

**STUDI ANALISIS DESAIN PONDASI AKIBAT BEBAN STATIS PIPA PANAS BUMI
DAN ANALISIS STABILITAS LERENG PADA *CLUSTER J-I* PERTAMINA
GEOHERMAL ENERGY ULUBELU DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM
ANALISIS KOMPUTASI**

(Skripsi)

Oleh:

MUHAMMAD RIZKI A



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

STUDI ANALISIS DESAIN PONDASI AKIBAT BEBAN STATIS PIPA PANAS BUMI DAN ANALISIS STABILITAS LERENG PADA *CLUSTER J-I* PGE WILAYAH ULUBELU DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM ANALISIS KOMPUTASI

OLEH

MUHAMMAD RIZKI A

Kecamatan ulubelu yang terletak di kabupaten tanggamus merupakan salah satu daerah di indonesia dengan potensi panas bumi sebesar 2.867 MW atau 10% dari total potensi panas bumi di indonesia. Pemerintah berencana membangun pipa panas bumi dengan tujuan untuk memaksimalkan potensi yang terdapat di kecamatan ulubelu. Untuk membangun pipa panas bumi yang dapat bertahan lama, diperlukan perhitungan faktor aman pada tanah supaya pondasi dari pipa panah bumi tahan terhadap beban yang akan diletakkan di atasnya.

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan untuk mendapatkan faktor aman pada tanah serta beban statis yang terdapat pada 5 titik *borehole* di *cluster J-I* Wilayah Ulubelu, yang dihitung dengan aplikasi *geostudio slope/w 2012* dengan metode *fellenius*, *bishop*, dan *janbu* serta dengan metode *terzaghi*, *meyerhoff*, dan *bowles*.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada penelitian ini, pada 5 *borehole* yang terdapat di *cluster J-I* PGE wilayah Ulubelu, faktor aman terbesar ialah sebesar 4,357 pada metode *bishop*, serta angka faktor aman sebesar 3,516 pada metode *bowles*. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa panjang tiang pondasi dan beban yang akan diletakkan di atas tanah dapat meningkatkan atau menurunkan angka faktor aman itu sendiri.

Kata Kunci: Beban Statis, Faktor Aman, Metode *Fellenius*, Metode *Janbu*, Metode *Bishop*, Metode *Terzaghi*, Metode *Meyerhoff*, Metode *Bowles*, Program Analisis Komputasi.

ABSTRACT

STUDY OF FOUNDATION DESIGN ANALYSIS DUE TO STATIC LOADS OF GEOTHERMAL PIPES AND ANALYSIS OF SLOPE STABILITY IN THE J-I CLUSTER PGE ULUBELU REGION USING A COMPUTATIONAL ANALYSIS PROGRAM

BY

MUHAMMAD RIZKI A

Ulubelu sub-district located in Tanggamus district are one of the regions in Indonesia with a geothermal potential of 2,867 MW or 10% of the total geothermal potential in Indonesia. The government plans to build a geothermal pipeline with the aim of maximizing the potential found in the Ulubelu sub-district. To build a geothermal pipe that can last a long time, it is necessary to calculate the safety factor on the ground so that the foundation of the earth's arrow pipe is resistant to the load that will be placed on it.

In this study, calculations were made to obtain a safety factor on the soil and static load at 5 borehole points in the J-I cluster Ulubelu Region, calculated using computational analysis program with the *fellenius*, *bishop*, and *janbu* method, and also using *terzaghi*, *meyerhoff*, and *bowles* method.

Based on the results of calculations carried out in this study, in 5 boreholes found in the PGE J-I cluster in the Ulubelu region, the biggest safety factor was 4.357 in the bishop method, and the safety factor number was 3.516 in the bowles method. From the results of calculations that have been done, it can be concluded that the length of the foundation pile and the load to be placed on the ground can increase or decrease the number of the safety factor itself.

Keywords: Static Load, Safety Factor, *Fellenius* Method, *Janbu* Method, *Bishop* Method, *Terzaghi* Method, *Meyerhoff* Method, *Bowles* Method, Computational Analysis Program.

**STUDI ANALISIS DESAIN PONDASI AKIBAT BEBAN STATIS PIPA PANAS BUMI
DAN ANALISIS STABILITAS LERENG PADA *CLUSTER J-I* PERTAMINA
GEOHERMAL ENERGY ULUBELU DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM
ANALISIS KOMPUTASI**

Oleh:

MUHAMMAD RIZKI A

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Lampung



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2019

Judul Skripsi : STUDI ANALISIS DESAIN PONDASI AKIBAT BEBAN STATIS PIPA PANAS BUMI DAN ANALISIS STABILITAS LERENG PADA *CLUSTER* J-I PERTAMINA *GEOTHERMAL ENERGY* ULUBELU DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM ANALISIS KOMPUTASI

Nama Mahasiswa : Muhammad Rizki A

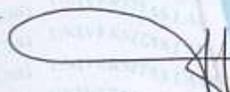
Nomor Pokok Mahasiswa : 1315011084

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

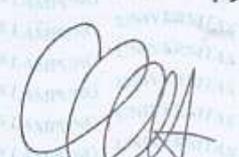
Menyetujui,

1. Komisi Pembimbing


Ir. Setyanto, M.T.
NIP 195508301984031001


Iswan S.T., M.T.
NIP 197206082005011001

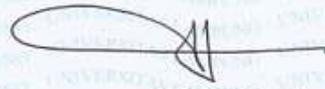
2. Ketua Jurusan Teknik Sipil


Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D
NIP 197009151995031006

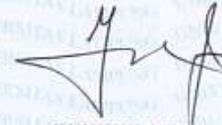
MENGESAHKAN

1. Tim penguji

Pembimbing Utama : Ir. Setyanto, M.T.



Anggota Pembimbing : Iswan, S.T.,M.T.



Penguji Bukan Pembimbing : Ir. M. Jafri, M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc
NIP. 196207171987031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 4 Juli 2019

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul Studi Analisis Desain Pondasi Akibat Beban Statis Pipa Panas Bumi Dan Analisis Stabilitas Lereng Pada *Cluster J-I Pertamina Geothermal Energy* Ulubelu Dengan Menggunakan Program Analisis Komputasi adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juli 2019
Pembuat Pernyataan



Muhammad Rizki A
NPM. 1315011084

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 8 November 1995. Merupakan anak sulung dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Edison Hadjar dan Ibu Yuri Agustina Primasari. Penulis memiliki satu adik perempuan bernama Nabila Tiara.

Penulis memulai jenjang pendidikan dari Taman Kanak-kanak Pertiwi Tanjung Karang pada tahun 2000, pada tahun 2001 memasuki Sekolah Dasar Negeri 02 Rawalaut dan lulus di SD Tunas Mekar Indonesia pada tahun 2007, kemudian pada tahun 2007 melanjutkan jenjang pendidikan di SMP Tunas Mekar Indonesia, dan SMA YP Unila Bandar Lampung pada tahun 2010 dan lulus di SMA Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2013.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) tertulis pada tahun 2013. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS UNILA) dan menjabat sebagai Kepala Departemen Kaderisasi Periode 2015-2016. Pada tahun 2017 penulis melakukan Kerja Praktik pada Proyek Pembangunan Gedung Polresta Bandar Lampung selama 3 bulan. Penulis pernah menjabat sebagai Ketua Pelaksana Acara *Civil Brings Revolution (CBR)* pada tahun 2016. Penulis

juga telah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Tanggul Angin, Kecamatan Punggur, Kabupaten Lampung Tengah sebagai Koordinator Kecamatan (*Kor-Cam*) selama 40 hari pada periode Januari - Februari 2017. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul Studi Analisis Desain Pondasi Akibat Beban Statis Pipa Panas Bumi Dan Analisis Stabilitas Lereng Pada *Cluster* J-I Pertamina *Geothermal Energy* Ulubelu Dengan Menggunakan Program Analisis Komputasi.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah.....

Rasa syukur yang tiada henti kuucapkan pada Allah SWT,
atas segala nikmat dan karunia yang telah Engkau berikan.

Dengan penuh rasa cinta, kupersembahkan karya ini

kepada

Ibunda, Ayahanda dan Adik tersayang

yang senantiasa mencurahkan kasih dan sayang di setiap langkah,

melantunkan harapan dalam setiap do'a,

mendukung sepenuhnya baik moril maupun materil demi sebuah cita-cita di

masa depan....

Juga untuk saudara, keluarga, serta teman-temanku

yang senantiasa menantikan keberhasilanku

dan

Almamater Tercinta.

LEMBAR PERSEMBAHAN KHUSUS

*To The Praying Mother, and The Worried and Hardworking Father, I represent
this new bachelor degree just for you*

(Untuk Ibu yang selalu berdoa, dan Ayah yang selalu khawatir dan selalu bekerja
keras, aku persembahkan gelar sarjana ini hanya untuk kalian)

MOTTO

"Hardwork Beats Talent, When Talent Fails To Workhard"

(Kevin Durant)

*"A Man Who Doesn't Have A Time For His Family, Doesn't Deserve To be
Called As A "MAN" "*

(Don Vito Corleone – The Godfather, 1968)

*"Barang siapa yang bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan
tersebut untuk kebaikan dirinya sendiri"*

(Qs. Al-Ankabut:6)

*"I don't wanna be well known as a second-coming of anyone else, i wanna be
known as myself"*

(Allen Iverson)

"Walk On With Hope In Your Heart, and You'll Never Walk Alone"

(Liverpool F.C.)

"My Life Journey is Like An Open Book, Free for The Whole World To Read"

(Vince Neil, Mick Mars, Nikki Sixx, Tommy Lee)

*"Tak Ada Mimpi Yang Terlalu Tinggi, Bahkan Untuk Seseorang Yang Terlalu
Rendah Sekalipun"*

(PENULIS)

SANWACANA

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Studi Analisis Desain Pondasi Akibat Beban Dinamis Pipa Panas Bumi Dan Analisis Stabilitas Lereng Pada Cluster J-I Pertamina Geothermal Energy Ulubelu Dengan Menggunakan Program Slope/W 2012”**.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Dalam penulisan skripsi ini Penulis banyak mendapatkan ilmu, pengetahuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Setyanyo, M.T. sebagai Pembimbing Pertama atas bantuan, bimbingan, motivasi dan kesediaannya dalam meluangkan waktu sehingga Penulis termotivasi untuk menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Iswan S.T., M.T. sebagai Pembimbing Kedua serta Orang Tua Penulis ketika kuliah di Teknik Sipil Universitas Lampung atas bantuan, bimbingan, motivasi dan saran-saran yang membangun selama Penulis menyelesaikan skripsi.

3. Bapak Dr. Ir. M. Jafri, M.T. sebagai Pembahas yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, nasehat serta saran guna menyempurnakan skripsi.
4. Bapak Ir. Eddy Purwanto, M.T. selaku Pembimbing Akademik atas semua perhatian, motivasi dan saran yang diberikan selama Penulis menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
5. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil beserta seluruh dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
6. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
7. Kedua orang tuaku tercinta, Papa H. Edison Hadjar S.E. dan Mama Hj. Yuri Agustina Primasari, S.E, M.M., yang senantiasa memberikan curahan kasih dan sayang, do'a yang tiada henti serta dukungan moril maupun materil untuk sebuah cita-cita di masa depan.
8. Adikku tersayang, Nabila Tiara yang senantiasa menjadi semangat, memotivasi dan mendo'akan Penulis.
9. Untuk teman dekatku yang selalu membantu dan memotivasi penulis dalam menulis judul skripsi ini.
10. Komti dan Wakomti 2013 M. Diego Arifin dan Ismawan Dewansyah yang menjadi pemimpin angkatan selama Penulis menjalani masa kuliah di Teknik Sipil Universitas Lampung.
11. Teman-teman skripsi Diego "pak-kom" dan Yudi "mamang iduy" yang selalu membantu dalam berbagai hal berbagi suka dan duka selama skripsi. "*Awas jangan sampe Draw ess*".

12. Teman-teman terbaik Teknik Sipil Universitas Lampung Willy, Raditya, Dono, Ican, Dimas, Yusrizal Fahri, Singgih, Rizqika, Apis Prada, Fahmi, Dani yang selalu mencairkan suasana dalam kondisi sesulit apapun.
13. Teman-teman "Keluarga Bohongan" Illyasa, Tammeld, Reston, Ikhfan yang selalu mendukung dan tempat berbagi cerita selama penulisan skripsi ini.
14. Teman-teman di balik layar skripsi, Aditia Reshi, Arnaldo Clever yang membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
15. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2013, yang tidak bisa Penulis sebutkan satu per satu atas kekerabatan dan kebersamaan yang indah selama meraih kesuksesan di Universitas Lampung.
16. Adik-adik Teknik Sipil yang membantu berbagai hal kegiatan penulis di kampus.
17. Kakak-kakak senior Teknik Sipil yang telah membantu akademik maupun sosial dikampus.
18. Kakak-kakak senior ku Akhmad Ridho "Bandot" Fatria, S.T. dan Jesa "Adin" Anggara S.T. yang selalu memberi masukan dan bantuan baik secara akademik dan sosial kampus.
19. Untuk "Nara Squad" Awen, Nyoman, Fauzi, Tahta, Shella, Mia, Shintya yang menjadi tempat penulis berbagi cerita.
20. Untuk Teman-Teman KKN Punggur Desa Tanggul Angin M. Zaim Rozaan, Siti Nur Azizah, Piesta Prima B.P., Aziza Novirania, Natasya Hayatullah, dan Dian Rusadi yang sudah menjadi tempat berbagi cerita selama masa-masa KKN 40 Hari.

21. Kepada 'Kordes Takis" Mukhtar, Fajri, Ravid, Agung, Ari Putu, Anggi, Tio, Nuril, Rahmat, Agus, dan Gibran untuk tawa canda yang selalu diberikan.

Penulis mendo'akan semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan balasan kebaikan kepada seluruh pihak yang telah banyak membantu, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam menambah ilmu dan pengetahuan bagi siapa saja yang menggunakannya. Aaamiiiiinnn...

Bandar Lampung, Mei 2019

Penulis,

Muhammad Rizki A

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Stabilitas Lereng.....	5
a. Penyebaran Batuan.....	6
b. Struktur Geologi.....	6
c. Morfologi	6
d. Iklim	7
e. Tingkat Pelapukan.....	7
f. Hasil Kerja Manusia.....	7
2.2. Metode Untuk Menentukan Faktor Keamanan Pada Lereng	8
a. Program Analisis Komputasi	8
b. <i>Limit Equilibrium Method</i>	8

2.3.	Analisa Stabilitas Lereng Dengan Metode <i>Fellenius</i>	8
2.4.	Analisa Stabilitas Lereng Dengan Metode <i>Bishop</i>	10
2.5.	Metode <i>Janbu</i>	12
2.6.	Tanah.....	13
2.7.	Sistem Klasifikasi Tanah.....	15
	a. Sistem Klasifikasi <i>Unified</i> (USCS).....	16
	b. Tanah Organik.....	17
2.8.	Teori Pondasi Tiang	18
	a. Perhitungan Daya Tampung Pondasi Dangkal.....	18
2.9.	Teori Terzaghi.....	19
2.10.	Metode <i>Meyerhoff</i>	20
2.11.	Metode <i>Bowles</i>	20

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1.	Lokasi Penelitian.....	22
3.2.	Tahapan Pengumpulan Data.....	22
	a. Data Sekunder	22
3.3.	Tahapan Analisis Stabilitas Lereng	23
	a. Potongan Melintang Lereng	23
	b. Penentuan Kondisi Analisis.....	24
	c. Menganalisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program Analisis Komputasi.....	25
3.4.	Diagram Alir Penelitian.....	31

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Lokasi Pengambilan Sampel Uji	34
------	-------------------------------------	----

4.2.	Peta Kontur Lokasi <i>Cluster J-I</i>	34
4.3.	Data Hasil Uji Laboratorium.....	35
4.4.	Penentuan Tinggi Elevasi dan Jarak Titik Bor Antara <i>Borehole</i> (BH) dan CP.....	37
4.5.	Perhitungan Dengan Menggunakan Program Analisis Komputasi Dengan Menggunakan 3 Metode (Metode <i>Fellenius/Ordinary</i> , <i>Bishop, Janbu</i>)	39
4.6.	Hasil Perhitungan Angka Aman Dengan Menggunakan 3 Metode (<i>Bowles, Terzaghi, dan Meyerhoff</i>)	44
	1. Hasil Perhitungan Angka Aman Dengan Metode <i>Bowles</i> ... 44	
	2. Hasil Perhitungan Angka Aman Dengan Metode <i>Terzaghi</i> .64	
	3. Hasil Perhitungan Angka Aman Dengan Metode <i>Meyerhoff</i>	70
4.7.	Kesimpulan Hasil Perhitungan.....	74

BAB V. PENUTUP

5.1.	Kesimpulan	75
5.2.	Saran	76

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gaya Yang Bekerja Pada Longsoran Lingkaran.....	9
2. Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop	11
3. Gambar dan Grafik Terzaghi	20
4. Peta Lokasi Penelitian.....	22
5. Pengaturan pada <i>KeyIn Analyses</i>	26
6. Mengatur ukuran halaman pada program analisis komputasi.....	26
7. Mengatur <i>Set Unit and Scale</i>	27
8. Mengatur <i>Grid</i>	27
9. Gambar Potongan Melintang Lereng	28
10. Memasukkan data material lapisan tanah dengan <i>KeyIn – Materials</i>	28
11. Menghubungkan Data Material Ke Potongan Geometri.....	29
12. Menggambar Garis Tekanan Air Pori.....	29
13. Menggambar dan Menentukan <i>Slip Surface</i>	30
14. Gambar Hasil Akhir Permodelan.....	31
15. Diagram Alir Penelitian dengan Program Aplikasi Komputasi.....	32
16. Diagram Alir Penelitian Dengan Perhitungan Manual	33
17. Lokasi Pengambilan Sampel.....	34
18. Peta Kontur Lokasi <i>Cluster J-I</i>	35
19. Pemilihan Metode Analisis Menjadi Metode <i>Fellenius (Ordinary)</i>	39

20. Hasil Perhitungan <i>Borehole</i> (BH)-01 Tanpa Pembebanan	40
21. Tabel Angka Aman BH-01 Berdasarkan Perhitungan Program Analisis Komputasi	41
22. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-01 Dengan KD 1.....	45
23. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-02 Dengan KD 1.....	45
24. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-03 Dengan KD 1.....	46
25. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-04 Dengan KD 1.....	47
26. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-05 Dengan KD 1.....	48
27. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-01 Dengan KD 1,1.....	49
28. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-02 Dengan KD 1,1.....	50
29. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-03 Dengan KD 1,1.....	51
30. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-04 Dengan KD 1.....	52
31. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-05 Dengan KD 1,1.....	53
32. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-01 Dengan KD 1,2.....	54

33. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-02 Dengan KD 1,2.....	55
34. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-03 Dengan KD 1,2.....	56
35. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-04 Dengan KD 1,2.....	57
36. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-05 Dengan KD 1,2.....	58
37. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-01 Dengan KD 1,3.....	59
38. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-02 Dengan KD 1,3.....	60
39. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-03 Dengan KD 1,3.....	61
40. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-04 Dengan KD 1,3.....	62
41. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Bowles Pada BH-03 Dengan KD 1,3.....	63
42. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Terzaghi Pada BH-01	65
43. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Terzaghi Pada BH-02	66
44. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Terzaghi Pada BH-03	67
45. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Terzaghi Pada BH-04	68
46. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Terzaghi Pada BH-05	69
47. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Meyerhoff Pada BH-01	70

48. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Meyerhoff Pada BH-02.71
49. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Meyerhoff Pada BH-03.72
50. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Meyerhoff Pada BH-04.72
51. Rekapitulasi Angka Aman Menggunakan Metode Meyerhoff Pada BH-05.73

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sistem klasifikasi tanah <i>Unified Soil Classification System</i> (Bowles, 1991).....	17
2. Data yang diperoleh dari laboratorium	23
3. Data Tanah pada Kondisi Jenuh.....	24
4. Data Tanah pada Kondisi Tak Jenuh	25
5. Data Uji Laboratorium Borehole-01	35
6. Data Uji Laboratorium Borehole-02	36
7. Data Uji Laboratorium Borehole-03	36
8. Data Uji Laboratorium Borehole-04	37
9. Data Uji Laboratorium Borehole-05	37
10. Hasil Angka Aman Yang Dihasilkan.....	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Ulubelu merupakan kecamatan yang berada di provinsi Lampung, yang tepatnya berada di Kabupaten Tanggamus. Kabupaten ini terkenal sebagai daerah yang maju dalam bidang pertanian dan sumber daya alam lainnya. Tanggamus adalah salah satu daerah di Lampung yang memiliki potensi panas bumi besar. Pemerintah Provinsi Lampung mengklaim provinsi tersebut mempunyai potensi panas bumi sebesar 2.867 MW atau 10% dari total potensi panas bumi Indonesia, Dengan potensi tersebut, provinsi ini menduduki peringkat ketiga setelah Jawa Barat dan Sumatra Utara sebagai provinsi dengan potensi panas bumi terbesar di Tanah Air. Secara keseluruhan, pemerintah menyebutkan potensi energi panas bumi Indonesia adalah 29.000 MW. Salah satu aset kekayaan alam yang terdapat di Kabupaten Tanggamus ini adalah adalah gas alam yang dimiliki. Dan kini gas alam tersebut dimanfaatkan oleh pemerintah sebagai energi pembangkit listrik yang cukup besar. Untuk meningkatkan pelayanan kepada masyarakat. Pemerintah berupaya memaksimalkan sumber daya

alam di daerah tersebut dengan berencana untuk membangun jalur pipa panas bumi, khususnya pada cluster J-I, agar pengoptimalan sumber daya dapat berjalan lebih baik lagi dan bermanfaat khususnya untuk masyarakat luas. Menyikapi hal tersebut PT. Pertamina Geothermal Energy, berusaha untuk membangun kembali jalur pipa panas bumi di daerah tersebut agar sumber daya yang dihasilkan dapat berjalan dengan optimal. Melihat kondisi tanah di daerah tersebut yang memiliki kontur yang curam dan cukup terjal, maka sebelum melakukan pembangunan jalur pipa panas bumi di area tersebut, PT. Pertamina Geothermal Energy, melakukan investigasi dan analisis keamanan pada lokasi yang akan dijadikan sebagai jalur pipa panas bumi tersebut. Karena ditakutkan beban yang akan diterima pada tanah di lokasi tersebut dapat mengakibatkan terjadinya kelongsoran. Parameter untuk menentukan faktor keamanan lereng adalah dengan menggunakan program analisis komputasi, dimana hasil perhitungan dari program analisis komputasi tersebut dapat digunakan untuk menentukan standart keamanan pada lokasi tersebut dan bisa dijadikan sebagai acuan dalam pengerjaan jalur pipa panas bumi di lokasi tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang dibahas yaitu menganalisa desain pondasi dan analisa stabilitas lereng *cluster* J-I pada pipa panas bumi Pertamina *Geothermal Energy* (PGE) Ulubelu Tanggamus menggunakan program analisis komputasi. Karena beban yang terdiri dari beban tanahnya sendiri, beban dari bangunan di atas

lereng ataupun beban akibat hujan yang dikhawatirkan dapat menimbulkan kelongsoran pada lereng tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung stabilitas lereng untuk pondasi pipa supaya dapat berdiri dengan aman.
- b. Menganalisis beban dinamis yang terjadi dengan analisis pondasi yang dilakukan.
- c. Menganalisis stabilitas lereng dan desain dengan menggunakan program analisis komputasi.
- d. Mengetahui kapasitas maksimum tanah dalam mendukung beban dengan menggunakan variasi diameter tiang.
- e. Mengetahui stabilitas lereng di *cluster* J-I PGE wilayah ulubelu supaya dapat diketahui tingkat keamanan tanahnya.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat ruang lingkup pada penelitian ini maka batasan masalah ini sebagai berikut:

- a. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data tanah yang sudah diambil sampelnya dari Kecamatan Ulubelu, Kabupaten Tanggamus.
- b. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan program *Analisis komputasi*.
- c. Analisis pondasi dilakukan dengan metode *fellenius*, metode *janbu*, dan metode *bishop* serta dengan menggunakan kapasitas beban dinamis (beban gempa).

- d. Data lereng ditinjau berdasarkan data tanah dan potongan melintang lereng dengan tinggi sesuai di lokasi yang diteliti.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tersebut adalah, untuk memahami cara mengaplikasikan hasil desain analisis pondasi dengan beban dinamis dan stabilitas lereng pada kasus-kasus nyata di lapangan pada lokasi *cluster* J-I PGE Wilayah Ulubelu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Stabilitas Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal lereng dapat terbentuk secara alamiah karena proses geologi atau karena dibuat oleh manusia. Lereng yang terbentuk secara alamiah misalnya lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain yaitu galian dan timbunan untuk membuat jalan raya dan jalan kereta api, bendungan, tanggul sungai dan kanal serta tambang terbuka. Suatu longsoran adalah keruntuhan dari massa tanah yang terletak pada sebuah lereng sehingga terjadi pergerakan massa tanah ke bawah dan ke luar. Longsoran dapat terjadi dengan berbagai cara, secara perlahan-lahan atau mendadak serta dengan ataupun tanpa tanda-tanda yang terlihat. Tanpa sebuah model geologi yang memadai, analisis hanya dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan yang kasar sehingga kegunaan dari hasil analisis dapat dipertanyakan. Beberapa pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan metode-metode seperti: metode *taylor*, metode *janbu*, metode *fenellius*, metode *bishop*, dll. Dalam menentukan kestabilan atau kemantapan lereng dikenal istilah faktor keamanan (*safety factor*) yang merupakan perbandingan antara gaya-gaya

yang menahan gerakan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah tersebut dianggap stabil, bila dirumuskan sebagai berikut:

Faktor kemanan (F) = gaya penahan / gaya penggerak

Dimana untuk keadaan:

- $F > 1,0$: lereng dalam keadaan stabil
- $F = 1,0$: lereng dalam keadaan seimbang, dan siap untuk longsor
- $F < 1,0$: lereng tidak stabil

Jadi dalam menganalisis kemandapan lereng akan selalu berkaitan dengan perhitungan untuk mengetahui angka faktor keamanan dari lereng tersebut.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemandapan lereng, antara lain:

A. Penyebaran batuan

Penyebaran dan keragaman jenis batuan sangat berkaitan dengan kemandapan lereng, ini karena kekuatan, sifat fisik dan teknis suatu jenis batuan berbeda dengan batuan lainnya. Penyebaran jenis batuan akan mengakibatkan kesalahan hasil analisis.

B. Struktur geologi

Struktur geologi yang mempengaruhi kemandapan lereng dan perlu diperhatikan dalam analisis adalah struktur regional dan lokal. Struktur ini sangat mempengaruhi kekuatan batuan karena umumnya merupakan bidang lemah pada batuan tersebut, dan merupakan tempat rembesan air yang mempercepat proses pelapukan.

C. Morfologi

Keadaan morfologi suatu daerah akan sangat mempengaruhi kemandapan lereng di daerah tersebut. Morfologi yang terdiri dari

keadaan fisik, karakteristik dan bentuk permukaan bumi, sangat menentukan laju erosi dan pengendapan yang terjadi, menentukan arah aliran air permukaan maupun air tanah dan proses pelapukan batuan.

D. Iklim

Iklim mempengaruhi temperatur dan jumlah hujan, sehingga berpengaruh pula pada proses pelapukan. Daerah tropis yang panas, lembab dengan curah hujan tinggi akan menyebabkan proses pelapukan batuan jauh lebih cepat daripada daerah sub-tropis. Karena itu ketebalan tanah di daerah tropis lebih tebal dan kekuatannya lebih rendah dari batuan segarnya.

E. Tingkat pelapukan

Tingkat pelapukan mempengaruhi sifat-sifat asli dari batuan, misalnya angka kohesi, besarnya sudut geser dalam, bobot isi, dll. Semakin tinggi tingkat pelapukan, maka kekuatan batuan akan menurun.

F. Hasil kerja manusia

Selain faktor alamiah, manusia juga memberikan andil yang tidak kecil. Misalnya, suatu lereng yang awalnya mantap, karena manusia menebangi pohon pelindung, pengolahan tanah yang tidak baik, saluran air yang tidak baik, penggalian / tambang, dan lainnya menyebabkan lereng tersebut menjadi tidak mantap, sehingga erosi dan longsoran mudah terjadi.

2.2. Metode untuk Menentukan Faktor Keamanan Pada Lereng

A. Program Analisis Komputasi

Dalam penelitian ini program ini dipakai untuk menganalisa stabilitas lereng. Adapun metode yang digunakan di dalam program ini adalah Metode *Limit Equilibrium* Haninda, dkk (2014).

B. *Limit Equilibrium Method* (LEM)

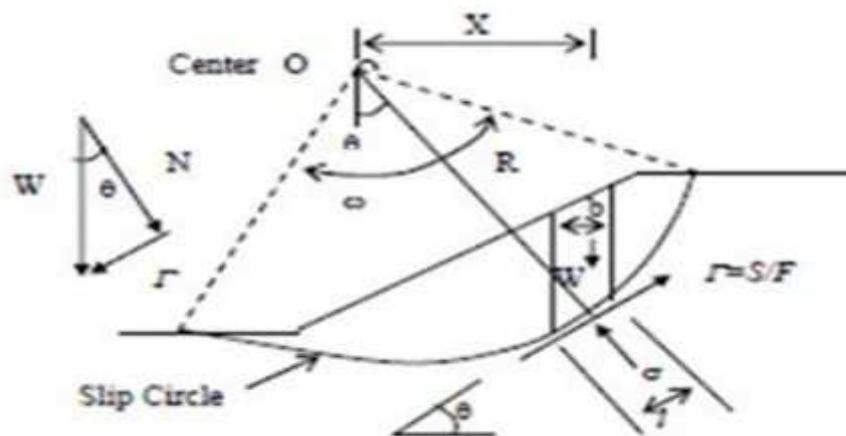
LEM atau *Limit Equilibrium Method* adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metode analisis ini pertama-tama mengasumsikan sebuah bidang kelongsoran yang dapat terjadi. Terdapat dua asumsi bidang kelongsoran, yaitu bidang kelongsoran berbentuk *circular* dan bidang kelongsoran berbentuk *non-circular* atau bisa juga disebut planar. Perhitungan dilakukan dengan membagi-bagi tanah yang berada dalam bidang longsor dalam irisan-irisan oleh karena itu metoda ini dikenal juga dengan nama metoda irisan (*method of slice*) (Haninda, dkk (2014)).

2.3. Analisa Stabilitas Lereng Dengan Metode *Fellenius*

Ada beberapa metode untuk menganalisis kestabilan lereng, yang paling umum digunakan ialah metode irisan yang dicetuskan oleh Fellenius (1939). Metode ini banyak digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng yang tersusun oleh tanah, dan bidang gelincirnya berbentuk busur (*arc-failure*).

Menurut Sowers (1975), tipe longsor terbagi kedalam 3 bagian berdasarkan kepada posisi bidang gelincirnya, yaitu longsorang kaki lereng (*toe failure*), longsorang muka lereng (*face failure*), dan longsorang dasar

lereng (base failure). Longsoran kaki lereng umumnya terjadi pada lereng yang relatif agak curam ($>45^\circ$) dan tanah penyusunnya relatif mempunyai nilai sudut geser dalam yang besar ($>30^\circ$). Perhitungan lereng dengan metode Fellenius dilakukan dengan membagi massa longsoran menjadi segmen-segmen seperti pada contoh gambar 1, untuk bidang longsor circular adalah:



Gambar 1. Gaya Yang Bekerja Pada Longsoran Lingkaran

$$\sum Wx = \sum \tau l R \dots\dots\dots(1)$$

$$FK = \frac{\sum \tau_1 l_1 R}{\sum W_1 x_1} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

W_i = Berat segmen tanah (kN/m)

l_i = Panjang busur lingkaran pada segmen yang dihitung (m)

x_i = Jarak horisontal dari pusat gelincir ke titik berat segmen (m)

R = Jari-jari lingkaran keruntuhan (m)

τ = Tegangan geser (kg/cm^2)

Untuk tanah kohesif ($\phi = 0$), maka:

$$FK = \frac{C_u \cdot L}{\sum W_1 \sin \theta_1} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

C_u = kuat geser tanah tak terdrainase

θ = sudut antara bidang horisontal dengan garis kerja kohesi

L = Panjang total busur gelincir

$$L = \frac{R \cdot \omega \cdot \pi}{180^\circ}$$

ω = Sudut busur lingkaran gelincir

Untuk tanah c- ϕ , maka:

$$FK = \frac{C \cdot L + \tan \phi \sum W \cos \theta}{\sum W \sin \theta} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

C = kuat geser tanah

W = berat segmen tanah

Metode Fellenius dapat digunakan pada lereng-lereng dengan kondisi isotropis, non isotropis dan berlapis-lapis. Massa tanah yang bergerak diandaikan terdiri dari atas beberapa elemen vertikal. Lebar elemen dapat diambil tidak sama dan sedemikian sehingga lengkung busur di dasar elemen dapat dianggap garis lurus.

2.4. Analisa Stabilitas Lereng Dengan Metode *Bishop*

- a. Metode ini pada dasarnya sama dengan metode swedia, tetapi dengan memperhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada. Metode Bishop mengasumsikan bidang longsor berbentuk busur lingkaran.

Cara analisa yang dibuat oleh A.W. Bishop (1955) menggunakan cara elemen dimana gaya yang bekerja pada tiap elemen ditunjukkan pada seperti pada gambar 4. Persyaratan keseimbangan diterapkan pada elemen yang membentuk lereng tersebut. Faktor keamanan terhadap longsoran didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah di bidang longsor ($S_{tersedia}$) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan (S_{perlu}).

Faktor keamanan dihitung berdasar rumus:

$$FK = \frac{\frac{1}{m.a} (c' b + (W - \mu b) \tan \theta')}{W \sin \alpha}$$

Harga $m.a$ dapat ditentukan dari gambar 4. Cara penyelesaian merupakan coba ulang (*trial and errors*) harga faktor keamanan FK di ruas kiri persamaan faktor keamanan diatas, dengan menggunakan gambar 5. untuk mempercepat perhitungan. Faktor keamanan menurut cara ini menjadi tidak sesuai dengan kenyataan, terlalu besar, bila sudut negatif (-) di lereng paling bawah mendekati 30 °. Kondisi ini bisa timbul bila lingkaran longsor sangat dalam atau pusat rotasi yang diandalkan berada dekat puncak lereng. Faktor keamanan yang didapat dari cara *Bishop* ini lebih besar dari yang didapat dengan cara *Fellenius*.

2.5. Metode Janbu

Metode Janbu dipakai untuk menganalisa lereng yang bidang longsornya tidak berbentuk busur lingkaran. Bidang longsor pada analisis metode Janbu ditentukan berdasarkan zona lemah yang terdapat pada massa batuan atau tanah. Faktor Keamanan untuk metode Janbu adalah:

$$F = \frac{F_o \sum X(1 + \frac{Y}{F})}{\sum Z + Q} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

$$X = (C' + (gh - g_w h_w) \tan f') (1 + \tan^2 \mu) D x$$

$$Y = \tan a \cdot \tan f$$

$$Z = g h D x \sin a$$

$$Q = \frac{1}{2} g_w Z^2$$

$$f_o = 1 + K (d/L - 1.4 (d/L)^2)$$

$$\text{Untuk } C' = 0 ; K = 0,31$$

$$\text{Untuk } C' > 0 ; f' > 0 ; K = 0,50$$

2.6. Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang terikat secara kimia satu dengan yang lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (partikel padat) disertai zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah merupakan bahan bangunan yang berasal dari alam, berupa bumi ini, yang terdiri dari air, udara dan butir-butir tanah yang padat, dimana bagian yang berisi dengan air dan udara disebut dengan rongga atau pori. Adapun menurut para ahli teknik sipil, tanah dapat didefinisikan sebagai :

1. Tanah adalah kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat dimaksud diaduk dalam air (Terzaghi, 1987).

2. Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai/lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan (Craig, 1987).
3. Secara umum tanah terdiri dari tiga bahan, yaitu butir tanahnya sendiri serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antar butir-butir tersebut (Wesley, 1997).

Perbandingan isi air dengan udara dalam pori ini menentukan kondisi tanah tersebut, yaitu apabila tanah tersebut kering, maka volume udara dalam pori lebih sedikit dibanding volume udara, maka tanah tersebut dikatakan basah. Apabila pori penuh diisi air, sehingga tidak ada udara di dalamnya, maka tanah dikatakan sebagai tanah jenuh. Istilah-istilah seperti kerikil, pasir, lanau, dan lempung digunakan dalam Teknik Sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis-jenis tanah dan kadang-kadang terdapat pula kandungan bahan organik. Material campurannya kemudian dipakai sebagai nama tambahan di belakang material unsur utamanya. Sebagai contoh, lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau dengan material utamanya adalah lempung dan sebagainya. Sifat-sifat umum tanah dapat dilihat dari besarnya nilai-nilai parameter tanah yang bersangkutan misalnya:

- a. Berat volume tanah, yaitu berat tanah per satuan volume.
- b. Berat volume kering yaitu berat tanah dalam keadaan kering per satuan volume,
- c. Berat volume butir, yaitu berat tanah lepas per satuan volume,

- d. *Specific gravity*, yaitu berat spesifik setiap butiran tanah, atau biasa disebut berat volume,
- e. Angka rongga, yaitu perbandingan volume rongga dengan volume total tanah,
- f. Porositas merupakan perbandingan volume air dengan volume pori,
- g. Kadar air merupakan jumlah air dalam tanah atau volume air dibanding dengan volume tanah,
- h. Derajat kejenuhan dan lain-lain.

2.7. Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995). Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*, sistem-sistem tersebut adalah Sistem *Unified Soil Classification System (USCS)* dan Sistem AASHTO (*American Association Of State Highway*

and Transporting Official). Tetapi pada penelitian ini penulis memakai system klasifikasi tanah *unified* (USCS).

a. Sistem Klasifikasi *Unified* (USCS)

Sistem ini pada awalnya diperkenalkan oleh *Casagrande* (1942) untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang (Das, 1995).

Oleh *Casagrande*, sistem ini pada garis besarnya membedakan tanah atas tiga kelompok besar (Sukirman, 1992), yaitu:

- Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), kurang dari 50 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berkerikil dan berpasir. Simbol kelompok ini dimulai dari huruf awal G untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan S untuk Pasir (*Sand*) atau tanah berpasir.
 - Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), lebih dari 50 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berlanau dan berlempung. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau anorganik, C untuk lempung anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organic.
- Klasifikasi sistem *Unified* secara visual di lapangan sebaiknya dilakukan pada setiap pengambilan contoh tanah. Hal ini berguna di samping untuk dapat menentukan pemeriksaan yang mungkin perlu ditambahkan, juga sebagai pelengkap klasifikasi yang dilakukan di laboratorium agar tidak terjadi kesalahan label.

Tabel 1. Sistem klasifikasi tanah *Unified Soil Classification System*

(Bowles, 1991)

Jenis Tanah	<i>Prefiks</i>	Sub Kelompok	<i>Sufiks</i>
Kerikil	G	Gradasi Baik	W
		Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	wL < 50%	L
Organik	O	wL > 50%	H
Gambut	Pt		

b. Tanah Organik

Prilaku tanah organik sangat tergantung pada kadar organik (*organic content*), kadar abu (*ash content*), kadar serat (*fibrous content*). Makin tinggi kandungan organiknya makin rendah daya dukungnya (*bearing capacity*) dan kekuatan gesernya (*shear strength*), serta makin besar pemampatannya (*compressibility*). Tanah yang kandungan organiknya tinggi disebut tanah gambut (*peat soil*). Gambut umumnya mengacu pada bahan alami dengan daya kemampatan tinggi namun mempunyai kekuatan rendah. Tanah gambut terbentuk di daerah berair dangkal, dalam danau, atau empang dengan sistem drainase yang buruk (Sumber: Pedoman Konstruksi Jalan Di Atas Tanah Gambut Dan Organik, 1996).

Menurut proses terjadinya, tanah gambut dapat dibedakan menjadi:

- Gambut Rumput

Kondisi dimana tanah mengalami pengendapan reruntuhan tumbuhan atau jasad renik yang dilestarikan di bawah permukaan air, sehingga material tersebut mulai membusuk dan menyatu dengan tanah. Pada umumnya dalam proses ini tanah gambut memiliki banyak kandungan mineral, berhumus namun memiliki kandungan air yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan gambut rancah apabila ditinjau dari derajat proses penguraianya.

- Gambut Transisi

Kondisi pada saat gambut rumput tumbuh melebihi paras air tanah. Di sini berlaku keadaan *mesotopik*.

- Gambut Rancah

Kondisi dimana tanah kehilangan kontak dengan air tanah sehingga terjadi tahapan *ombotropik*, yaitu tahapan dimana pertumbuhan lumut *spaghnum* pada air hujan akan mendominasi. Gambut rancah juga dapat terbentuk pada permukaan tanah yang diakibatkan oleh ketersediaan *oligotropik* atau bahan makanan bagi organisme pengurai, sehingga terjadi proses penghumusan yang berlebihan.

2.8. Teori Pondasi Tiang

a. Perhitungan Daya Tampung Fondasi Dangkal

Untuk memikul konstruksi pondasi yang ada pada tanah setempat, Tanah harus mampu memikul beban dari setiap konstruksi teknis yang diletakkan pada dasar tanah tersebut tanpa terjadi kegagalan / shear failure ataupun penurunan (Settlement).Upaya ini didasarkan menurut analisa teknis

yang telah diterapkan dalam berbagai teori maupun pelaksanaannya dari beberapa type pondasi, termasuk konstruksi penahan tanah.

Secara umum daya dukung tanah ijin Q_a yang dipakai dalam perencanaan sebagai berikut :

$$Q_a = \frac{Q_{ult}}{S_f} = \frac{\text{Daya dukung ultimate}}{\text{Faktor Keamanan}}$$

Data – data yang diperlukan dalam perencanaan pondasi meliputi data kohesi tanah setempat , sudut geser tanah dan berat volume tanah . Untuk nilai SF berkisar antara 2 s/d 3 , sedangkan besaran q_{ult} ada beberapa teori yang dapat diterapkan dalam perencanaan pondasi sebagai berikut :

2.9. Teori Terzaghi

$$Q_u = c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Dimana:

Q_u = Daya dukung ultimit untuk pondasi memanjang (kN/m^2)

c = Kohesi tanah (kN/m^2)

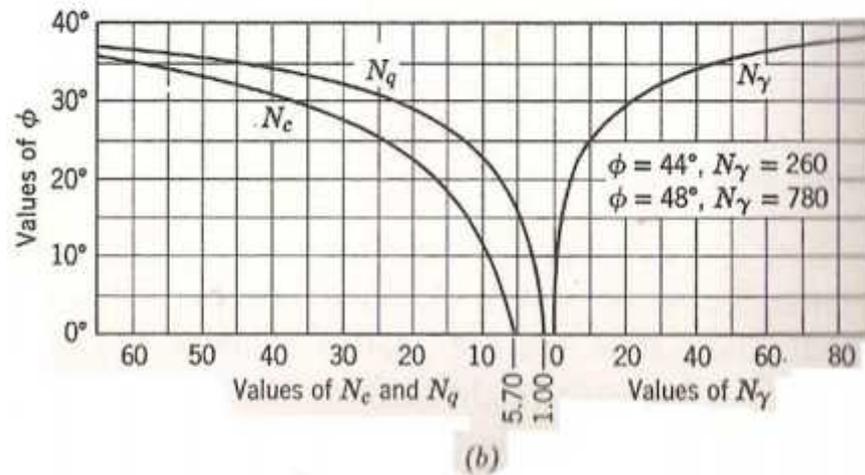
D_f = Kedalaman pondasi yang tertanam di dalam tanah

γ (gamma) = Berat Volume Tanah (kN/m^3)

N_c = Faktor daya dukung tanah akibat kohesi tanah

N_q = Faktor daya dukung tanah akibat beban terbagi rata

N_γ = Faktor daya dukung tanah akibat berat tanah



Gambar . Gambar dan Grafik Terzaghi

2.10. Metode *Meyerhoff*

Metode *Meyerhoff* (1956) mengusulkan persamaan Daya Dukung diizinkan Netto yang dikaitkan dengan nilai SPT, untuk penurunan sebesar 2,54 cm

$$q_a = 12 \times N \text{ (KN/M}^2\text{)}; \text{ untuk lebar } B \leq 1,2$$

$$q_a = 8 N \left[\frac{B+0,3}{B} \right]^2; \text{ (KN/M}^2\text{)} \text{ untuk lebar } B > 1,2$$

Keterangan :

q_a = Daya dukung izin untuk penurunan 1'

N = Nilai SPT

B = Lebar Pondasi Telapak (m)

2.11. Metode *Bowles*

Menurut *Bowles* (1968), untuk menganalisis Daya Dukung Izin dari data N SPT dengan memberikan faktor keamanan dan pengaruh dari faktor kedalaman fondasi maka *Bowles* menyarankan Menggunakan Rumus Sbb :

$$q_a = 20 \times N \times K_d \text{ (KN/M}^2\text{)} ; \text{ untuk lebar } B \leq 1,2$$

$$q_a = 12,5 \times N \left[\frac{B+0,3}{B} \right]^2 \times K_d ; \text{ (KN/M}^2\text{)} \text{ untuk lebar } B > 1,2$$

Keterangan :

q_a = Daya dukung izin untuk penurunan 1'

N = Nilai SPT

B = Lebar Pondasi Telapak (m)

K_d = Faktor Kedalaman Pondasi

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di *Cluster J-I*, *Pertamina Geothermal Energy (PGE)*, Kecamatan Ulubelu, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung.



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian

3.2. Tahapan Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan data sekunder.

A. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan berbentuk data hasil uji tanah pada lokasi penelitian di laboratorium mekanika tanah.

1. Indeks Properti tanah di *Cluster* J-I yang didapatkan dari *Unconsolidated Undrained* (UU) *triaxial test*. Pada tabel berikut ini merupakan data-data yang dibutuhkan untuk analisis kestabilan lereng dengan menggunakan Program analisis komputasi.

Tabel 2. Data yang diperoleh dari uji laboratorium

Borehole (BH)	c (kg/cm ²)	$\frac{c}{\gamma \cdot H}$	Berat jenis tanah jenuh (g/cm ³)	Berat jenis tanah basah (g/cm ³)
BH-01	0,130	11,8	1,0233	1,465
	0,103	13,4	0,88	1,435
BH-02	0,185	15,9	0,9667	1,478
BH-03	0,099	15,4	0,91	1,428
BH-04	0,033	14,4	0,8767	1,415
	0,092	13,5	1,0633	1,547
BH-05	0,050	20,7	0,8433	1,469
	0,121	20,5	1,0000	1,421
	0,184	19,4	1,1533	1,527

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

2. Melakukan simulasi bentuk potongan melintang pada kondisi jenuh dan kondisi tidak jenuh dengan perbedaan sudut kemiringan lereng di masing masing simulasi. Simulasi dilakukan dan disesuaikan dengan kondisi asli dilapangan (tinggi dan lebar lereng) yang selanjutnya akan dilakukan analisis menggunakan program analisis komputasi.

3.3. Tahapan Analisis Stabilitas Lereng

A. Potongan Melintang Lereng

Langkah pertama pada penelitian ini adalah dengan menentukan potongan melintang lereng yang akan dibuat simulasinya. Pada penelitian ini, variasi kemiringan lereng yang digunakan antara sudut sampai , dibuat sedemikian agar menghindari kelongsoran yang akan diakibatkan oleh kemiringan lereng dan untuk mendapatkan bentuk lereng yang ideal.

B. Penentuan Kondisi Analisis

Langkah kedua adalah menentukan kondisi apa saja yang akan dianalisis, apakah kondisi jenuh atau tidak jenuh, karena pada saat penggambaran lereng disesuaikan dengan tinggi muka air tanah sehingga data tanah yang dimasukkan pada program *Analisis komputasi* pun akan berbeda.

Pada analisa stabilitas lereng kondisi jenuh, kondisi dimana tinggi muka air tanah terletak pada tinggi maksimum lereng, data yang dimasukkan pada program adalah:

Tabel 3. Data Tanah pada Kondisi Jenuh

Borehole (BH)	c (kg/cm ²)	$\frac{c}{\gamma \cdot z}$	Berat jenis tanah basah (g/cm ³)
BH-01	0,130	11,8	1,465
	0,103	13,4	1,435
BH-02	0,185	15,9	1,478
BH-03	0,099	15,4	1,428
BH-04	0,033	14,4	1,415
	0,092	13,5	1,547
BH-05	0,050	20,7	1,469
	0,121	20,5	1,421
	0,184	19,4	1,527

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

Lalu pada analisa stabilitas lereng kondisi tak jenuh, ialah kondisi dimana tinggi muka air tanah berada di dasar lereng, data yang dimasukkan pada program *Analisis komputasi* adalah:

Tabel 6. Data Tanah pada Kondisi Tak Jenuh

Borehole (BH)	c (kg/cm ²)	ϕ (°)	Berat jenis tanah tidak jenuh (g/cm ³)
BH-01	0,130	11,8	1,0233
	0,103	13,4	0,88
BH-02	0,185	15,9	0,9667
BH-03	0,099	15,4	0,91
BH-04	0,033	14,4	0,8767
	0,092	13,5	1,0633
BH-05	0,050	20,7	0,8433
	0,121	20,5	1,0000
	0,184	19,4	1,1533

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

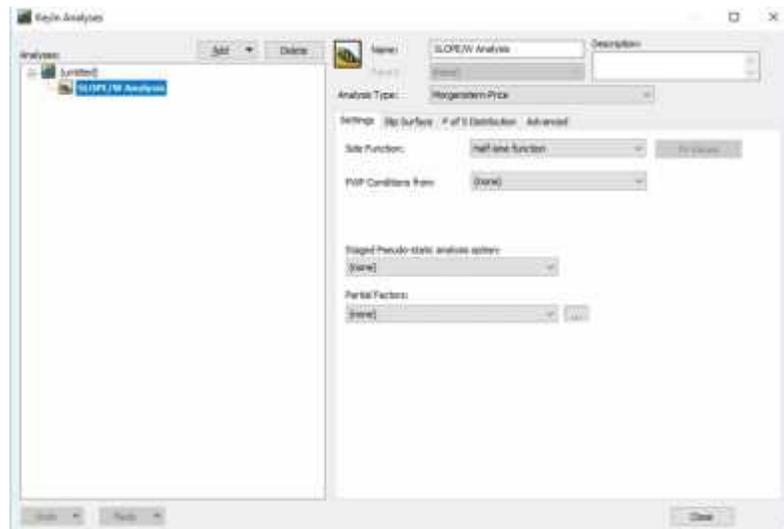
Lalu, yang terakhir adalah pada analisa stabilitas lereng kondisi kritis, yaitu kondisi dimana menggunakan *trial and error methode* untuk menentukan tinggi muka air tanah agar dapat mengetahui pada batas ketinggian muka air berapakah lereng dapat tetap mempertahankan posisinya (stabil). Tinggi muka air yang paling mendekati hasil analisis nilai faktor aman 1,25 adalah tinggi muka air yang akan dipakai. Data yang dimasukan pada program analisis komputasi disesuaikan dengan tinggi muka air yang didapat, sama halnya dengan kondisi setengah jenuh perbedaanya hanya pada ϕ yang digunakan.

C. Menganalisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program Analisis Komputasi

Setelah mengumpulkan dan mengolah data properti tanah dan membuat simulasi dan bentuk potongan dari melintang lereng, langkah selanjutnya ialah menginput data-data yang sudah diolah pada program analisis komputasi untuk dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan aplikasi tersebut. Berikut ini adalah tahapan permodelan lereng dalam program analisis komputasi

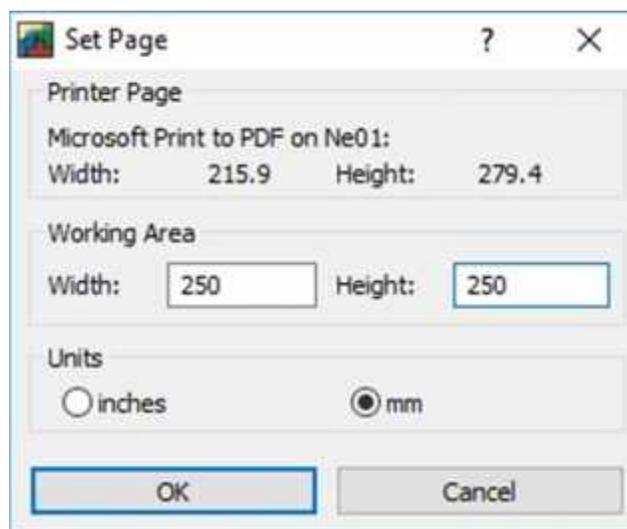
1. Langkah awal ialah dengan membuka program analisis komputasi. Selanjutnya akan muncul jendela *keyin analyses* yang digunakan untuk membuat analisis

pada data, dan untuk mengatur properti dan metode dari setiap analisis yang akan dilakukan. Pada penelitian ini akan digunakan metode tipe analisis *Morgenstren-Price*, *Bishop*, dan *Janbu*.



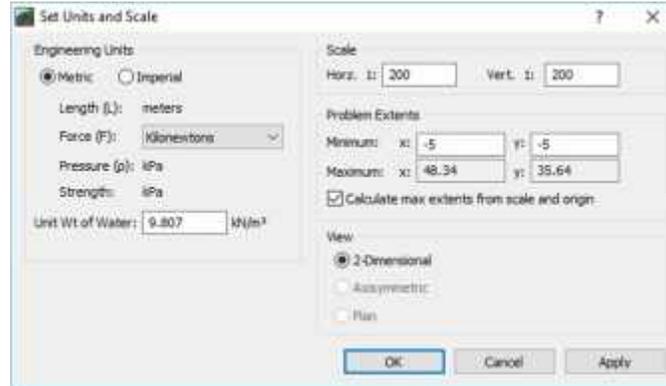
Gambar 5. Pengaturan pada *KeyIn Analyses*

2. Setelah masuk pada halaman *work-sheet*, langkah berikutnya adalah dengan mengatur *work-sheet* gambar dengan mengatur ukuran halaman, mengatur *scale*, *unit*, dan mengatur *grid* untuk mempermudah penggambaran/permodelan bentuk geometri lereng, yang ditunjukkan pada gambar 9-11.

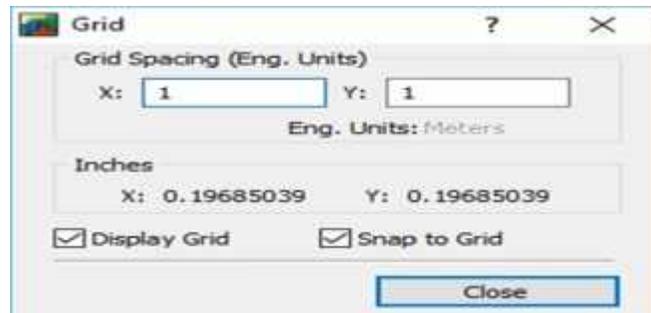


Gambar 6. Mengatur ukuran halaman pada aplikasi komputasi

Lalu mengatur *Set Unit and Scale* pada program aplikasi komputasi

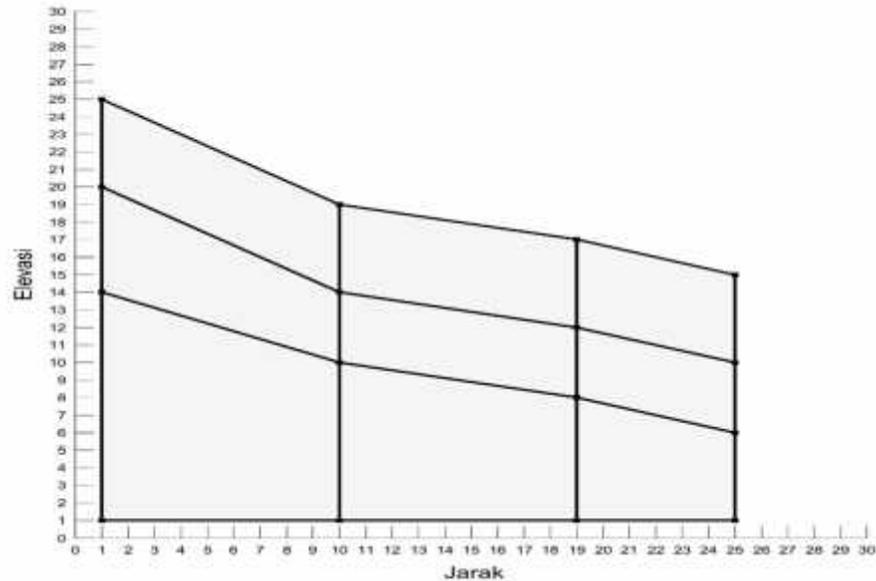


Gambar 7. Mengatur *Set Unit and Scale*



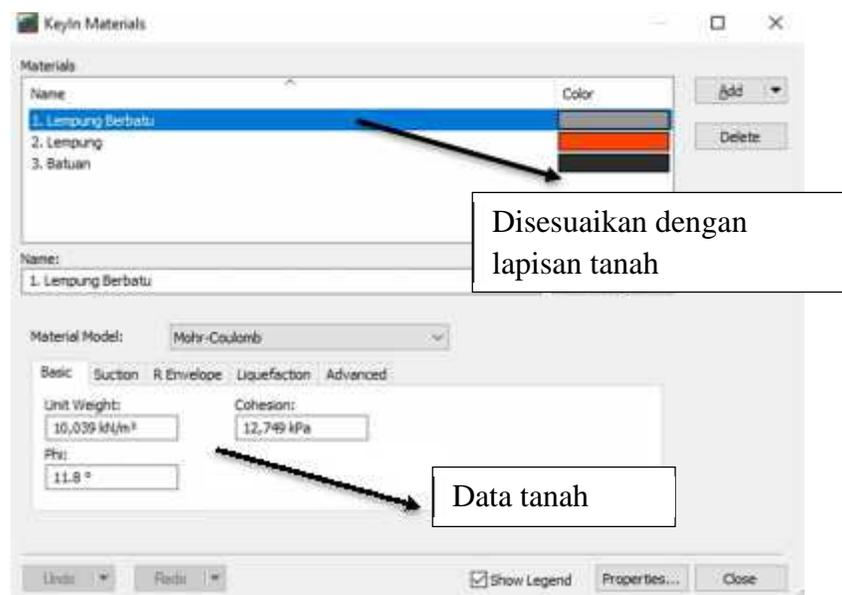
Gambar 8. Mengatur *Grid*

3. Menggambar geometri dua dimensi lereng yang akan dihitung dengan aplikasi pada gambar 15. Pada awal memulai penggambaran, kita menggunakan menu *Sketch Polylines* untuk mempermudah penggambaran lapisan tanah (*region*). Setelah selesai menggambar potongan melintang lereng dan batas-batas lapisan tanah, lalu yang selanjutnya adalah menggambar wilayah lapisan tanah pada menu *Draw – Regions* dengan mengikuti garis-garis yang telah dibuat sebelumnya.



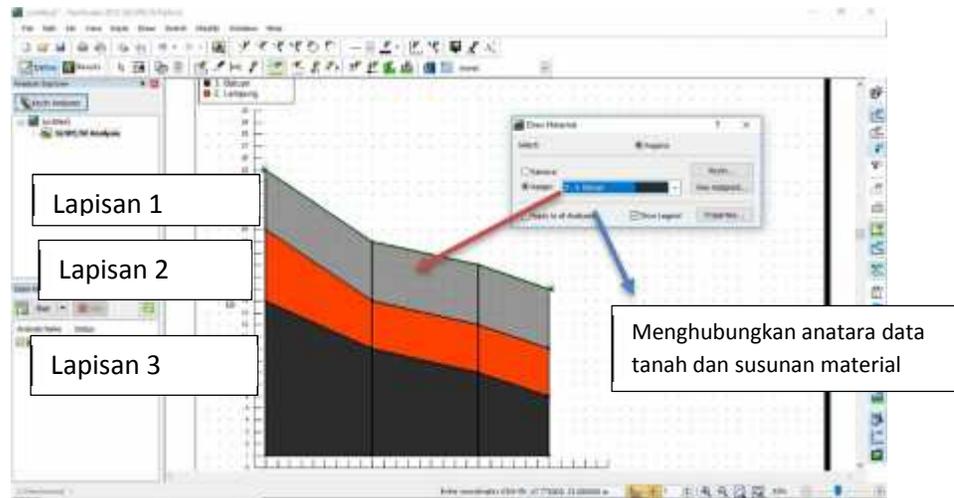
Gambar 9. Gambar Potongan Melintang Lereng

4. Meng-*input* data-data material tanah pada masing-masing lapisan tanah yang diperlukan dari data uji laboratorium pada menu *KeyIn – Materials*, data yang dibutuhkan yaitu kohesi tanah (c), sudut geser tanah (φ), berat tanah jenuh (γ) dan berat tanah kering (γ_d) sesuai dengan kondisi yang akan dilakukan analisis:



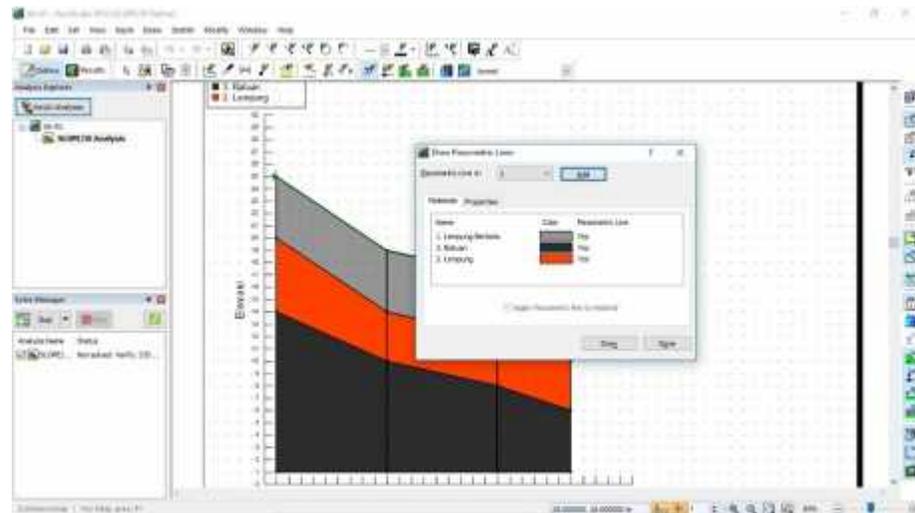
Gambar 10. Memasukkan data material lapisan tanah dengan *KeyIn – Materials*

5. Memasukkan material lapisan tanah sesuai *region*/wilayah lapisan material tanah pada gambar geometri penampang lereng menggunakan menu *draw-material*.



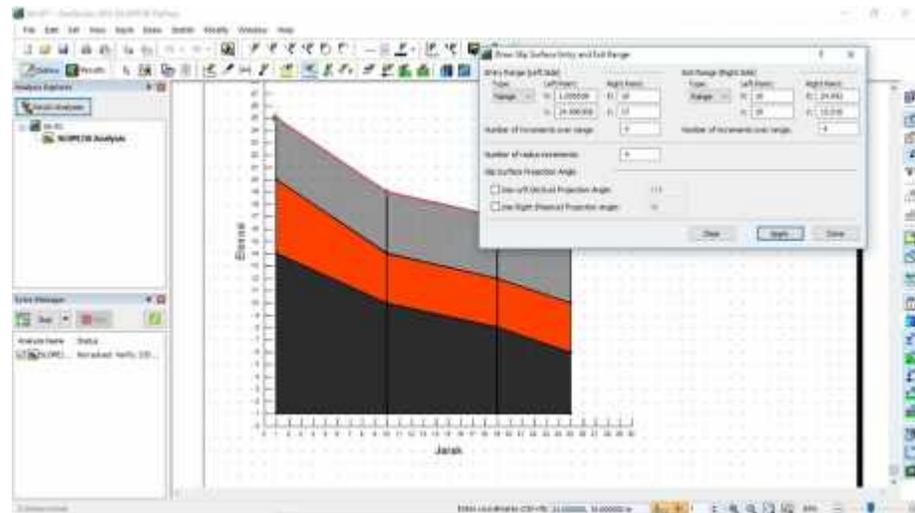
Gambar 11. Menghubungkan Data Material Ke Potongan Geometri

6. Menggambar tinggi muka air tanah sesuai dengan kondisi 3 analisis, yaitu, kondisi jenuh, kondisi tidak jenuh, dan kondisi kritis.



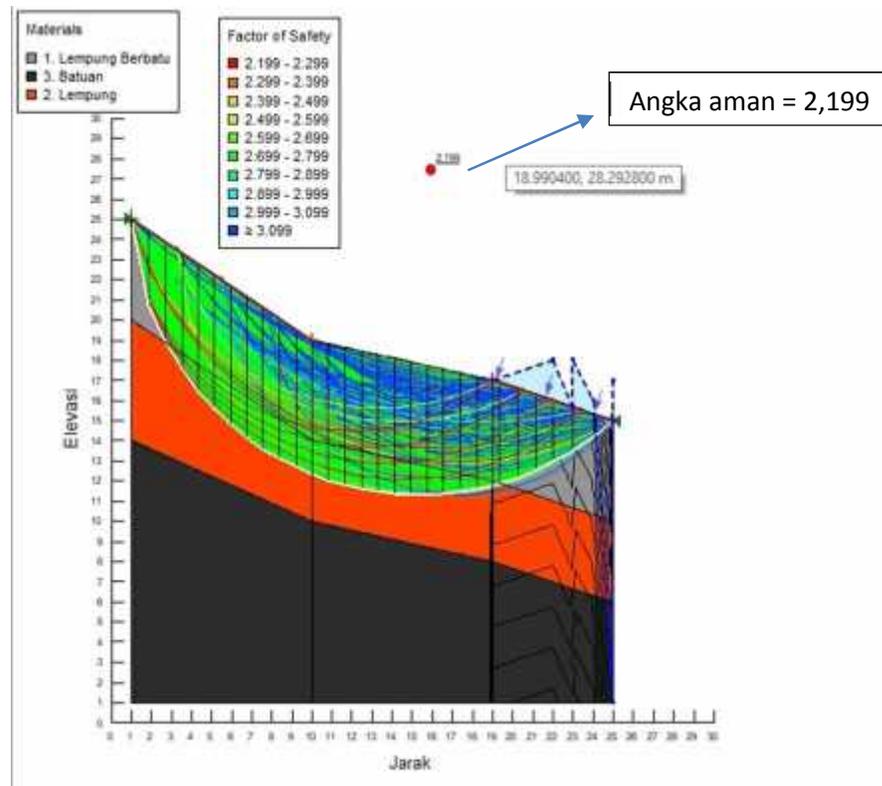
Gambar 12. Menggambar Garis Tekanan Air Pori

7. Menggambar *Slip Surface – Entry and Exit* untuk mengetahui rentang kemungkinan bidang gelincir lereng yang akan terjadi pada hasil akhir analisis.



Gambar 13. Menggambar dan Menentukan *Slip Surface*

8. Menganalisis lereng yang sudah dimodel dengan menggunakan *Solve Analysis* untuk mendapatkan nilai factor aman (*Factor of Safety*) dan data data lainnya pada setiap *Slice Slip Surface*.
9. Output
 - a. Tampilan pada hasil akhir permodelan lereng ialah berupa gambar kemungkinan bidang gelincir yang terjadi dan disertai dengan beberapa keterangan faktor keamanan, yang selanjutnya akan dibahas di bab selanjutnya.



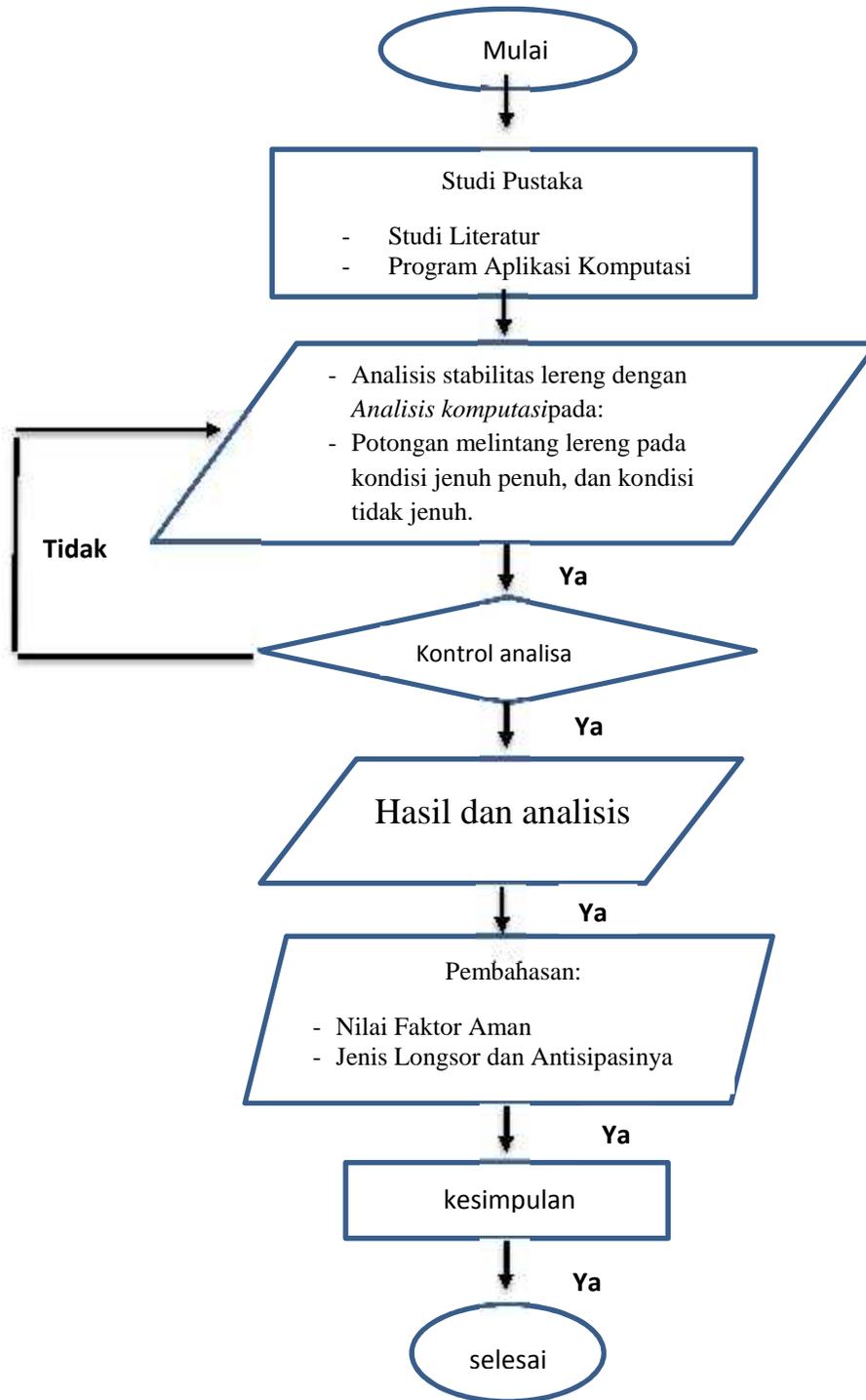
Gambar 14. Gambar Hasil Akhir Permodelan

- b. Diagram potongan lereng dan beserta data di setiap *slice* pada bidang gelincir.
- c. *Report* dari seluruh hasil analisa yang telah dilakukan.
- d. Grafik hubungan antara tegangan air pori dan lebar lereng.

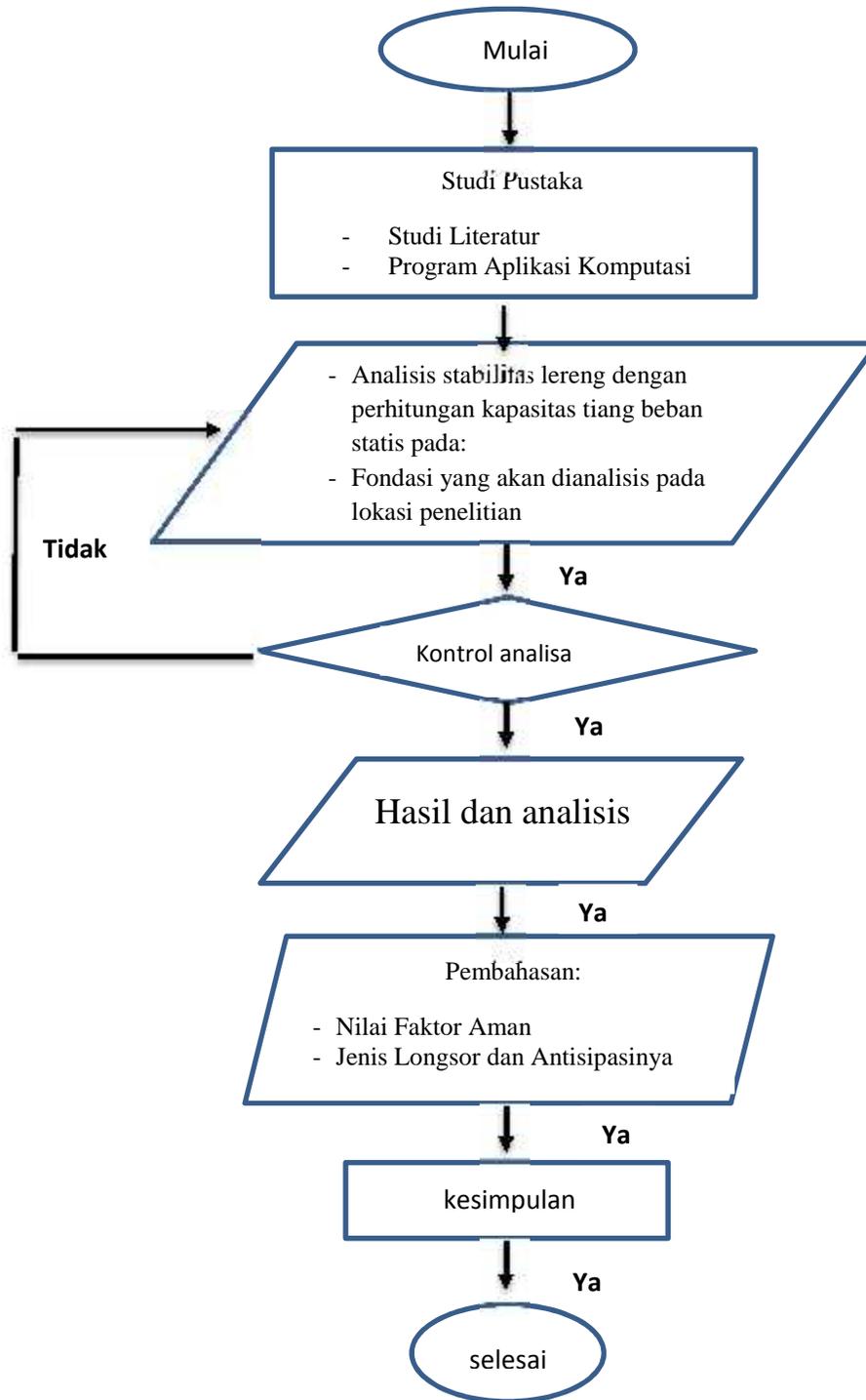
3.4. Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan dalam menganalisis kestabilan pada lereng yang akan dipermodelkan di skemakan dalam diagram alir. Diagram alir adalah sebuah diagram dengan simbol-simbol grafis yang menyatakan aliran proses yang menampilkan langkah-langkah pada penelitian dan memberi solusi selangkah demi selangkah untuk penyelesaian masalah yang ada di dalam penelitian ini.

Diagram penelitiannya adalah sebagai berikut:



Gambar 15. Diagram Alir Penelitian dengan Program Aplikasi Komputasi



Gambar 16. Diagram Alir Penelitian Dengan Perhitungan Manual

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari analisis stabilitas lereng pada *cluster* J-I pada PGE Kecamatan Ulubelu adalah sebagai berikut:

1. Untuk perhitungan menggunakan Program Analisis Komputasi dengan menggunakan metode *fellenius*, angka aman terbesar terdapat pada *borehole-03* menggunakan beban 0 ton dengan angka aman sebesar 3,987.
2. Untuk perhitungan menggunakan Program Analisis Komputasi dengan menggunakan metode *bishop*, angka aman terbesar terdapat pada *borehole-03* menggunakan beban 0 ton dengan angka aman sebesar 4,357.
3. Untuk perhitungan menggunakan Program Analisis Komputasi dengan menggunakan metode *janbu*, angka aman terbesar terdapat pada *borehole-03* menggunakan beban 0 ton dengan angka aman sebesar 3,702.
4. Pada perhitungan angka aman dengan metode *meyerhoff*, angka aman terbesar dihasilkan pada *borehole-05* dengan lebar pondasi telapak (B) 2,5 meter dan nilai SPT >50 sebesar 3,81
5. Pada perhitungan angka aman dengan metode *terzaghi*, angka aman terbesar yang didapat terdapat pada *Borehole-04* pada kedalaman 20 meter dengan sudut geser sebesar $13,8^\circ$ dengan angka aman yang dihasilkan yaitu 3,412.

6. Untuk perhitungan angka aman dengan metode *bowles*, angka aman terbesar dihasilkan pada *borehole-05* dengan lebar pondasi telapak (B) 1,5 meter sebesar 3,516 dengan nilai SPT >50 dengan faktor kedalaman pondasi (Kd) 1,2 meter, dan pada *borehole-05* dengan lebar pondasi telapak (B) 2,5 sebesar 3,516 dengan nilai SPT >50 untuk faktor kedalaman pondasi (Kd) 1 meter.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil dari analisis stabilitas lereng yang telah dilakukan, saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukannya perhitungan dan penanganan kelongsoran pada lereng agar angka aman lereng menjadi lebih aman/stabil
2. Dari hasil analisis stabilitas lereng dengan menggunakan Program Analisis Komputasi, ukuran panjang tiang dan beban struktur yang akan dibangun adalah dua faktor utama yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan angka aman. Saran yang perlu dilakukan adalah memperbanyak variasi ukuran panjang tiang agar dapat memperbanyak kemungkinan angka aman yang dihasilkan sehingga dapat dijadikan acuan agar penelitian selanjutnya menjadi lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelinda, Lucia Nathania Christine. 2013. *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Hotel 15 (Lima Belas) Lantai*. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Fatria, Akhmad Ridho. 2016. *Analisis Perhitungan Stabilitas Lereng Dengan Metode Fellenius (Ordinary Method of Slice) Menggunakan Program PHP (Professional Home Page Hypertext Preprocessor)*. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1996. *Teknik Fondasi 1*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2006. *Teknik Fondasi 2*. Yogyakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Pentawan, Yota. 2017. *Simulasi Penggunaan Program Geostudio Slope/W 2007 Dalam Mengalalisis Stabilitas Lereng Dengan Jenis Tanah Lempung Berpasir Pada Kondisi Tidak Jenuh, Kondisi Jenuh Sebagian, Kondisi Jenuh*. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Saputra, Septian Adi. 2017. *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever dan Geotekstil Pada Ruas Jalan Lintas Liwa-Simpang Gunung Kemala KM. 268+550*. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Winanda, Restu Arga. 2017. *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Concrete Cantilever Dengan Menggunakan Program Plaxis (Studi Kasus: Jalan Liwa-Simpang Gunung Kemala Krui KM.264+600)*. Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Das, Braja M. 1983. *Fundamentals of Soil Dynamics*. New York: Elsevier Science Publishing Co. Inc.,

Prakash, Shamsher. 1981. *Soil Dynamics*. St. Louis, MO: McGraw-Hill Book Company. Inc.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI-1726-2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*. Bandung. Departemen Pekerjaan Umum.