfigurasi Shaking Table oleh Mononobe & Matsuo (1929).....	2-17
Gambar 2.20 Tekanan Tanah Lateral Aktif Dinamik menurut Teori Mononobe Okabe (1926 – 1929) (Mikola, 2013)	2-18
Gambar 2.21 Baji Kegagalan Tak Terhingga.....	2-19
Gambar 2.22 Tekanan Tanah Lateral Aktif Dinamik Total (Seed & Whitman, 1970)	2-20
Gambar 2.23 Tekanan Tanah Lateral Aktif Dinamik menurut Teori Seed Whitman (1970) (Mikola, 2013).....	2-21
Gambar 2.24 Ilustrasi Dinding Kaku (Wood, 1973)	2-21
Gambar 2.25 Tekanan Tanah Lateral Aktif Dinamik menurut Teori Wood (1973) (Mikola, 2013)	2-22
Gambar 2.26 Perbandingan Tekanan Tanah Lateral Aktif Dinamik menurut Teori Mononobe Okabe dan Teori Mylonakis (Mylonakis, 2007).....	2-23
Gambar 2.27 Gelombang Badan (SMS Tsunami Warning).....	2-25
Gambar 2.28 Gelombang Permukaan (SMS Tsunami Warning).....	2-26
Gambar 2.29 Grafik Kekakuan Tanah Berdasarkan Drained Triaxial Test (Manual Material Model PLAXIS 2D, 2016).....	2-29
Gambar 2.30 Grafik Kekakuan Tanah Berdasarkan Oedometer Test (Manual Material Model PLAXIS 2D, 2016).....	2-29
Gambar 3.1 Ground Motion Kobe-TAK090-2 (Mikola & Sitar, 2013).....	3-1
Gambar 3.2 Ground Motion Kocaeli-YPT330-2 (Mikola & Sitar, 2013).....	3-1
Gambar 3.3 Ground Motion Loma Prieta-WVC270-1 (Mikola & Sitar, 2013).	3-2
Gambar 3.4 Ground Motion Kocaeli-YPT330-3 (Mikola & Sitar, 2013).....	3-2
Gambar 3.5 Plotting Ground Motion Kobe TAK090-2	3-2
Gambar 3.6 Ilustrasi Model Plane Strain (Brinkgreve, 2019).....	3-7
Gambar 3.7 Memilih Tab Create Borehole pada PLAXIS 2D.....	3-8
Gambar 3.8 Membuat Titik Borehole pada PLAXIS 2D	3-8
Gambar 3.9 Memasukkan Material Tanah pada PLAXIS 2D.....	3-9
Gambar 3.10 Material Sets pada PLAXIS 2D.....	3-9
Gambar 3.11 Memasukkan Parameter Tanah pada PLAXIS 2D	3-10
Gambar 3.12 Menambahkan Lapisan Baru Tanah pada PLAXIS 2D.....	3-10

Gambar 3.13 Memilih Jenis Material Tanah serta Elevasi Atas dan Bawah Tanah pada PLAXIS 2D	3-11
Gambar 3.14 Memilih Line Displacement untuk Ground Motion Gempa Bumi pada PLAXIS 2D	3-11
Gambar 3.15 Menambahkan Line Displacement pada PLAXIS 2D.....	3-12
Gambar 3.16 Mengatur Line Displacement pada PLAXIS 2D	3-12
Gambar 3.17 Memasukkan Ground Motion Gempa Bumi pada PLAXIS 2D.	3-13
Gambar 3.18 Diskretisasi Sistem atau Meshing pada PLAXIS 2D	3-14
Gambar 3.19 Hasil Diskretisasi Sistem pada PLAXIS 2D.....	3-14
Gambar 3.20 Tahap Initial Phase pada PLAXIS 2D	3-15
Gambar 3.21 Memilih Titik Analisis Melalui Points of Curve pada PLAXIS 2D	3-15
Gambar 3.22 Koordinat Titik Bed Rock dan Free Field pada PLAXIS 2D.....	3-16
Gambar 3.23 Tahap Dinamik pada PLAXIS 2D.....	3-16
Gambar 3.24 Mengatur Waktu Dinamik pada PLAXIS 2D.....	3-17
Gambar 3.25 Mengatur Jumlah Steps dan Sub Steps Perhitungan pada PLAXIS 2D.....	3-17
Gambar 3.26 Mengeluarkan Hasil Analisis Perhitungan pada PLAXIS 2D....	3-18
Gambar 3.27 Membuat Grafik Output pada PLAXIS 2D (1)	3-18
Gambar 3.28 Membuat Grafik Output pada PLAXIS 2D (2)	3-19
Gambar 3.29 Grafik Output Free Field Motion pada PLAXIS 2D	3-19
Gambar 3.30 Pemodelan Dinding Basement pada PLAXIS 2D	3-20
Gambar 3.31 Membuat Dinding dengan Elemen Struktur Plates pada PLAXIS 2D	3-20
Gambar 3.32 Membuat Interfaces pada PLAXIS 2D.....	3-21
Gambar 3.33 Pemasukkan Parameter Dinding pada PLAXIS 2D	3-21
Gambar 4.1 Bentuk Model	4-3
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Percepatan Horizontal pada Batuan Dasar (Bed Rock) dan Permukaan Tanah (Free Field) pada Kejadian Gempa Bumi Kobe TAK090-2	4-4

Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Percepatan Horizontal pada Batuan Dasar (Bed Rock) dan Permukaan Tanah (Free Field) pada Kejadian Gempa Bumi Kocaeli YPT330-2.....	4-5
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Percepatan Horizontal pada Batuan Dasar (Bed Rock) dan Permukaan Tanah (Free Field) pada Kejadian Gempa Bumi Loma Prieta WVC270-1	4-5
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Percepatan Horizontal pada Batuan Dasar (Bed Rock) dan Permukaan Tanah (Free Field) pada Kejadian Gempa Bumi Loma Prieta WVC270-1	4-6
Gambar 4.6 Grafik Penambahan Koefisien Tekanan Tanah Lateral Aktif Dinamik Akibat Gempa Bumi berdasarkan Metode Pseudostatik dan Semi-empiris	4-7
Gambar 4.7 Grafik Tekanan Tanah Lateral yang Dinormalisasi pada Dinding Basement Kaku pada Kejadian Gempa Bumi Kobe TAK090-2.....	4-8
Gambar 4.8 Grafik Tekanan Tanah Lateral yang Dinormalisasi pada Dinding Basement Fleksibel pada Kejadian Gempa Bumi Kobe TAK090-2.....	4-8
Gambar 4.9 Grafik Tekanan Tanah Lateral yang Dinormalisasi pada Dinding Basement Kaku pada Kejadian Gempa Bumi Kocaeli YPT330-2.....	4-9
Gambar 4.10 Grafik Tekanan Tanah Lateral yang Dinormalisasi pada Dinding Basement Fleksibel pada Kejadian Gempa Bumi Kocaeli YPT330-2.....	4-10
Gambar 4.11 Grafik Tekanan Tanah Lateral yang Dinormalisasi pada Dinding Basement Kaku pada Kejadian Gempa Bumi Loma Prieta WVC270-1.....	4-11
Gambar 4.12 Grafik Tekanan Tanah Lateral yang Dinormalisasi pada Dinding Basement Fleksibel pada Kejadian Gempa Bumi Loma Prieta WVC270-1.....	4-11
Gambar 4.13 Grafik Tekanan Tanah Lateral yang Dinormalisasi pada Dinding Basement Kaku pada Kejadian Gempa Bumi Kocaeli YPT330-3.....	4-12
Gambar 4.14 Grafik Tekanan Tanah Lateral yang Dinormalisasi pada Dinding Basement Fleksibel pada Kejadian Gempa Bumi Kocaeli YPT330-3.....	4-13
Gambar 4.15 Grafik Penambahan Koefisien Tekanan Tanah Lateral Dinamik antara Metode Pseudostatik, Metode Semi-empiris, dan Metode Elemen Hingga	4-14
Gambar 4.16 Grafik Tren Batas Atas (Upper Bound), Batas Bawah (Lower Bound), Dan Rata-Rata (Mean)	4-15

Gambar 4.17 Grafik Penambahan Tekanan Tanah Lateral Dinamik Akibat Gempa Bumi Menggunakan Metode Pseudostatik, Metode Semi-Empiris, dan Metode Elemen Hingga Beserta Grafik Tren Batas Atas (Upper Bound), Batas Bawah (Lower Bound), Dan Rata-Rata (Mean).....4-16



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rentang Nilai Modulus Elastisitas Tanah (Look, 2007).....	3-3
Tabel 3.2 Rentang Nilai Sudut Geser Dalam Tanah (Bowles, 1989).....	3-4
Tabel 3.3 Rentang Nilai Angka Poisson (Das, 1995).....	3-4
Tabel 4.1 Parameter Tanah Pasir Model Hardening Soil with Small Strain.....	4-1
Tabel 4.2 Parameter Struktur Basement Kaku	4-2
Tabel 4.3 Parameter Struktur Basement Fleksibel	4-2



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Hasil Analisis Perhitungan Penambahan Koefisien Tekanan Tanah Lateral Aktif Dinamik Akibat Gempa Bumi (Δk_{ae}) Menurut Teori Mononobe Okabe (1926 – 1929)	L1-1
LAMPIRAN 2	Hasil Analisis Perhitungan Penambahan Koefisien Tekanan Tanah Lateral Aktif Dinamik Akibat Gempa Bumi (Δk_{ae}) Menurut Teori Seed Whitman (1970)	L2-1
LAMPIRAN 3	Hasil Analisis Perhitungan Penambahan Koefisien Tekanan Tanah Lateral Aktif Dinamik Akibat Gempa Bumi (Δk_{ae}) Menurut Teori Wood (1973)	L3-1
LAMPIRAN 4	Hasil Analisis Perhitungan Penambahan Koefisien Tekanan Tanah Lateral Aktif Dinamik Akibat Gempa Bumi (Δk_{ae}) Menurut Teori Mylonakis (2007)	L4-1
LAMPIRAN 5	Hasil Analisis Perhitungan Tekanan Tanah Lateral Dinamik Akibat Gempa Bumi Pada Kejadian Gempa Bumi Kobe TAK090-2 .	L5-1
LAMPIRAN 6	Hasil Analisis Perhitungan Tekanan Tanah Lateral Dinamik Akibat Gempa Bumi Pada Kejadian Gempa Bumi Kocaeli YPT330-2	L6-1
LAMPIRAN 7	Hasil Analisis Perhitungan Tekanan Tanah Lateral Dinamik Akibat Gempa Bumi Pada Kejadian Gempa Bumi Loma Prieta WVC270-1	L7-1
LAMPIRAN 8	Hasil Analisis Perhitungan Tekanan Tanah Lateral Dinamik Akibat Gempa Bumi Pada Kejadian Gempa Bumi Kocaeli YPT330-3	L8-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dinding penahan tanah merupakan suatu konstruksi sipil hasil rancangan manusia yang memiliki fungsi sebagai penahan tekanan aktif lateral tanah yang terjadi akibat perbedaan elevasi permukaan tanah dan beban luar. Penentuan tekanan lateral yang bekerja pada dinding penahan tanah penting dilakukan untuk mendesain sebuah dinding penahan tanah yang aman terhadap potensi kegagalan.

Tekanan lateral tanah dapat ditinjau dari dua kondisi, yaitu kondisi statik (*static condition*) dan kondisi seismik (*seismic condition*). Pada desain dinding penahan tanah, analisis dalam kondisi statik sangat lazim dilakukan. Di sisi lain, analisis dalam kondisi seismik tidak kalah pentingnya untuk dilakukan mengingat setiap daerah berpotensi untuk mengalami gempa bumi. Salah satu metode tertua untuk menentukan tekanan lateral tanah seismik adalah dengan metode pseudostatik, yaitu dengan mengganti gaya dinamik gempa bumi dengan gaya statik melalui gaya inersia (Mononobe & Okabe, 1929). Selain itu, tekanan lateral tanah seismik juga dapat dikalkulasi berupa total antara tekanan lateral tanah statik dengan penambahan komponen tekanan lateral tanah seismik untuk kemudahan pengaplikasian di lapangan (Seed & Whitman, 1970). Selanjutnya, terdapat metode yang memodifikasi metode Mononobe-Okabe melalui persamaan matematis yang disempurnakan (Mylonakis, *et. al.*, 2007). Terbaru, tekanan lateral tanah seismik dapat dihitung secara numerik dengan bantuan program FLAC dengan metode beda hingga (*Finite Difference*) (Geraili & Sitar, 2013).

Metode pseudostatik seperti teori Mononobe-Okabe lazim dilakukan dalam menghitung tekanan lateral tanah seismik. Tetapi, metode pseudostatik memiliki kelemahan, yaitu ketidakcocokan persamaan-persamaan matematis untuk semua kondisi percepatan gempa (Davies, *et. al.*, 1986). Terdapat metode numerik yang saat ini lazim digunakan dalam desain geoteknik namun masih jarang digunakan dalam menghitung tekanan lateral seismik, yaitu metode elemen hingga (*Finite Element Method*). Oleh karena itu, penulis skripsi ini

memilih analisis menggunakan metode elemen hingga untuk menganalisis tekanan lateral tanah seismik akibat gempa bumi.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dalam penelitian ini adalah masih jaranginya penggunaan metode elemen hingga dalam menentukan tekanan lateral aktif seismik yang bekerja pada dinding penahan tanah. Sehingga perlu dilakukan analisis dengan metode elemen hingga untuk menentukan tekanan lateral aktif seismik yang bekerja pada dinding penahan tanah.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan analisis menggunakan metode pseudostatik dan metode semi-empiris dalam menentukan penambahan tekanan tanah lateral aktif dinamik akibat gempa bumi yang bekerja pada dinding penahan tanah berdasarkan metode pseudostatik menurut teori Mononobe-Okabe, teori Seed-Whitman, teori Wood, teori Mylonakis, dan teori Geraili-Sitar.
2. Melakukan analisis menggunakan metode elemen hingga dalam menentukan penambahan tekanan tanah lateral aktif dinamik akibat gempa bumi yang bekerja pada dinding penahan tanah menggunakan program PLAXIS 2D.
3. Mengkaji perbandingan antara analisis menggunakan metode pseudostatik, metode semi-empiris dan metode elemen hingga dalam menentukan penambahan tekanan tanah lateral aktif dinamik akibat gempa bumi yang bekerja pada dinding penahan tanah.
4. Membuat grafik antara penambahan tekanan tanah lateral aktif dinamik akibat gempa bumi dan percepatan puncak horizontal di permukaan tanah (PGA_{ff}) serta persamaan empiris dari hasil analisis metode elemen hingga dengan program PLAXIS 2D.

1.4 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Jenis dinding penahan tanah adalah *non-displacing cantilever basement wall*.
2. Pemodelan dilakukan pada tanah pasir kering homogen dan isotropik.
3. Parameter tanah mengacu pada beberapa parameter yang terpublikasi.
4. Variasi kejadian gempa bumi dan percepatan dasar horizontal gempa bumi (a_h).
5. Data *ground motion* gempa bumi diambil dari data terpublikasi.
6. Metode pseudostatik dan metode semi-empiris dilakukan menggunakan program Microsoft Excel dan metode elemen hingga dilakukan menggunakan program PLAXIS 2D.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur
Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan informasi melalui jurnal, makalah, buku teks, dan tesis yang relevan untuk memahami konsep teori dasar yang berkaitan dengan topik penelitian ini.
2. Pengumpulan Data
Data percepatan horizontal gempa (a_h) dari penelitian-penelitian terdahulu maupun peta zonasi gempa di Indonesia (SNI 1726 tahun 2019).
3. Pengolahan dan Analisis Data
Pengolahan dan analisis data menggunakan program Microsoft Excel untuk metode pseudostatik dan metode semi-empiris dan program PLAXIS 2D untuk metode elemen hingga.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penelitian ini dibagi dalam 5 bab, yaitu :

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas mengenai latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penelitian, ruang lingkup, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.

2. BAB 2 STUDI PUSTAKA

Bab ini akan membahas mengenai konsep teori-teori dasar yang digunakan untuk menjadi pedoman dalam mendukung penelitian ini.

3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas mengenai metodologi penelitian yang digunakan dalam menentukan tekanan aktif lateral seismik, baik metode pseudostatik, metode semi-empiris maupun metode elemen hingga.

4. BAB 4 DATA DAN ANALISIS DATA

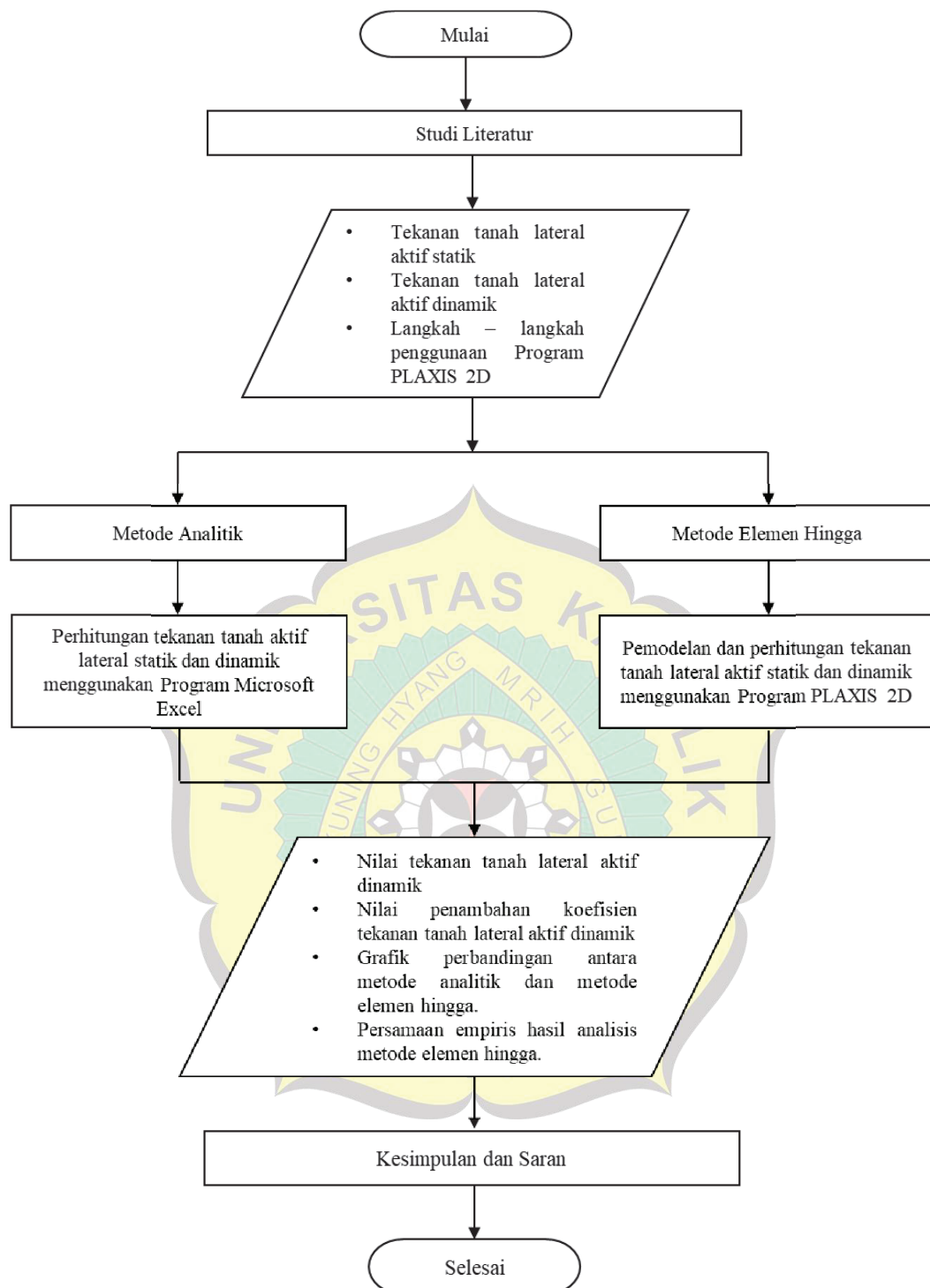
Bab ini akan membahas mengenai hasil pengolahan data dan analisis pengolahan data dari hasil penggunaan program Microsoft Excel dan PLAXIS 2D.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan membahas mengenai kesimpulan hasil analisis pengolahan data yang telah dilakukan serta saran-saran yang dapat dilakukan pada penelitian berikutnya.

1.7 Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian