

No. Inventaris : 310.S.01.2024



**universitas
MALIKUSSALEH**

SKRIPSI

**PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN LERENG TERHADAP
STABILITAS TANAH TIMBUNAN SUBBASE COURSE
PADA PEMBANGUNAN PROYEK JALAN TOL
BINJAI – PANGKALAN BRANDAN**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada Program Studi Teknik Sipil

Dilaksanakan Oleh :

IKMAL FASHA LUBIS

190110062

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MALIKUSSALEH

LHOKSEUMAWE

2024

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ikmal Fasha Lubis

NIM : 190110062

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa didalam skripsi ini tidak terdapat bagian atau suatu kesatuan yang utuh dari skripsi, tesis, buku, atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain yang dijadikan seolah olah karya asli saya sendiri. Apabila ternyata terdapat dalam skripsi saya bagian bagian yang memenuhi standar penjiplakan maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebahagian atau seluruh hak gelar kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat digunakan seperlunya

Lhokseumawe, 31 Januari 2024

Saya yang membuat pernyataan



Ikmal Fasha Lubis

190110062

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Sudut Kemiringan Lereng Terhadap Stabilitas Tanah Timbunan Subbase Course Pada Pembangunan Proyek Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan

Nama Mahasiswa : Ikmal Fasha Lubis

Nomor Induk Mahasiswa : 190110062

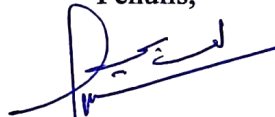
Bidang : Transportasi

Tanggal Seminar : 31 Januari 2024

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Malikussaleh.

Lhokseumawe, 31 Januari 2024

Penulis,



Ikmal Fasha Lubis

190110062

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Lis Ayu Widari, ST., MT
NIP.196703192003122001


Pembimbing Pendamping



Yovi Chandra, ST., MT
NIP.200801197805251001

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Nura Usrina, ST., MT
NIP.199004042023212058

Wakil Dekan Bidang Akademik



Dr. Ing. Sofyan, ST., MT
NIP.197508182002121003

KATA PENGANTAR

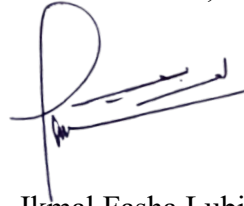
Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH Subhanahu Wataala yang telah memberikan taufik, rahmat dan karunia-Nya kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Tidak lupa Shalawat dan Salam semoga terlimpahkan kepada khabibana wanabiyana Muhammad Shallallahu alaihi wasallam, kepada keluarga beliau, sahabat beliau, pengikut beliau dan semoga kita sekalian bisa mendapatkan syafaat dari beliau dihari akhir kelak.Aamiin.

Dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu perlu rasanya mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Fithra, M.T.,IPM.,ASEAN Eng. Selaku Rektor Universitas Malikussaleh.
2. Bapak Dr. Muhammad, ST., M.Sc. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
3. Bapak Dr. Ing Sofyan, ST., MT Selaku Wakil Dekan Bidang Akademik
4. Bapak Dr. Yulius Rief Alkhaly, ST., M.Eng. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh dan sebagai pembimbing akademik.
5. Ibuk Nura Usrina, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Malikussaleh.
6. Ibu Lis Ayu widari, ST., MT, selaku Pembimbing Utama
7. Bapak Yovi Chandra, ST., MT, Selaku Dosen Pembimbing Pendamping
8. Ketua Penguji Bapak T.M. Ridwan, ST., MT.
9. Anggota Penguji Bapak Syibral Malasyi, ST., MT.
10. Kepada para staff, karyawan dan semua dosen Teknik Sipil yang telah banyak berjasa membagikan ilmu selama penulis menyanggah gelar mahasiswa.
11. Untuk mama Khairani Nst dan ayah Dasri Lubis yang tidak pernah mengenal kata lelah memberikan yang terbaik demi masa depan anaknya
12. Seluruh keluarga besar yang mendukung dan mendoakan.
13. Teman seperjuangan yang banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini

Saya menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Karna pengetahuan dan pengalaman saya yang terbatas. Oleh karena itu, semua kritik dan saran yang bersifat membangun akan saya terima dengan senang hati. Sekali lagi saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas perhatian dan dorongan dari semua pihak. Saya harap Skripsi ini dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukan.

Lhokseumawe, 31 Januari 2024

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized letter 'P' followed by several horizontal strokes and a small mark at the end.

Ikmal Fasha Lubis
Nim: 190110062

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Setinggi Puji sedalam Syukur kehadiran Ilahi Rabbi, Allah SWT sang pemilik jiwa raga serta seluruh alam semesta yang telah memberikan cinta, kekuatan serta kesabaran kepada seorang hamba bernama Ikmal Fasha yang mana atas berkat Rahmat serta karuniaNya sehingga karya sederhana ini dapat terselesaikan dengan segala lika liku proses di dalamnya
Karya sederhana yang sangat bermakna ini saya dedikasikan kepada orang hebat dihidup saya:

Mama Khairani dan Ayah Dasri Tercinta

Terimakasih atas semua cinta dan kasih yang telah kalian berikan, ikmal hanyalah pemakai gelar yang seharusnya tersemat dibelakang nama kalian, karna sejatinya perjuangan terbesar atas gelar S.T ini bukan yang ikmal lakukan namun apa yang ayah dan mama usahakan agar gelar ini bisa diperoleh walau dengan merangkak dan bersusah payah, terimakasih atas Do'a kalian yang ikmal yakini menjadi sebab utama ikmal bisa melewati setiap lembaran hidup yang tidak mudah ini.
Semoga Kebaikan dan Keberkahan selalu mendampingi kalian.

Ibu Lis Ayu widari, ST., MT, Bapak Yovi Chandra, ST., MT, Bapak TM. Ridwan, ST. MT dan Bapak Syibril Malasyi, ST., MT yang sudah banyak meluangkan waktu, memberi ilmu, dan sabar dalam membimbing insan yang minim akan ilmu ini sehingga bisa lebih mengetahui banyal hal, dan kepada seluruh Dosen dan Staff di jurusan Teknik Sipil, semoga semua yang telah kalian berikan menjadi amal Jariyah dikemudian hari

Adek saya Dita Puspita Lubis, Raihan Anshari Lubis dan si bungsu yang sangat kami sayangi Afif Ahwal Said. Teruslah berproses kearah yang lebih baik dan yang terpenting jangan lupa Ridho Mama dan ayah adalah yang utama, Abang sudah membuktikannya. Maaf belum bisa jadi contoh terbaik untuk kalian semua tapi abang akan selalu mengusahakannya

Manusia bernama Mukminah Mardiah Nst yang sudah meluangkan waktu, memberikan support, masukan, saran dan menjadi alarm hidup serta banyak hal lain dalam membantu penyelesaian skripsi ini. Terimakasih atas semua support dan sabarnya, tetaplah menjadi pribadi yang baik tanpa mengenal keburukan orang lain seperti biasanya. Bahagialah selalu disetiap langkahmu.

Kumpulan manusia hebat yang saya sebut sahabat yang ada didalam Grup WhatsApp **Kiwkiw** (Daffa, Ditya, Hanny dan Rona). Deri sahputra, Tiwa Kusuma, Kelvin Liano dan Richard serta warkop R2 yang menjadi saksi bisu lima manusia berjibaku dengan pikiran, berpaju dengan waktu, berlatar belakang rentetan suara ketikan keyboard dalam menyelesaikan karya Istimewa ini. Panjang umur untuk kalian semua dan semoga bisa berjumpa lagi pada waktu yang berbeda dengan versi terbaik dari masing-masing kita. Terimakasih atas pengalaman dan kenangan berharga yang sudah diukir bersama

Keluarga besar yang sudah memberi support, dukungan dan doa terbaik kepada saya, yang mungkin karna doa dari kalian juga kemudahan dan kelancaran bisa selalu membersamai proses ini.

Sahabat saya Handika Zulkarnaen Lubis yang sudah banyak membantu proses terutama dalam hal mengumpulkan data dalam penyelesaian tugas akhir ini. Terimakasih atas bantuan dan kebaikan hatinya, semoga kebaikan selalu bersamamu kawan.

Last but not least, i wanna thank me for believing in me, i wanna thank me for doing all this hard work, i wanna thank me for having nodays off, i wanna thank me for never quitting, i wanna thank me for just being me all time.

-Ikmal Fasha Lubis-

**PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN LERENG TERHADAP STABILITAS
TANAH TIMBUNAN SUBBASE COURSE PADA PEMBANGUNAN
PROYEK JALAN TOL BINJAI – PANGKALAN BRANDAN**

OLEH : IKMAL FASHA LUBIS

NIM : 190110062

Pembimbing Utama : Lis Ayu Widari, ST., MT
Pembimbing Pendamping : Yovi Chandra, ST., MT
Ketua Penguji : T.M. Ridwan, ST., MT
Anggota Penguji : Syibral Malasyi, ST., MT

ABSTRAK

Jalan tol memiliki peran strategis untuk meningkatkan mobilitas orang, barang dan jasa guna menunjang pertumbuhan ekonomi, meningkatkan pemerataan hasil pembangunan serta pengembangan suatu wilayah. Pada pembangunan jalan tol Binjai - Pangkalan Brandan mempunyai beragam timbunan dengan ketinggian dan sudut kemiringan yang berbeda yang dilakukan pada area kontur tidak merata maupun kondisi tanah dasar yang kurang baik. Sudut kemiringan adalah salah satu hal yang mempunyai pengaruh terhadap kegagalan suatu lereng (Budhu, 2011). Penelitian bertujuan untuk mengetahui angka stabilitas lereng timbunan pada perencanaan jalan tol Binjai – Pangkalan Brandan dan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudut kemiringan terhadap stabilitas lereng timbunan dengan variasi sudut 15°, 25°, 45° dan 60° sebelum dan sesudah pembebanan. Analisis stabilitas akan menggunakan dua metode perhitungan yaitu, manual bishop yang disederhanakan dan program geostudio. Hasil analisis stabilitas manual bishop dan geostudio sebelum pembebanan diperoleh nilai *safety factor* masing - masing 1,80 dan 1,79, sedangkan nilai *safety factor* lereng sesudah pembebanan adalah 1,46 dan 1,52. Pada analisis menggunakan program geostudio dengan variasi timbunan 15°, 25°, 45° dan 60° sebelum pembebanan diperoleh nilai *safety factor* sebesar 3,16, 2,16, 1,43 dan 1,09, sedangkan nilai *safety factor* sesudah pembebanan sebesar 2,60, 1,79, 1,15 dan 0,89. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi sudut kemiringan berpengaruh terhadap nilai *safety factor*. Kestabilan suatu lereng menurun seiring dengan semakin besarnya sudut. Semakin landai suatu lereng, nilai stabilitasnya semakin besar. Sebaliknya semakin curam suatu lereng maka nilai stabilitasnya semakin berkurang pada kondisi parameter tanah yang sama.

Kata Kunci: Bishop, Geostudio, Safety Factor, Stabilitas lereng, Sudut kemiringan

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian	3
1.6 Metode Penelitian	4
1.7 Hasil Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanah	5
2.1.1 Pengertian Tanah.....	5
2.1.2 Klasifikasi Tanah	6
2.2 Lereng	8
2.2.1 Keruntuhan Lereng	9

2.2.2 Penyebab Keruntuhan Lereng.....	9
2.2.3 Jenis – Jenis Keruntuhan Lereng	10
2.3 Analisa Stabilitas Lereng	12
2.4 Metode Bishop (<i>Simplified Bishop Method</i>).....	15
2.5 Program Geostudio	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	20
3.2 Lokasi Penelitian.....	22
3.3 Pengumpulan Data	23
3.3.1 Parameter Tanah.....	23
3.3.2 Data Beban Konstruksi	23
3.3.3 Data Beban Lalu lintas.....	23
3.4 Analisis dan Pengolahan Data.....	24
3.4.1 Analisis Stabilitas Lereng Metode Bishop.....	24
3.4.2 Analisis dengan <i>Software</i> Geostudio	26
3.5 Penelitian Terdahulu	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Data Penelitian	31
4.1.1 Data Parameter Tanah	31
4.1.2 Data Beban Perkerasan dan Lalu Lintas	32
4.2 Pemodelan <i>Software</i> Geostudio	33
4.3 Hasil Stabilitas Lereng.....	39
4.3.1 Hasil Analisis Stabilitas Metode <i>Simplefied</i> Bishop.....	40
4.3.2 Hasil Analisis Stabilitas Menggunakan <i>Software</i> Geostudio..	43
4.4 Pembahasan.....	43

4.4.1 Analisis Perhitungan Lereng Timbunan Kondisi Asli.....	44
4.4.2 Analisis Variasi Kemiringan dengan <i>Software</i> Geostudio	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN A PERHITUNGAN	54
LAMPIRAN B DATA PENELITIAN.....	83
LAMPIRAN C GAMBAR.....	88
LAMPIRAN D BIODATA MAHASISWA.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Safety factor</i> ditinjau berdasar keadaan lereng.....	14
Tabel 2.2 <i>Safety factor</i> ditinjau dari intensitas kelongsoran	14
Tabel 3.1 Data beban lalu lintas	24
Tabel 3.2 Tabel penelitian terdahulu	28
Tabel 4.1 Data parameter tanah.....	32
Tabel 4.2 Perhitungan gaya berat setiap irisan sebelum pembebanan	41
Tabel 4.3 Trial nilai <i>safety factor</i> kanan sebelum pembebanan	41
Tabel 4.4 Perhitungan gaya berat setiap irisan sesudah pembebanan	42
Tabel 4.5 Trial nilai <i>safety factor</i> kanan sesudah pembebanan	42
Tabel 4.6 Hasil nilai <i>safety factor</i> perhitungan manual bishop	43
Tabel 4.7 Rekapitulasi hasil nilai <i>safety factor</i> analisis program geostudio	43
Tabel 4.8 Keadaan lereng timbunan asli menurut tabel klasifikasi.....	44
Tabel 4.9 Keadaan lereng hasil geostudio menurut tabel klasifikasi	46
Tabel A.1 Perhitungan gaya berat setiap irisan sebelum pembebanan.....	63
Tabel A.2 Trial nilai <i>safety factor</i> kanan sebelum pembebanan.....	63
Tabel A.3 Perhitungan gaya berat setiap irisan sesudah pembebanan	72
Tabel A.4 Trial nilai <i>safety factor</i> kanan sesudah pembebanan	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bidang longsor pada lereng.....	15
Gambar 2.2 Irisan yang dipecah dari bidang longsor	15
Gambar 2.3 Gaya-gaya yang bekerja pada irisan.....	16
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian.....	21
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian.....	22
Gambar 3.3 Gambar <i>Long Section</i> Jalan.....	22
Gambar 4.1 Potongan melintang Station 29 + 375	31
Gambar 4.2 Potongan melintang jalan.....	32
Gambar 4.3 Tampilan awal <i>software</i> geostudio 2018	33
Gambar 4.4 Jendela <i>define analyses</i>	34
Gambar 4.5 Pengaturan <i>units</i>	34
Gambar 4.6 Pengaturan <i>grid</i>	35
Gambar 4.7 Jendela <i>sketch axes</i>	35
Gambar 4.8 <i>Region</i> kondisi tanah asli.....	36
Gambar 4.9 Menu <i>define material</i>	36
Gambar 4.10 Tampilan jendela <i>draw material</i>	37
Gambar 4.11 <i>Draw slip surface</i>	37
Gambar 4.12 <i>Output run analyses</i> geostudio 2018.....	38
Gambar 4.13 <i>Display safety map zone</i>	38
Gambar 4.14 <i>Display all slip surface</i>	39
Gambar 4.15 Bidang gelincir kritis pada Sta 29+375	40
Gambar 4.16 Perbandingan hasil <i>safety factor</i> lereng asli.....	45
Gambar 4.17 Perbandingan nilai SF analisis program geostudio	48
Gambar A.1 Bidang kelongsoran Sta 29+375 sebelum pembebanan	54
Gambar A.2 Bidang kelongsoran Sta 29+375 sesudah pembebanan.....	64
Gambar A.3 Nilai SF kemiringan asli sebelum pembebanan	73
Gambar A.4 Nilai SF kemiringan asli sesudah pembebanan	73
Gambar A.5 Nilai SF kemiringan 15° sebelum pembebanan	74

Gambar A.6 Nilai SF kemiringan 15° sesudah pembebanan.....	74
Gambar A.7 Nilai SF kemiringan 25° sebelum pembebanan.....	75
Gambar A.8 Nilai SF kemiringan 25° sesudah pembebanan.....	75
Gambar A.9 Nilai SF kemiringan 45° sebelum pembebanan.....	76
Gambar A.10 Nilai SF kemiringan 45° sesudah pembebanan.....	76
Gambar A.11 Nilai SF kemiringan 60° sebelum pembebanan.....	77
Gambar A.12 Nilai SF kemiringan 60° sesudah pembebanan.....	77
Gambar A.13 <i>Safety map zone</i> timbunan asli sebelum pembebanan.....	78
Gambar A.14 <i>Safety map zone</i> timbunan asli sesudah pembebanan.....	78
Gambar A.15 <i>Safety map zone</i> kemiringan 15° sebelum pembebanan.....	79
Gambar A.16 <i>Safety map zone</i> kemiringan 15° sesudah pembebanan.....	79
Gambar A.17 <i>Safety map zone</i> kemiringan 25° sebelum pembebanan.....	80
Gambar A.18 <i>Safety map zone</i> kemiringan 25° sesudah pembebanan.....	80
Gambar A.19 <i>Safety map zone</i> kemiringan 45° sebelum pembebanan.....	81
Gambar A.20 <i>Safety map zone</i> kemiringan 45° sesudah pembebanan.....	81
Gambar A.21 <i>Safety map zone</i> kemiringan 60° sebelum pembebanan.....	82
Gambar A.22 <i>Safety map zone</i> kemiringan 60° sesudah pembebanan.....	82
Gambar C.1 Pemadatan tanah timbunan.....	88
Gambar C.2 <i>Replacement</i> lapisan tanah.....	88
Gambar C.3 <i>Profolling</i> tanah timbunan.....	89
Gambar C.4 <i>Profolling</i> lapisan drainase.....	89
Gambar C.5 Lereng timbunan tol.....	90
Gambar C.6 Pengerjaan <i>rigid pavement</i>	90

DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

α_n	= Sudut tiap irisan
b_n	= Lebar irisan ke-i
r_u	= Rasio tekanan air pori
w_n	= Berat irisan tanah ke-i
σ	= Tegangan normal
τ	= Tegangan geser
φ	= Sudut gesek dalam tanah
γ	= Berat volume tanah
ΣF_y	= Gaya dalam arah vertikal
ΣM_y	= Kesetimbangan momen
AASHTO	= <i>American Association of State Highway and Transportation Officials Classification</i>
A_n	= Luas irisan
b	= Lebar irisan
Bishop	= Metode analisis kestabilan lereng
$c \times b_n$	= Gaya penahan dari kohesi
c	= Kohesi
Depth	= Kedalaman tanah
E	= Modulus elastisitas
F_c	= Faktor aman pada komponen kohesi
F_φ	= Faktor aman pada komponen gesekan
h	= Tinggi irisan
k	= Erodibilitas tanah (tingkat kepekaan)
$m\alpha_n$	= Faktor aman pada komponen gesekan
Mohr-Coulomb	= Model matematika yang menggambarkan respons material tanah terhadap tegangan
SF	= <i>Safety Factor</i> (faktor aman)

t	= Tahanan geser maksimal yang dapat diberikan tanah
td	= Tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor
u	= Tekanan air pori
USCS	= <i>Unified Soil Classification System</i>
v	= Poisson ratio
$W \times \sin \alpha$	= Tegangan geser (gaya penggerak) irisan
$W \times \tan \phi$	= Tahanan geser pada komponen gesek

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Namun peningkatan jumlah kendaraan beberapa tahun terakhir menjadi masalah yang menghambat mobilitas sehingga terganggunya roda perekonomian, maka pemerintah membangun jalan tol guna menjadi alternatif bagi masyarakat.

Jalan tol adalah struktur perkerasan lalu lintas dengan pelayanan tingkat tinggi. Menurut UU No 38 Tahun 2004 jalan tol merupakan bagian dari sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar saat melintasinya. Jalan tol memiliki peran strategis untuk meningkatkan mobilitas orang, barang dan jasa guna menunjang pertumbuhan ekonomi, meningkatkan pemerataan hasil pembangunan serta pengembangan suatu wilayah.

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal (Das, 2011). Pada sebuah area tempat yang terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan adanya gaya- gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak kearah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya tanah longsor.

Longsor merupakan peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan tanah dan batuan yang bergerak menuruni lereng, longsor terjadi karena adanya gangguan kestabilan pada tanah dan batuan penyusun lereng. Kasus tanah longsor sering terjadi di Indonesia karena tingginya curah hujan terutama disaat musim penghujan tiba, penyebab terjadinya tanah longsor pada lereng juga disebabkan pada jenis batuan, tanah pembentuk lereng, struktur geologi, vegetasi penutup dan penggunaan lahan pada lereng.

Dalam suatu perencanaan konstruksi jalan tol memerlukan suatu pekerjaan timbunan pada area yang mempunyai kontur tidak merata maupun pada kondisi tanah yang kurang baik. Pekerjaan timbunan dilakukan dengan tinggi dan elevasi yang beragam sesuai perencanaan diawal tergantung pada kondisi tanah, karena semakin tinggi elevasi timbunan tanah, maka semakin besar beban yang wajib ditahan oleh tanah dasarnya, inilah yang mengakibatkan kestabilan tanah berkurang pada konstruksi tersebut. Lapisan tanah timbunan subbase course adalah lapisan tanah yang menahan seluruh lapisan perkerasan diatasnya. Perencanaan pekerjaan timbunan yang baik berpengaruh terhadap kekuatan dan keawetan lapisan perkerasan karena jika tanah timbunannya kokoh dan stabil maka perkerasan diatasnya juga akan kokoh dan terhindar dari masalah longsor ataupun ambblas.

Pada proyek pembangunan tol Binjai – Pangkalan Brandan terdapat masalah tanah lunak yang menghambat pekerjaan pembangunan proyek Oleh karena itu, maka dirasa perlu adanya penelitian sebagai studi evaluasi terhadap pekerjaan timbunan pada proyek pembangunan tol Binjai-Pangkalan Brandan khususnya pada tanah timbunan tinggi dengan bentuk lereng guna menganalisa stabilitas pada lereng timbunan tersebut serta menganalisa pengaruh sudut kemiringan lereng terhadap angka faktor keamanan kemudian dilakukan pemodelan dengan bantuan aplikasi *software* Geostudio.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan pada sub bab sebelumnya maka, disusun rumusan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah kondisi stabilitas lereng timbunan pada perencanaan proyek pembangunan jalan tol Binjai – Pangkalan Brandan sebelum dan sesudah pembebanan menggunakan manual bishop dan *software* geostudio
2. Bagaimana pengaruh sudut kemiringan terhadap stabilitas lereng timbunan subbase course dengan variasi sudut 15° , 25° , 45° dan 60° sebelum dan sesudah pembebanan menggunakan *software* geostudio

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan bisa dicapai dalam penelitian ini sesuai dengan rumusan-rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya adalah

1. Untuk mengetahui stabilitas lereng tanah timbunan yang direncanakan pada pembangunan proyek tol Binjai – Pangkalan Brandan sebelum dan sesudah pembebanan menggunakan manual bishop dan *software* geostudio
2. Untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan terhadap stabilitas lereng timbunan subbase course dengan variasi sudut 15°, 25°, 45° dan 60° sebelum dan sesudah pembebanan menggunakan *software* geostudio

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bisa menjadi sarana bagi penulis untuk memperluas ilmu dan juga diharapkan menambah pengetahuan bagi pembaca mengenai perhitungan stabilitas lereng pada tanah timbunan dengan metode bishop dan pemodelan menggunakan program Geostudio, dan semoga bisa menjadi acuan dan referensi untuk perencanaan timbunan dilapangan.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

1. Penelitian dilaksanakan di proyek pembangunan tol Binjai-Langsa seksi 2 Binjai – Pangkalan Brandan
2. Karna variasi ketinggian tanah timbunan yang sangat beragam maka penelitian hanya dilakukan dengan menganalisa satu titik ketinggian timbunan yaitu pada Sta 29 + 375
3. Analisa perhitungan manual dilakukan dengan metode bishop dan pemodelan dengan menggunakan *software* Geostudio
4. Penelitian tidak melakukan uji fisik dan mekanis tanah
5. Data parameter tanah yang digunakan berasal dari hasil uji di laboratorium dan lapangan pada Proyek Pembangunan Jalan tol Binjai – Pangkalan Brandan
6. Variasi sudut kemiringan yang akan dianalisis adalah 15°, 25°, 45° dan 60°
7. Analisis dilakukan tanpa menghitung dan memodelkan perkuatan pada timbunan

1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur berdasarkan buku-buku dan jurnal-jurnal yang berhubungan dengan topik penelitian. Kemudian melakukan pengumpulan data dari kontraktor pelaksana yang dalam hal ini PT Hutama Karya Infrastruktur lalu melakukan analisa perhitungan manual stabilitas lereng timbunan dengan metode bishop pada kondisi lereng asli untuk mencari angka faktor keamanan. Kemudian akan dilakukan pemodelan dengan aplikasi geostudio baik itu lereng kondisi asli maupun lereng dengan sudut variasi kemiringan yang sudah di rencanakan. Dalam pemodelan dengan *software* geostudio akan memodelkan kondisi stabilitas tanah tanpa beban konstruksi dan dengan beban konstruksi serta beban lalu lintas, *software* Geostudio akan menghasilkan *output* berupa angka keamanan (*Safety Factor*). Kemudian akan disimpulkan sudut mana yang lebih baik dari angka keamanan yang diperoleh pada pemodelan dengan geostudio

1.7 Hasil Penelitian

Pada analisis stabilitas timbunan kemiringan asli metode manual bishop dan program geostudio 2018 sebelum pembebanan diperoleh hasil *safety factor* masing-masing 1,80 dan 1,79, sedangkan nilai *safety factor* lereng sesudah pembebanan struktur perkerasan dan lalu lintas adalah 1,46 dan 1,52.

Hasil analisis stabilitas lereng menggunakan program geostudio dengan variasi timbunan 15° , 25° , 45° dan 60° sebelum pembebanan masing-masing diperoleh nilai *safety factor* sebesar 3,16, 2,16, 1,43 dan 1,09, sedangkan nilai *safety factor* lereng sesudah pembebanan masing-masing sebesar 2,60, 1,79, 1,15 dan 0,89. Dari nilai *safety factor* hasil analisis geostudio dapat disimpulkan bahwa sudut kemiringan berpengaruh terhadap kestabilan suatu lereng. Kestabilan suatu lereng menurun seiring dengan semakin besarnya sudut. Semakin landai suatu lereng, nilai stabilitasnya semakin besar. Sebaliknya semakin curam suatu lereng maka nilai stabilitasnya semakin berkurang pada kondisi parameter tanah yang sama

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah adalah bahan teknik tertua dan paling kompleks. Nenek moyang kita menggunakan tanah sebagai bahan konstruksi untuk perlindungan dan perlindungan banjir. Peradaban barat memuji orang Romawi karena mengakui pentingnya tanah dalam stabilitas struktur. Insinyur Romawi, terutama Vitruvius, yang disajikan pada masa pemerintahan Kaisar Augustus pada abad pertama SM, menaruh perhatian besar pada jenis tanah (pasir, kerikil, dll.) dan untuk desain dan konstruksi pondasi yang kokoh. Tidak ada teoretis dasar untuk desain; pengalaman dari trial and error diandalkan (Budhu, 2011).

Dalam bukunya Budhu mengatakan bahwa Coulomb (1773) dianggap sebagai orang pertama yang menggunakan mekanika untuk memecahkan masalah tanah. Dia adalah seorang anggota Insinyur Kerajaan Prancis, yang tertarik untuk melindungi benteng tua yang mudah runtuh dari tembakan meriam. Untuk melindungi benteng dari serangan artileri, massa tanah yang miring ditempatkan depan mereka. Musuh harus membuat terowongan di bawah massa tanah dan benteng untuk menyerang. Dan Tentu saja, musuh kemudian menjadi sasaran empuk. Massa tanah menerapkan gaya lateral ke benteng itu dapat menyebabkannya roboh atau dapat menyebabkannya terlepas dari massa tanah. Coulomb berusaha menentukan gaya lateral sehingga dia bisa mengevaluasi stabilitas benteng.

2.1.1 Pengertian Tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 2002). Dalam ilmu mekanika tanah, tanah ialah semua endapan alam yang berhubungan Teknik sipil. Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat. zat organik, atau oksida-oksida

yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia.

Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya disebut tanah terangkut (*transported soil*) (Hardiyatmo, 2014).

2.1.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi 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. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. Walaupun saat ini terdapat berbagai sistem klasifikasi tanah, tetapi tidak ada satupun dari sistem-sistem tersebut yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat tanah yang sangat bervariasi. (Das, 1995)

Adapun sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan dalam teknik jalan raya ada dua yaitu sistem klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) dan system klasifikasi tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) kedua klasifikasi tersebut

mempunyai kesamaan berasal dari klasifikasi dasar yang sama yaitu melakukan analisis ukuran partikel dan karakteristik plastisitas.

1. Sistem klasifikasi *USCS (Unified Soil Classification System)*

Menurut (Das, 1995) sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu, Tanah berbutir-kasar (*coarse-grained-soil*), yang terdiri dari tanah kerikil dan pasir di mana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir. Kemudian kelompok yang kedua tanah berbutir-halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah di mana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung-organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

2. Sistem Klasifikasi *AASHTO (American Association Of State Highway and Transporting Official)*

Sistem klasifikasi *AASHTO* bertujuan untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan pondasi bawah perkerasan tanah subbase dan subgrade, dalam sistem klasifikasi ini tanah dibagi menjadi 8 kelompok, A-1 sampai A-8. A-8 adalah kelompok tanah organik yang bersifat tidak stabil sebagai bahan lapisan struktur jalan raya, maka pada revisi terakhir oleh *AASHTO* diabaikan. Klasifikasi ini diperoleh melalui pengujian Analisa saringan dan batas-batas Atterberg.

Kedua sistem klasifikasi, *AASHTO* dan *Unified*, adalah didasarkan fakta tekstur dan plastisitas tanah. Juga, kedua sistem tersebut membagi tanah dalam dua kategori pokok, yaitu: berbutir kasar (*coarse-grained*) dan berbutir halus (*fine-grained*), yang dipisahkan oleh ayakan No. 200. Menurut sistem *AASHTO*, suatu tanah dianggap sebagai tanah berbutir halus bilamana lebih dari 35% lolos ayakan No. 200. Menurut sistem *Unified*, suatu tanah dianggap sebagai tanah berbutir halus apabila lebih dari 50% lolos ayakan No. 200. Suatu tanah berbutir kasar yang

mengandung kira-kira 35% butiran halus akan bersifat seperti material berbutir halus. Hal ini disebabkan karena tanah berbutir halus jumlahnya cukup banyak untuk mengisi pori-pori antar butir-butir kasar dan untuk menjaga agar butiran kasar ber- jauhkan satu terhadap yang lain. Dalam hal ini, sistem *AASHTO* adalah lebih cocok. Dalam sistem *AASHTO*, ayakan no. 10 digunakan untuk memisahkan antara kerikil dan pasir; dalam sistem *Unified*, yang digunakan adalah ayakan No. 4. Dari segi batas ukuran pemisahan tanah, ayakan No. 10 adalah lebih dapat diterima untuk dipakai sebagai batas atas dari pasir. Hal ini digunakan juga dalam teknologi beton dan lapisan pondasi jalan raya.

2.2 Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang miring yang lebih menonjol karena perbedaan ketinggian antara dua tempat. Terbentuknya lereng disebabkan oleh erosi, pelapukan, dan pergerakan tanah. Sudut kemiringan lereng dapat dilihat dari kontur tanah yang merupakan garis yang menghubungkan satu titik dengan titik lainnya. Sudut kemiringan harus dipantau untuk mendeteksi potensi longsor.

Kestabilan suatu lereng, baik alami maupun buatan, dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor ini dapat dinyatakan secara sederhana sebagai kekuatan penahan dan kekuatan pendorong. Gaya penahan adalah gaya yang menahan lereng pada tempatnya, seperti kekuatan tanah dan gesekan antar partikel tanah. Gaya penggerak adalah gaya potensial gravitasi yang cenderung menyebabkan lereng bergerak, seperti berat tanah dan gaya gravitasi. Kestabilan suatu lereng dapat dianalisis dengan membandingkan gaya penahan dengan gaya penggerak. Jika gaya penggerak lebih besar dari gaya penahan, lereng tidak stabil dan mungkin runtuh. Kestabilan suatu lereng juga dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti curah hujan, gempa bumi, dan aktivitas konstruksi di atasnya.

Lereng tanah ada di mana-mana di alam dan di struktur buatan manusia. Jalan raya, bendungan, tanggul, kanal, dan penimbunan dibangun dengan memiringkan permukaan lateral tanah karena membangun lereng umumnya lebih murah daripada membangun dinding.

2.2.1 Keruntuhan Lereng

Keruntuhan lereng atau longsor adalah peristiwa di mana suatu tanah lereng runtuh atau longsor secara tiba-tiba. Tanah longsor dapat terjadi pada lereng alam maupun lereng buatan manusia. Pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi lebih besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikalahkan oleh tanah pada bidang longsohnya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng (Hardiyatmo, 2014).

Keruntuhan lereng bergantung pada jenis tanah, stratifikasi tanah, air tanah, rembesan, dan geometri lereng (Budhu, 2011). Kemiringan lereng merupakan salah satu faktor utama dalam ketidakstabilan lereng. Semakin curam lereng, semakin besar kemungkinan ketidakstabilan lereng dan akan menyebabkan keruntuhan pada lereng tersebut. Jenis tanah juga mempengaruhi ketidakstabilan lereng, karena tanah berpasir yang gembur lebih mungkin menyebabkan terjadinya kelongsoran lereng daripada tanah yang lebih padat. Kegiatan manusia seperti penggalian, penambangan dan pembangunan konstruksi juga akan mempengaruhi stabilitas lereng, sehingga menyebabkan ketidakstabilan lereng.

2.2.2 Penyebab Keruntuhan Lereng

Keruntuhan lereng bisa terjadi kapan saja, baik itu pada kasus lereng alami atau lereng buatan secara pelan atau tiba-tiba dengan atau tanpa adanya tanda-tanda sebelumnya. Keruntuhan lereng sering disebabkan oleh proses yang meningkatkan atau menurunkan tegangan geser dan kekuatan geser pada massa tanah. Suatu beban yang dikerjakan pada suatu massa tanah akan selalu menghasilkan tegangan-tegangan dengan intensitas yang berbeda-beda di dalam zona berbentuk bola lampu (*bulb*) di bawah beban tersebut.

Menurut Hardiyatmo (2014), Keruntuhan lereng alami dapat terjadi karena beberapa faktor berikut ini

1. Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban lereng dapat berupa bangunan baru, tambahan beban air yang masuk ke pori-pori tanah maupun yang

menggenang di permukaan tanah dan beban dinamis oleh tumbuhan-tumbuhan yang tertiuip angin dan lain-lain,

2. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng,
3. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng,
4. Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) (pada bendung, sungai dan lain-lain),
5. Kenaikan tekanan tanah lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral),
6. Gempa bumi, dan
7. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng oleh akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air di dalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut dan lain-lain

2.2.3 Jenis – Jenis Keruntuhan Lereng

Lereng timbunan merupakan konstruksi buatan manusia yang mengakibatkan gangguan terhadap kondisi lokasi alami dan kemungkinan stabilitas alami, baik dengan menghilangkan tegangan atau penerapan beban baru. Selain itu, banyak proyek rekayasa dapat mengganggu lereng alami, seperti lereng bukit, dengan menambahkan beban tambahan seperti bangunan di atas lereng. Selain itu, stabilitas lereng alami mungkin penting untuk keselamatan manusia dan struktur yang dibangun di dekat dasar lereng. Menurut Das (2011), terdapat 5 jenis tipe kelongsoran pada lereng, yaitu :

1. *Slide* adalah keruntuhan regangan geser dan perpindahan sepanjang satu atau beberapa permukaan. Pergerakan mungkin progresif, berasal dari keruntuhan geser lokal dan akhirnya menjadi permukaan keruntuhan yang ditentukan. Pada tipe slide dibagi menjadi 3 bagian.
 - a) Kelongsoran rotasi (*rotational slide*) yaitu pergerakan massa batuan atau tanah yang berotasi pada satu sumbu yang sejajar pada permukaan tanah yang berbentuk cekung ke atas.

- b) Kelongsoran Translasi (*translational slide*) yaitu pergerakan massa batuan atau tanah dengan sedikit rotasi pada permukaan tanah yang datar.
 - c) Kelongsoran blok (*block slide*) yaitu pergerakan yang hampir sama dengan translational slide, akan tetapi massa batuan atau tanah yang bergerak terdiri dari beberapa blok koheren.
2. *Fall* yaitu pergerakan bongkahan batu yang jatuh dari lereng atau tebing yang curam secara tiba-tiba.
 3. *Topples* yaitu pergerakan batuan berupa perputaran ke depan pada suatu titik sumbu kemudian roboh ke daerah yang lebih rendah karena adanya pengaruh gravitasi bumi dan kandungan air pada rekahan batuan.
 4. Aliran (*Flow*). Keruntuhan aliran menyerupai cairan kental dan diciptakan oleh distribusi kecepatan dan perpindahan dalam massa yang bergerak. Mereka memiliki permukaan slip yang berumur pendek dan praktis tidak terlihat. Pada tipe flows dibagi menjadi 5 bagian.
 - a) *Debris flow*, merupakan pergerakan massa berupa campuran tanah gembur, bahan organik, batu, air dan udara yang mengalir pada permukaan lereng secara cepat.
 - b) *Debris avalanche*, yakni longsornya es pada lereng yang terjal secara cepat.
 - c) *Earthflow*, adalah pergerakan dari material yang mengandung lempung atau tanah liat pada lereng yang penuh dengan air, sehingga membentuk cekungan ke atas.
 - d) *Mudflow*, yaitu pergerakan yang hampir sama dengan earthflow, akan proses terjadinya longsor tersebut lebih cepat.
 - e) *Creep*, yakni pergerakan massa batuan atau tanah pada suatu lereng secara bertahap dan lebih lambat.
 5. *Lateral spreads* yaitu perpindahan massa batuan atau tanah pada lereng yang landai atau relatif datar karena keadaan tanah yang sudah jenuh dengan air sehingga tanah berubah dari keadaan padat menjadi cair.

2.3 Analisa Stabilitas Lereng

Stabilitas tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan daya dukung suatu lapisan tanah, dengan cara memberikan perlakuan terhadap lapisan tanah tersebut, Kestabilan lereng tergantung kepada gaya penggerak (*driving force*) dan gaya penahan (*resisting force*) yang bekerja pada bidang gelincir tersebut, Dimana tanah bisa dikatakan stabil jika gaya penahan pada lereng lebih besar dari gaya penggerak. (Rizqullah and Yelvi, 2022)

Analisis stabilitas lereng didasarkan pada penyederhanaan asumsi, dan desain lereng yang stabil sangat bergantung pada pengalaman dan penyelidikan lokasi yang cermat serta dengan metode yang tepat (Budhu, 2011). Analisis stabilitas lereng memegang peran penting dalam perencanaan konstruksi sipil, karena lereng yang tidak stabil dapat sangat berbahaya.

(Hardiyatmo, 2014) menyatakan bahwa maksud dari analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Dalam analisis stabilitas lereng, beberapa anggapan dibuat, yaitu:

1. Kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi,
2. Massa tanah yang longsor dianggap sebagai benda masif,
3. Tanah geser dari massa tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain kuat geser tanah dianggap isotropis, dan
4. Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor. Jadi kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya, padahal factor aman hasil hitungan lebih besar 1

Berdasarkan kutipan dari buku mekanika tanah tulisan Hardiyatmo (2014), faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, atau dapat dilihat pada persamaan 2.1 berikut ini.

$$SF = \frac{\tau}{\tau_d} \dots\dots\dots(2. 1)$$

Dimana :

$SF = Safety Factor$ (faktor aman)

t = tahanan geser maksimal yang dapat diberikan tanah (kN/m^2)

td = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor (kN/m^2)

Menurut teori Mohr-Coulomb tahanan terhadap tegangan geser (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, di sepanjang bidang longornya dirumuskan sebagai berikut.

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \dots\dots\dots(2. 2)$$

Dimana :

τ = tegangan geser (kN/m^2)

c = kohesi (kN/m^2)

σ = tegangan normal (kN/m^2), dan

φ = sudut gesek dalam tanah (derajat)

Dengan cara yang sama, dapat dituliskan persamaan tegangan geser yang terjadi (td) akibat beban tanah dan beban-beban lain pada bidang longornya, dirumuskan sebagai berikut:

$$\tau d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d \dots\dots\dots(2. 3)$$

Dimana :

τd = tegangan geser (kN/m^2)

c_d = kohesi (kN/m^2)

σ = tegangan normal (kN/m^2), dan

φ_d = sudut gesek dalam tanah (derajat)

Dari rumus persamaan (2.2) dan (2.3) kemudian di substitusikan ke persamaan di awal yaitu (2.1) maka diperoleh rumus persamaan factor aman berikut :

$$SF = \frac{c + \sigma \operatorname{tg} \varphi}{c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d} \dots\dots\dots(2. 4)$$

Atau

$$c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d = \frac{c}{SF} + \sigma \frac{\operatorname{tg} \varphi}{SF} \dots\dots\dots(2. 5)$$

Untuk maksud memberikan faktor aman terhadap masing-masing komponen kuat geser, faktor aman dapat dinyatakan dengan rumus :

$$F_c = \frac{c}{c_d} \dots\dots\dots (2. 6a)$$

$$F_\varphi = \frac{tg \varphi}{tg \varphi_d} \dots\dots\dots (2. 6b)$$

Dimana :

F_c = faktor aman pada komponen kohesi, dan

F_φ = faktor aman pada komponen gesekan

Nilai faktor aman lereng adalah perbandingan antara tahanan geser maksimum (kuat geser tanah) dan tegangan geser yang terjadi pada lereng. nilai faktor aman dan kondisi lereng dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2.1 *Safety factor* ditinjau berdasar keadaan lereng

Faktor Keamanan (F)	Keadaan Lereng
$F < 1,00$	Lereng dalam kondisi tidak mantap (lereng <i>labil</i>)
$1,00 < F < 1,20$	Lereng dalam kondisi kemantapan diragukan
$1,30 < F < 1,40$	Lereng dalam kondisi memuaskan
$1,50 < F < 1,70$	Lereng dalam kondisi mantap (lereng <i>stabil</i>)

Sumber: Sosrodarsono (2003)

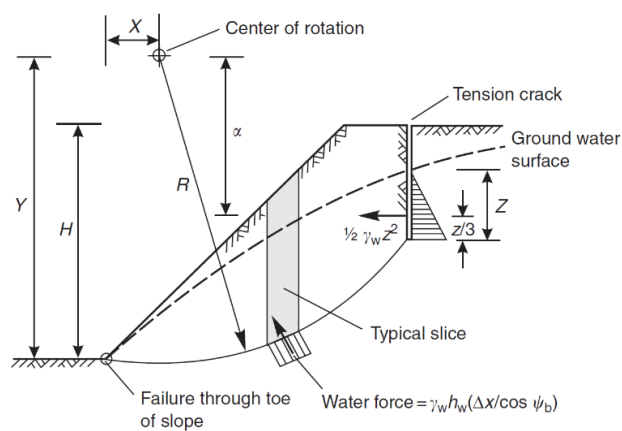
Tabel 2.2 *Safety factor* ditinjau dari intensitas kelongsoran

Nilai Faktor Keamanan	Kemungkinan Longsor
$F < 1,07$	Longsor terjadi biasa/ sering (lereng <i>labil</i>)
$1,07 < F < 1,25$	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
$F > 1,25$	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

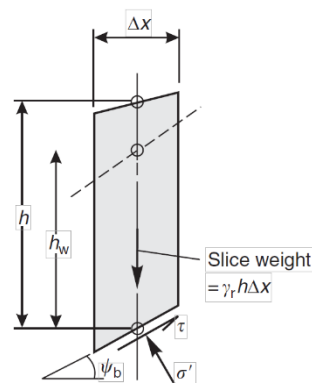
Sumber: Bowles (1991)

2.4 Metode Bishop (*Simplified Bishop Method*)

Analisis stabilitas tanah akan menggunakan metode bishop yang disederhanakan. Metode ini mengasumsikan bahwa gaya antar irisan horizontal (normal terhadap sisi) dan mengabaikan gaya geser antar irisan. Gaya normal dan geser di dasar diperoleh dengan menjumlahkan gaya dalam arah vertikal ($\sum F_y = 0$) dan menggunakan hubungan kekuatan geser Mohr-Coulomb. Persamaan untuk faktor keamanan ditentukan dari kesetimbangan momen ($\sum M_y = 0$) di sekitar pusat lingkaran gelincir.



Gambar 2.1 Bidang longsor pada lereng
Sumber: *Wyllie and Mah (2005)*



Gambar 2.2 Irisan yang dipecah dari bidang longsor
Sumber: *Wyllie and Mah (2005)*

Persamaan kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif yang dapat dikerahkan tanah, hingga tercapainya kondisi keseimbangan batas dengan memperhatikan faktor aman, adalah :

$$\tau = \frac{c'}{SF} + \sigma - u \frac{tg \varphi'}{SF} \dots\dots\dots(2. 7)$$

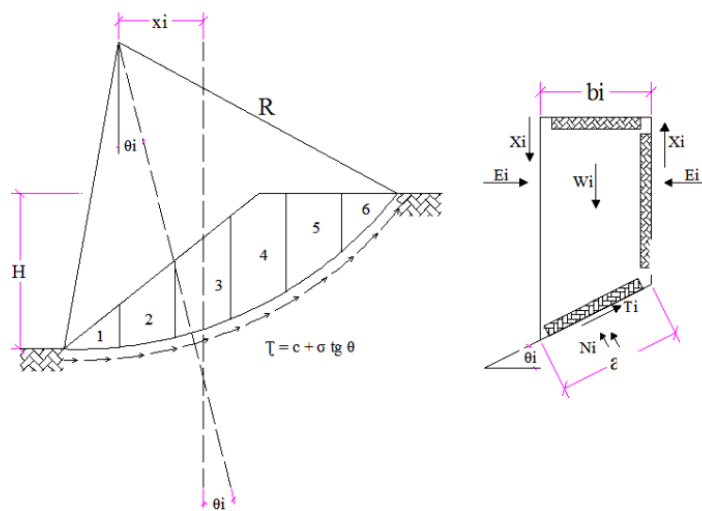
Dimana :

τ = tegangan geser (kN/m²)

c = kohesi (kN/m²)

σ = tegangan normal (kN/m²), dan

u = tekanan air pori



Gambar 2.3 Gaya-gaya yang bekerja pada irisan
 Sumber:Hardiyatmo (2014)

Untuk irisan ke-I, nilai $T_i = \tau a_i$, yaitu gaya geser yang dikerahkan tanah pada bidang longsor untuk keseimbangan batas, maka :

$$T = \frac{c'a_i}{SF} + (N_i - u_i a_i) \frac{tg \varphi'}{SF} \dots\dots\dots(2. 8)$$

Kondisi keseimbangan momen dengan pusat rotasi O antara berat massa tanah yang akan longsor dengan gaya geser total yang dikerahkan tanah pada dasar bidang longsor, dinyatakan dengan rumus :

$$\sum w_i x_i = \sum T_i R \dots\dots\dots(2. 9)$$

dengan w_i adalah jarak w_i ke pusat rotasi O . Dari persamaan (2.7) dan (2.9) maka diperoleh rumus :

$$SF = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} + [c'a_i + (N_i - u_i a_i) \text{tg } \varphi']}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i x_i} \dots\dots\dots (2. 10)$$

Pada kondisi keseimbangan vertical, jika $x_1 = x_i$ dan $X_r = x_r = x_{i+1}$:

$$N_i \cos \theta_i + T_i \sin \theta_i = w_i + x_i - x_{i+1}$$

$$N_i = \frac{w_i + x_i - x_{i+1} - T_i \sin \theta_i}{\cos \theta_i} \dots\dots\dots (2. 11)$$

Dengan $N_i = N_i - u_i a_i$, substitusi persamaan (2.8) ke persamaan (2.11), maka dapat diperoleh rumus persamaan sebagai berikut :

$$N_i = \frac{w_i + x_i - x_{i+1} - u_i a_i \cos \theta_i - c'a_i \sin \theta_i / SF}{\cos \theta_i + \sin \theta_i \text{tg } \varphi' / F} \dots\dots\dots (2. 12)$$

Substitusikan persamaan (2.12) ke persamaan (2.10), diperoleh :

$$SF = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} \left(c'a_i + \text{tg } \varphi' \frac{w_i + x_i - x_{i+1} - u_i a_i \cos \theta_i - c'a_i \sin \theta_i / SF}{\cos \theta_i + \sin \theta_i \text{tg } \varphi' / F} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i x_i} \dots\dots\dots (2. 13)$$

Untuk penyederhanaan dianggap $x_i - x_{i+1} = 0$ dan dengan mengambil :

$$x_i = R \sin \theta_i \dots\dots\dots (2. 14)$$

$$b_i = a_i \cos \theta_i \dots\dots\dots (2. 15)$$

Substitusikan persamaan (2.14) dan (2.15) ke persamaan (2.13) diperoleh persamaan faktor aman :

$$SF = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} [c'b_i + (w_i - u_i b_i) \text{tg } \varphi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i + \sin \theta_i \text{tg } \varphi' / SF} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots (2. 16)$$

Rasio tekanan air pori (*pore pressure ratio*) didefinisikan sebagai :

$$r_u = \frac{ub}{W} = \frac{u}{\gamma h} \dots\dots\dots (2. 17)$$

Dimana :

r_u = rasio tekanan air pori

u = tekanan air pori (kN/m²)

b = lebar irisan (m)

γ = berat volume tanah (kN/m²)

h = tinggi irisan rata-rata (m)

Dari substitusi persamaan (2.17) ke persamaan (2.16) maka diperoleh rumus persamaan *safety factor* dengan tekanan air pori sebagai berikut:

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [cb_i + w_i(1-r_u)tg \varphi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i + \sin \theta_i tg \varphi' / FS} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots (2. 18)$$

Dan tanpa tekanan air pori dirumuskann sebagai berikut :

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [cb_i + w_i tg \varphi'] \left(\frac{1}{m\theta_i} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots (2. 19)$$

Dengan $m\theta_i$ adalah

$$m\theta_i = \cos \theta_i + \frac{tg \varphi \cdot \sin \theta_i}{FS} \dots\dots\dots (2. 20)$$

Dimana :

$SF = Safety\ factor$

$c = kohesi\ tanah\ efektif\ (kN/m^2)$

$b_i = lebar\ irisan\ ke-i\ (m)$

$w_i = berat\ irisan\ tanah\ ke-i\ (kN)$

$\theta_i = sudut\ tiap\ irisan\ (^\circ)$

$\varphi = sudut\ gesek\ dalam\ (^\circ)$

2.5 Program Geostudio

Geostudio adalah rangkaian perangkat lunak analisis geoteknik terintegrasi yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng, aliran air tanah, serta perpindahan panas dan massa pada tanah dan batuan. Karena sifatnya yang terintegrasi sehingga memungkinkan geostudio untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk yang lain.

Slope / W adalah salah satu fitur bagian dari geostudio yang berguna untuk menganalisis faktor keamanan suatu lereng. Geostudio memudahkan kita untuk memecahkan masalah masalah rumit seperti contohnya, Lapisan tanah yang

komplek, kondisi tekanan air pori yang sangat tidak beraturan, beberapa model kuat geser tanah, parameter kuat geser pada kondisi tidak jenuh, pendekatan bentuk bidang gelincir dengan atau tanpa tension crack, beban merata, dan beban gempa, dan perkuatan dengan struktur. Berikut beberapa fitur unggulan dari *software* GeoStudio meliputi:

1. Kemampuan analitis yang tepat

GeoStudio memiliki kemampuan analitis yang tepat yang memungkinkan analisis komprehensif masalah geoteknik dan ilmu bumi

2. Integritas produk yang canggih

GeoStudio memungkinkan Anda menggabungkan analisis menggunakan produk yang berbeda ke dalam satu proyek pemodelan, menggunakan hasil dari satu produk sebagai titik awal untuk produk lainnya.

3. Multi geometri

GeoStudio mendukung banyak geometri dalam satu file, termasuk geometri 1D, 2D, dan 3D. Hal ini memungkinkan analisis model yang lebih komprehensif

4. Alat visualisasi

GeoStudio menyediakan alat visualisasi yang canggih, termasuk grafik, plot kontur, isoline atau isosurface, animasi, kueri data interaktif, dan ekspor data ke spreadsheet untuk analisis lebih lanjut

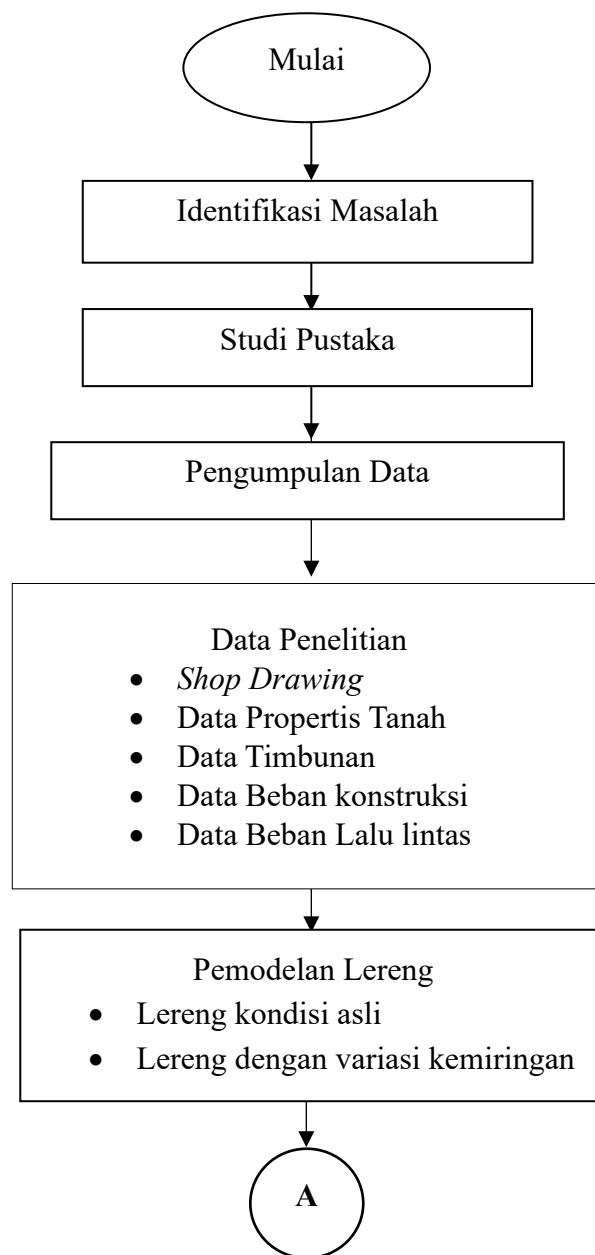
5. Melakukan analisis secara bersamaan

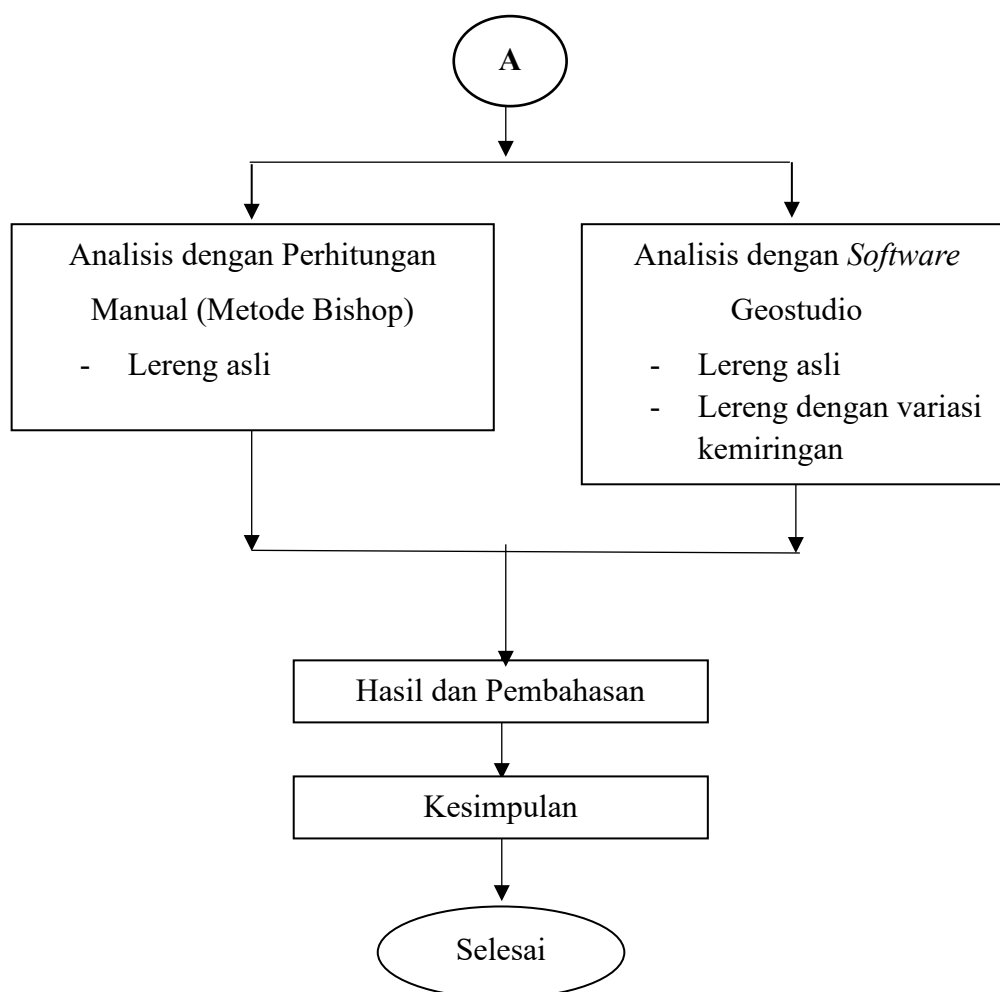
memungkinkan beberapa analisis diselesaikan secara efisien pada komputer dengan prosesor multi-inti modern. Hal ini menghemat banyak waktu penyelesaian terutama untuk analisis 3D berukuran besar

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Adapun tahapan-tahapan dalam pelaksanaan penelitian dapat disusun berdasarkan bagan alir dibawah ini:





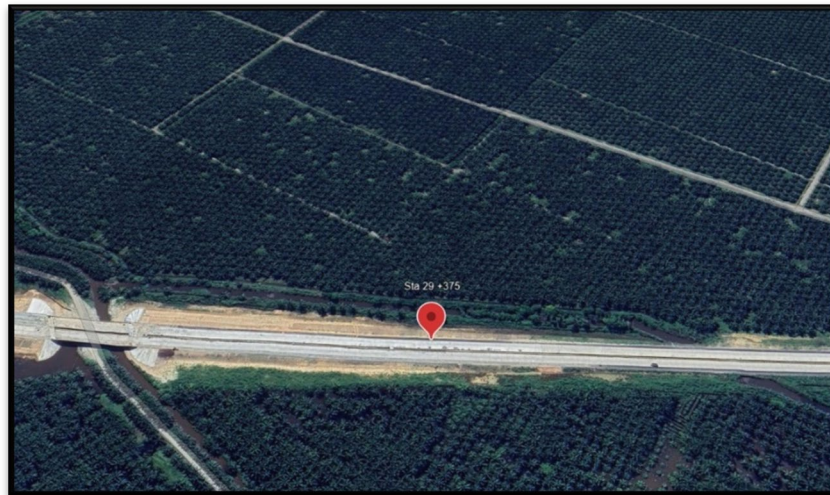
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan tahapan persiapan yaitu dengan mencari permasalahan dilapangan kemudian menentukan tema penelitian dari permasalahan yang sudah ditemukan sebelumnya. Setelah itu melakukan studi literatur mencari referensi yang sesuai dengan judul skripsi baik itu buku maupun jurnal. Kemudian selanjutnya melakukan pengumpulan data tanah yang akan diteliti, dimana data ini meliputi data propertis tanah, data lereng, *shop drawing* dan data beban struktur. Dalam penelitian ini juga akan dilakukan penambahan variasi sudut kemiringan dari data awal yang sudah diperoleh . Tahapan selanjutnya akan dilakukan analisis stabilitas pada lereng asli menggunakan perhitungan manual dengan menggunakan metode Bishop, Selanjutnya melakukan analisis pada semua variasi sudut kemiringan dengan menggunakan *software* Geostudio dalam dua tahap yaitu

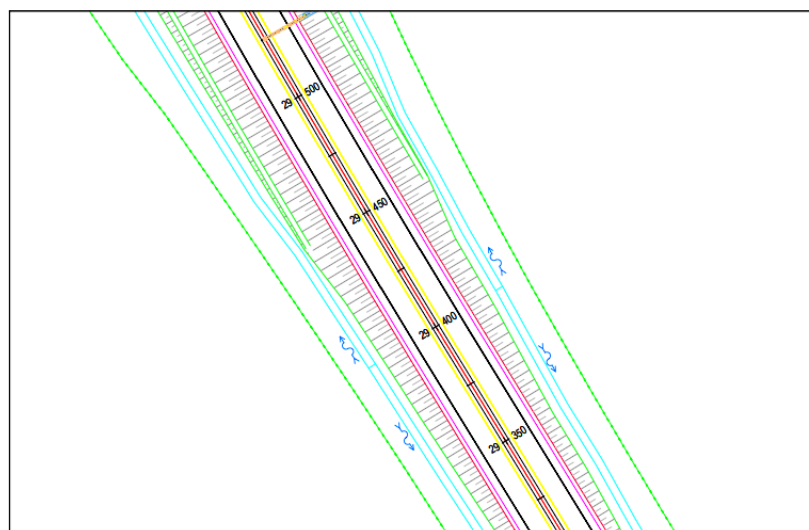
sebelum dan sesudah pembebanan dimana akan didapatkan output berupa nilai faktor keamanan (*Safety Factor*), kemudian dilakukan perbandingan hasil nilai *Safety Factor* pada setiap variasi sudut kemiringan.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada lereng timbunan pembangunan jalan tol Trans Sumatera Binjai - langsa seksi Binjai - Pangkalan Brandan zona 2 yaitu pada Sta 29 + 375 .Pembangunan tol transsumatera ini diharapkan akan mengurangi kemacetan dan meminimumkan biaya operasi kendaraan dan waktu guna menunjang akseibilitas masyarakat.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian



Gambar 3.3 Gambar *Long Section* Jalan

3.3 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan pada lereng di Jalan Tol Binjai-Langsa Seksi Binjai-Pangkalan Brandan tepatnya pada Stasiun 29+375. Penelitian yang dilakukan meliputi analisis stabilitas lereng dengan kondisi tanah asli dengan metode manual bishop, dan tanah dengan beban konstruksi serta tanah dengan beban lalu lintas menggunakan program *software* Geostudio, kemudian didapatkan output berupa nilai *Safety Factor*. Parameter analisis menggunakan variasi kemiringan timbunan lereng, sehingga didapatkan tinggi timbunan yang berpotensi terjadi kelongsoran

3.3.1 Parameter Tanah

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder dari PT Utama Karya Infrastruktur selaku Kontraktor pelaksana pada pembangunan jalan tol Binjai – Langsa, seksi Binjai – Pangkalan Brandan, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara. Adapun data yang diperlukan sebagai berikut:

1. Spesifikasi tanah
 - a. Berat volume tanah (γ),
 - b. Sudut gesek dalam tanah (ϕ), dan
 - c. Kohesi tanah (c).
2. Data lereng
 - a. Sudut kemiringan lereng
 - b. Ketinggian tanah timbunan
3. Gambar penampang melintang jalan

3.3.2 Data Beban Konstruksi

Parameter beban konstruksi perkerasan pada perhitungan analisis stabilitas lereng sesudah pembebanan diasumsikan memiliki beban merata akibat adanya beban struktur dari perkerasan jalan. Beban struktur dihitung berdasarkan berat jenis setiap lapis perkerasan dikalikan dengan tebal lapisan jalan.

3.3.3 Data Beban Lalu lintas

Pada analisis dengan Geostudio akan input beban struktur dan beban lalu lintas, sebagai beban merata karena adanya beban lalu lintas, maka lereng dengan

kondisi setelah pembebanan memperhitungkan beban lalu lintas akibat jalan tol, selanjutnya input kedalam program Geostudio besar beban lalu lintas untuk stabilitas digunakan sebesar 15 kN/m². Data beban lalu lintas tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Data beban lalu lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m ²)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10.000	15
		<10.000	12
Sekunder	Arteri	>20.000	15
		<20.000	12
	Kolektor	>6.000	12
		<6.000	10
	Lokal	>500	10
		<500	10

Sumber: Panduan Geoteknik 4 No. Pt T-10-2002-B, 2002

3.4 Analisis dan Pengolahan Data

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis serta pengolahan data dengan dua metode, yaitu metode perhitungan manual dan menggunakan *software*. Dimana analisis secara manual yang dilakukan sesuai dengan referensi yang diambil dalam penelitian ini menggunakan metode bishop yang disederhanakan. Kemudian dimodelkan dengan *software* Geostudio, sebagai output akan diperoleh nilai *factor safety* pada setiap variasi sudut kemiringan.

3.4.1 Analisis Stabilitas Lereng Metode Bishop

Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mendapatkan nilai angka faktor keamanan pada suatu lereng, dengan diketahuinya angka stabilitas maka memudahkan untuk merencanakan pembangunan pada lereng tersebut dan mengetahui resiko kelongsoran pada lereng yang dianalisis, sehingga jika didapat hasil lereng yang tidak stabil bisa dilakukan perkuatan pada lereng tersebut.

Metode perhitungan yang akan dipakai pada penelitian ini adalah metode bishop yang disederhanakan dimana analisis mengasumsikan bidang kelongsoran berbentuk lingkaran kemudian bidang kelongsoran dipecah-pecah menjadi beberapa irisan lalu dilakukan perhitungan pada setiap irisan hingga mendapat angka faktor keamanan. Tahapan analisis perhitungan dengan menggunakan metode bishop adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data parameter tanah yang diperlukan untuk perhitungan metode bishop
2. Gambar sketsa lereng kemudian tentukan titik pusat longsor
3. Tentukan *slip surface* (bidang gelincir) dengan membuat lingkaran daerah kelongsoran
4. Bagi daerah longsor menjadi beberapa slice/bagian
5. Tentukan lebar, berat serta sudut setiap irisan terhadap titik pusat kelongsoran
6. Hitung luas dan berat masing-masing slice/bagian yang sudah ditentukan sebelumnya
7. Hitung faktor keamanan dengan menggunakan persamaan bishop, dapat dilihat pada persamaan (3.1)
8. Lakukan evaluasi terhadap angka *safety factor*, apakah sudah memenuhi standar atau belum. Nilai standar angka *safety faktor* dapat dilihat pada tabel 3.2

Angka aman (*Safety Factor*) adalah perbandingan antara tahanan geser maksimum (kuat geser tanah) dan tegangan geser yang terjadi pada lereng atau nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan. Standar nilai *safety factor* bisa dilihat pada table 2.1 dan 2.2. Perhitungan manual metode bishop dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1 sebagai berikut :

$$SF = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} [cb_i + w_i tg \varphi'] \left(\frac{1}{m\theta_i} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots(3. 1)$$

3.4.2 Analisis dengan *Software* Geostudio

Geostudio memudahkan kita untuk memecahkan masalah masalah rumit pada geoteknik, seperti menganalisis stabilitas lereng, aliran air tanah, serta perpindahan panas dan massa pada tanah dan batuan. Fitur Geostudio yang akan dipakai pada penelitian ini adalah Slope/W, dimana fitur ini khusus menganalisa tentang kestabilan lereng. Secara garis besar tahapan untuk analisis stabilitas lereng timbunan dengan menggunakan program geostudio adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pemodelan

Pada tahap ini akan diatur komponen serta pengaturan yang sesuai pemodelan yang kita inginkan dan butuhkan. Pemodelan dilakukan dengan memasukkan model geometri tanah berupa pelapisan tanah, elemen-elemen struktur, parameter tanah, pembebanan serta kondisi-kondisi batas lainnya yang dapat dilakukan secara mendetail.

2. Tahap Perhitungan

Setelah melalui tahap pemodelan seperti diatas akan dilanjutkan dengan melakukan *sketch* bidang kelongsoran kemudian melakukan *run analyses* pada menu *solve manager*.

3. Tahap Keluaran

Tahap Keluaran merupakan hasil dari tahap perhitungan. Keluaran yang dihasilkan berupa angka *safety factor* untuk lereng yang dimodelkan. Namun tahap ini harus dilakukan berulang beberapa kali sampai dirasa didapat hasil nilai *safety factor* paling kecil atau keadaan lereng yang kritis

3.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian Terdahulu merupakan komponen penting sebagai referensi dasar yang menjadi acuan untuk mempermudah jalannya sebuah penelitian. Pada penelitian Fahmi and Ikhyia (2021), disimpulkan bahwa ketinggian timbunan dan kemiringan tanah dasar mempengaruhi nilai faktor keamanan terutama pada timbunan yang tinggi dan kemiringan tanah dasar yang curam. Rock fill yang digunakan sebagai perkuatan timbunan terbukti berpengaruh dalam meningkatkan

faktor keamanan. Gempa sangat mempengaruhi kestabilan timbunan, halmana nilai faktor keamanan akan semakin menurun.

Pada penelitian Nugraha and Sutanto (2019), menjelaskan bahwa Sudut kemiringan lereng semakin besar, maka angka stabilitas semakin besar untuk setiap faktor kedalaman yang sama. Hal ini berlaku untuk analisis berdasarkan kurva Taylor dan *software* Geo5. Selisih absolute angka stabilitas berdasarkan kurva Taylor terhadap hasil analisis *software* Geo5 berkisar antara 0.17% hingga 3.08%.

Menurut Adhi et al (2019) pada penelitiannya menyatakan jika semakin tinggi timbunan maka semakin berkurang nilai angka keamanannya. Tingginya timbunan mengakibatkan faktor keamanan dari tanah dasar semakin menurun, sehingga diperlukan metode-metode untuk memperkuat lapisan tanah dasar. Pada perhitungan program Geostudio 2018 didapatkan faktor keamanan sebesar : 2,608 Pada timbunan dengan kelandaian 30° dan 1,962 pada kelandaian 55°.

Pada penelitian Budiasto and Purwanto (2018), didapatkan nilai angka aman yang lebih besar dari angka aman yang disyaratkan 1,4 yaitu pada timbunan 2 m kondisi tanah asli dengan geotekstil 1,785 saat konstruksi dan 1,452 saat paska konstruksi, tanah asli *replacement* 0,5 m dengan geotekstil 1,859 saat konstruksi dan 1,529 saat paska konstruksi, tanah asli *replacement* 1 m dengan geotekstil 2,065 saat konstruksi dan 1,716 saat paska konstruksi. Pada timbunan 4 m kondisi tanah asli replacement 1 m dengan geotekstil 1,645 saat konstruksi dan 1,512 saat paska konstruksi.

Pada penelitian Kurniawan (2021), menyimpulkan bahwa pada lereng timbunan 3 meter, 6 meter, 9 meter tanah asli masa konstruksi didapatkan nilai angka aman sebesar masing- masing 1,4307, 1,1987, dan 1,0784, sedangkan pada saat pasca konstruksi masing- masing sebesar 1,3345, 1,1712, dan 1,0589. Pada lereng timbunan 12 meter tanah asli masa konstruksi didapatkan nilai angka aman sebesar 1,0154, sedangkan pada saat pasca konstruksi lereng timbunan ini telah mengalami keruntuhan atau collapse.

Tabel 3.2 Tabel penelitian terdahulu

No	Judul Penelitian	Peneliti	Metode	Hasil Penelitian
1	Analisis Stabilitas Timbunan pada Tanah Dasar Berbentuk Lereng dengan Metode Elemen Hingga	Mufidhiansyah Fahmi S, Ikhya, 2020	Metode elemen hingga (<i>Plaxis 2D</i>)	Ketinggian timbunan dan kemiringan tanah dasar mempengaruhi nilai faktor keamanan terutama pada timbunan yang tinggi dan kemiringan tanah dasar yang curam. Rock fill yang digunakan sebagai perkuatan timbunan terbukti berpengaruh dalam meningkatkan faktor keamanan. Gempa sangat mempengaruhi kestabilan timbunan, halmana nilai faktor keamanan akan semakin menurun.
2	Pengaruh Sudut Kemiringan Lereng Terhadap Angka Stabilitas Lereng Tanah Kohesif Berdasarkan Kurva Taylor Dan <i>Software</i> Geo5	Andrias Suhendra Nugraha dan Adi Kurniawan Sutanto, 2019	Metode Kurva Taylor dan Aplikasi <i>Geo5</i>	Sudut kemiringan lereng semakin besar, maka angka stabilitas semakin besar untuk setiap faktor kedalaman yang sama. Hal ini berlaku untuk analisis berdasarkan kurva Taylor dan <i>software</i> Geo5. Selisih absolute angka stabilitas berdasarkan kurva Taylor terhadap hasil analisis <i>software</i> Geo5 berkisar antara 0.17% hingga 3.08% untuk kondisi faktor jarak

				antara 0 hingga 3. Angka stabilitas dipengaruhi juga oleh faktor kedalaman, dimana angka stabilitas akan meningkat seiring dengan meningkatkan faktor kedalaman.
3	Stabilitas Lereng Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Ngawi - Kertosono Paket 1 Sta. 91+850	Djoko Susilo Adhy, Abdul Rochim, Nur Faridha dan Safiera Putri, 2019	Metode Bishop dan <i>Geostudio</i>	Se,akin tinggi timbunan maka semakin berkurang nilai angka keamanannya. Tingginya timbunan mengakibatkan faktor keamanan dari tanah dasar semakin menurun, sehingga diperlukan metode-metode untuk memperkuat lapisan tanah dasar. Pada perhitungan program Geostudio 2018 didapatkan faktor keamanan sebesar : 2,608 Pada timbunan dengan kelandaian 30° dan 1,962 pada kelandaian 55°
4	Analisis Stabilitas Timbunan Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Plaxis	Adi Budiasto, dan Edy Purwanto, 2018	<i>Software Plaxis 8.5</i>	Didapatkan nilai angka aman yang lebih besar dari angka aman yang disyaratkan 1,4 yaitu pada timbunan 2 m kondisi tanah asli dengan geotekstil 1,785 saat konstruksi dan 1,452 saat paska konstruksi, tanah asli

				<p><i>replacement</i> 0,5 m dengan geotekstil 1,859 saat konstruksi dan 1,529 saat paska konstruksi, tanah asli <i>replacement</i> 1 m dengan geotekstil 2,065 saat konstruksi dan 1,716 saat paska konstruksi. Pada timbunan 4 m kondisi tanah asli <i>replacement</i> 1 m dengan geotekstil 1,645 saat konstruksi dan 1,512 saat paska konstruksi.</p>
5	<p>Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Pada Badan Jalan Dengan Menggunakan Perkuatan Geotekstil</p>	<p>Yogi Kurniawan, 2021</p>	<p>Metode Fellenius dan program Plaxis versi 8.6.</p>	<p>Pada lereng timbunan 3 meter, 6 meter, 9 meter tanah asli masa konstruksi didapatkan nilai angka aman sebesar masing-masing 1,4307, 1,1987, dan 1,0784, sedangkan pada saat pasca konstruksi masing-masing sebesar 1,3345, 1,1712, dan 1,0589. Pada lereng timbunan 12 meter tanah asli masa konstruksi didapatkan nilai angka aman sebesar 1,0154, sedangkan pada saat pasca konstruksi lereng timbunan ini telah mengalami keruntuhan atau <i>collapse</i>.</p>

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

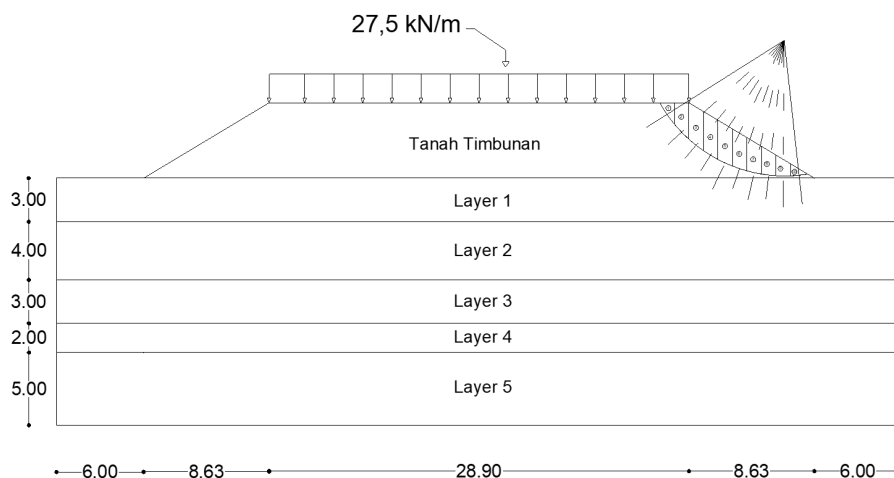
Pada bab ini akan dijelaskan metode yang digunakan dan langkah- langkah pengerjaan serta hasil dan pembahasan dari penelitian yang sudah dilakukan. Adapun tahapan dan hasil penelitian sebagai berikut.

4.1 Data Penelitian

Penelitian ini memerlukan beberapa data yang digunakan untuk melakukan analisis stabilitas timbunan baik menggunakan metode manual bishop maupun dengan *software* Geostudio. Adapun data yang digunakan adalah data sekunder pada Sta 29 + 375 yang diperoleh dari PT Hutama Karya Insfrastruktur selaku kontraktor pelaksana pada Pembangunan proyek tol Binjai – Pangkalan Brandan. Data – data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

4.1.1 Data Parameter Tanah

Material timbunan yang digunakan merupakan material berupa tanah lempung yang sudah lulus uji laboratorium sebelum dimulainya proses penghamparan di lapangan dan dipastikan sudah memenuhi syarat perencanaan. Parameter tanah dasar diperoleh dari data laporan geoteknik dengan pengujian triaksial di lapangan dan disajikan pada tabel 4.1



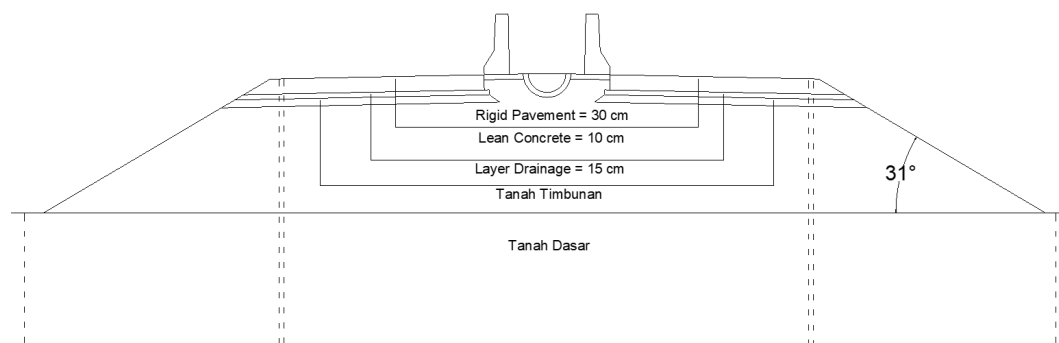
Gambar 4.1 Potongan melintang Station 29 + 375

Tabel 4.1 Data parameter tanah

Parameter	Satuan	Timbunan	Layer1	Layer2	Layer3	Layer4	Layer5
		Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Berat volume tanah (γ)	kN/m ³	15,31	12	12	13	13	13
Kohesi (C)	kN/m ³	8	25	11	0	20	25
Sudut gesek (Φ)	($^{\circ}$)	23	30	19	42	22	23
Modulus elastisitas (E)	kN/m ³	-	5000	1400	30000	3000	6000
Poison ratio (ν)	-	-	0,3	0,3	0,25	0,3	0,3
Depth (kedalaman)	m	-	0 – 3	3 - 7	7 - 10	10 - 12	>12

4.1.2 Data Beban Perkerasan dan Lalu Lintas

Beban struktur atau perkerasan berpengaruh terhadap kestabilan tanah timbunan dikarenakan tanah timbunan akan menahan seluruh beban mati maupun beban hidup di atasnya. Beban struktur dihitung berdasarkan berat jenis setiap lapis perkerasan dikalikan dengan tebal lapisan jalan.



Gambar 4.2 Potongan melintang jalan

Perhitungan Beban Perkerasan Jalan

$$\begin{aligned}
 &= \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3 \\
 &= (24 \times 0,30) + (23 \times 0,10) + (20 \times 0,15) \\
 &= 12,50 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk data beban lalu lintas yang bekerja pada jalan tol dapat dilihat pada tabel 3.1 beban lalu lintas berdasar fungsi dan sistem jaringan jalan dan didapat beban sebesar 15 kN/m². Maka beban vertikal (*surchage loads*) yang diterima tanah timbunan dan akan di input kedalam geostudio adalah sebesar:

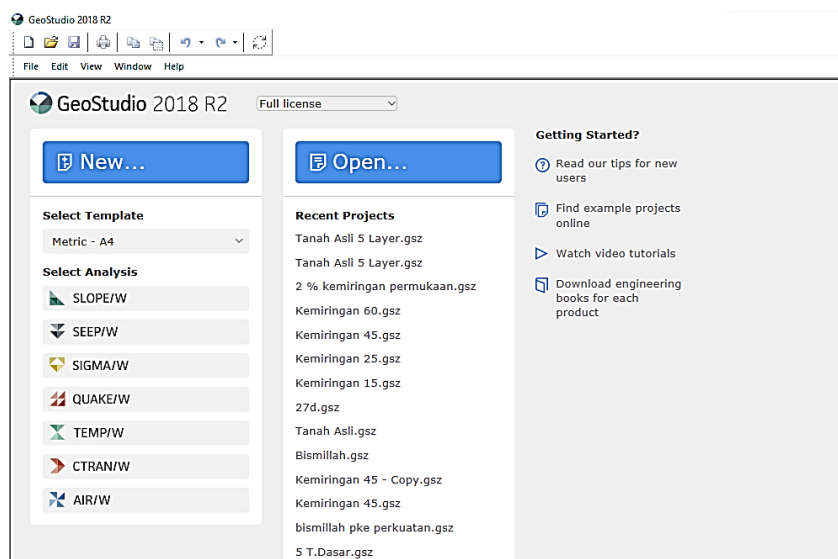
= beban perkerasan + beban lalu lintas

= 12,5 kN/m² + 15 kN/m².

= 27,5 kN/m².

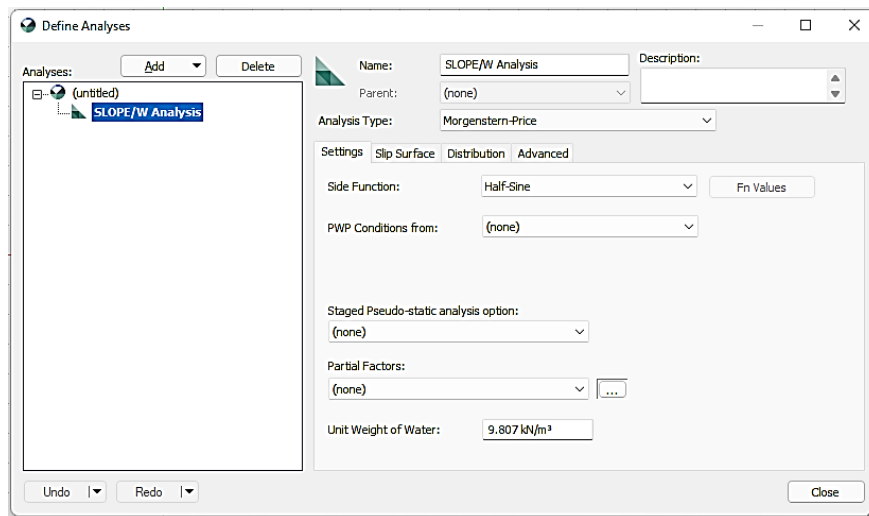
4.2 Pemodelan *Software* Geostudio

Penggunaan aplikasi geoteknik dalam menganalisis stabilitas lereng sudah lebih banyak digunakan daripada perhitungan manual, penggunaan *software* dapat memperoleh hasil yang lebih akurat, efisien, dan mendetail dalam menganalisis stabilitas lereng dan meminimalisir kesalahan perhitungan (*human error*).. Analisis Stabilitas lereng dengan variasi sudut kemiringan yang sudah program ditentukan diawal akan dilakukan dengan menggunakan geostudio. Adapun langkah-langkah pemodelan dan analisis dengan menggunakan program geostudio adalah sebagai berikut :



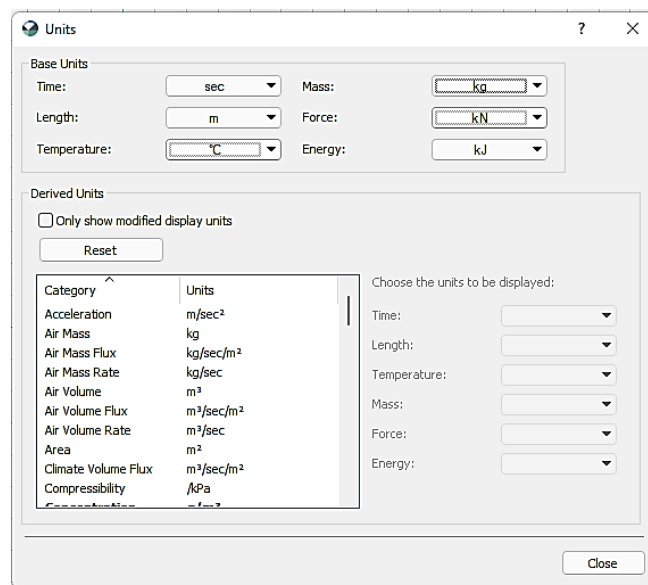
Gambar 4.3 Tampilan awal *software* geostudio 2018

Langkah awal yang dilakukan adalah membuka program Geostudio 2018 lalu akan muncul jendela seperti gambar 4.3 diatas kemudian memilih fitur program Slope/W yang khusus digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng.



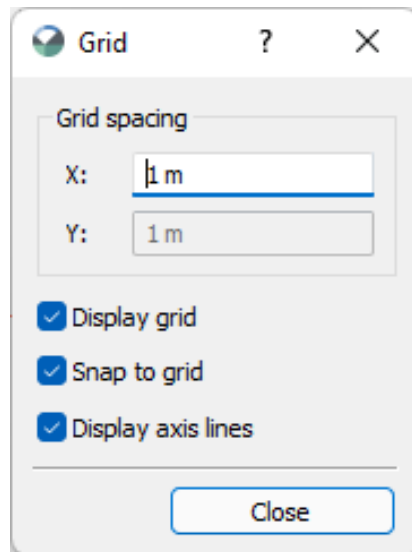
Gambar 4.4 Jendela *define analyses*

Setelah memilih fitur Slope/W maka akan muncul jendela *define analyses* seperti pada gambar 4.4 Pada jendela ini akan di *input* nama proyek serta keterangan sesuai kebutuhan, selanjutnya diatur metode analisis yang akan digunakan, bentuk arah kelongsoran, pengaturan bidang kelongsoran dan pengaturan lainnya.

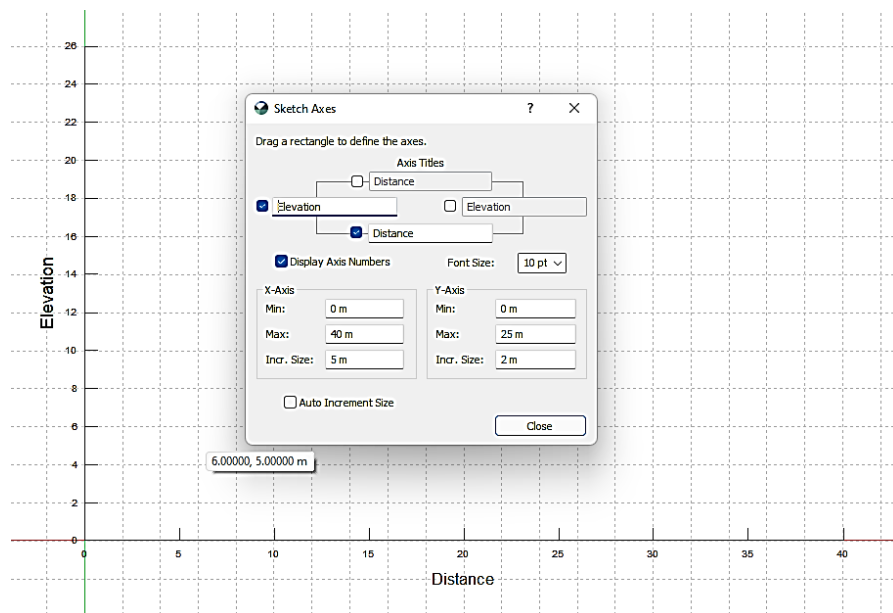


Gambar 4.5 Pengaturan *units*

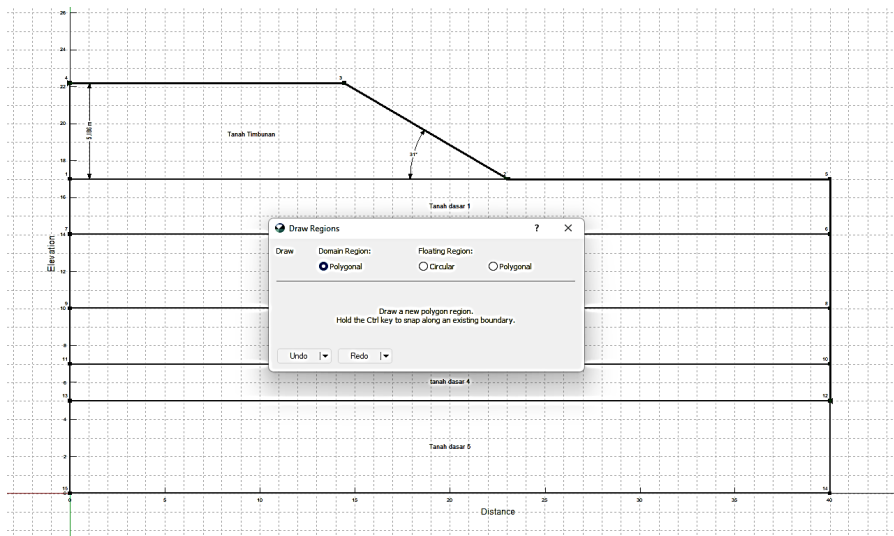
Selanjutnya pada menu *view* pilih *Units* untuk mengatur satuan yang akan digunakan sesuaikan dengan data yang dimiliki seperti gambar 4.5 Lalu pilih *close* setelah selesai mengatur units

Gambar 4.6 Pengaturan *grid*

Pada jendela ini berfungsi mengaktifkan grid berupa garis vertikal dan horizontal berpotongan yang berguna untuk memudahkan dalam menggambar sesuai koordinat atau jarak secara presisi.

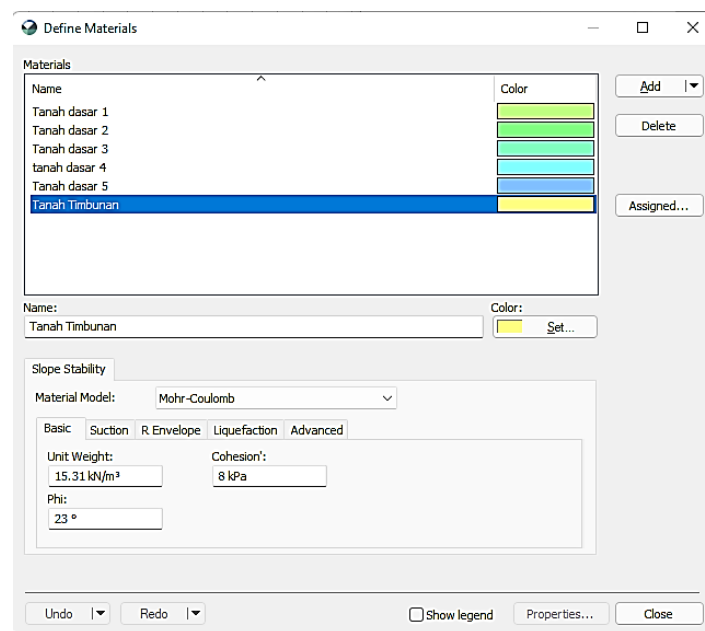
Gambar 4.7 Jendela *sketch axes*

Pilih menu *sketch* pada toolbar lalu klik *icon axes* untuk memunculkan garis koordinat x dan y untuk memudahkan penggambaran jarak dan elevasi kemudian atur sesuai keadaan dilapangan



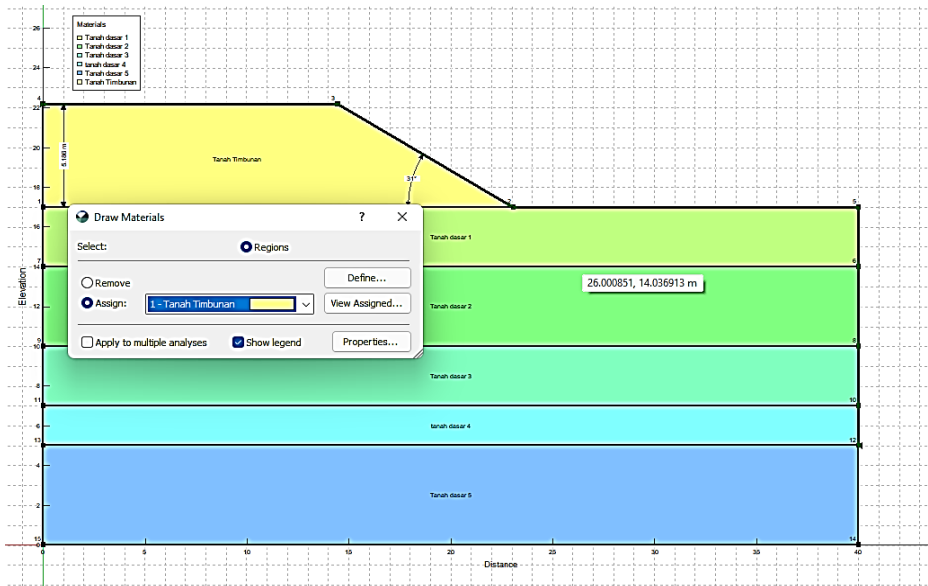
Gambar 4.8 *Region* kondisi tanah asli

Sketch lereng dengan menggunakan *icon draw region*, region pada geostudio hanya akan bisa dianalisis jika berbentuk *polygon*. Pastikan semua garis menyatu dengan baik sebelum melanjutkan proses lainnya.

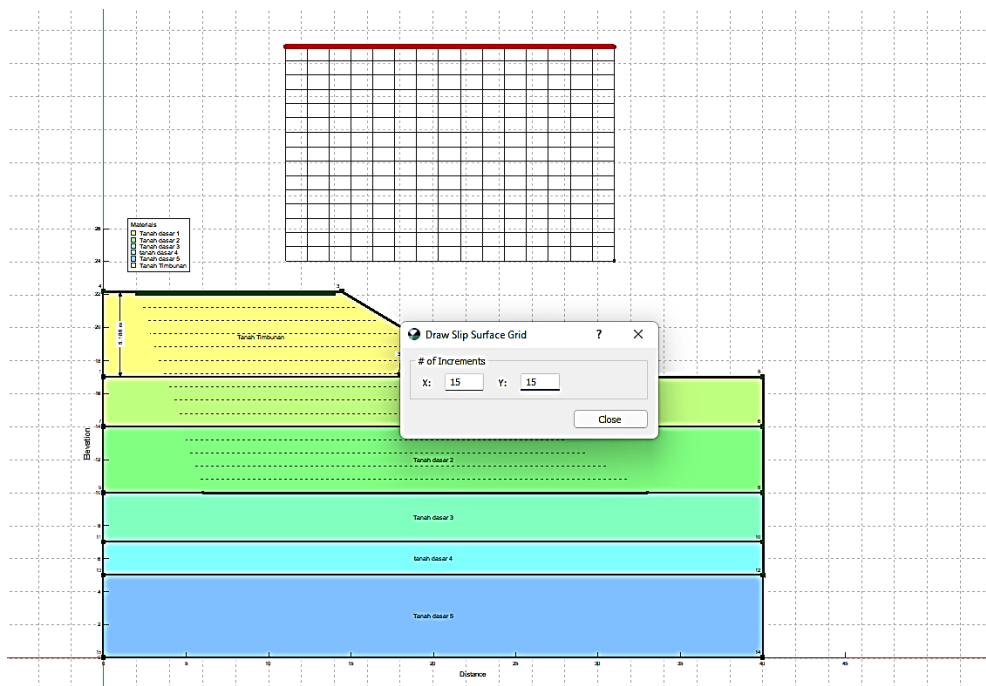


Gambar 4.9 Menu *define material*

Masukkan data parameter tanah seperti, model material, berat volume, kohesi dan sudut gesek setiap lapisan tanah pada jendela define material. Kemudian *input* material kedalam *region* pada menu *draw material*.

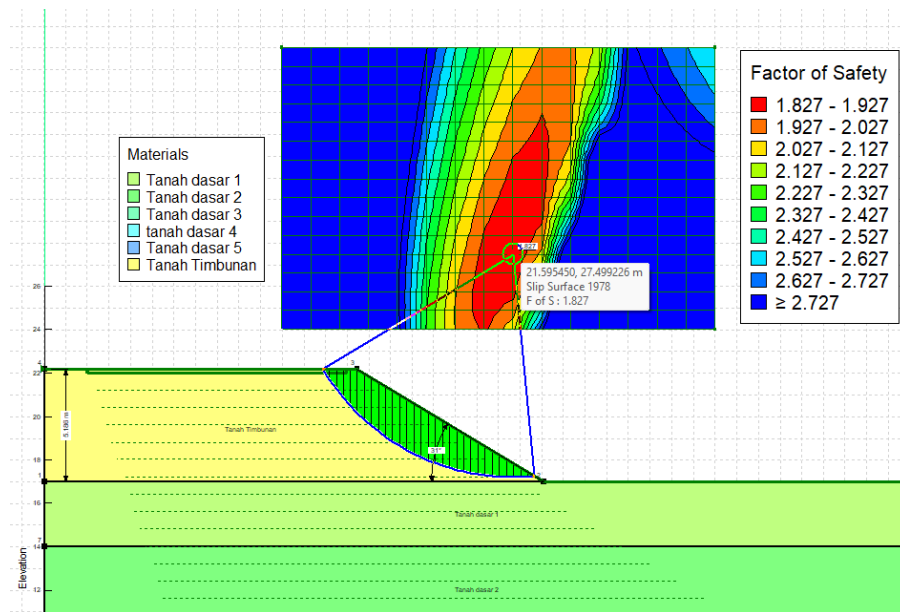


Gambar 4.10 Tampilan jendela *draw material*



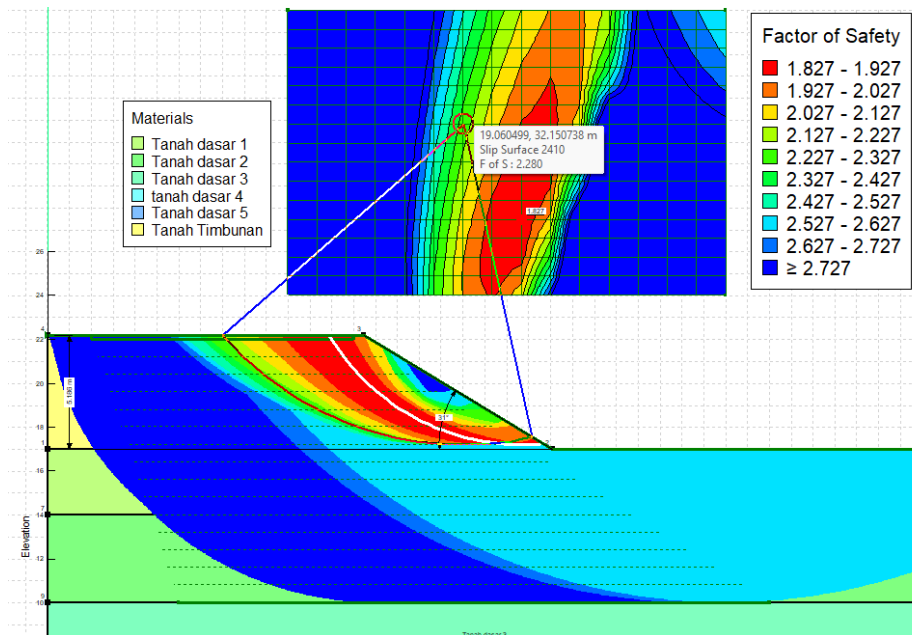
Gambar 4.11 *Draw slip surface*

Sketch bidang kelongsoran pada *icon draw slip surface*, pada penelitian ini menggunakan tipe penggambaran *slip surface grid and radius* karena dirasa lebih mudah menemukan bidang gelincir yang kritis. Kemudian klik start pada kotak *solve manager* untuk melakukan *run analyses*.

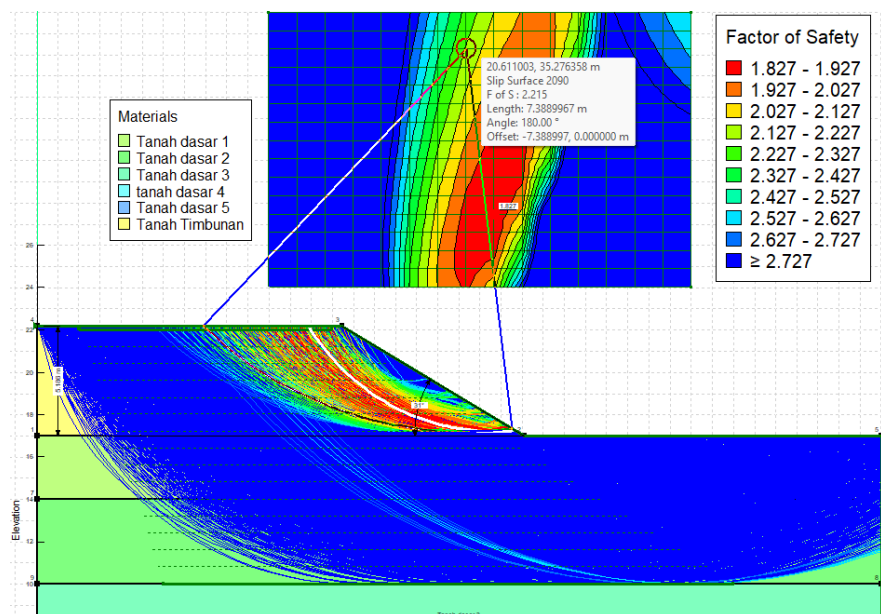


Gambar 4.12 Output run analyses geostudio 2018

Hasil berupa hasil nilai *safety factor* (angka keamanan) akan muncul dengan kemungkinan bidang gelincir kritis yang akan terjadi pada lereng dapat dilihat pada gambar 4.12 Sebagai berikut



Gambar 4.13 Display safety map zone



Gambar 4.14 *Display all slip surface*

Output dari program geostudio juga dapat menampilkan peta zona daerah keselamatan dan dapat melihat kemungkinan permukaan bidang gelincir potensial lainnya untuk mempermudah pembacaan kondisi lereng dilapangan. Masing-masing ditunjukkan pada gambar 4.13 dan 4.14 diatas.

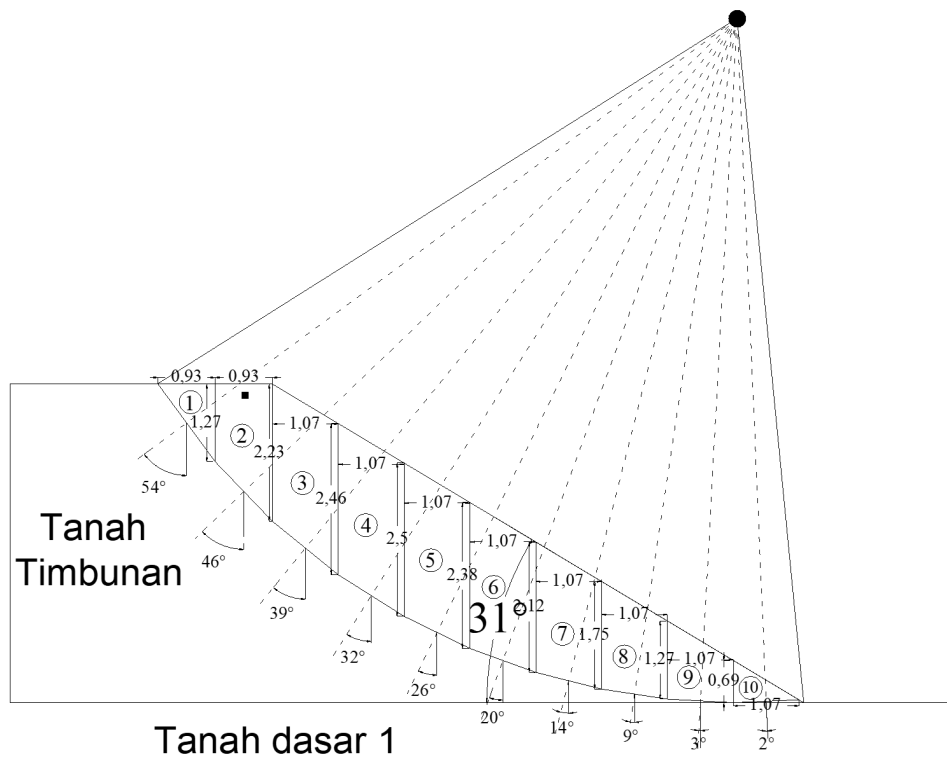
4.3 Hasil Stabilitas Lereng

Pada penelitian ini analisis stabilitas dominan menggunakan program aplikasi geostudio. Perhitungan manual pada penelitian ini dilakukan sebagai perbandingan hasil dengan output dari program geostudio dan juga untuk memperdalam pemahaman penulis tentang analisis stabilitas lereng, karena pada pengaplikasian dilapangan untuk melakukan analisis stabilitas lereng sudah lebih populer menggunakan *software* geoteknik.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis dengan dua kondisi timbunan, pertama analisis timbunan sebelum pembebanan yaitu analisis yang hanya memperhitungkan berat mati timbunan dan kemudian yang kedua analisis timbunan setelah pembebanan dimana akan dilakukan perhitungan stabilitas timbunan dengan penambahan beban eksternal timbunan yakni beban struktur perkerasan sebesar $12,5 \text{ kN/m}^2$ dan beban lalu lintas sebesar 15 kN/m^2 maka *input* nilai beban merata *surcharge loads* kedalam geostudio adalah $27,5 \text{ kN/m}^2$.

4.3.1 Hasil Analisis Stabilitas Metode *Simplified Bishop*

Perhitungan manual metode bishop yang disederhanakan digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng pada kondisi asli di lapangan pada Sta 29 + 375 pada kondisi sebelum pembebanan dan sesudah pembebanan dengan memperhitungkan beban merata akibat penambahan beban struktur perkerasan dan beban lalu lintas diatas timbunan.



Gambar 4.15 Bidang gelincir kritis pada Sta 29+375

Metode Bishop yang disederhanakan merupakan metode analisis yang menggunakan prinsip irisan dalam menentukan faktor keamanan dari suatu lereng, Bishop mengasumsikan bidang kelongsoran berbentuk lingkaran kemudian dipecah menjadi beberapa irisan seperti gambar 4.15 diatas, lalu dilakukan perhitungan pada setiap irisan Metode bishop mengabaikan gaya gesek antar irisan dan mengasumsikan bahwa gaya normal cukup untuk mendefinisikan gaya antar irisan dan menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol. Perhitungan gaya yang bekerja pada setiap irisan sebelum pembebanan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Perhitungan gaya berat setiap irisan sebelum pembebanan

No irisan	b_n	Luas Irisan	W_n	α_n	$m\alpha_n$	$W_n \cdot \tan\phi$	$W_n \cdot \sin \alpha_n$	$(c \cdot b_n + W_n \cdot \tan\phi) \cdot \frac{1}{m\alpha_n}$ *
	(m)	(m ²)	(kN)	(°)		(kN)	(kN)	
1	0.93	0.5906	9.0413	54	0.7786	3.8378	7.3146	12.111
2	0.93	1.6275	24.9170	46	0.8643	10.5766	17.9238	18.017
3	1.07	2.5092	38.4151	39	0.9256	16.3062	24.1754	23.812
4	1.07	2.6536	40.6266	32	0.9730	17.2450	21.5288	24.050
5	1.07	2.6108	39.9713	26	1.0022	16.9668	17.5223	23.530
6	1.07	2.4075	36.8588	20	1.0203	15.6456	12.6065	22.312
7	1.07	2.0705	31.6986	14	1.0273	13.4553	7.6686	20.518
8	1.07	1.6157	24.7364	9	1.0246	10.5000	3.8696	18.082
9	1.07	1.0486	16.0541	3	1.0110	6.8145	0.8402	15.061
10	1.07	0.3692	5.6517	-2	0.9912	2.3990	-0.1972	11.131
Jumlah							113.2525	188.622

Sumber : Perhitungan

Pada persamaan rumus dengan metode bishop tampak nilai SF di kedua sisi persamaan, maka dari itu dibutuhkan cara *trial and error* untuk memperoleh angka *safety factor*. Nilai SF pada ruas kanan adalah nilai sementara yang diasumsikan terlebih dahulu, kemudian akan diubah mengikut dengan nilai yang mendekati angka SF ruas kiri sampai ditemukan nilai yang sama dikedua sisi.

Tabel 4.3 Trial nilai *safety factor* kanan sebelum pembebanan

Trial	F(kanan)	$\Sigma (c \cdot b_n + W_n \cdot \tan\phi) \cdot \frac{1}{m\alpha_n}$	$\Sigma W_n \cdot \sin \alpha_n$	<i>Safety factor</i>
1	1	188.622	113.2525	1,67
2	1,67	202,531		1,79
3	1,79	204.087		1,80
4	1,80	204,209		1,80

Sumber : Perhitungan

Nilai *safety factor* pada lereng kondisi asli sebelum pembebanan konstruksi dan beban lalu lintas berhasil diperoleh pada *trial* keempat setelah angka SF di kedua ruas persamaan serupa yaitu 1,80.

Tidak ada perbedaan signifikan antara perhitungan sebelum dan sesudah pembebanan, yang berbeda hanyalah penambahan beban pada irisan yang terkena dampak beban pada perhitungan berat irisan. Perhitungan gaya yang bekerja pada setiap irisan sesudah pembebanan dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.4 Perhitungan gaya berat setiap irisan sesudah pembebanan

No irisan	b_n (m)	Luas Irisan (m ²)	W_n (kN)	α_n (°)	$m\alpha_n$	$W_n \cdot \tan \Phi$ (kN)	$W_n \cdot \sin \alpha_n$ (kN)	$(c \cdot b_n + W_n \cdot \tan \Phi) \cdot \frac{1}{m\alpha_n}$ *
1	1.31	1.074	52.471	52	0.8448	22.2726	41.3477	38.771
2	1.32	2.937	81.265	41	0.9454	34.4951	53.3149	47.655
3	1.01	2.868	43.915	34	0.9916	18.6409	24.5571	26.947
4	1.01	2.858	43.761	27	1.0230	18.5753	19.8669	26.056
5	1.01	2.712	41.518	22	1.0361	17.6235	15.5531	24.808
6	1.01	2.444	37.421	16	1.0414	15.8841	10.3145	23.011
7	1.01	2.071	31.699	10	1.0353	13.4556	5.5045	20.801
8	1.01	1.596	24.432	5	1.0215	10.3706	2.1294	18.062
9	1.01	1.025	15.695	0	1.0000	6.6622	0.0000	14.742
10	1.01	0.359	5.489	-6	0.9641	2.3301	-0.5738	10.797
Jumlah							172.0143	237.522

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.5 Trial nilai *safety factor* kanan sesudah pembebanan

Trial	F(kanan)	$\Sigma (c \cdot b_n + W_n \cdot \tan \Phi) \cdot \frac{1}{m\alpha_n}$	$\Sigma W_n \cdot \sin \alpha_n$	<i>Safety factor</i>
1	1	237.522	172.0143	1,38
2	1,38	249.736		1,45
3	1,45	251.421		1,46
4	1,46	251.651		1,46

Sumber : Perhitungan

Nilai *safety factor* pada lereng kondisi asli dengan beban perkerasan dan lalu lintas berhasil diperoleh pada *trial* keempat setelah angka SF di kedua ruas persamaan serupa yaitu 1,46.

Tabel 4.6 Hasil nilai *safety factor* perhitungan manual bishop

Metode	Manual Bishop yang Disederhanakan	
	Kondisi lereng	
	Sebelum Pembebanan	Sesudah Pembebanan
Safety Factor	1.80	1.46

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.6 adalah hasil analisis nilai *safety factor* perhitungan manual bishop. Untuk perhitungan manual lengkap manual bishop yang disederhanakan dapat dilihat pada lampiran A.

4.3.2 Hasil Analisis Stabilitas Menggunakan *Software Geostudio*

Analisis Stabilitas dengan program geostudio akan dilakukan pada lereng asli dan lereng dengan variasi sudut yang sudah ditentukan diawal yaitu 15°, 25°, 45° dan 60° baik pada kondisi lereng sebelum pembebanan dan sesudah penambahan beban perkerasan serta beban lalu lintas. Analisis dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian yaitu bagaimana pengaruh variasi kemiringan terhadap stabilitas timbunan. Hasil analisis menggunakan program geostudio dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut

Tabel 4.7 Rekapitulasi hasil nilai *safety factor* analisis program geostudio

Kondisi Lereng	Lereng Kemiringan Asli	Variasi kemiringan			
		15°	25°	45°	60°
Sebelum Pembebanan	1,79	3,16	2,16	1,43	1,09
Setelah Pembebanan	1,52	2,60	1,79	1,15	0,89

Sumber : Perhitungan

4.4 Pembahasan

Bagian ini berisi uraian dan penjelasan dari hasil analisis baik perhitungan manual dengan metode bishop yang disederhanakan dan juga pemodelan dengan *software geostudio 2018*. Hasil analisis berupa nilai angka keamanan (*safety factor*)

yang menggambarkan keadaan lereng pada semua kondisi, baik lereng asli sesuai perencanaan dilapangan maupun lereng dengan variasi kemiringan sebelum ataupun sesudah pembebanan.

4.4.1 Analisis Perhitungan Lereng Timbunan Kondisi Asli

Analisis stabilitas pada kondisi lereng timbunan dengan sudut kemiringan asli yakni lereng timbunan proyek Pembangunan jalan tol Binjai- Pangkalan Brandan Sta 29+375 akan dilakukan dengan dua tahapan analisis, yaitu menggunakan perhitungan manual metode bishop yang disederhanakan dan dengan bantuan program geostudio 2018. Tahapan perhitungan manual bishop bisa dilihat pada lampiran A. Rekapitulasi hasil perhitungan angka keamanan lereng alami menggunakan metode manual dan program geostudio 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.4 di bawah berikut.

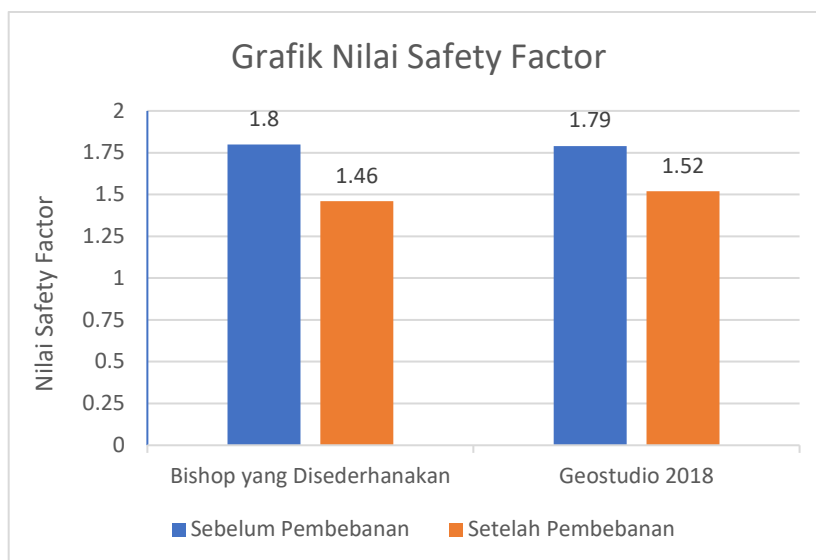
Tabel 4.8 Keadaan lereng timbunan asli menurut tabel klasifikasi

Metode	Manual Bishop yang Disederhanakan		<i>Software</i> Geostudio 2018	
	Sebelum Pembebanan	Sesudah Pembebanan	Sebelum Pembebanan	Sesudah Pembebanan
Safety Factor	1.80	1.46	1.79	1.52
Keadaan lereng (Sosrodarsono, 2003)	Aman	memuaskan	Aman	Aman
Intensitas longsor (Bowles, 1991)	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil

Sumber : Perhitungan

Tabel di atas adalah kondisi lereng timbunan jika dikaitkan dengan tabel klasifikasi nilai *safety factor* menurut keadaan lereng (Sosrodarsono, 2003) dan intensitas kelongsoran (Bowles, 1991) yang dipakai sebagai acuan pada penelitian dalam menentukan kondisi lereng dari hasil nilai SF yang diperoleh setelah proses analisis. Setelah dilakukan analisis perhitungan manual dan program geostudio ditemukan ada sedikit perbedaan hasil yang didapat. Perbedaan hasil antara perhitungan manual dan menggunakan geostudio dapat disebabkan oleh kompleksitas metode analisis, algoritma numerik, dan asumsi-asumsi yang

digunakan dalam geostudio. Perbandingan hasil perhitungan manual dan geostudio ditampilkan juga dalam bentuk grafik berikut.



Gambar 4.16 Perbandingan hasil *safety factor* lereng asli

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode bishop yang disederhanakan diperoleh hasil nilai *Safety Factor* (angka keamanan) lereng kondisi asli dengan sudut kemiringan 31° sebelum pembebanan sebesar 1,80 dan pada kondisi setelah diberi beban struktur dan lalu lintas nilai *safety factor* lereng asli turun menjadi 1,46 akibat bertambahnya beban yang diterima oleh timbunan. Pada hasil *run analyses* dengan menggunakan program geostudio diperoleh nilai *safety factor* sebesar 1,79 sebelum pembebanan dan nilai *safety factor* 1,52 setelah penambahan beban struktur perkerasan dan lalu lintas.

Keadaan lereng timbunan mengacu pada tabel 2.3 nilai *safety factor* ditinjau berdasar keadaan lereng diperoleh bahwa keadaan lereng dalam keadaan stabil dan aman kecuali pada hasil *safety factor* perhitungan manual bishop yang disederhanakan setelah pembebanan yang menurut tabel 2.3 dalam keadaan memuaskan. Sedangkan keadaan lereng ditinjau berdasarkan intensitas kelongsoran pada tabel 2.4 disimpulkan bahwa semua lereng dalam kategori lereng aman stabil dimana kelongsoran pada lereng jarang terjadi.

4.4.2 Analisis Variasi Kemiringan dengan *Software Geostudio*

Analisis stabilitas lereng dengan variasi sudut kemiringan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan variasi sudut kemiringan terhadap stabilitas pada lereng timbunan sehingga nanti bisa disimpulkan bagaimana kondisi kemiringan yang lebih aman bagi stabilitas lereng timbunan. Pada tahap ini analisis hanya akan dilakukan dengan menggunakan *software geostudio*.

Berdasarkan *ouput run analyses* program *geostudio* pada kemiringan 15° diperoleh hasil nilai *safety factor* (SF) sebesar 3,16 sebelum pembebanan dan 2,60 setelah pembebanan. Pada kemiringan lereng 25° nilai SF yang diperoleh dari *geostudio* saat sebelum pembebanan dan setelah pembebanan masing-masing sebesar 2,16 dan 1,79. Kemudian pada kemiringan lereng 45° nilai SF saat sebelum pembebanan sebesar 1,43 dan setelah pembebanan sebesar 1,15. Sedangkan nilai SF pada timbunan dengan lereng kemiringan 60° hasil output dari *geostudio* adalah 1,09 saat sebelum pembebanan dan nilai SF setelah diberi beban struktur perkerasan dan beban lalu lintas adalah sebesar 0,89. Hasil nilai SF dan hubungannya terhadap keadaan lereng dan intensitas longsor menurut tabel klasifikasi nilai SF Sosrodarsono dan Bowles ditampilkan pada tabel 4.5 berikut

Tabel 4.9 Keadaan lereng hasil *geostudio* menurut tabel klasifikasi

Kondisi Lereng	Lereng Kemiringan Asli	Variasi kemiringan			
		15°	25°	45°	60°
Sebelum Pembebanan	1,79	3,16	2,16	1,43	1,09
Setelah Pembebanan	1,52	2,60	1,79	1,15	0,89
Keadaan lereng (Sosrodarsono, 2003)	Aman	Aman	Aman	Memuaskan	Diragukan
	Aman	Aman	Aman	Diragukan	Tidak aman
Intensitas longsor (Bowles, 1991)	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Lereng kritis
	Stabil	Stabil	Stabil	Lereng kritis	Labil

Sumber : Perhitungan

Setelah diperoleh hasil nilai *safety factor* pada setiap variasi kemiringan akan dilakukan tinjauan kondisi lereng mengacu kepada tabel klasifikasi sosrodarsono dan bowles, dari nilai tabel klasifikasi disimpulkan kondisi lereng setiap sudut kemiringan sebagai berikut:

1. Nilai *safety factor* berdasarkan kondisi lereng (Sosrodarsono, 2003)

A. Kemiringan Asli 31°

Nilai SF pada lereng asli sebelum dan sesudah pembebanan sebesar 1,79 dan 1,52 yang berada pada rentang lereng dalam kondisi mantap dan stabil

B. Kemiringan 15°

Pada kemiringan 15° nilai SF sebelum dan sesudah pembebanan sebesar 3,16 dan 2,60, dapat disimpulkan lereng dalam keadaan mantap dan stabil

C. Kemiringan 25°

Hasil output geostudio pada kemiringan 25° memperoleh nilai SF sebelum dan sesudah pembebanan sebesar 2,16 dan 1,79 yang menurut tabel klasifikasi kondisi lereng stabil dan dalam kondisi mantap

D. Kemiringan 45°

Berdasarkan tabel klasifikasi kondisi lereng sebelum pembebanan dengan nilai SF 1,43 dalam kondisi memuaskan dan setelah pembebanan dalam keadaan diragukan dengan nilai SF 1,15. Diperlukan adanya tambahan perkuatan pada lereng tersebut

E. Kemiringan 60°

Pada kemiringan 60° sebelum pembebanan dengan nilai SF 1,09, lereng masuk dalam kategori kondisi kemantapan diragukan, namun setelah menerima beban tambahan nilai SF turun menjadi 0,89 yang menunjukkan lereng dalam kondisi tidak mantap atau lereng labil dan diperlukan perencanaan ulang pada geometrik lereng pada kondisi ini.

2. Nilai *safety factor* berdasarkan intensitas kelongsoran (Bowles, 1991)

A. Kemiringan Asli 31°

Nilai SF pada lereng asli sebelum dan sesudah pembebanan sebesar 1,79 dan 1,52 yang mendefinisikan pada keadaan ini lereng relatif stabil dan kemungkinan longsor jarang terjadi.

B. Kemiringan 15°

Pada kemiringan 15° nilai SF sebelum dan sesudah pembebanan sebesar 3,16 dan 2,60, menunjukkan lereng stabil dan kemungkinan longsor jarang terjadi

C. Kemiringan 25°

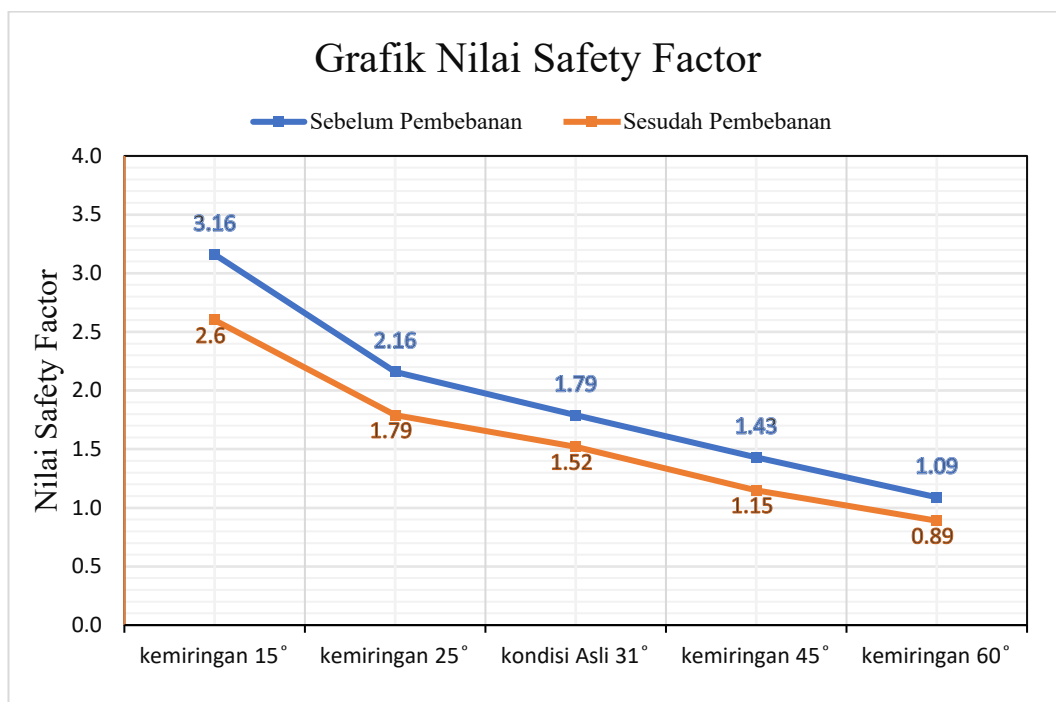
Pada kemiringan 25° diperoleh nilai SF sebelum dan sesudah pembebanan sebesar 2,16 dan 1,79 yang menurut tabel klasifikasi lereng stabil dan longsor jarang terjadi

D. Kemiringan 45°

Berdasarkan tabel klasifikasi kondisi lereng sebelum pembebanan dengan nilai SF 1,43 lereng dalam kondisi stabil dan setelah pembebanan SF 1,15 lereng dalam keadaan kritis dan kemungkinan longsor pernah terjadi

E. Kemiringan 60°

Pada kemiringan 60° sebelum pembebanan dengan nilai SF 1,09, lereng masuk dalam kategori kritis dengan kelongsoran pernah terjadi, namun setelah pembebanan nilai SF turun menjadi 0,89 yang menunjukkan lereng labil dan kemungkinan longsor sering terjadi.



Gambar 4.17 Perbandingan nilai SF analisis program geostudio

Gambar 4.17 menunjukkan perbandingan nilai *safety factor* sebelum dan sesudah pembebanan. Berdasarkan keseluruhan hasil analisis dengan program geostudio 2018 dapat disimpulkan bahwa variasi sudut kemiringan berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Angka keamanan (*safety factor*) suatu lereng menurun seiring dengan semakin besarnya sudut kemiringan suatu lereng. Semakin landai suatu lereng maka nilai stabilitasnya semakin besar. Sebaliknya semakin curam suatu lereng maka nilai stabilitasnya semakin berkurang pada kondisi parameter tanah yang sama. Gambar hasil *output run analyses* geostudio berupa angka keamanan dan peta zona keselamatan dapat dilihat pada lampiran A.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian analisis stabilitas tanah timbunan yang sudah dijabarkan dan dijelaskan pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan beberapa hal serta saran untuk peneliti selanjutnya sebagai berikut

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis stabilitas lereng baik dengan metode manual bishop yang disederhanakan maupun dengan penggunaan program geostudio dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada analisis stabilitas timbunan dengan kemiringan asli metode manual bishop dan program geostudio 2018 sebelum pembebanan diperoleh hasil *safety factor* masing-masing 1,80 dan 1,79, sedangkan nilai *safety factor* lereng sesudah pembebanan struktur perkerasan dan lalu lintas masing-masing adalah 1,46 dan 1,52. Berdasarkan hasil tersebut bisa disimpulkan lereng timbunan masih dalam keadaan memuaskan, aman dan stabil pada kondisi sebelum dan sesudah pembebanan.
2. Pada analisis stabilitas dengan variasi timbunan 15°, 25°, 45° dan 60° sebelum pembebanan masing-masing diperoleh nilai *safety factor* sebesar 3,16, 2,16, 1,43 dan 1,09, sedangkan nilai *safety factor* lereng sesudah pembebanan masing-masing sebesar 2,60, 1,79, 1,15 dan 0,89. Dari nilai *safety factor* hasil analisis geostudio dapat disimpulkan bahwa sudut kemiringan berpengaruh terhadap kestabilan suatu lereng. Kestabilan suatu lereng menurun seiring dengan semakin besarnya sudut. Semakin landai suatu lereng, nilai stabilitasnya semakin besar. Sebaliknya semakin curam suatu lereng maka nilai stabilitasnya semakin berkurang pada kondisi parameter tanah yang sama

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, disarankan untuk memperhatikan dan mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Penelitian hanya menganalisa lereng tanpa perkuatan apapun, untuk peneliti selanjutnya disarankan untuk menganalisa lereng dengan perkuatan seperti *geotextile*, *sheet pile*, bronjong, turap dan perkuatan lainnya sesuai dengan kondisi timbunan ataupun lereng alami yang ditinjau.
2. Penelitian menggunakan *software* geostudio, pada keadaan yang sama penelitian selanjutnya bisa mempertimbangkan penggunaan *software* geoteknik lainnya untuk mengetahui *software* mana yang lebih baik dalam menganalisa bidang longsor kritis.
3. Hasil penelitian diperoleh tanpa memperhitungkan total biaya dari setiap kemiringan lereng yang dimodelkan, mungkin untuk peneliti selanjutnya bisa memperhatikan hal tersebut untuk mengetahui pengaruh RAB pada perencanaan geometri lereng buatan.
4. Jika penelitian dilakukan pada lereng alami perlu diperhatikan keadaan lereng pada kondisi kering dan basah guna mengetahui perbandingan potensi kelongsoran yang terjadi pada musim penghujan terutama pada lereng yang terletak dibagian sisi jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, D.S., Rochim, A., Faridha, N., Putri, S., 2019. *Stabilitas Lereng Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo–Ngawi–Kertosono Paket 1 Sta. 91+ 850. Pondasi 24, 90–108.*
- Amri, N., Dharmawansyah, D., Hermansyah, H., 2021. *Perbandingan Metode Bishop Dan Janbu Dalam Analisis Stabilitas Lereng Pada Oprit Jembatan Labu Sawo Sumbawa.*
- Budhu, M., 2011. *Soil Mechanics And Foundations, 3rd Ed. Ed. Wiley, New York.*
- Budiasto, A., Purwanto, E., N.D. *Analisis Stabilitas Timbunan Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Plaxis.*
- Bowles, J. E. 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soils.* USA: McGraw-Hill Book Company.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip- Prinsip Rekayasa Geoteknis): Jilid 1.* Surabaya: Erlangga
- Das, B.M. (Ed.), 2011. *Geotechnical Engineering Handbook.* J. Ross Pub, Ft. Lauderdale, Fl.
- Duncan, J.M., 1996. State of the Art: Limit Equilibrium and Finite-Element Analysis of Slopes. *J. Geotech. Eng.* 122, 577–596.)
- Fadhil, Muhammad, 2022. *Analisa Kestabilan Lereng Di Area Ferari Block West Sorowako Pt. Vale Indonesia Tbk.*
- Fahmi, M., Ikhyia, I., 2021. *Analisis Stabilitas Timbunan Pada Tanah Dasar Berbentuk Lereng Dengan Metode Elemen Hingga.*
- Fahriana, N., Ismida, Y., Lydia, E.N., Ariesta, H., 2019. *Analisis Klasifikasi Tanah Dengan Metode Uscs (Meurandeh Kota Langsa).*
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1: Edisi Ketiga.* Daerah Istimewa Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2014). *Mekanika Tanah 2: Edisi Kelima.* Daerah Istimewa Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kurniawan, Y., N.D. (*Analysis Of The Road Embankment Slope Stability Using Geotextile*).

- Nugraha, A.S., Sutanto, A.K., 2019. *Pengaruh Sudut Kemiringan Lereng Terhadap Angka Stabilitas Lereng Tanah Kohesif Berdasarkan Kurva Taylor Dan Software Geo5. J. Tek. Sipil 15, 87–99.*
- Putra, H., 2019. *Mekanika Tanah: Parameter Dan Prosedur Pengujian. Yogyakarta: Gre Publishing*
- Rizqullah, P.G., Yelvi, Y., 2022. *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Cibitung - Cilincing Seksi 2 Sta 6+475).*
- Sadikin, D.A., Komarudin, K., 2018. *Studi Stabilitas Lereng Timbunan Jalan Terhadap Variasi Kemiringan.*
- Sosrodarsono, suyono., Takeda, Kensaku., 1987. *Hidrologi untuk pengairan , Jakarta : Pradnya Paramita.*
- Wyllie, D.C., Mah, C.W., n.d., 2005. *Rock Slope Engineering: Civil and Mining, 4th Edition.*

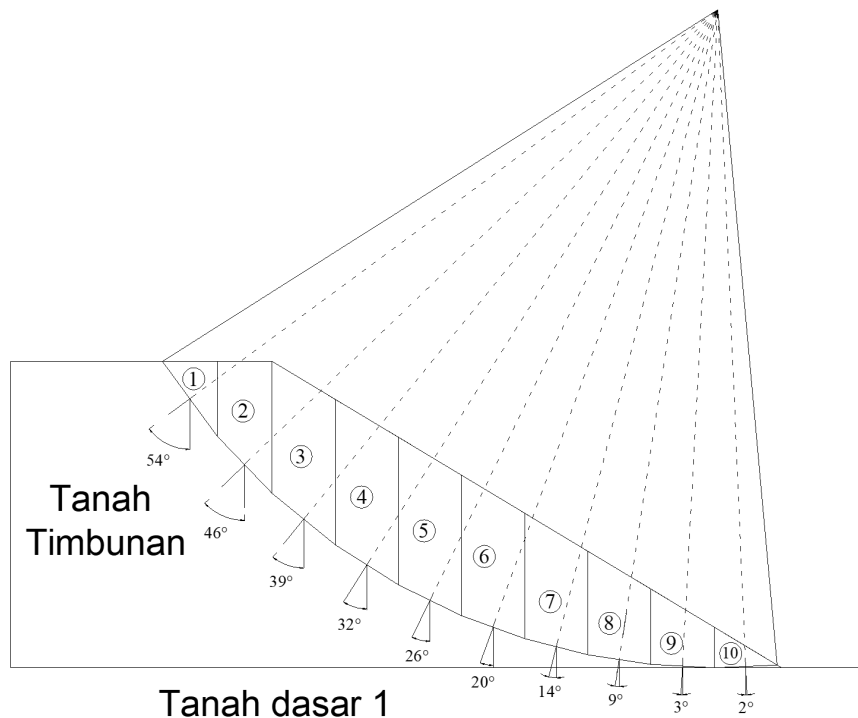
LAMPIRAN A PERHITUNGAN

A.1 Perhitungan Stabilitas Metode Bishop yang Disederhanakan

Metode bishop yang disederhanakan merupakan metode analisis yang menggunakan prinsip irisan dalam menentukan faktor keamanan dari suatu lereng, bishop mengasumsikan bidang kelongsoran berbentuk lingkaran kemudian bidang kelongsoran dipecah-pecah menjadi beberapa irisan lalu dilakukan perhitungan pada setiap irisan

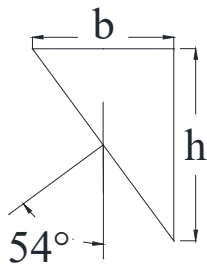
Metode bishop mengabaikan gaya gesek antar irisan dan mengasumsikan bahwa gaya normal cukup untuk mendefinisikan gaya antar irisan. Metode Bishop disederhanakan menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol.

A.1.1 Perhitungan Stabilitas Timbunan Sebelum Pembebanan



Gambar A.1 Bidang kelongsoran Sta 29+375 sebelum pembebanan

1. Irisan ke- 1



$$\text{Berat volume tanah } (\gamma) = 15,31 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Kohesi tanah } (c) = 8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sudut gesek dalam tanah } (\phi) = 23^\circ$$

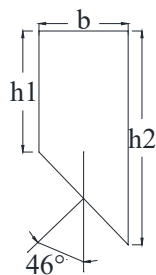
$$\text{Lebar irisan } (b) = 0,93$$

$$\text{Tinggi irisan } (h) = 1,27$$

$$\text{Sudut terhadap pusat kelongsoran } (\alpha) = 54^\circ$$

- A. Luas irisan (A_1) $= \frac{1}{2}(0,93 \times 1,27)$
 $= 0,590 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_1) $= \gamma \times A_1$
 $= (15,31 \times 0,590)$
 $= 9.0413 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 0,93$
 $= 7,44 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_1 \times \tan \phi$) $= 9.0413 \times 0.4245$
 $= 3.8378$
- E. Tegangan geser irisan ($W_1 \times \sin \alpha_1$) $= 9,0413 \times 0,8090$
 $= 7.3146$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= \cos \alpha_n + \frac{\text{tg } \phi \cdot \sin \alpha_n}{FS}$
 $= 0,5878 + \frac{0,4245 \times 0,8090}{1}$
 $= 0.7786$

2. Irisan ke- 2



$$\gamma = 15,31 \text{ kN/m}^3 \quad h_1 = 1,27$$

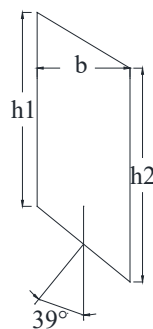
$$c = 8 \text{ kN/m}^2 \quad h_2 = 2,23$$

$$\phi = 23^\circ \quad \alpha = 46^\circ$$

$$b = 0,93$$

- A. Luas irisan (A_2) $= \frac{1}{2}(1,27 \times 2,23) \times 0,93$
 $= 1,627 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_2) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 1,627$
 $= 24.9170 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 0,93$
 $= 7,44 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_2 \times \tan \phi$) $= 24.9170 \times 0.4245$
 $= 10.5766$
- E. Tegangan geser irisan $W_2 \times \sin \alpha_2$ $= 24.9170 \times 0.7193$
 $= 17.9238$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 0,6947 + \frac{0,4245 \times 0,7193}{1}$
 $= 0,8643$

3. Irisan ke- 3

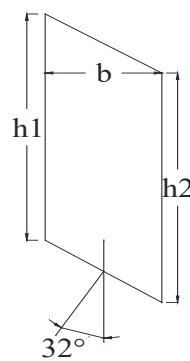


$$\begin{array}{ll} \gamma & = 15,31 \text{ kN/m}^3 \\ c & = 8 \text{ kN/m}^2 \\ \phi & = 23^\circ \\ b & = 1,07 \end{array} \quad \begin{array}{ll} h_1 & = 2,23 \\ h_2 & = 2,46 \\ \alpha & = 39^\circ \end{array}$$

- A. Luas irisan (A_3) $= \frac{1}{2}(2,23 \times 2,46) \times 1,07$
 $= 2,509 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_3) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 2,509$
 $= 38.4151 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,07$
 $= 8,56 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_3 \times \tan \phi$) $= 24.9170 \times 0.4245$

$$\begin{aligned}
 &= 16.3062 \\
 \text{E. Tegangan geser irisan } (W_3 \times \sin \alpha_3) &= 38.4151 \times 0.6293 \\
 &= 24.1754 \\
 \text{F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan} \\
 \text{irisan terhadap nilai } safety\ factor(m\alpha_n) &= 0,7771 + \frac{0,4245 \times 0,0693}{1} \\
 &= 0,9256
 \end{aligned}$$

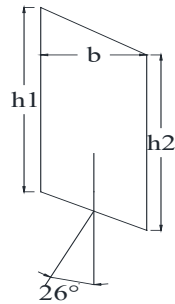
4. Irisan ke-4



$$\begin{aligned}
 \gamma &= 15,31 \text{ kN/m}^3 \\
 c &= 8 \text{ kN/m}^2 \\
 \phi &= 23^\circ \\
 b &= 1,07 \\
 h_1 &= 2,46 \\
 h_2 &= 2,5 \\
 \alpha &= 32^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{A. Luas irisan } (A_4) &= \frac{1}{2}(2,46 \times 2,5) \times 1,07 \\
 &= 2,653 \text{ m}^2 \\
 \text{B. Berat irisan tanah } (W_4) &= \gamma \times A_4 \\
 &= 15,31 \times 2,653 \\
 &= 40.6266 \text{ kN} \\
 \text{C. Tahanan geser dari kohesi } (c \cdot b_n) &= 8 \times 1,07 \\
 &= 8,56 \text{ kN} \\
 \text{D. Tahanan geser pada komponen gesek } (W_4 \times \tan \phi) &= 24.9170 \times 0.4245 \\
 &= 17.2450 \\
 \text{E. Tegangan geser irisan } W_4 \times \sin \alpha_4 &= 40.6266 \times 0.5299 \\
 &= 21.5288 \\
 \text{F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan} \\
 \text{irisan terhadap nilai } safety\ factor(m\alpha_n) &= 0,8480 + \frac{0,4245 \times 0,5299}{1} \\
 &= 0,9730
 \end{aligned}$$

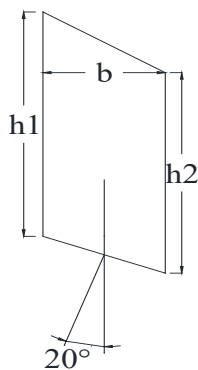
5. Irisan ke- 5



$$\begin{aligned} \gamma &= 15,31 \text{ kN/m}^3 & h_1 &= 2,5 \\ c &= 8 \text{ kN/m}^2 & h_2 &= 2,38 \\ \phi &= 23^\circ & \alpha &= 26^\circ \\ b &= 1,07 \end{aligned}$$

- A. Luas irisan (A_5) $= \frac{1}{2} (2,5 \times 2,38) \times 1,07$
 $= 2,610 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_5) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 2,610$
 $= 39.9713 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,07$
 $= 8,56 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_5 \times \tan \phi$) $= 39.9713 \times 0.4245$
 $= 16.9668$
- E. Tegangan geser irisan $W_5 \times \sin \alpha_5$ $= 39.9713 \times 0.4384$
 $= 17.5223$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 0.8988 + \frac{0,4245 \times 0.4384}{1}$
 $= 1.0022$

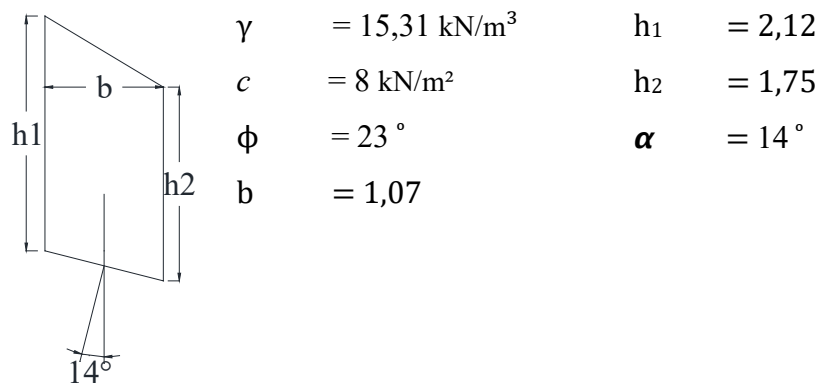
6. Irisan ke-6



$$\begin{aligned} \gamma &= 15,31 \text{ kN/m}^3 & h_1 &= 2,38 \\ c &= 8 \text{ kN/m}^2 & h_2 &= 2,12 \\ \phi &= 23^\circ & \alpha &= 20^\circ \\ b &= 1,07 \end{aligned}$$

- A. Luas irisan (A_6) $= \frac{1}{2}(2,38 \times 2,12) \times 1,07$
 $= 2,407 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah ke (W_6) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 2,407$
 $= 36.8588 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,07$
 $= 8,56 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_6 \times \tan \phi$) $= 36.8588 \times 0.4245$
 $= 15.6456$
- E. Tegangan geser irisan $W_6 \times \sin \alpha_6$ $= 36.8588 \times 0.3420$
 $= 12.6065$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 0.9397 + \frac{0,4245 \times 0.3420}{1}$
 $= 1.0203$

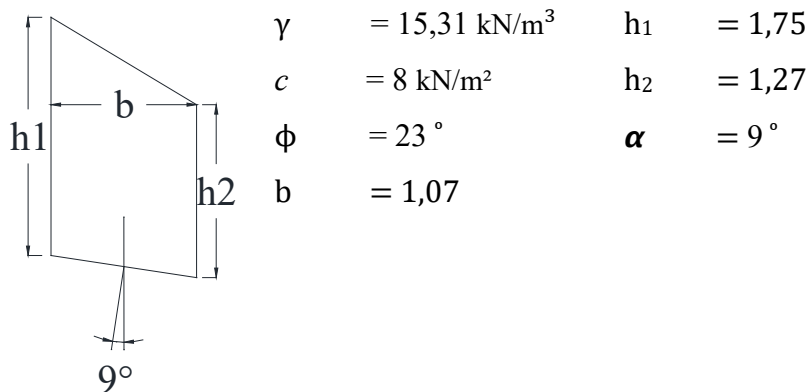
7. Irisan ke- 7



- A. Luas irisan (A_7) $= \frac{1}{2}(2,12 \times 1,75) \times 1,07$
 $= 2,070 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah ke (W_7) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 2,070$
 $= 31.6986 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,07$
 $= 8,56 \text{ kN}$

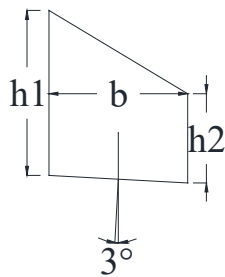
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_7 \times \tan \phi$) = 31.6986×0.4245
= 13.4553
- E. Tegangan geser irisan $W_7 \times \sin \alpha_7$ = 31.6986×0.2419
= 7.6686
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) = $0.9703 + \frac{0.4245 \times 0.2419}{1}$
= 1.0273

8. Irisan ke- 8



- A. Luas irisan (A_8) = $\frac{1}{2} (1,75 \times 1,27) \times 1,07$
= 1,615 m²
- B. Berat irisan tanah ke (W_8) = $\gamma \times A_1$
= $15,31 \times 1,615$
= 24.7364 kN
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) = $8 \times 1,07$
= 8,56 kN
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_8 \times \tan \phi$) = 24.7364×0.4245
= 10.5000
- E. Tegangan geser irisan $W_8 \times \sin \alpha_8$ = 24.7364×0.1564
= 3.8696
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) = $0.9877 + \frac{0.4245 \times 0.1564}{1}$
= 1.0246

9. Irisan ke-9



$$\gamma = 15,31 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 8 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi = 23^\circ$$

$$b = 1,07$$

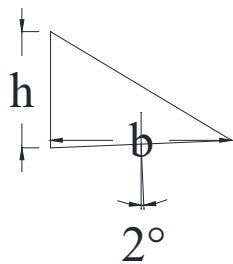
$$h_1 = 1,27$$

$$h_2 = 0,69$$

$$\alpha = 3^\circ$$

- A. Luas irisan (A_9) $= \frac{1}{2} (1,27 \times 0,69) \times 1,07$
 $= 1,048 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_9) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 1,048$
 $= 16.0541 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,07$
 $= 8,56 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_9 \times \tan \phi$) $= 16.0541 \times 0.4245$
 $= 6.8145$
- E. Tegangan geser irisan $W_9 \times \sin \alpha_9$ $= 16.0541 \times 0.0523$
 $= 0.8402$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 0.9986 + \frac{0,4245 \times 0.0523}{1}$
 $= 1.0110$

10. Irisan ke-10



$$\begin{aligned} \gamma &= 15,31 \text{ kN/m}^3 & b &= 1,07 \\ c &= 8 \text{ kN/m}^2 & h &= 0,69 \\ \phi &= 23^\circ & \alpha &= -2^\circ \end{aligned}$$

- A. Luas irisan (A_{10}) $= \frac{1}{2}(0,69 \times 1,07)$
 $= 0,369 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_{10}) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 0,369$
 $= 5.6517 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,07$
 $= 8,56 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_{10} \times \tan \phi$) $= 5.6517 \times 0.4245$
 $= 2.3990$
- E. Tegangan geser irisan $W_{10} \times \sin \alpha_{10}$ $= 5.6517 \times -0.0349$
 $= -0.1972$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 0.9994 + \frac{0,4245 \times (-0.0349)}{1}$
 $= 0.9912$

Setelah semua gaya yang bekerja pada setiap irisan dihitung lalu kemudian akan dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut :

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [cb_i + w_i \text{tg } \phi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i + \sin \theta_i \text{tg } \phi' / FS} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i \sin \theta_i}$$

Pada persamaan rumus perhitungan dengan metode bishop tampak nilai SF di kedua sisi persamaannya, maka dari itu dibutuhkan cara *trial and error* untuk memperoleh angka *safety factor* nya. Nilai SF pada ruas kanan adalah nilai

sementara yang diasumsikan terlebih dahulu, kemudian akan diubah mengikut dengan nilai yang mendekati angka SF ruas kiri yang dibantu dengan menggunakan aplikasi misrosoft excel untuk mempermudah *trial error*. Hasil akhir perhitungan bishop yang disederhanakan akan ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel A.1 Perhitungan gaya berat setiap irisan sebelum pembebanan

No irisan	b_n (m)	Luas Irisan (m ²)	W_n (kN)	α_n (°)	$m\alpha_n$	$W_n \cdot \tan\Phi$ (kN)	$W_n \cdot \sin \alpha_n$ (kN)	$(c \cdot b_n + W_n \cdot \tan\Phi)^* / m\alpha_n$
1	0.93	0.5906	9.0413	54	0.7786	3.8378	7.3146	12.111
2	0.93	1.6275	24.9170	46	0.8643	10.5766	17.9238	18.017
3	1.07	2.5092	38.4151	39	0.9256	16.3062	24.1754	23.812
4	1.07	2.6536	40.6266	32	0.9730	17.2450	21.5288	24.050
5	1.07	2.6108	39.9713	26	1.0022	16.9668	17.5223	23.530
6	1.07	2.4075	36.8588	20	1.0203	15.6456	12.6065	22.312
7	1.07	2.0705	31.6986	14	1.0273	13.4553	7.6686	20.518
8	1.07	1.6157	24.7364	9	1.0246	10.5000	3.8696	18.082
9	1.07	1.0486	16.0541	3	1.0110	6.8145	0.8402	15.061
10	1.07	0.3692	5.6517	-2	0.9912	2.3990	-0.1972	11.131
Jumlah							113.2525	188.622

Sumber : Perhitungan

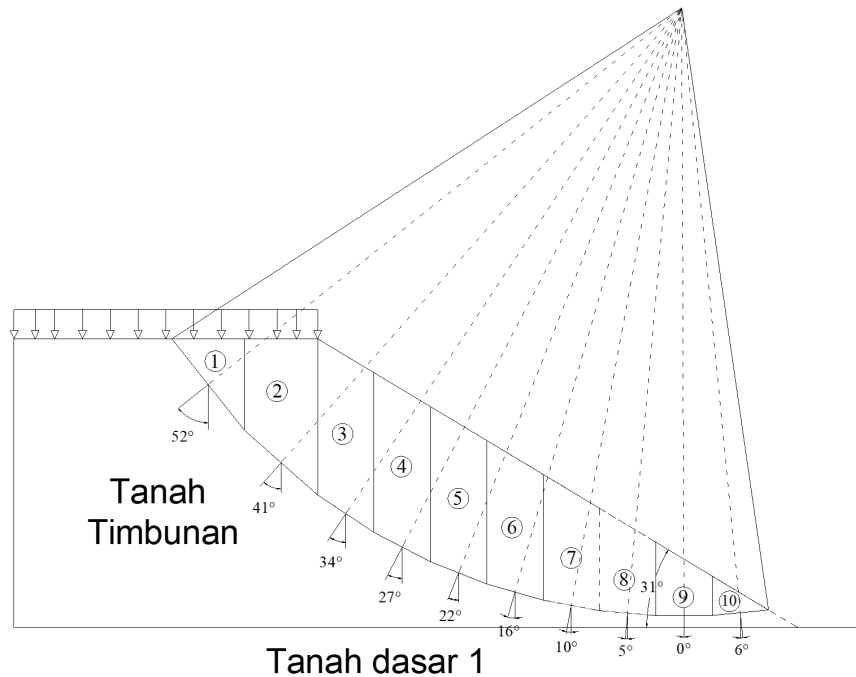
Tabel A.2 Trial nilai *safety factor* kanan sebelum pembebanan

Trial	F(kanan)	$\Sigma (c \cdot b_n + W_n \cdot \tan\Phi) / m\alpha_n$	$\Sigma W_n \cdot \sin \alpha_n$	<i>Safety factor</i>
1	1	188.622	113.2525	1,67
2	1,67	202,531		1,79
3	1,79	204.087		1,80
4	1,80	204,209		1,80

Sumber : Perhitungan

Nilai *safety factor* pada lereng kondisi asli sebelum pembebanan konstruksi dan beban lalu lintas berhasil diperoleh pada *trial* keempat setelah angka SF di kedua ruas persamaan serupa yaitu 1,80.

A.1.2 Perhitungan Stabilitas Timbunan Sesudah Pembebanan



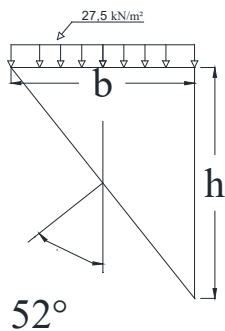
Gambar A.2 Bidang kelongsoran Sta 29+375 sesudah pembebanan

Tahapan perhitungan sebelum dan sesudah pembebanan tidak ada bedanya hanya saja pada perhitungan sesudah pembebanan ditambahkan beban pada perhitungan berat irisan tanah dengan rumus berikut :

$$W_i = (\gamma \times A_i) + (q \times L)$$

Dimana q merupakan besarnya beban yang diterima irisan dan L merupakan lebar irisan yang terkena beban (m), perhitungan stabilitas lereng sesudah pembebanan adalah sebagai berikut

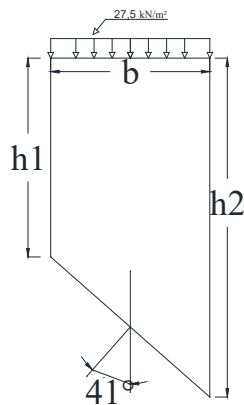
1. Irisan ke- 1



Berat volume tanah (γ)	= 15,31 kN/m ³
Kohesi tanah (c)	= 8 kN/m ²
Sudut gesek dalam tanah (ϕ)	= 23 °
Lebar irisan (b)	= 1,31
Tinggi irisan (h)	= 1,64
Sudut terhadap pusat kelongsoran (α)	= 52 °
Beban (q)	= 27,5 kN/m ²

- A. Luas irisan (A_1) $= \frac{1}{2}(1,31 \times 1,64)$
 $= 1,074 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_1) $= (\gamma \times A_1) + (q \times l)$
 $= (15,31 \times 1,074) + (27,5 \times 1,31)$
 $= 52.4710 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,31$
 $= 10.48 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_1 \times \tan \phi$) $= 52.4710 \times 0.4245$
 $= 22.2726$
- E. Tegangan geser irisan $W_1 \times \sin \alpha_1$ $= 52.4710 \times 0.7880$
 $= 41.3477$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= \cos \alpha_n + \frac{\text{tg } \phi \cdot \sin \alpha_n}{FS}$
 $= 0.6157 + \frac{0,4245 \times 0,7880}{1}$
 $= 0.8448$

2. Irisan ke- 2

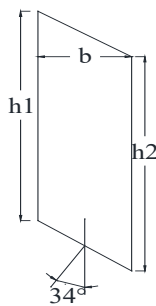


- $\gamma = 15,31 \text{ kN/m}^3$
- $c = 8 \text{ kN/m}^2$
- $\phi = 23^\circ$
- $b = 1,32$
- $h_1 = 1,64$
- $h_2 = 2,81$
- $\alpha = 41^\circ$
- $q = 27,5 \text{ kN/m}^2$

- A. Luas irisan (A_2) $= \frac{1}{2}(1,64 \times 2,81) \times 1,32$
 $= 2.937 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_2) $= (\gamma \times A_1) + (q \times l)$
 $= (15,31 \times 2.937) + (27,5 \times 1,32)$
 $= 81.265 \text{ kN}$

- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,32$
 $= 10,56 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_2 \times \tan \phi$) $= 81.265 \times 0.4245$
 $= 34.4951$
- E. Tegangan geser irisan $W_2 \times \sin \alpha_2$ $= 81.265 \times 0.6561$
 $= 17.9238$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 0.7547 + \frac{0,4245 \times 0.6561}{1}$
 $= 0.9454$

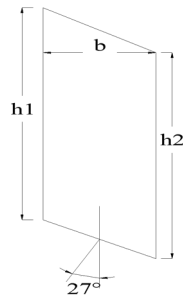
3. Irisan ke- 3



$$\begin{array}{llll} \gamma & = & 15,31 \text{ kN/m}^3 & h_1 & = & 2,81 \\ c & = & 8 \text{ kN/m}^2 & h_2 & = & 2,87 \\ \phi & = & 23^\circ & \alpha & = & 34^\circ \\ b & = & 1,01 & & & \end{array}$$

- A. Luas irisan (A_3) $= \frac{1}{2} (2,81 \times 2,87) \times 1,01$
 $= 2.868 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_3) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 2.868$
 $= 43.915 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,01$
 $= 8,08 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_3 \times \tan \phi$) $= 43.915 \times 0.4245$
 $= 18.6409$
- E. Tegangan geser irisan $W_3 \times \sin \alpha_3$ $= 43.915 \times 0.5592$
 $= 24.5571$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 0.8290 + \frac{0,4245 \times 0.5592}{1}$
 $= 0.9916$

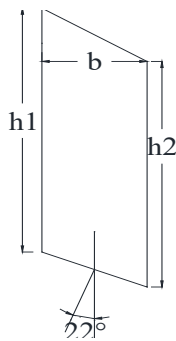
4. Irisan ke-4



$$\begin{aligned} \gamma &= 15,31 \text{ kN/m}^3 & h_1 &= 2,87 \\ c &= 8 \text{ kN/m}^2 & h_2 &= 2,79 \\ \phi &= 23^\circ & \alpha &= 27^\circ \\ b &= 1,01 \end{aligned}$$

- A. Luas irisan (A_4) $= \frac{1}{2}(2,87 \times 2,79) \times 1,01$
 $= 2.858 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_4) $= \gamma \times A_4$
 $= 15,31 \times 2.858$
 $= 43.761 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,01$
 $= 8,08 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_4 \times \tan \phi$) $= 43.761 \times 0.4245$
 $= 18.5753$
- E. Tegangan geser irisan $W_4 \times \sin \alpha$ $= 43.761 \times 0.4540$
 $= 19.8669$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 0.8910 + \frac{0,4245 \times 0.4540}{1}$
 $= 1.0230$

5. Irisan ke- 5

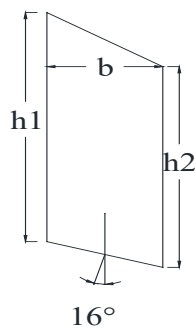


$$\begin{aligned} \gamma &= 15,31 \text{ kN/m}^3 & h_1 &= 2,79 \\ c &= 8 \text{ kN/m}^2 & h_2 &= 2,58 \\ \phi &= 23^\circ & \alpha &= 22^\circ \\ b &= 1,01 \end{aligned}$$

- A. Luas irisan (A_5) $= \frac{1}{2}(2,79 \times 2,58) \times 1,01$
 $= 2.712 \text{ m}^2$

- B. Berat irisan tanah (W_5) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 2.712$
 $= 41.518 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,01$
 $= 8,08 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_5 \times \tan \phi$) $= 41.518 \times 0.4245$
 $= 17.6235$
- E. Tegangan geser irisan $W_5 \times \sin \alpha_5$ $= 41.518 \times 0.3746$
 $= 15.5531$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 0.9272 + \frac{0,4245 \times 0.3746}{1}$
 $= 1.0361$

6. Irisan ke-6



$$\begin{array}{llll} \gamma & = & 15,31 \text{ kN/m}^3 & h_1 & = & 2,58 \\ c & = & 8 \text{ kN/m}^2 & h_2 & = & 2,26 \\ \phi & = & 23^\circ & \alpha & = & 16^\circ \\ b & = & 1,01 & & & \end{array}$$

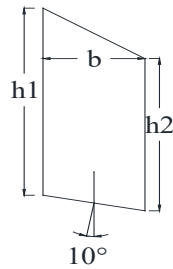
- A. Luas irisan (A_6) $= \frac{1}{2} (2,58 \times 2,26) \times 1,01$
 $= 2.444 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_6) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 2.444$
 $= 37.421 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,01$
 $= 8,08 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_6 \times \tan \phi$) $= 37.421 \times 0.4245$
 $= 15.8841$
- E. Tegangan geser irisan $W_6 \times \sin \alpha_6$ $= 37.421 \times 0.2756$
 $= 10.3145$

F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$)

$$= 0.9613 + \frac{0,4245 \times 0.2756}{1}$$

$$= 1.0414$$

7. Irisan ke- 7



$$\begin{array}{ll} \gamma & = 15,31 \text{ kN/m}^3 & h_1 & = 2,26 \\ c & = 8 \text{ kN/m}^2 & h_2 & = 1,84 \\ \phi & = 23^\circ & \alpha & = 10^\circ \\ b & = 1,01 & & \end{array}$$

A. Luas irisan (A_7)

$$= \frac{1}{2} (2,26 \times 1,84) \times 1,01$$

$$= 2.071 \text{ m}^2$$

B. Berat irisan tanah (W_7)

$$= \gamma \times A_1$$

$$= 15,31 \times 2,071$$

$$= 31.699 \text{ kN}$$

C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$)

$$= 8 \times 1,01$$

$$= 8,08 \text{ kN}$$

D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_7 \times \tan \phi$)

$$= 31.699 \times 0.4245$$

$$= 13.4556$$

E. Tegangan geser irisan $W_7 \times \sin \alpha_7$

$$= 31.699 \times 0.1736$$

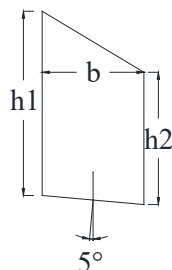
$$= 5.5045$$

F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$)

$$= 0.9848 + \frac{0,4245 \times 0.1736}{1}$$

$$= 1.0730$$

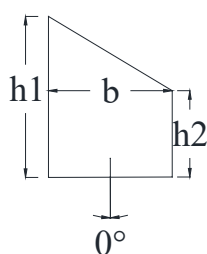
8. Irisan ke- 8



$$\begin{array}{ll} \gamma & = 15,31 \text{ kN/m}^3 & h_1 & = 1,84 \\ c & = 8 \text{ kN/m}^2 & h_2 & = 1,32 \\ \phi & = 23^\circ & \alpha & = 5^\circ \\ b & = 1,01 & & \end{array}$$

- A. Luas irisan (A_8) $= \frac{1}{2}(1,84 \times 1,32) \times 1,01$
 $= 1.596 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_8) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 1.596$
 $= 24.432 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,01$
 $= 8,08 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_8 \times \tan \phi$) $= 24.432 \times 0.4245$
 $= 10.3706$
- E. Tegangan geser irisan $W_8 \times \sin \alpha_8$ $= 24.432 \times 0.0872$
 $= 2.1294$
- F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 0.9962 + \frac{0,4245 \times 0.0872}{1}$
 $= 1.0215$

9. Irisan ke-9



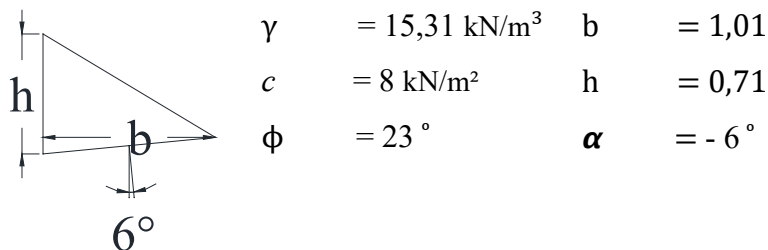
$$\begin{array}{llll} \gamma & = & 15,31 \text{ kN/m}^3 & h_1 & = & 1,32 \\ c & = & 8 \text{ kN/m}^2 & h_2 & = & 0,71 \\ \phi & = & 23^\circ & \alpha & = & 0^\circ \\ b & = & 1,01 & & & \end{array}$$

- A. Luas irisan (A_9) $= \frac{1}{2}(1,32 \times 0,71) \times 1,01$
 $= 1.025 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W_9) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 1.025$
 $= 15.695 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,01$
 $= 8,08 \text{ kN}$
- D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_9 \times \tan \phi$) $= 15.695 \times 0.4245$
 $= 6.6622$

E. Tegangan geser irisan $W_9 \times \sin \alpha_9$ $= 15.695 \times 0$
 $= 0.8402$

F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 1 + \frac{0,4245 \times 0}{1}$
 $= 1.0000$

10. Irisan ke-10



A. Luas irisan (A_{10}) $= \frac{1}{2} (0,01 \times 0,71)$
 $= 0.359 \text{ m}^2$

B. Berat irisan tanah (W_{10}) $= \gamma \times A_1$
 $= 15,31 \times 0.359$
 $= 5.489 \text{ kN}$

C. Tahanan geser dari kohesi ($c \cdot b_n$) $= 8 \times 1,01$
 $= 8,08 \text{ kN}$

D. Tahanan geser pada komponen gesek ($W_{10} \times \tan \phi$) $= 5.489 \times 0.4245$
 $= 2.3301$

E. Tegangan geser irisan $W_{10} \times \sin \alpha_{10}$ $= 5.489 \times -0.1045$
 $= 0.9945$

F. Tahanan geser dari hasil jumlah sudut gesek dan irisan terhadap nilai *safety factor* ($m\alpha_n$) $= 0.9945 + \frac{0,4245 \times (-0.1045)}{1}$
 $= 0.9841$

Rekapitulasi perhitungan gaya yang bekerja pada irisan dapat dilihat pada tabel A.3 di bawah berikut

Tabel A.3 Perhitungan gaya berat setiap irisan sesudah pembebanan

No irisan	b_n	Luas Irisan	W_n	α_n	$m\alpha_n$	$W_n \cdot \tan\Phi$	$W_n \cdot \sin \alpha_n$	$(c \cdot b_n + W_n \cdot \tan\Phi) \cdot \frac{1}{m\alpha_n}$ *
	(m)	(m ²)	(kN)	(°)		(kN)	(kN)	
1	1.31	1.074	52.471	52	0.8448	22.2726	41.3477	38.771
2	1.32	2.937	81.265	41	0.9454	34.4951	53.3149	47.655
3	1.01	2.868	43.915	34	0.9916	18.6409	24.5571	26.947
4	1.01	2.858	43.761	27	1.0230	18.5753	19.8669	26.056
5	1.01	2.712	41.518	22	1.0361	17.6235	15.5531	24.808
6	1.01	2.444	37.421	16	1.0414	15.8841	10.3145	23.011
7	1.01	2.071	31.699	10	1.0353	13.4556	5.5045	20.801
8	1.01	1.596	24.432	5	1.0215	10.3706	2.1294	18.062
9	1.01	1.025	15.695	0	1.0000	6.6622	0.0000	14.742
10	1.01	0.359	5.489	-6	0.9641	2.3301	-0.5738	10.797
Jumlah							172.0143	237.522

Sumber : Perhitungan

Tabel A.4 Trial nilai *safety factor* kanan sesudah pembebanan

Trial	F(kanan)	$\Sigma (c \cdot b_n + W_n \cdot \tan\Phi) \cdot \frac{1}{m\alpha_n}$	$\Sigma W_n \cdot \sin \alpha_n$	<i>Safety factor</i>
1	1	237.522	172.0143	1,38
2	1,38	249.736		1,45
3	1,45	251.421		1,46
4	1,46	251.651		1,46

Sumber : Perhitungan

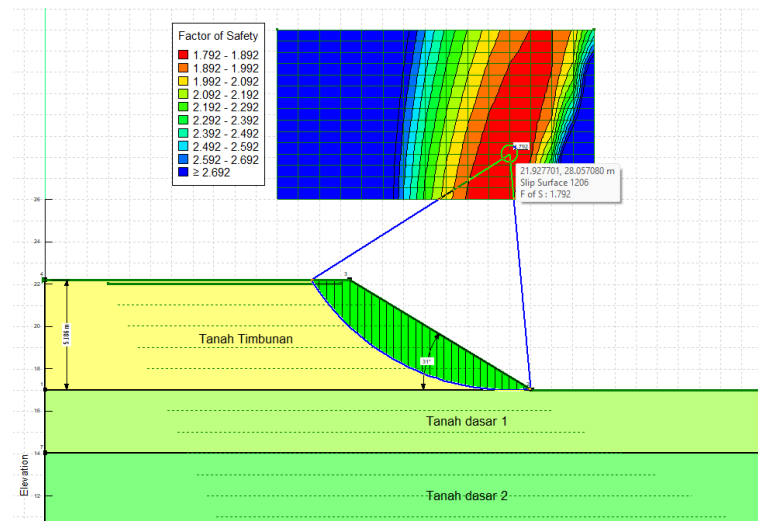
Nilai *safety factor* pada lereng kondisi asli dengan beban perkerasan dan lalu lintas berhasil diperoleh pada *trial* keempat setelah angka SF di kedua ruas persamaan serupa yaitu 1,46.

A.2 Hasil Analisis Stabilitas Menggunakan Program Geostudio

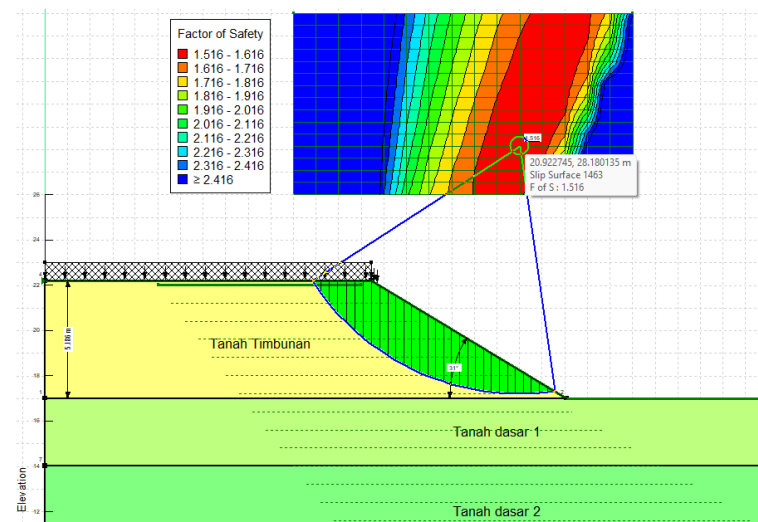
Output analisis dari program geostudio adalah berupa gambar bidang gelincir yang paling kritis pada lereng, dan informasi angka keamanan lereng yang bisa

mendefinisikan keadaan lereng merujuk pada tabel klasifikasi. Berikut adalah hasil *output* dari analisis menggunakan geostudio pada penelitian ini.

1. Hasil *Run analyses* Geostudio Lereng Timbunan Kondisi Asli (31°)



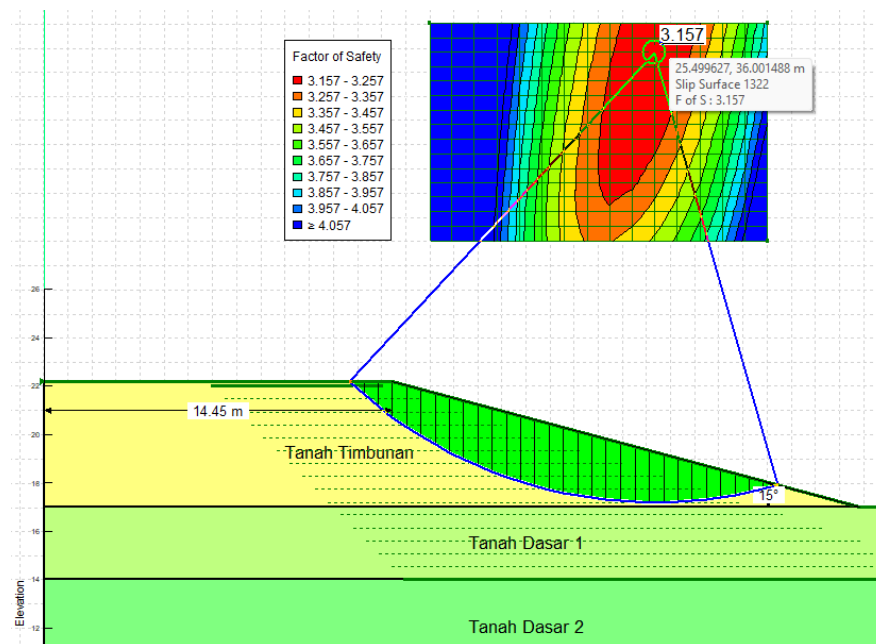
Gambar A.3 Nilai SF kemiringan asli sebelum pembebanan



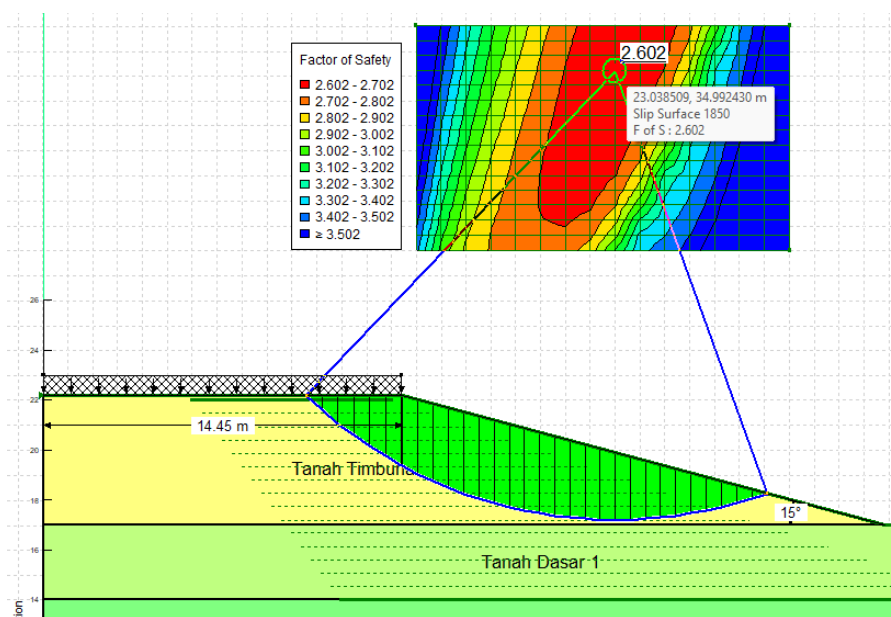
Gambar A.4 Nilai SF kemiringan asli sesudah pembebanan

Gambar A.3 diatas merupakan hasil *output* dari geostudio berupa nilai angka keamanan pada kemiringan asli sebelum pembebanan dan diperoleh angka keamanan sebesar 1,79. Sedangkan gambar A.4 adalah *output* program geostudio kondisi tanah asli setelah diberi beban perkerasan dan beban lalu lintas dengan angka keamanan sebesar 1,52.

2. Hasil *Run analyses* Geostudio Lereng Variasi Kemiringan 15°



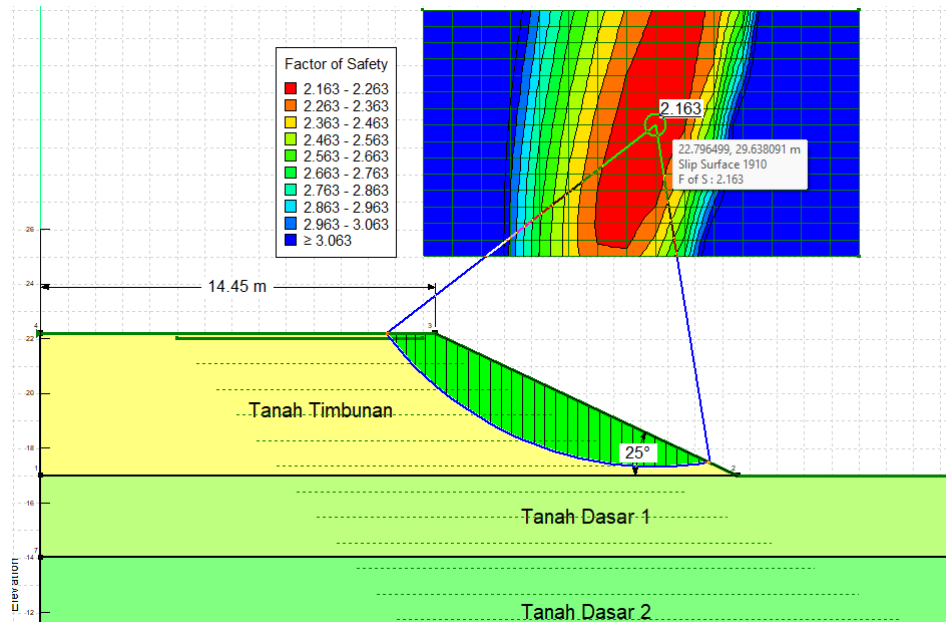
Gambar A.5 Nilai SF kemiringan 15° sebelum pembebanan



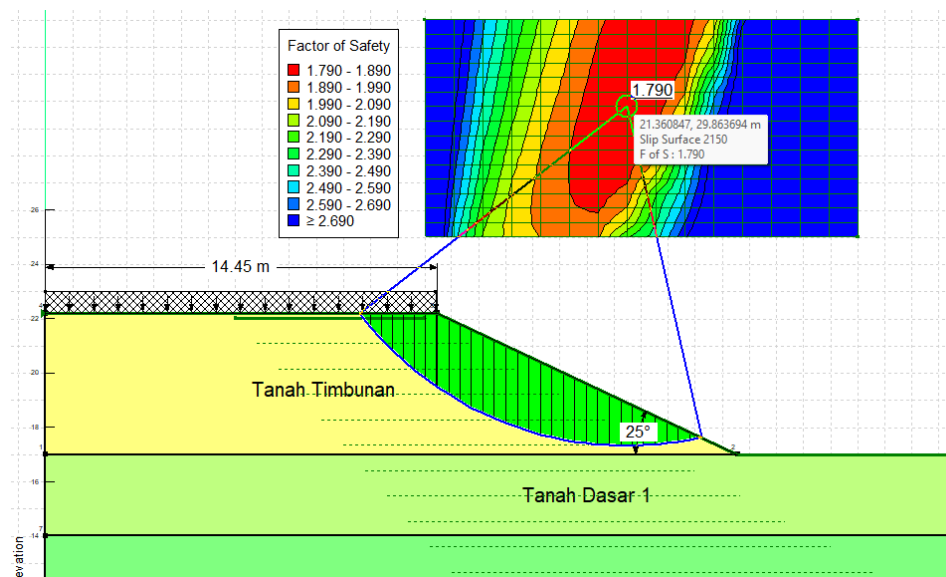
Gambar A.6 Nilai SF kemiringan 15° sesudah pembebanan

Gambar A. 5 dan A. 6 Masing- masing menampilkan hasil *output* angka *safety factor* sebelum dan sesudah pembebanan struktur serta beban lalu lintas dan diperoleh hasil nilai SF 3,16 pada saat sebelum pembebanan dan nilai SF 2,60 setelah penambahan beban struktur dan lalu lintas.

3. Hasil *Run analyses* Geostudio Lereng Variasi Kemiringan 25°



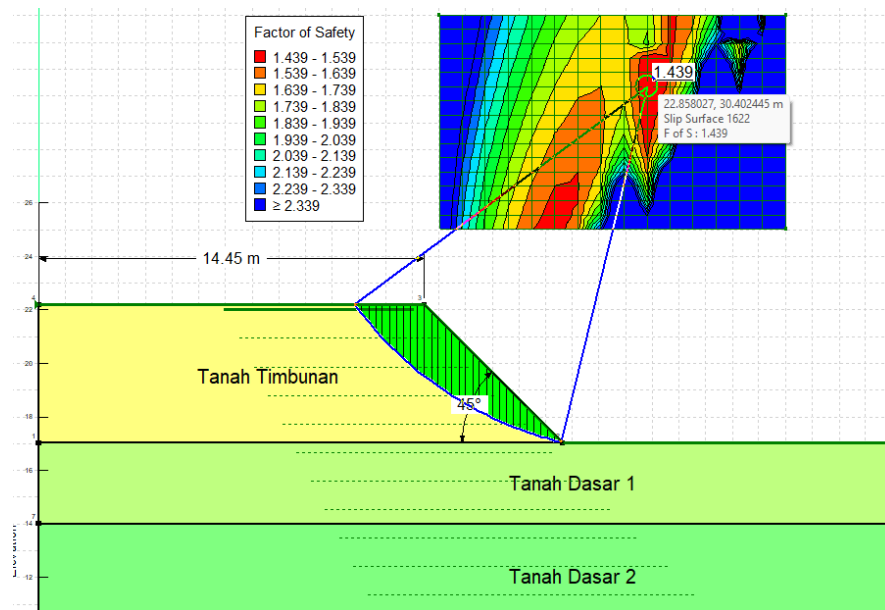
Gambar A.7 Nilai SF kemiringan 25° sebelum pembebanan



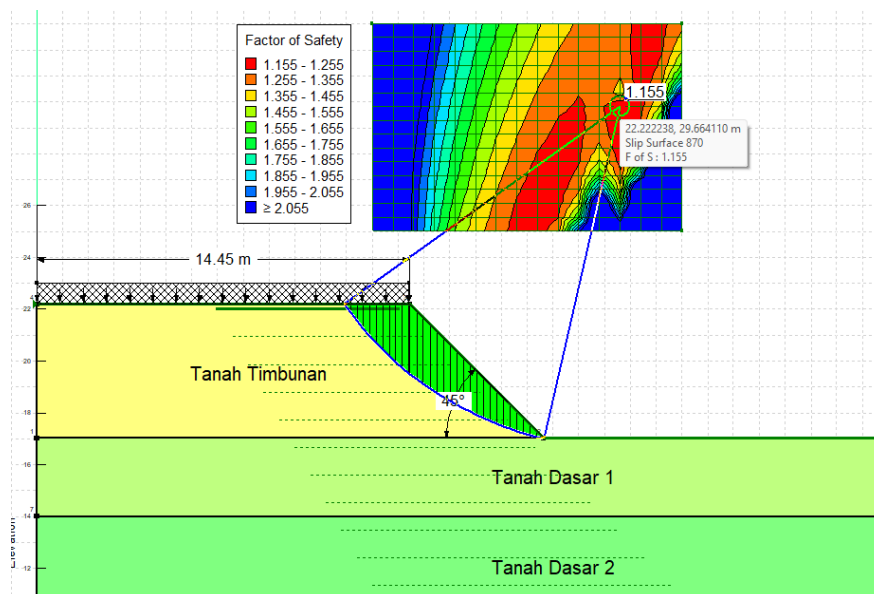
Gambar A.8 Nilai SF kemiringan 25° sesudah pembebanan

Gambar A.7 menampilkan hasil *run analyses* geostudio angka *safety factor* sebelum pembebanan dengan sudut kemiringan lereng 25° dan diperoleh nilai SF 2,16. Sedangkan gambar A.8 adalah hasil *run analyses* Nilai SF setelah pembebanan struktur perkerasan dan beban lalu lintas sebesar 27,5 kN/m² dengan sudut kemiringan 25°, diperoleh hasil nilai SF 1,79.

4. Hasil *Run Analyses* Geostudio Lereng Variasi Kemiringan 45°



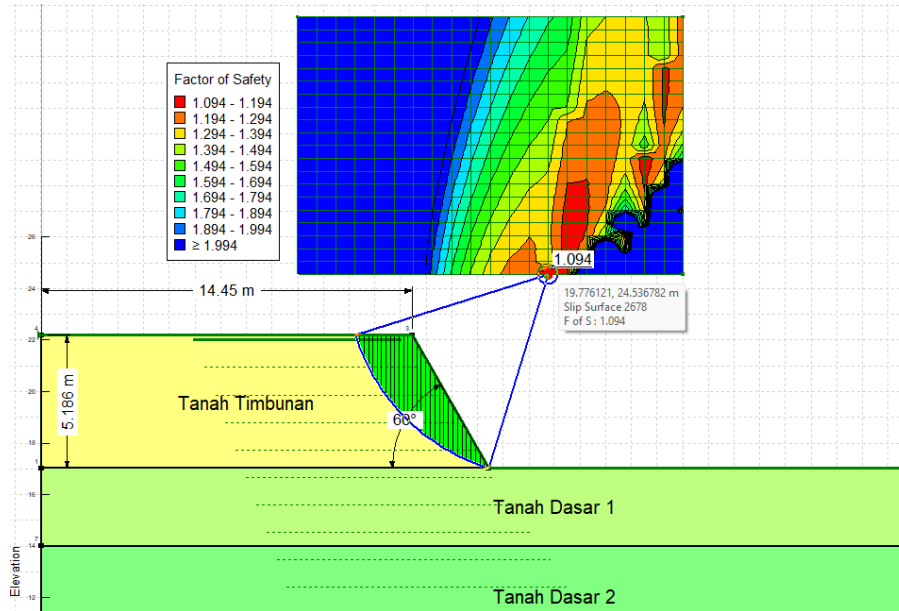
Gambar A.9 Nilai SF kemiringan 45° sebelum pembebanan



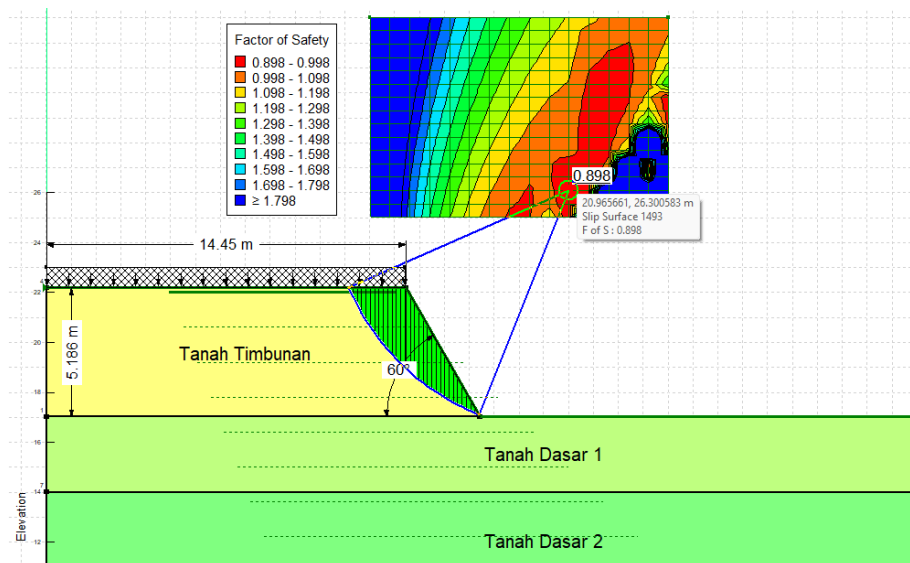
Gambar A.10 Nilai SF kemiringan 45° sesudah pembebanan

Pada Kemiringan 45° sebelum dilakukannya pembebanan didapatkan hasil nilai *safety factor* sebesar 1,43 seperti ditunjukkan pada gambar A.9 diatas dan pada gambar A.10 kondisi setelah pembebanan struktur perkerasan dan lalu lintas diperoleh hasil nilai *safety factor* sebesar 1,15 yang bisa disimpulkan bahwa kestabilan timbunan berkurang seiring penambahan beban diatasnya.

5. Hasil *Run Analyses* Geostudio Lereng Variasi Kemiringan 60°



Gambar A.11 Nilai SF kemiringan 60° sebelum pembebanan

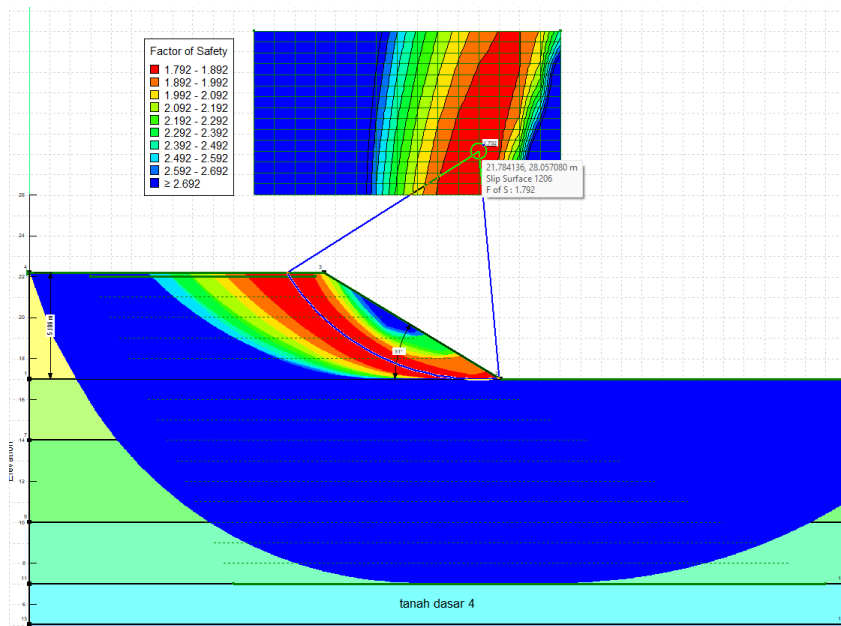


Gambar A.12 Nilai SF kemiringan 60° sesudah pembebanan

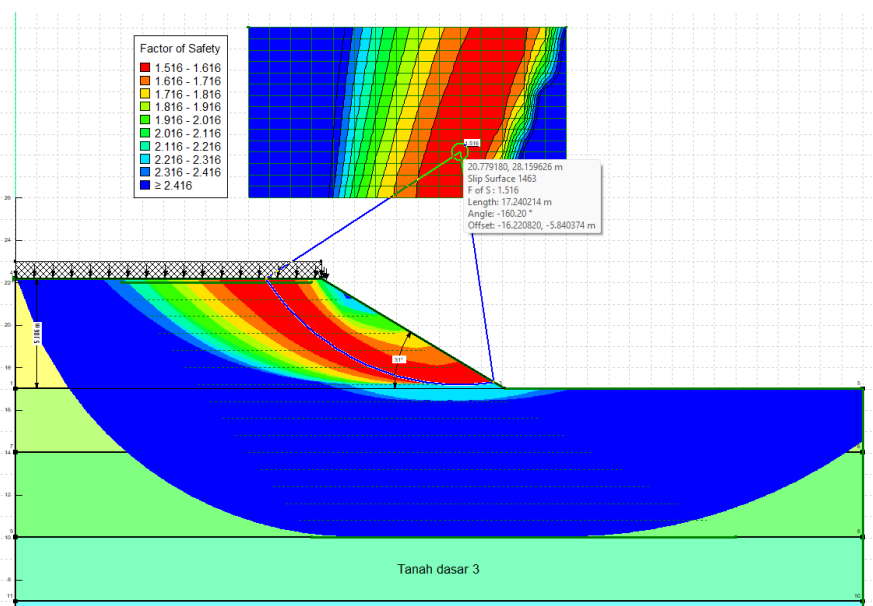
Gambar A.11 dan A.12 Masing- masing menampilkan hasil run analyses angka *safety factor* sebelum dan setelah pembebanan, diperoleh hasil nilai SF 1,09 pada saat sebelum pembebanan dan nilai angka SF 0,89 setelah penambahan beban struktur dan beban lalu lintas

A.3 Safety Map Zone Setiap Kemiringan Sebelum Dan Sesudah Pembebanan

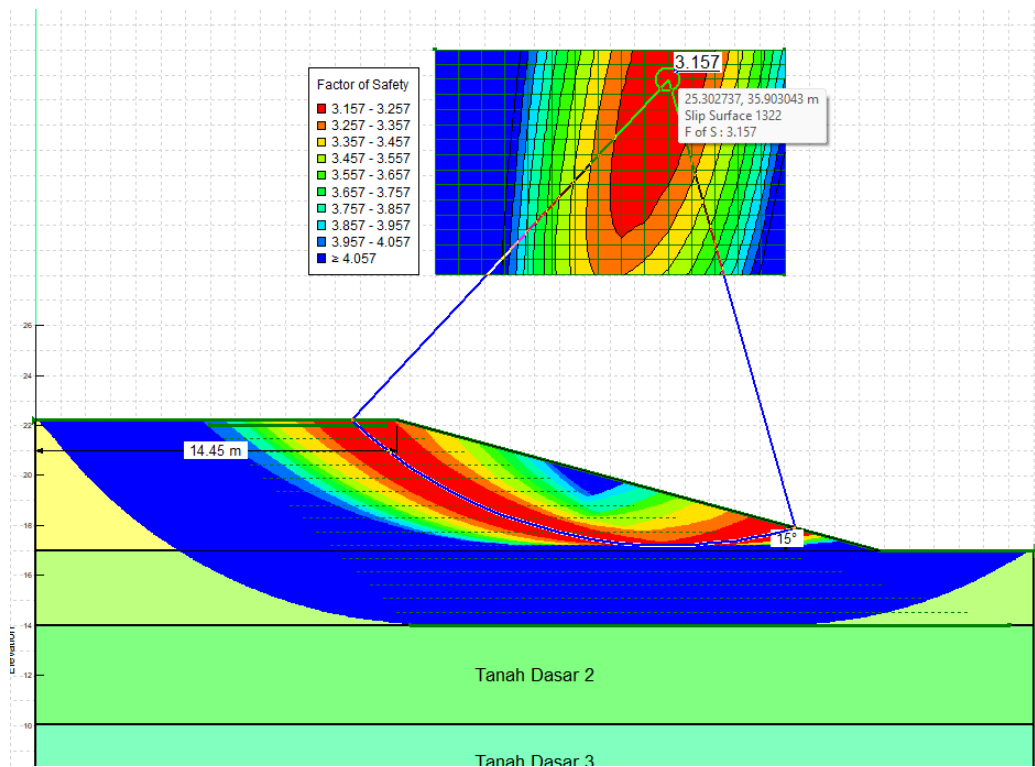
Safety map zone adalah peta zona keselamatan pada lereng yang dimodelkan pada geostudio, warna merah mendefinisikan zona bidang longsor paling kritis yang ada pada lereng. *Safety map zone* setiap kemiringan ditunjukkan pada gambar di bawah berikut.



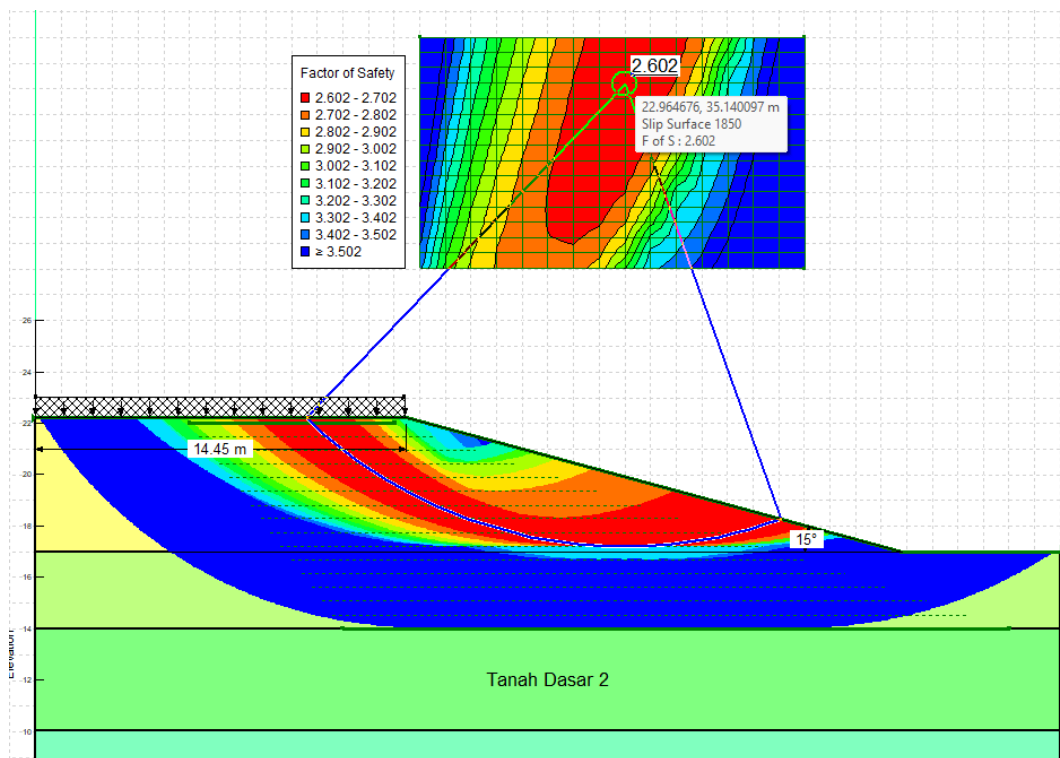
Gambar A.13 *Safety map zone* timbunan asli sebelum pembebanan



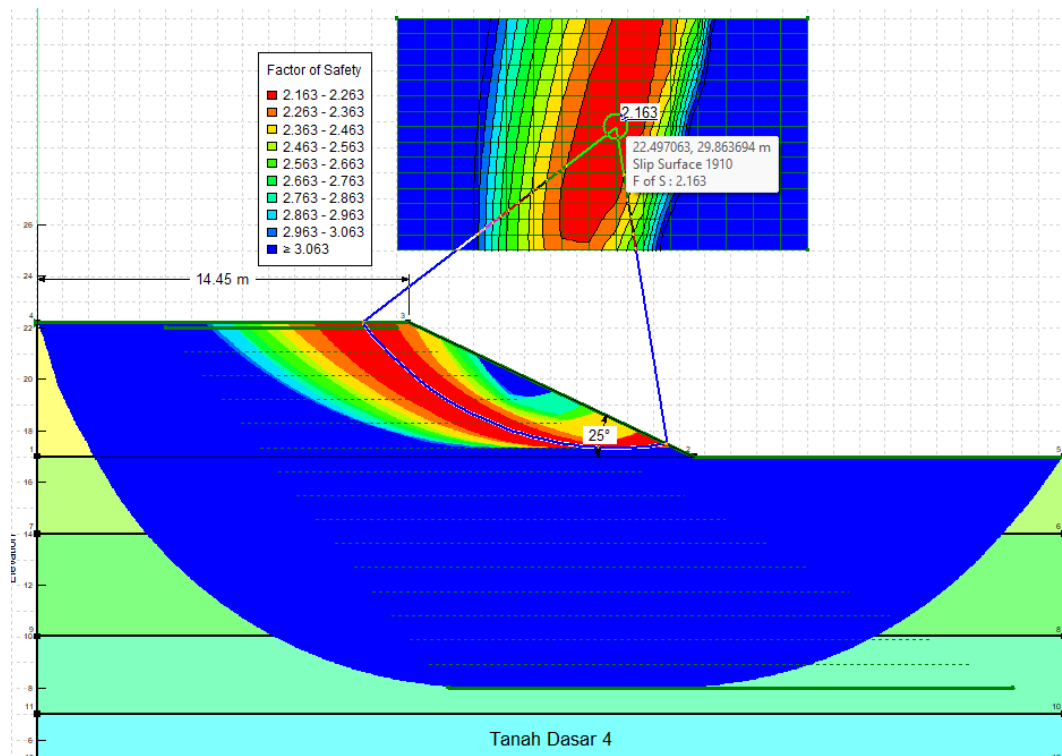
Gambar A.14 *Safety map zone* timbunan asli sesudah pembebanan



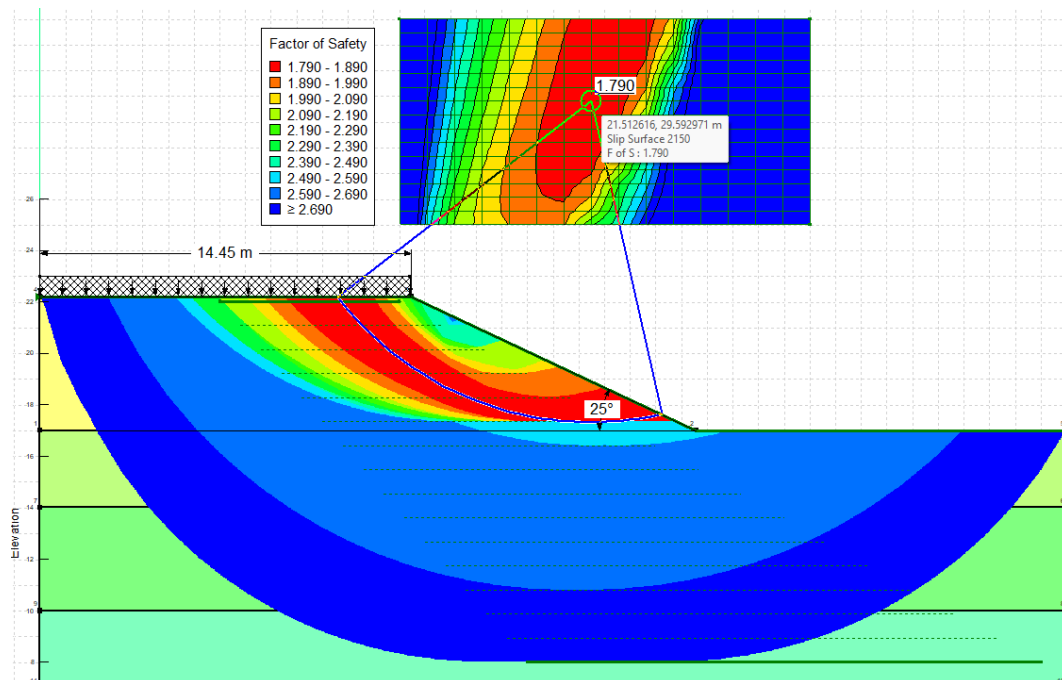
Gambar A.15 *Safety map zone kemiringan 15° sebelum pembebanan*



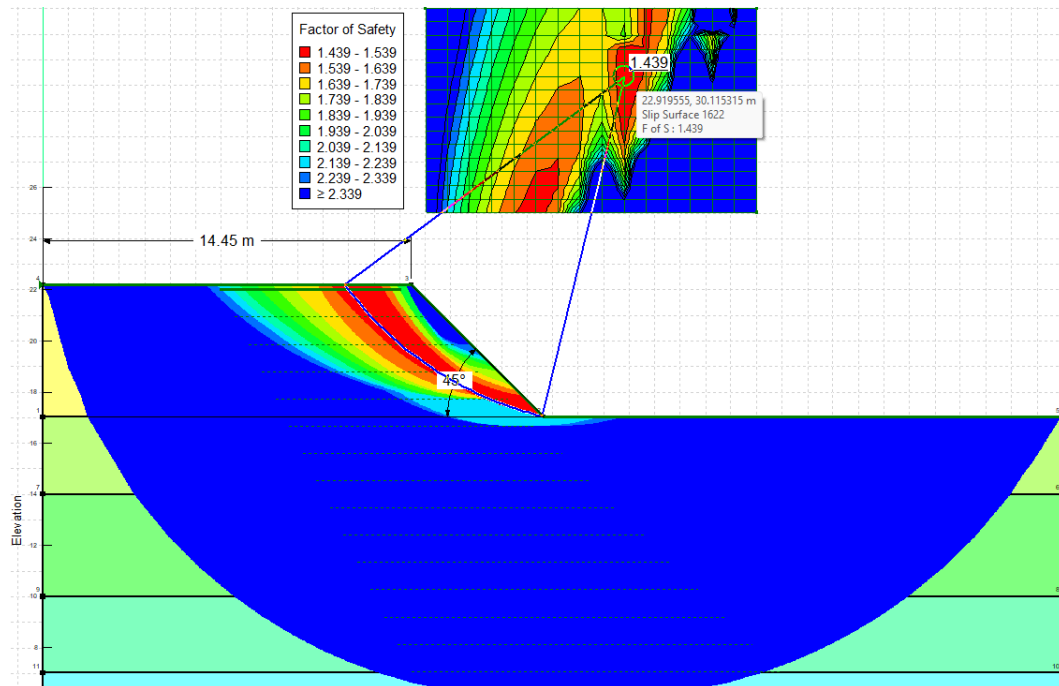
Gambar A.16 *Safety map zone kemiringan 15° sesudah pembebanan*



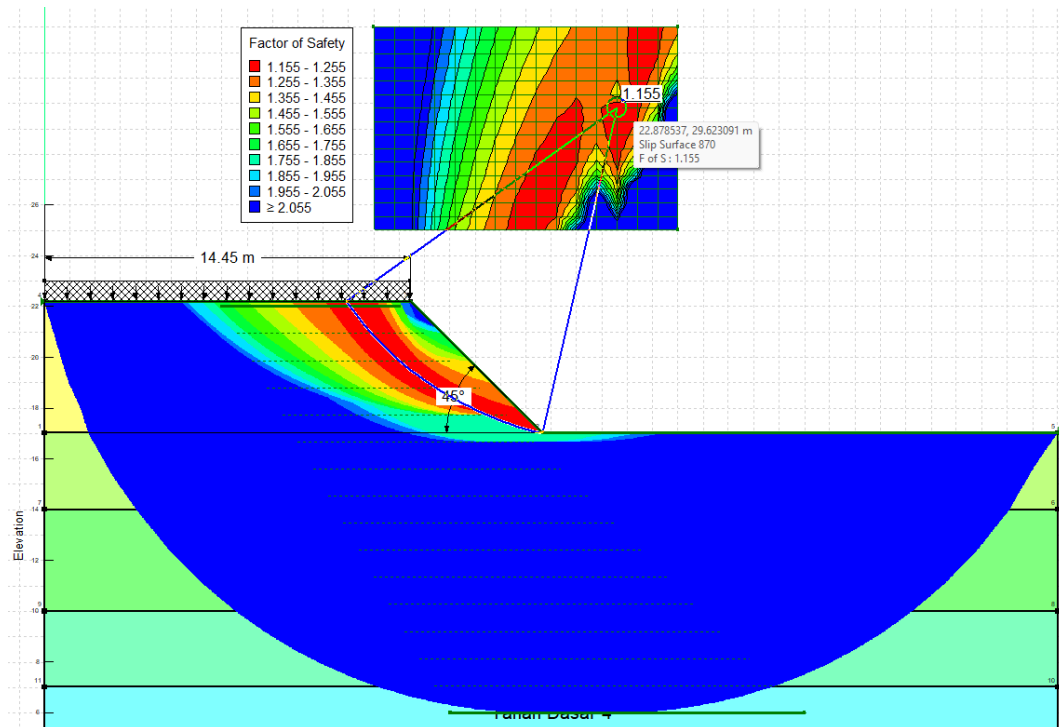
Gambar A.17 *Safety map zone kemiringan 25° sebelum pembebanan*



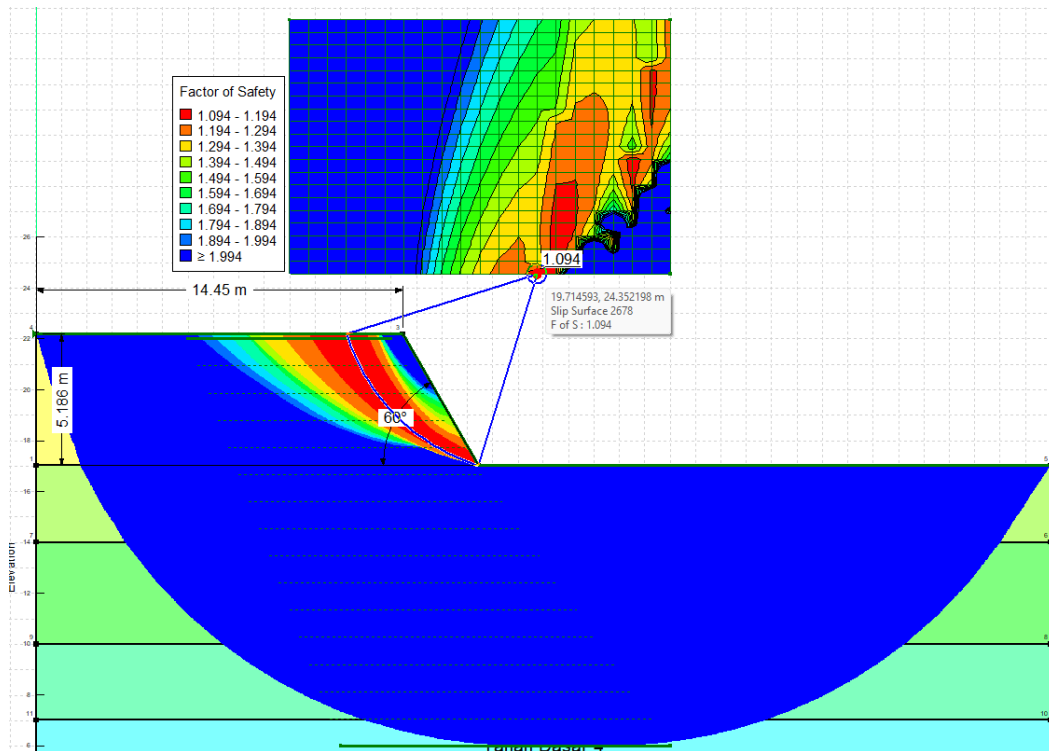
Gambar A.18 *Safety map zone kemiringan 25° sesudah pembebanan*



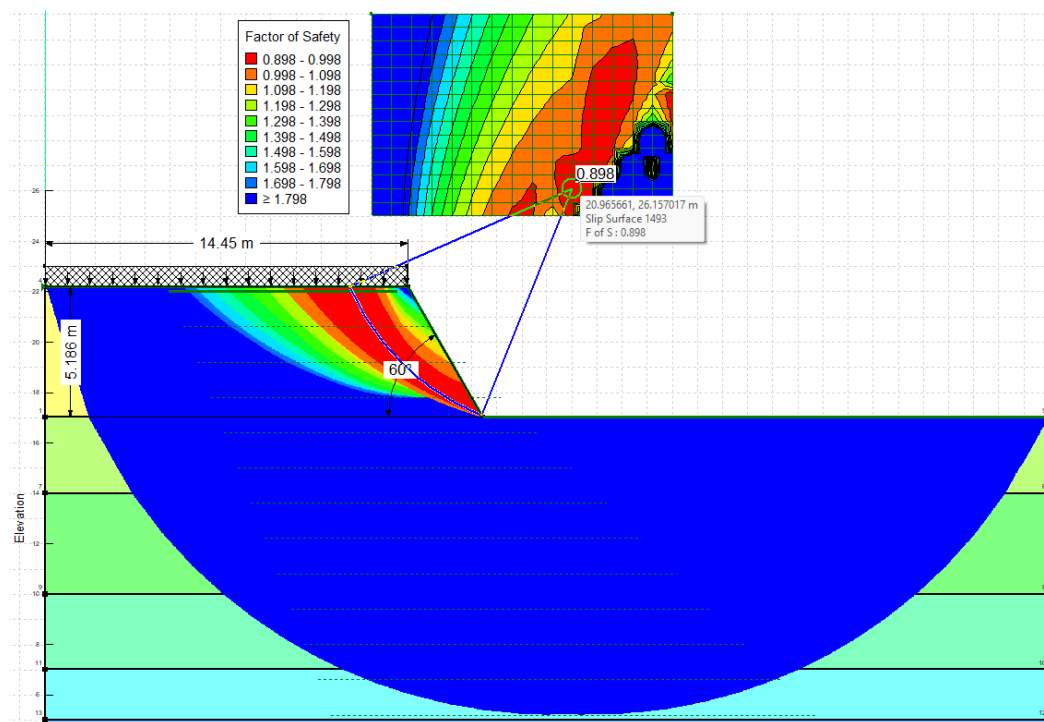
Gambar A.19 Safety map zone kemiringan 45° sebelum pembebanan



Gambar A.20 Safety map zone kemiringan 45° sesudah pembebanan



Gambar A.21 Safety map zone kemiringan 60° sebelum pembebanan



Gambar A.22 Safety map zone kemiringan 60° sesudah pembebanan

LAMPIRAN B
DATA PENELITIAN



Divisi Pembangunan Jalan Tol
Ruas Binjai – Langsa
Jl. Tol Binjai – Langsa
Kantor: Jl. Tol Binjai – Langsa
Kantor: Jl. Tol Binjai – Langsa
Kantor: Jl. Tol Binjai – Langsa
Kantor: Jl. Tol Binjai – Langsa

Lokasi : STA. 29+375

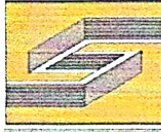


Gambar Penampang Sta 29+375

Material timbunan tanah berlempung dengan parameter kuat geser : $c = 8 \text{ kPa}$ dan $\phi = 23^\circ$. Parameter untuk tanah pondasi sebagai berikut :

Tabel Parameter Tanah Sta 29+375

	Satuan	Timbunan	Layer1	Layer2	Layer3	Layer4	Layer5
		Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
γ	kN/m^2	15,31	12	12	13	13	13
C	kN/m^2	8	25	11	0	20	25
Φ	($^\circ$)	23	30	19	42	22	23
E	kN/m^2	-	5000	1400	30000	3000	6000
v	-	-	0,3	0,3	0,25	0,3	0,3
k	(m/s)	-	8.64E-04	8.64E-04	864	8.64E-04	8.64E-04
depth	m	+ 5,18	0 – 3	3 - 7	7 - 10	10 - 12	>12



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

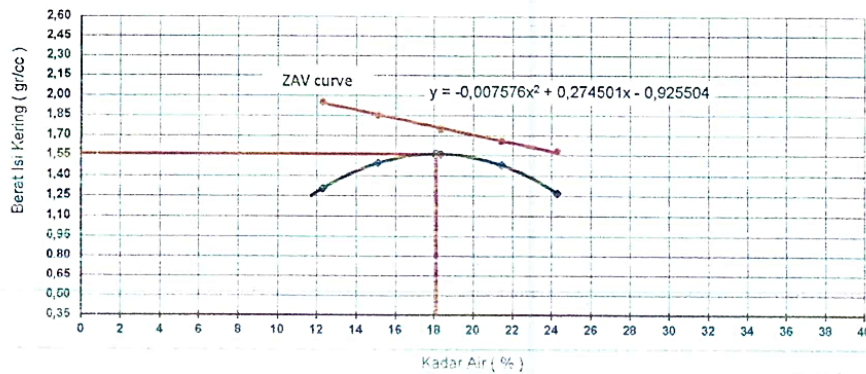
Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155

Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061 - 8219686

Pemohon : PT. HUTAMA KARYA INFRASTRUKTUR	Dikerjakan : Erwin B G, Adityo, Ferdinan
Proyek : Pembangunan jalan Toi Binjai - Pangkalan Brandan	Diproses : Ferdinan Ginting
Material : Tanah	Diperiksa : Sopar Parulian, ST., M.T.
Quarry : PT. SARANA BAJA PERKASA Ex. Desa Stabat Lama Kec. Wampu Kab. Langkat	Date of Test : 10 Agustus 2020

Modified Compaction Test (SNI 03-1743-1989)

Compaction Test



Volume cetakan (cm ³)	2192,73	Berat jenis base coarse A	2,570
-----------------------------------	---------	---------------------------	-------

Item	Unit	Symbol	1	2	3	4	5
Berat Cetakan	g	W_m	5460,0	5460,0	5460,0	5460,0	5460,0
Berat tanah padar + cetakan	g	W_{cm}	8678	9229	9505	9402	8927
No. Cawan	-	-	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Berat cawan	g	M_c	13,65	13,65	13,80	13,82	13,82
Berat tanah basah + cawan	g	M_{cm}	132,20	130,10	131,20	132,20	133,60
Berat tanah kering + cawan	g	M_m	119,20	114,80	113,00	111,30	110,20
Kadar air	%	w	12,32	15,13	18,35	21,44	24,28
Berat isi tanah	g/cm ³	γ_d	1,468	1,719	1,845	1,798	1,581
Zero Air Void (ZAV) curve	g/cm ³		1,952	1,851	1,747	1,657	1,583

Kadar air optimum	18,07%
Berat isi tanah maksimum	1,584 g/cm ³
	15,31 kN/m ³



PT WASKITA BETON PRECAST TBK
BATCHING PLANT CIBITUNG CILINCING GROUP

KALKULASI MIX DESIGN

Proyek	: Tol Binjai - Pangkalan Brandan	Tanggal :
Lokasi	: Batching Plant Stabat	
Kontraktor	: PT Hutama Karya Infrastruktur	
Mutu	: FC 10	
Slump	: $7 \pm 2,5$ cm	
W / C	: 0.77	
S/A	: 0.48	

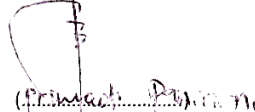
Berat Jenis Semen	Merah Putih	:	3.13
Berat Jenis Fly Ash		:	
Berat Jenis SSD Aggregate Kasar 1	EX Binjai 10-20	:	2.65
Berat Jenis SSD Aggregate Kasar 2	EX Binjai 20-30	:	2.67
Berat Jenis SSD Aggregate Halus 1	Ex Binjai	:	2.61
Berat Jenis SSD Aggregate Halus 2		:	
Berat Jenis Air		:	1
Berat Jenis Admixture	Nextard S	:	1.17

KALKULASI 1 METER KUBIK

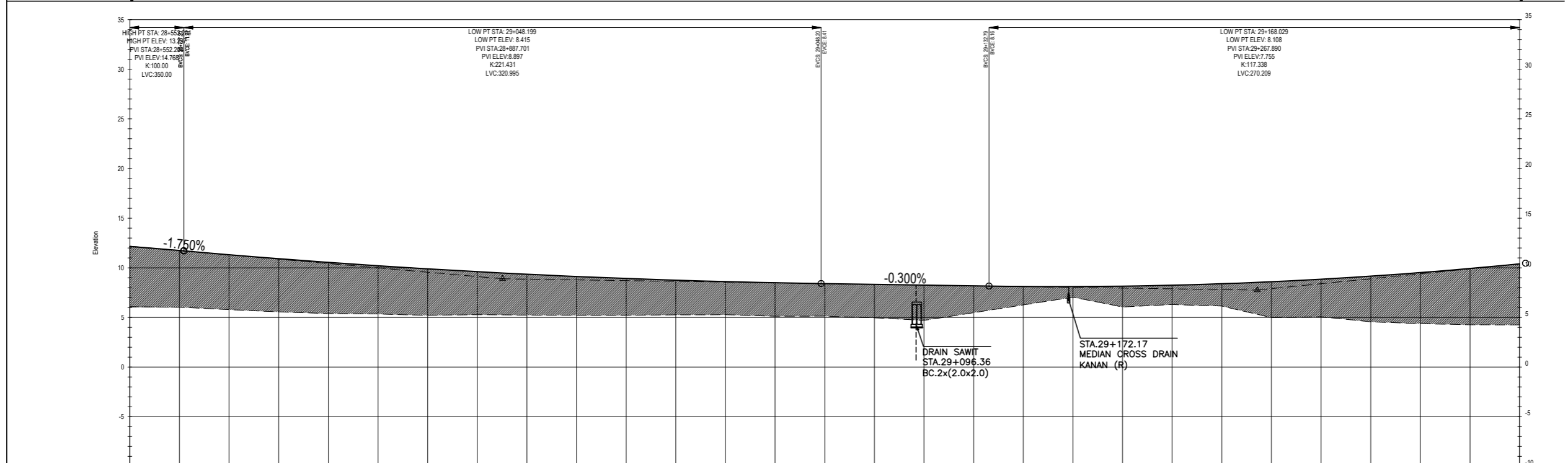
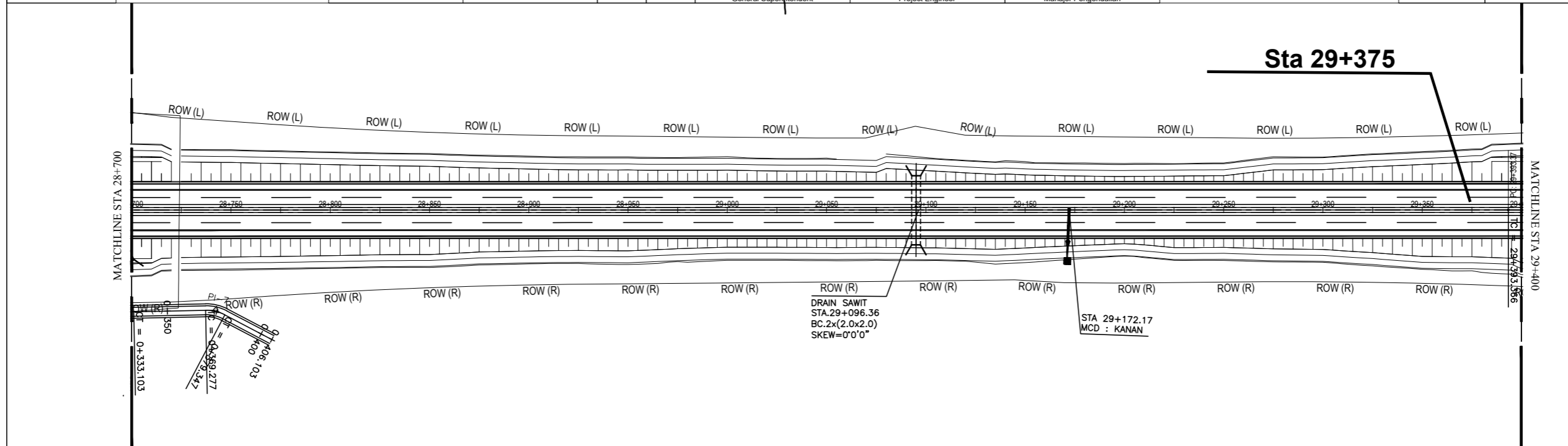
Air	:	158	kg	=	158	dm ³
Semen	:	205	kg	=	65.5	dm ³
Fly Ash	:		kg	=	0	dm ³
Admixture (retarder)	:	0.58	kg	=	0.50	dm ³
Kandungan Udara	:	1%		=	10	dm ³
			Volume Pasta		<u>233.99</u>	dm ³
			Volume aggregate		766.0	dm ³
Aggregate Kasar 1	=	31%	of			M ³
	=	237.46	cu. meter	=	629	Kg
Aggregate Kasar 2	=	21%	of			M ³
	=	160.86	cu. meter	=	430	Kg
Aggregate Halus 1	=	48%	of			M ³
	=	367.68	cu. meter	=	958	Kg
Aggregate Halus 1	=					

BERAT TOTAL (Density Beton) = 2379.6 Kg/M³

Dibuat Oleh,


Prisma Dharma
Staf Desain & Teknik

	JALAN TOL TRANS SUMATERA SEKSI : BINJAI - PANGKALAN BRANDAN RUAS : BINJAI - LANGSA (SUMATERA UTARA)	KONSULTAN PENGAWAS	KONTRAKTOR DESIGN & BUILD	DIAJUKAN OLEH KONTRAKTOR	DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH, KONSULTAN PENGAWAS	MENGETAHUI, PT. HUTAMA KARYA (Persero)	SHOP DRAWING				
					Ir. Maulana, AR, MT Project Engineer	Yanuar Widandi Manajer Pengendalian	JUJUL GAMBAR : PLAN PROFILE & LONG SECTION MAINROAD STA 28+700 - 29+400	NO. GAMBAR D.2-03-42	JUMLAH GAMBAR 	SKALA : 1:2000	REVISI :



JARAK / STA	28+700	28+725	28+750	28+775	28+800	28+825	28+850	28+875	28+900	28+925	28+950	28+975	29+000	29+025	29+050	29+075	29+100	29+125	29+150	29+175	29+200	29+225	29+250	29+275	29+300	29+325	29+350	29+375	29+400
RENCANA DESAIN	12,145	11,744	11,318	10,921	10,551	10,210	9,897	9,612	9,356	9,128	8,928	8,756	8,612	8,497	8,409	8,334	8,259	8,184	8,122	8,110	8,151	8,246	8,394	8,595	8,850	9,158	9,519	9,933	10,401
ELEVASI EKSIKSTNG	6,030	5,790	5,560	5,391	5,344	5,214	5,277	5,234	5,218	5,216	5,257	5,273	5,120	5,134	4,966	4,702	5,481	6,260	7,039	6,054	6,296	6,144	4,988	5,072	4,561	4,374	4,267	4,245	
SUPERELEVASI	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%
DIAGRAM LENGKUNG	L=2601.52																TC L=203.54 R=5000.00												

LAMPIRAN C
GAMBAR



Gambar C.1 Pemadatan tanah timbunan



Gambar C.2 *Replacement* lapisan tanah



Gambar C.3 *Profolling* tanah timbunan



Gambar C.4 *Profolling* lapisan drainase



Gambar C.5 Lereng timbunan tol



Gambar C.6 Pengerjaan *rigid pavement*

LAMPIRAN D
BIODATA MAHASISWA

BIODATA



1. Personal
Nama : Ikmal Fasha Lubis
Nim : 190110062
Bidang : Transportasi
Alamat : Desa Jambur baru, Kecamatan Batang Natal,
Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera
Utara
No HP/Telpon : 081396430806


2. Orang Tua
Nama Ayah : Dasri SP
Pekerjaan : Wiraswasta
Umur : 60 Tahun
Alamat : Desa Jambur baru, Kecamatan Batang Natal,
Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera
Utara
Nama Ibu : Khairani Nasution
Pekerjaan : IRT
Umur : 48 Tahun
Alamat : Desa Jambur baru, Kecamatan Batang Natal,
Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera
Utara.

3. Pendidikan Formal
Asal SLTA (Tahun) : SMA IT Al – Husnayain (2016 – 2019)
Asal SLTP (Tahun) : SMP IT Al – Husnayain (2013 – 2016)
Asal SD (Tahun) : SDN 273 Ampung Siala (2007 – 2013)

4. Software Komputer Yang dikuasai

Jenis Software : Microsoft Office
Tingkat Penguasaan : *) ~~Basic~~ / ~~Intermediate~~ / Advance
Jenis Software : AutoCad
Tingkat Penguasaan : *) ~~Basic~~ / Intermediate / Advance
Jenis Software : Geostudio
Tingkat Penguasaan : *) ~~Basic~~ / Intermediate / Advance

Lhokseumawe, 31 Januari 2024



Ikmal Fasha Lubis

Nim: 190110062