

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN FAKTOR DAYA DUKUNG
TANAH PADA TANAH LEMPUNG DENGAN
NORMALISASI KUAT GESER TAK TERDRAINASE
TANAH MENGGUNAKAN METODE
DISCONTINUITY LAYOUT OPTIMIZATION**



**GERARD LOUIS HOWAN
NPM : 2017410079**

PEMBIMBING: Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024**

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN FAKTOR DAYA DUKUNG
TANAH PADA TANAH LEMPUNG DENGAN
NORMALISASI KUAT GESER TAK TERDRAINASE
TANAH MENGGUNAKAN METODE
DISCONTINUITY LAYOUT OPTIMIZATION**



**GERARD LOUIS HOWAN
NPM : 2017410079**

BANDUNG, 10 JANUARI 2024

PEMBIMBING:

Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024**

SKRIPSI
PENGEMBANGAN FAKTOR DAYA DUKUNG
TANAH PADA TANAH LEMPUNG DENGAN
NORMALISASI KUAT GESER TAK TERDRAINASE
TANAH MENGGUNAKAN METODE
DISCONTINUITY LAYOUT OPTIMIZATION



GERARD LOUIS HOWAN
NPM : 2017410079

PEMBIMBING: Aswin Lim, Ph.D.

PENGUJI 1: Budijanto Widjaja, Ph.D.

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

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024

LEMBAR PERNYATAAN

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

Nama : Gerard Louis Howan
NPM : 2017410079
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Katolik

Parahyangan Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi*)

dengan judul:

Pengembangan Faktor Daya Dukung Tanah Pada Tanah Lempung Dengan Normalisasi Kuat Geser Tak

Terdrainase Tanah Menggunakan Metode *Discontinuity Layout Optimization*

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:08

Januari 2024



*) coret yang tidak perlu

**PENGEMBANGAN FAKTOR DAYA DUKUNG TANAH PADA
TANAH LEMPUNG DENGAN NORMALISASI KUAT GESER
TAK TERDRAINASE TANAH MENGGUNAKAN METODE
DISCONTINUITY LAYOUT OPTIMIZATION**

**Gerard Louis Howan
NPM: 2017410079**

Pembimbing: Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024
ABSTRAK**

Pada 1974, Ladd dan Foot memperkenalkan konsep tegangan dan normalisasi properti teknik tanah, atau yang lebih dikenal dengan SHANSEP. Konsep tersebut pada dasarnya mengakomodir pengaruh tegangan vertikal efektif pada kuat geser tak terdrainase tanah. Sejak saat itu pendekatan untuk perencanaan pada tanah lempung telah berkembang lebih jauh. Untuk mengakomodasi perkembangan-perkembangan tersebut, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dimana salah satunya merupakan studi untuk mempelajari efek dari normalisasi parameter tanah pada faktor daya dukung tanah. Penelitian mengenai topik tersebut telah dilakukan oleh Lim (2011) menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan program PLAXIS. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah nilai faktor daya dukung tanah akan bertambah seiring dengan parameter S_u/σ'_v dan efek tersebut akan lebih sensitif pada tanah lempung lunak dibandingkan dengan yang keras. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan yang sama dengan menggunakan metode yang berbeda yaitu metode Discontinuity Layout Optimization (DLO) dan menggunakan program Limitstate:GEO yang menggunakan metode tersebut dalam perhitungannya. Hasil dari penelitian ini adalah nilai N_c yang lebih besar secara signifikan untuk berbagai parameter S_u/σ'_v dibandingkan dengan yang menggunakan metode elemen hingga.

Kata Kunci: DLO, faktor daya dukung, Limitstate:GEO, SHANSEP, tanah lempung

DEVELOPMENT OF BEARING CAPACITY FACTORS IN CLAY SOIL WITH NORMALIZED UNDRAINED SHEAR STRENGTH USING THE DISCONTINUITY LAYOUT OPTIMIZATION METHOD

Gerard Louis Howan
NPM: 2017410079

Advisor: Aswin Lim, Ph.D.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM**
(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
**BANDUNG
JANUARY 2023**

ABSTRACT

In 1974, Ladd and Foot introduced the concept of Stress History and Normalization of Soil Engineering Properties, known as SHANSEP. This concept essentially accommodates the influence of effective vertical stress on undrained shear strength of soil. Since then, the approach to planning in clay soils has further evolved. To accommodate these developments, further research is needed including a study to investigate the effect of normalized soil parameters on bearing capacity factors. Research on this topic has been conducted by Lim (2011) using the finite element method with the PLAXIS program. The conclusion of the study is that the soil bearing capacity factor will increase along with the S_u/σ'_v parameter, and this effect will be more sensitive in soft clay soils compared to harder ones. This study aims to achieve the same objectives using a different method, namely the Discontinuity Layout Optimization (DLO) method, and employing the Limitstate:GEO program, which utilizes this method in its calculations. The results of this study show significantly larger N_c values for various S_u/σ'_v parameters compared to those obtained using the finite element method.

Keywords: Clay soils, DLO, Limitstate:GEO, SHANSEP, Undrained Shear Strength

PRAKATA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa atas limpahan berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengembangan Faktor Daya Dukung Tanah pada Tanah Lempung dengan Normalisasi Kuat Geser Tak Terdrainase Tanah menggunakan Metode *Discontinuity Layout Optimization*”. Penulisan skripsi ini menjadi salah satu syarat kelulusan Tingkat sarjana program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, terdapat banyak tantangan yang dilewati oleh penulis. Namun, banyak bantuan, dukungan, dan masukan yang diterima oleh penulis dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Tuhan yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan
2. Orang tua dan seluruh keluarga atas seluruh dukungan dan doa
3. Bapak Aswin Lim, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam penyusunan skripsi dan memberikan kritik maupun saran yang membangun.
4. Seluruh dosen dan asisten dosen KBI Geoteknik yang telah mengajarkan penulisan selama masa kuliah sehingga dapat memahami konsep dasar ilmu geoteknik.
5. Seluruh dosen dan asisten dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, yang telah menjadi pengajar dan pemberi ilmu sepanjang perjalanan studi penulis.
6. Daffa Faturohman, Tio Septianto, Barkah Hamzah dan Robertus Agung atas bantuan dan kebersamaan selama proses bimbingan skripsi
7. Semua pihak yang telah membantu dan berpartisipasi selama penyusunan laporan ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diterima oleh penulis, agar penelitian topik skripsi ini dapat lebih baik lagi kedepannya. Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dalam bidang teknik sipil.

Bandung, 08 Januari 2024



Gerard Louis Howan

2017410079

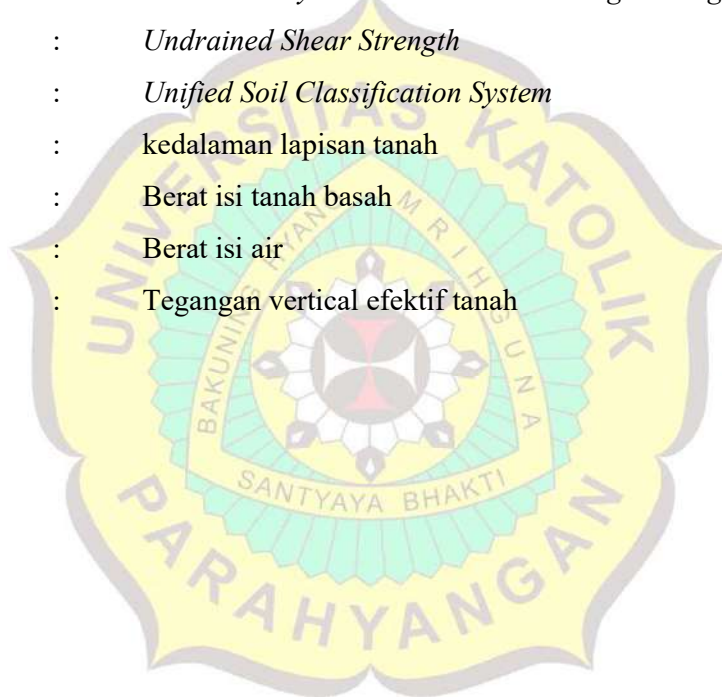
DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Lingkup Bahasan	2
1.5 Metode Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Diagram Alir	4
BAB 2 DASAR TEORI	5
2.1 Tanah	5
2.2 Klasifikasi tanah berdasarkan <i>Unified Soil Classification System (USCS)</i> ..	7
2.3 Kuat Geser Tanah	9
2.4 Kuat Geser Tak Terdrainase	10
2.5 Fondasi	11
2.5.2 Fondasi Dangkal	12
2.5.3 Fondasi Dalam	14

2.6 Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal	15
2.7 <i>Stress History and Normalized Soil Engineering Properties</i>	18
2.8 <i>Discontinuity Layout Optimization Method</i>	20
2.9 Finite Element Method (FEM).....	26
2.10 Perbandingan DLO dan FEM.....	29
2.11 Limitstate:GEO	30
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Penentuan Geometri	33
3.2 Penentuan Parameter Tanah.....	34
3.3 Penentuan nilai c_u <i>gradient</i>	35
3.4 Pemodelan	36
3.5 Eksekusi Program.....	42
3.6 Mencari bearing capacity factor (N_c)	44
BAB 4 ANALISIS DATA	45
4.1 Hasil perhitungan c_u <i>gradient</i> yang akan digunakan	45
4.2 Hasil N_c untuk berbagai <i>nodal density</i> pada $S_u=12kPa$	51
4.3 Nilai N_c untuk berbagai nilai S_u	53
4.4 Perbandingan N_c menggunakan DLO dan FEM	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

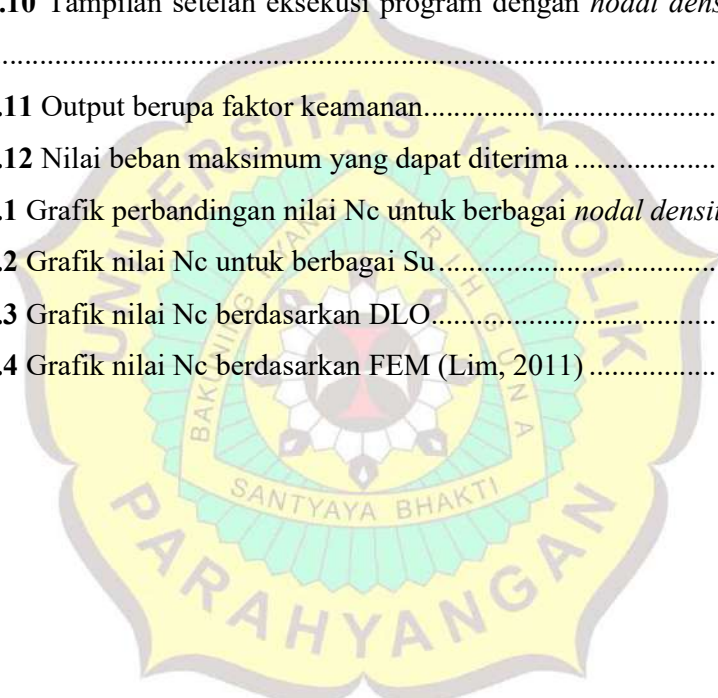
B	:	Lebar fondasi
c'	:	Kohesi tanah efektif
DLO	:	<i>Discontinuity Layout Optimization</i>
N_c	:	Faktor daya dukung tanah
OCR	:	<i>Overconsolidation ratio</i>
q	:	<i>Overburden pressure</i> pada dasar fondasi
q_{ult}	:	Daya dukung ultimit fondasi
SHANSEP	:	<i>Stress History and Normalized Soil Engineering Properties</i>
S_u	:	<i>Undrained Shear Strength</i>
USCS	:	<i>Unified Soil Classification System</i>
z	:	kedalaman lapisan tanah
γ_{sat}	:	Berat isi tanah basah
γ_w	:	Berat isi air
σ'_v	:	Tegangan vertical efektif tanah



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir.....	4
Gambar 2.1 Diagram Fase Tanah.....	6
Gambar 2.2 Ilustrasi bidang runtuh Mohr-Coulomb.....	9
Gambar 2.3 Kuat geser terdrainase dan tak terdrainase pada tanah lempung (Duncan, 2014).....	10
Gambar 2.4 Detail fondasi menerus batu kali	11
Gambar 2.5 Fondasi setempat	12
Gambar 2.6 Fondasi menerus	13
Gambar 2.7 Fondasi pelat.....	13
Gambar 2.8 Fondasi tiang pancang	14
Gambar 2.9 Fondasi tiang bor	14
Gambar 2.10 Hubungan sudut geser dalam dan faktor daya dukung Terzaghi...	16
Gambar 2.11 Ilustrasi hubungan kedalaman tanah dengan nilai Su.....	19
Gambar 2.12 Ilustrasi lapisan tanah beserta nilai Su.....	19
Gambar 2.13 Contoh kasus lapisan tanah yang dibebani	20
Gambar 2.14 Pendiskritan lapisan tanah	21
Gambar 2.15 Penyambungan antar nodal.....	21
Gambar 2.16 Identifikasi garis runtuh.....	22
Gambar 2.17 Pemodelan mekanisme bidang runtuh diambil dari sebuah set kemungkinan diskontinuitas.....	24
Gambar 2.18 Pemodelan fondasi pada 2 jenis lapisan tanah yang berbeda menggunakan DLO	25
Gambar 2.19 Pemodelan fondasi pada 2 jenis lapisan tanah yang berbeda dengan memperhitungkan muka air dengan DLO.....	25
Gambar 2.20 Elemen hingga dari sebuah contoh lapisan tanah	27
Gambar 2.21 Tampilan pemodelan lereng pada LimitState:GEO.....	31
Gambar 2.22 Tampilan <i>Gravity wall</i> pada LimitState:GEO	31
Gambar 2.23 Tampilan <i>Gabion Wall</i> pada LimitState:GEO.....	32
Gambar 2.24 Tampilan Jalur pipa pada LimitState:GEO.....	32
Gambar 3.1 Dimensi fondasi dan lapisan tanah	33

Gambar 3.2 Dimensi setengah pondasi pada penelitian menggunakan FEM dengan $B = 2$ meter (Lim, 2011)	33
Gambar 3.3 Kotak dialog untuk memulai pemodelan.....	36
Gambar 3.4 Kotak dialog untuk pemodelan kasus sederhana.....	37
Gambar 3.5 Kotak dialog untuk pemodelan geometri.....	38
Gambar 3.6 Kotak dialog pemodelan material tanah dan fondasi.....	39
Gambar 3.7 Model fondasi diatas tanah lempung	40
Gambar 3.8 Tampilan property editor material tanah	41
Gambar 3.9 Tampilan tombol <i>solve</i> untuk eksekusi program	42
Gambar 3.10 Tampilan setelah eksekusi program dengan <i>nodal density medium</i>	42
Gambar 3.11 Output berupa faktor keamanan.....	43
Gambar 3.12 Nilai beban maksimum yang dapat diterima	43
Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai N_c untuk berbagai <i>nodal density</i>	52
Gambar 4.2 Grafik nilai N_c untuk berbagai S_u	54
Gambar 4.3 Grafik nilai N_c berdasarkan DLO.....	55
Gambar 4.4 Grafik nilai N_c berdasarkan FEM (Lim, 2011)	55



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi tanah USCS (ASTM D 2487 – 66T).....	8
Tabel 2.2 Faktor daya dukung untuk persamaan daya dukung Meyerhof dan Hansen.....	17
Tabel 3.1 Hubungan konsistensi tanah kohesif dan kuat geser tak teralir (Terzaghi dan Peck, 1967).....	34
Tabel 4.1 Nilai c_u gradient untuk beberapa nilai S_u/σ'_v	50
Tabel 4.2 Nilai N_c untuk berbagai macam <i>nodal density</i> pada $S_u=12$ kPa	51
Tabel 4.3 Nilai N_c untuk berbagai nilai S_u	53



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fondasi merupakan bagian struktur paling bawah yang berfungsi untuk memikul beban dan berhubungan langsung dengan tanah. Struktur yang terletak diatas tanah memerlukan Fondasi agar stabilitas struktur tersebut terjaga. Di dalam desain Fondasi diperlukan perhitungan kekuatan daya dukung tanah serta dimensi yang baik sehingga struktur kokoh.

Terzaghi (1943) adalah yang pertama kali mengenalkan teori kekuatan daya dukung tanah maksimum untuk Fondasi dangkal. Pada 1963, Meyerhof memodifikasi teori yang dikemukakan oleh Terzaghi dengan memperkenalkan faktor kedalaman, faktor bentuk, dan kemiringan beban. Hasil uji dan penelitian dari laboratorium menunjukkan bahwa hasil daya dukung tanah lebih mendekati teori Meyerhof. Semua teori yang diusulkan oleh Terzaghi dan Meyerhof didasarkan pada *limit equilibrium method*.

Dari perhitungan *limit equilibrium method*, lapisan tanah selalu dianggap sebagai lapisan yang homogen dengan nilai *undrained shear strength* yang konstan sepanjang lapisan tersebut. Ladd dan Foot (1974) memperkenalkan konsep *Stress History and Normalized Soil Engineering Properties* (SHANSEP) sebagai suatu metode desain yang baru. Model SHANSEP ini digunakan dalam perhitungan *undrained shear strength* pada jenis tanah clay tertentu, dimana nilai *undrained shear strength* bertambah seiring dengan kedalaman tanah. Properti tanah dari konsep SHANSEP yang paling sering digunakan adalah S_u/σ'_v , dimana S_u merupakan *undrained shear strength* dan σ'_v adalah tegangan efektif vertikal tanah.

Konsep tersebut akan menghasilkan suatu nilai faktor *bearing capacity factor*, N_c yang berbeda-beda tergantung dengan nilai S_u awal dan nilai S_u/σ'_v . Pengembangan nilai N_c dengan konsep ini sudah pernah dilakukan dengan metode elemen hingga oleh Lim (2011) dan menghasilkan kesimpulan berupa sebuah *chart* untuk nilai N_c berdasarkan properti tanah S_u/σ'_v .

Selain dari limit equilibrium dan metode elemen hingga terdapat metode analisis menggunakan *discontinuity layout optimization* (DLO) yang menggunakan optimisasi secara matematis untuk mengidentifikasi keruntuhan tanah. Dengan metode ini dapat juga dilakukan pengembangan nilai N_c berdasarkan konsep SHANSEP.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan penelitian ini adalah diperlukannya analisis untuk nilai *bearing capacity factor* (N_c) untuk berbagai nilai S_u dan S_u/σ'_v . dengan menggunakan konsep SHANSEP dan metode *discontinuity layout optimization* (DLO) serta perbandingannya dengan metode elemen hingga

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan pemodelan Fondasi dangkal sederhana pada program Limitstate:GEO
2. Mengetahui nilai N_c berdasarkan nilai S_u dan S_u/σ'_v tertentu
3. Membandingkan hasil yang didapat dengan hasil menggunakan metode elemen hingga

1.4 Lingkup Bahasan

Lingkup bahasan dalam penelitian ini adalah:

1. Data tanah yang digunakan adalah berupa asumsi
2. Pemodelan dimensi lapisan tanah dan Fondasi dangkal menggunakan Limitstate:GEO didasarkan pada penelitian sebelumnya menggunakan metode elemen hingga
3. Model tanah yang digunakan adalah Mohr-Coulomb soil model

1.5 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan adalah:

1. Studi Literatur
2. Pengumpulan dan Analisis Data

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang penelitian, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian

2. **BAB 2 STUDI PUSTAKA**

Bab ini berisi landasan teori serta konsep yang digunakan selama penelitian

3. **BAB 3 METODE PENELITIAN**

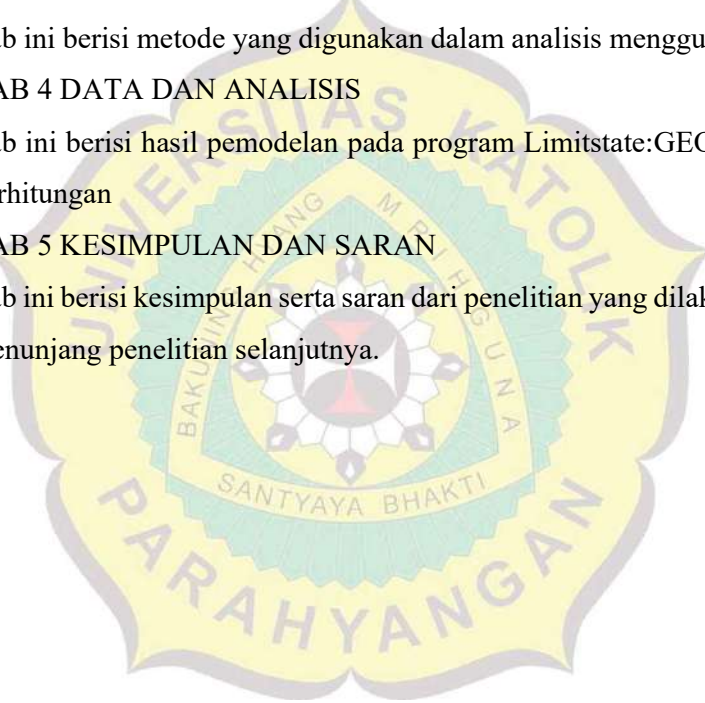
Bab ini berisi metode yang digunakan dalam analisis menggunakan DLO

4. **BAB 4 DATA DAN ANALISIS**

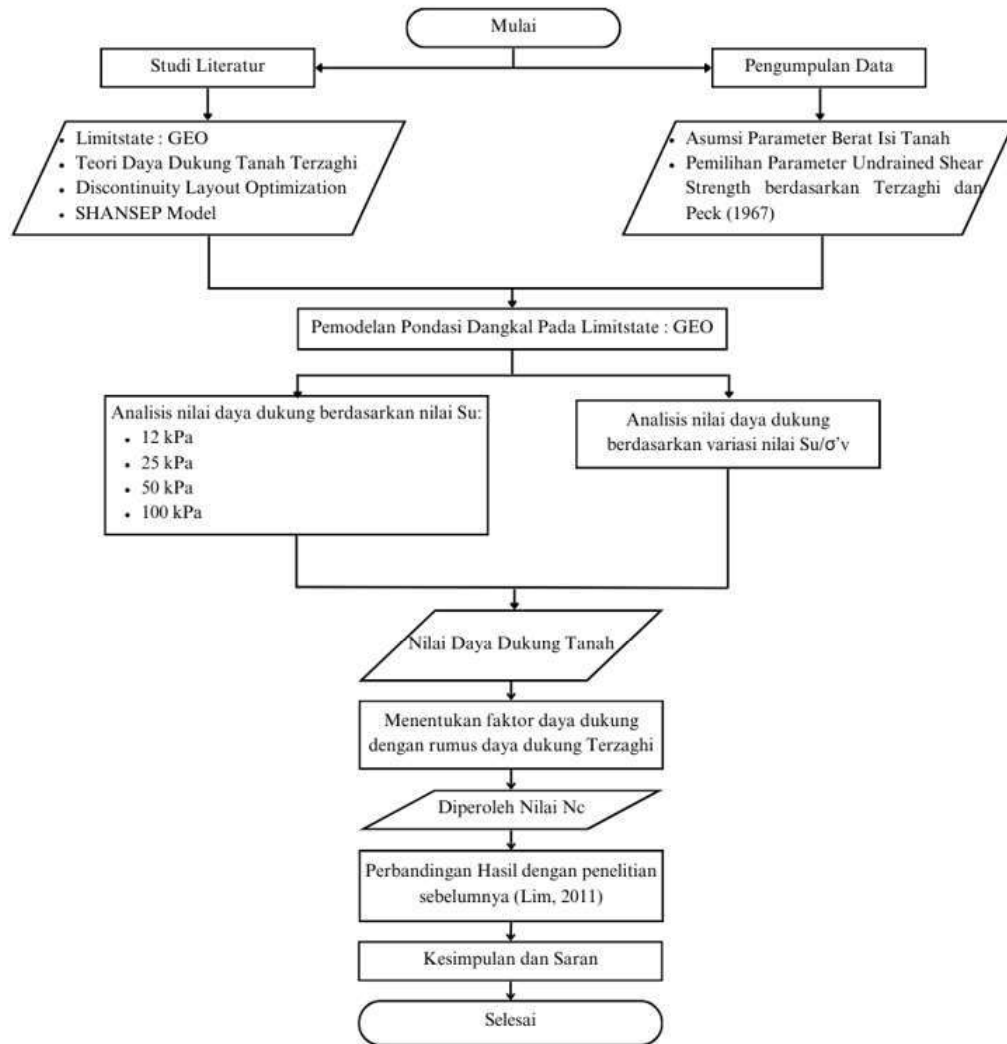
Bab ini berisi hasil pemodelan pada program Limitstate:GEO serta hasil perhitungan

5. **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan serta saran dari penelitian yang dilakukan untuk menunjang penelitian selanjutnya.



1.7 Diagram Alir



Gambar 1.1 Diagram Alir