

SKRIPSI

**ANALISIS NUMERIK JARAK INTERAKSI ANTARA
DUA BUAH PONDASI DANGKAL MENERUS PADA
TANAH LEMPUNG**



**DENNIS BUDDY SAPUTRA
NPM: 2013410125**

PEMBIMBING : ASWIN LIM, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2018**

SKRIPSI

**ANALISIS NUMERIK JARAK INTERAKSI ANTARA
DUA BUAH PONDASI DANGKAL MENERUS PADA
TANAH LEMPUNG**



**DENNIS BUDDY SAPUTRA
NPM: 2013410125**

PEMBIMBING : ASWIN LIM, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2018**

SKRIPSI

**ANALISIS NUMERIK JARAK ANTARA DUA
BUAH PONDASI DANGKAL MENERUS PADA
TANAH LEMPUNG**



**DENNIS BUDDY SAPUTRA
NPM: 2013410125**

BANDUNG, 7 JUNI 2018

PEMBIMBING



Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT 4339/SK/BAN-PT/Akred/PT/XI/2017)
BANDUNG
JUNI 2018**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Dennis Buddy Saputra

NPM : 2013410125

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: Analisis Numerik Jarak Interaksi Antara Dua Buah Pondasi Dangkal Menerus Pada Tanah Lempung adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, Juni 2018



Dennis Buddy Saputra

2013410125

ANALISIS NUMERIK JARAK INTERAKSI ANTARA DUA BUAH PONDASI DANGKAL MENERUS PADA TANAH LEMPUNG

**Dennis Buddy Saputra
NPM: 2013410125**

Pembimbing: Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2018**

ABSTRAK

Karya tulis ilmiah ini menyajikan dampak keberadaan dua buah pondasi dangkal menerus pada tanah lempung terhadap kapasitas dukung ultimit masing-masing. Fenomena interaksi pondasi bersebelahan terhadap perubahan daya dukung ultimit merupakan topik menarik yang sudah banyak dilakukan studi baik secara eksperimental maupun teoretis. Namun, sebagian besar studi-studi tersebut hanya membahas fenomena yang terjadi pada tanah pasir. Studi ini dilakukan secara numerik dengan program OPTUM G2. Hasil studi ini menunjukkan bahwa semakin dekat keberadaan pondasi yang bersebelahan akan membuat daya dukung ultimit masing-masing semakin menurun meskipun tidak signifikan. Pengaruh ini lebih kentara terjadi pada tanah lempung lunak daripada tanah lempung teguh.

Kata kunci: daya dukung, jarak interaksi, pondasi menerus, lempung, Optum G2

NUMERICAL ANALYSIS OF INTERACTION SPACING DISTANCE BETWEEN TWO SHALLOW STRIP FOOTINGS ON CLAY SOIL

**Dennis Buddy Saputra
NPM: 2013410125**

Advisor: Aswin Lim, Ph.D.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT No. 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNE 2018**

ABSTRACT

This paper presents the effect of two shallow strip footings on clay soil to their respective ultimate bearing capacity. This phenomenon that has been widely studied both experimentally and theoretically. However, most of these studies are only for the phenomenon that occurs on sands. This study has done numerically by OPTUM G2. The results of this study indicate that the closer adjacent footing reduces their respective ultimate bearing capacity although not significantly.

Keywords: ultimate bearing capacity, interference, strip footing, clay, Optum G2

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas dukungan dan harapan-Nya karya tulis ilmiah berjudul Analisis Numerik Jarak Interaksi Antara Dua Buah Pondasi Dangkal Menerus Pada Tanah Lempung dapat terselesaikan. Penulisan skripsi ini adalah syarat wajib untuk menyelesaikan Program Sarjana.

Dalam proses penyusunan karya tulis ilmiah ini penulis melalui berbagai kesulitan dan hambatan terutama adaptasi penggunaan program perangkat lunak baru. Namun, dengan ketekunan dan kerja keras, akhirnya penulisan karya tulis ilmiah ini dapat selesai tepat waktu. Penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat ketekunan dan kerja keras sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini dengan baik.
2. Kakek yang telah mengurus penulis sejak kecil yang ketika penulis menyelesaikan skripsi ini sedang terbaring di rumah sakit dalam upayanya melawan penyakit kanker.
3. Bapak Aswin Lim, Ph.D yang telah memberikan bimbingan dengan luar biasa baik dan sistematis kepada penulis untuk menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.
4. Ayah, Ibu, Kakek, dan Nenek penulis yang telah memberikan dukungan doa dan moral untuk penulis.
5. Para dosen penguji: Prof Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D., Budijanto Widjaja, Ph.D., DR. Rinda Karlinasari, Siska Rustiani, Ir. M.T., Anastasia Sri Lestari, Ir. M.T.
6. Sonatha Christianto, S.T., Willy, S.T., Andreas Gunawan, S.T., Bobby Christian, S.T., yang telah membentuk *Academic Support Team* sejak tahun 2016 yang secara khusus bertujuan untuk memberikan dukungan dan panduan akademis untuk penulis hingga tamat Program Sarjana.
7. Variant Giovann yang telah memberikan dukungan berupa pengetahuan Teknologi Informasi perangkat lunak kepada penulis.

8. Rekan-rekan seperjuangan: Variant Giovann, Alexander Dion, dan Louis Findlay yang sama-sama berupaya menyelesaikan Program Sarjana pada Semester Genap 2017/2018.
9. Rekan-rekan lainnya baik satu angkatan maupun berbeda yang telah bersedia untuk saling membantu materil maupun moril satu sama lain dalam rangka menyelesaikan Program Sarjana.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, Penulis bersedia menerima segala kritik dan saran atas penulisan karya tulis ilmiah ini.

Bandung, Juni 2018



Dennis Buddy Saputra

2013410125

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian	1-2
1.4 Lingkup Permasalahan	1-2
1.5 Metode Penelitian	1-2
1.6 Sistematika Penulisan	1-3
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-3
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 Pondasi Tunggal	2-1
2.1.1 Metode Matematis	2-2
2.1.2 Metode Elemen Hingga	2-8
2.2 Pondasi Ganda	2-10
2.2.1 Pengujian Eksperimental	2-10
2.2.2 Metode Elemen Hingga	2-13
BAB 3 METODE PENELITIAN	3-1
3.1 Teknik Pengolahan Data	3-1
3.1.1 Verifikasi Model	3-3
3.1.2 Pemodelan Pondasi Ganda	3-6
BAB 4 ANALISIS DATA	4-1
4.1 Verifikasi Pemodelan	4-1
4.2 Pemodelan Pondasi Ganda	4-2

4.2.1 Spasi 3 meter	4-3
4.2.2 Spasi 3,5 meter	4-5
4.2.3 Spasi 4 meter	4-7
4.2.4 Spasi 4,5 meter	4-9
4.2.5 Spasi 5 meter	4-11
4.2.6 Spasi 6 meter	4-13
4.2.7 Spasi 7 meter	4-15
4.2.8 Spasi 8 meter	4-17
4.2.9 Spasi 10 meter	4-19
4.2.10 Spasi 12 meter	4-21
4.3 Kurva Beban-Penurunan	4-23
4.3.1 Spasi 3 meter	4-23
4.3.2 Spasi 3,5 meter	4-25
4.3.3 Spasi 4 meter	4-27
4.3.4 Spasi 4,5 meter	4-29
4.3.5 Spasi 5 meter	4-31
4.3.6 Spasi 6 meter	4-33
4.3.7 Spasi 7 meter	4-35
4.3.8 Spasi 8 meter	4-37
4.3.9 Spasi 10 meter	4-39
4.3.10 Spasi 12 meter	4-41
4.4 Rekapitulasi	4-43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran	5-1
DAFTAR PUSTAKA	xix
LAMPIRAN 1	1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

B	lebar pondasi
c	kohesi tanah
D_f	kedalaman pondasi
E_u	modulus elastisitas tanah
F_{cs}, F_{qs}, F_{ys}	faktor bentuk
F_{cd}, F_{qd}, F_{yd}	faktor kedalaman pondasi
F_{ci}, F_{qi}, F_{yi}	faktor inklinasi beban
H	kedalaman tanah
K_p	koefisien tekanan pasif
N_c, N_q, N_γ	faktor daya dukung tak berdimensi pondasi tunggal
N_d	faktor daya dukung tak berdimensi pondasi ganda
q	tegangan tanah pada dasar pondasi
S	jarak spasi
S_u	konsistensi
γ	berat isi tanah
γ_{dry}	berat isi kering
γ_{sat}	berat isi jenuh

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram alir penelitian	1-4
Gambar 2.1 Ragam mekanisme keruntuhan pondasi	2-2
Gambar 2.2 Keruntuhan geser tanah di bawah pondasi menerus	2-3
Gambar 2.3 Grafik faktor kekuatan geser	2-9
Gambar 2.4 Daerah plastis tanah dinormalisasi dan tidak dinormalisasi	2-9
Gambar 2.5 Skema uji eksperimental Lavasan dan Ghazavi (2012)	2-11
Gambar 2.6 Variasi faktor interaksi terhadap rasio spasi	2-12
Gambar 2.7 Variasi rasio penurunan terhadap rasio spasi	2-12
Gambar 2.8 Variasi kemiringan terhadap rasio spasi.....	2-13
Gambar 2.9 Konfigurasi pondasi Lee dan Eun (2009)	2-14
Gambar 2.10 Pemodelan pondasi Mabrouki et al. (2010)	2-15
Gambar 2.11 Stress bulb pondasi pada tanah kohesif.....	2-16
Gambar 3.1 Tampilan antarmuka OPTUM G2.....	3-1
Gambar 3.2 Ukuran bidang tanah yang digunakan beserta parameternya.....	3-3
Gambar 3.3 Verifikasi model dengan pondasi tunggal	3-4
Gambar 3.4 Pemodelan dua buah pondasi	3-6
Gambar 4.1 <i>Mesh</i> dan tegangan deviatorik untuk verifikasi pemodelan	4-1
Gambar 4.2 <i>Mesh</i> dan tegangan deviatorik untuk spasi 3 meter.....	4-4
Gambar 4.3 <i>Mesh</i> dan tegangan deviatorik untuk spasi 3,5 meter.....	4-6
Gambar 4.4 <i>Mesh</i> dan tegangan deviatorik untuk spasi 4 meter.....	4-8
Gambar 4.5 <i>Mesh</i> dan tegangan deviatorik untuk spasi 4,5 meter.....	4-10
Gambar 4.6 <i>Mesh</i> dan tegangan deviatorik untuk spasi 5 meter.....	4-12
Gambar 4.7 <i>Mesh</i> dan tegangan deviatorik untuk spasi 6 meter.....	4-14
Gambar 4.8 <i>Mesh</i> dan tegangan deviatorik untuk spasi 7 meter.....	4-16
Gambar 4.9 <i>Mesh</i> dan tegangan deviatorik untuk spasi 8 meter.....	4-18
Gambar 4.10 <i>Mesh</i> dan tegangan deviatorik untuk spasi 10 meter.....	4-20
Gambar 4.11 <i>Mesh</i> dan tegangan deviatorik untuk spasi 12 meter.....	4-22
Gambar 4.12 Kurva beban-penurunan untuk spasi 3 meter	4-24
Gambar 4.13 Kurva beban-penurunan untuk spasi 3,5 meter	4-26
Gambar 4.14 Kurva beban-penurunan untuk spasi 4 meter	4-28

Gambar 4.15 Kurva beban-penurunan untuk spasi 4,5 meter	4-30
Gambar 4.16 Kurva beban-penurunan untuk spasi 5 meter	4-32
Gambar 4.17 Kurva beban-penurunan untuk spasi 6 meter	4-34
Gambar 4.18 Kurva beban-penurunan untuk spasi 7 meter	4-36
Gambar 4.19 Kurva beban-penurunan untuk spasi 8 meter	4-38
Gambar 4.20 Kurva beban-penurunan untuk spasi 10 meter	4-40
Gambar 4.21 Kurva beban-penurunan untuk spasi 12 meter	4-42
Gambar 4.22 Grafik daya dukung terhadap spasi metode elemen hingga	4-44
Gambar 4.23 Grafik S/B terhadap Nd dengan metode elemen hingga.....	4-45
Gambar 4.24 Grafik pengaruh S/B terhadap Nd metode <i>limit equilibrium</i>	4-46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi.....	2-4
Tabel 2.2 Faktor Kapasitas Dukung yang Dimodifikasi	2-6
Tabel 2.3 Faktor-faktor bentuk, kedalaman, dan inklinasi	2-7
Tabel 4.1 Hasil analisis verifikasi pemodelan.....	4-2
Tabel 4.2 Hasil analisis pemodelan dengan spasi 3 meter	4-4
Tabel 4.3. Hasil analisis pemodelan dengan spasi 3,5 meter	4-6
Tabel 4.4 Hasil analisis pemodelan dengan spasi 4 meter	4-8
Tabel 4.5 Hasil analisis pemodelan dengan spasi 4,5 meter	4-10
Tabel 4.6 Hasil analisis pemodelan dengan spasi 5 meter	4-12
Tabel 4.7 Hasil analisis pemodelan dengan spasi 6 meter	4-14
Tabel 4.8 Hasil analisis pemodelan dengan spasi 7 meter	4-16
Tabel 4.9 Hasil analisis pemodelan dengan spasi 8 meter	4-18
Tabel 4.10 Hasil analisis pemodelan dengan spasi 10 meter	4-20
Tabel 4.11 Hasil analisis pemodelan dengan spasi 12 meter	4-22
Tabel 4.12 Beban ultimit dan penurunan pondasi ganda dengan spasi 3 meter	4-24
Tabel 4.13 Beban ultimit dan penurunan pondasi ganda pada spasi 3,5 meter .	4-26
Tabel 4.14 Beban ultimit dan penurunan pondasi ganda pada spasi 4 meter	4-28
Tabel 4.15 Beban ultimit dan penurunan pondasi ganda pada spasi 4,5 meter .	4-30
Tabel 4.16 Beban ultimit dan penurunan pondasi ganda pada spasi 5 meter	4-32
Tabel 4.17 Beban ultimit dan penurunan pondasi ganda pada spasi 6 meter	4-34
Tabel 4.18 Beban ultimit dan penurunan pondasi ganda pada spasi 7 meter	4-36
Tabel 4.19 Beban ultimit dan penurunan pondasi ganda pada spasi 8 meter	4-38
Tabel 4.20 Beban ultimit dan penurunan pondasi ganda pada spasi 10 meter ..	4-40
Tabel 4.21 Beban ultimit dan penurunan pondasi ganda pada spasi 12 meter ..	4-42
Tabel 4.22 Hasil akhir analisis pengaruh jarak interaksi pondasi dangkal	4-43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perbandingan N_d *Limit Equilibrium* dan N_c MeyerhofL1-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Bangunan-bangunan memerlukan pondasi untuk dapat berdiri dengan kokoh. Secara umum, pondasi terbagi atas dua macam, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Penerapannya bergantung pada beban struktural dan karakteristik tanah tempat bangunan tersebut didirikan. Hal utama yang ingin didapatkan oleh perencana dalam merancang pondasi adalah kapasitas dukungnya. Kapasitas dukung pondasi harus lebih besar daripada beban yang menumpu pada pondasi tersebut.

Kapasitas dukung suatu pondasi merupakan salah satu masalah paling sering dihadapi dalam studi geoteknik. Kapasitas dukung merupakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat gaya pembebanan. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menentukan daya dukung ultimit pondasi dangkal yang posisinya saling bersebelahan di tanah pasir. Pondasi dangkal yang letaknya berdekatan dengan pondasi lainnya akan mengalami pengaruh intervensi dari pondasi tetangganya tersebut. Pengaruh keberadaan pondasi lain yang berjarak dekat terhadap kapasitas dukung telah banyak dilakukan penelitian (Stuart, 1962; Das dan Larbi-Cherif, 1983; Wang dan Jao, 2002; Kumar dan Ghosh, 2007).

Menurut mekanisme keruntuhan Terzaghi, jarak lateral daerah pasir mencakup jarak 3 hingga 5 kali lebar telapak pondasi. Apabila pondasi yang bersebelahan diletakkan melebihi jarak lateral ini, pondasi tersebut akan berperilaku seperti pondasi individu. Namun, apabila letak pondasi yang bersebelahan masih berada di daerah pasif pondasi lainnya, mekanisme keruntuhan pondasi individu tidak lagi berlaku. Untuk selanjutnya, jarak antara dua pondasi ini disebut sebagai jarak spasi.

Meskipun telah banyak penelitian dilakukan untuk mengamati fenomena ini, tidak banyak yang melakukannya pada tanah lempung. Beberapa studi-studi terbaru (Lavasan dan Ghazavi, 2012; Lee dan Eun, 2009; Mabrouki, et al., 2010) pun mengamati dampak pondasi bersebelahan pada tanah pasir. Oleh karena itu,

pada skripsi ini akan dipelajari perubahan kapasitas dukung akibat keberadaan pondasi yang letaknya bersebelahan pada tanah lempung.

1.2 Inti Permasalahan

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menyelidiki dampak pondasi yang letaknya bersebelahan terhadap kapasitas dukung pondasi. Namun, tidak banyak di antaranya yang menganalisis dampak jarak antar pondasi tersebut pada tanah lempung pada beragam nilai konsistensi. Pada praktiknya, tanah di bawah pondasi tidak selalu merupakan tanah pasir. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemodelan pengaruh jarak antara dua pondasi dangkal dan kohesi tanah lempung dengan dimensi pondasi tertentu terhadap kapasitas dukung ultimitnya.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan pengaruh jarak antara dua buah pondasi dangkal menerus pada tanah lempung dengan beragam nilai konsistensi terhadap kapasitas dukung ultimitnya.

1.4 Lingkup Permasalahan

Analisa kapasitas dukung pondasi merupakan topik yang sangat luas. Banyak permasalahan yang menyangkut daya dukung ultimit yang dapat dibahas. Oleh karena itu, batasan masalah dalam skripsi ini antara lain:

1. Beban merata aksial diletakkan langsung di atas tanah tanpa elemen kaku.
2. Jenis tanah adalah tanah butir halus dengan konsistensi 12 kPa, 25 kPa, 50 kPa, dan 100 kPa.
3. Pondasi yang digunakan adalah pondasi menerus dengan lebar 2 meter.

1.5 Metode Penelitian

Analisis menggunakan Program OPTUM G2 dengan pemodelan 2D *plane-strain* untuk menentukan pengaruh interaksi antara dua buah pondasi menerus pada beragam konsistensi tanah terhadap kapasitas dukung ultimit. Sebelum melakukan analisis, pemodelan diverifikasi terlebih dahulu dengan memodelkan satu buah pondasi menerus dengan nilai S_u/σ_v' dan E_u yang konstan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan karya tulis ilmiah ini terdiri dari 5 bab, yaitu:

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab pertama ini membahas latar belakang permasalahan, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, sistematika penelitian, dan diagram alir penelitian.

BAB 2. STUDI PUSTAKA

Bab kedua ini membahas mengenai teori pondasi dangkal, di dalamnya turut dibahas tentang pondasi tunggal dan pondasi ganda, serta metode-metode yang digunakan.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai prosedur analisis dampak jarak antara dua pondasi menerus yang bersebelahan pada beragam nilai kohesi tanah butir halus terhadap kapasitas dukung pondasi dengan menggunakan Program OPTUM G2.

BAB 4. ANALISIS DATA

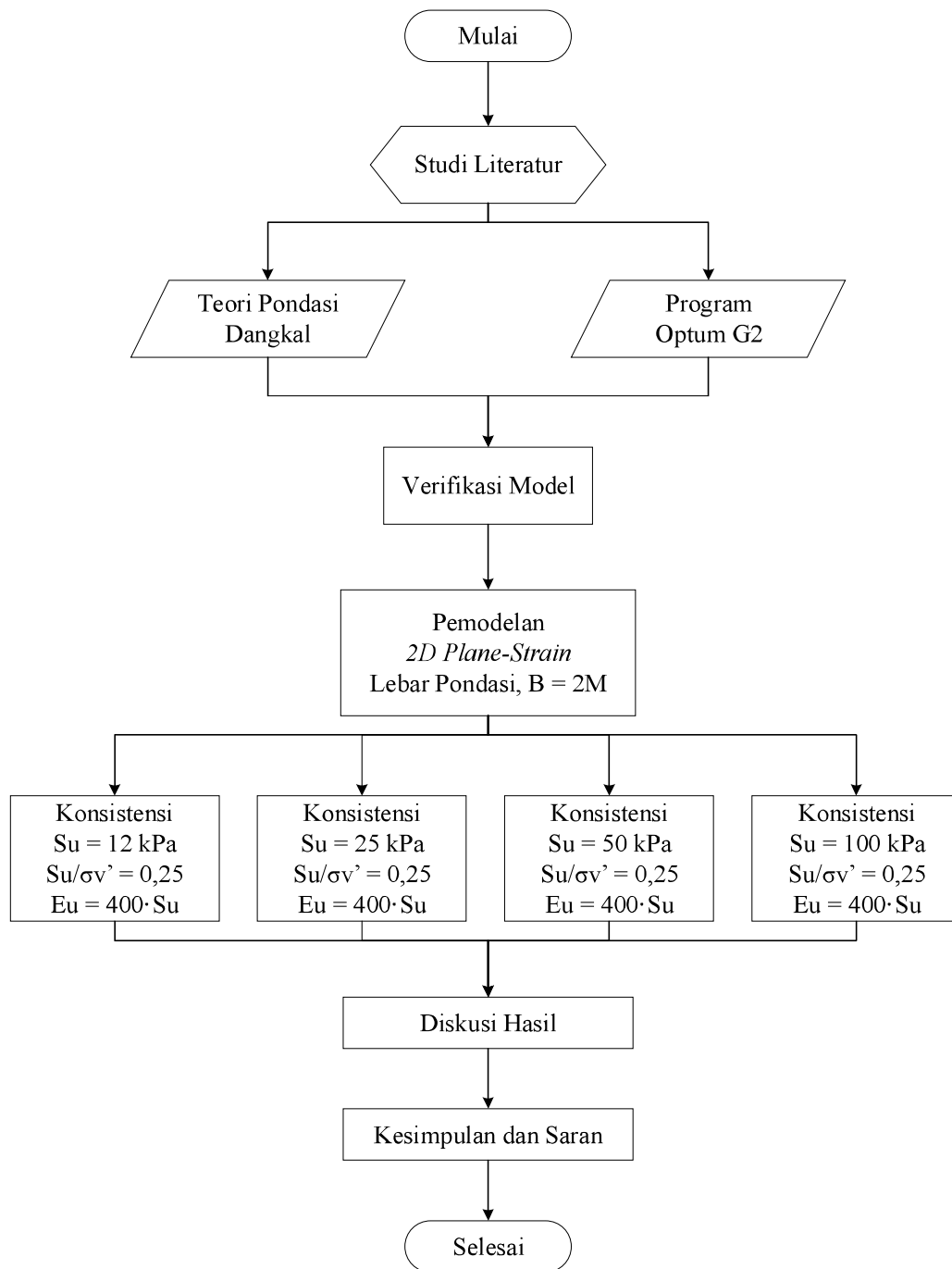
Bab ini membahas tentang pengolahan data dengan Program OPTUM G2 hingga hasil analisisnya. Seluruh gambar, grafik, dan tabel hasil analisis dicantumkan pada bab ini.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran mengenai penelitian yang dilakukan pada skripsi ini.

1.7 Diagram Alir Penelitian

Untuk menunjukkan proses penelitian yang akan dilakukan dalam penyelesaian karya tulis ilmiah ini maka dibuatlah diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian