



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**PERKUATAN TALUD DI AREA GALIAN
DAN TIMBUNAN PADA PEMBANGUNAN
GEDUNG RESKRIMSUS POLDA KALTIM**

NADYA PRIMADIAN
NRP 3113 100 024

Dosen Pembimbing
Ir. Suwarno, M.Eng
Musta'in Arif, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**PERKUATAN TALUD DI AREA GALIAN
DAN TIMBUNAN PADA PEMBANGUNAN
GEDUNG RESKRIMSUS POLDA KALTIM**

NADYA PRIMADIAN
NRP 3113 100 024

Dosen Pembimbing
Ir. Suwarno, M.Eng
Musta'in Arif, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**SLOPE REINFORCEMENT AT CUT AND
FILL AREA OF BUILDING CONSTRUCTION
RESKRIMSUS POLDA KALTIM**

NADYA PRIMADIAN
NRP 3113 100 024

Academic Supervisor
Ir. Suwarno, M.Eng
Musta'in Arif, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

**PERKUATAN TALUD DI AREA GALIAN DAN
TIMBUNAN PADA PEMBANGUNAN GEDUNG
RESKRIMSUS POLDA KALTIM**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NADYA PRIMADIAN

NRP. 3113 100 024

Dibimbing oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Suwandi, S.T., M. Eng (Pembimbing I)
2. Musta'in Arif, S.T., M.P.T. (Pembimbing II)



**SURABAYA
JANUARI, 2017**

PERKUATAN TALUD DI AREA GALIAN DAN TIMBUNAN PADA PEMBANGUNAN GEDUNG RESKRIMSUS POLDA KALTIM

Nama Mahasiswa : Nadya Primadian

NRP : 3113 100 024

Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS

Dosen : Ir. Suwarno, M.Eng

Pembimbing

: Musta'in Arif, S.T., M.T.

Abstrak

Tanah longsor adalah suatu peristiwa alam yang pada saat ini frekuensi kejadiannya semakin meningkat. Indonesia yang sebagian wilayahnya berupa daerah perbukitan dan pegunungan, menyebabkan sebagian wilayah Indonesia menjadi daerah yang rawan kejadian tanah longsor. Intensitas curah hujan yang tinggi atau kejadian gempa yang sering muncul, secara alami akan dapat memicu terjadinya bencana alam tanah longsor seperti yang terjadi pada area pembangunan gedung Reskrimsus Polda Kaltim.

Kelongsoran dan pergerakan tanah terjadi di area tersebut akibat hujan lebat. Berdasarkan hasil data tanah dari pengujian laboratorium, secara keseluruhan tanah dasar di lokasi pembangunan tersebut adalah termasuk baik dengan kedalaman tanah lunak yang relative dangkal. Dengan kondisi tanah yang baik tersebut, seharusnya timbunan tersebut relative aman terhadap bahaya kelongsoran. Terlebih lagi di lapangan telah dilakukan antisipasi terhadap kelongsoran dengan membangun dinding penahan tanah dengan pondasi tiang.

Dari permasalahan tersebut, diperlukan analisis dan perencanaan ulang perkuatan untuk mencegah kelongsoran

berikutnya. Permasalahan yang perlu di analisa lebih lanjut adalah mengapa dengan kedalaman tanah lunak yang relatif dangkal dan kondisi tanah yang baik dapat terjadi kelongsoran lereng walaupun sudah ada dinding penahan tanah, bagaimana stabilitas lereng sebelum terjadi longsor, dan bagaimana alternatif perkuatannya.

Alternatif perkuatan yang direncanakan adalah menggunakan metode ground anchor, turap, dan pemasangan multiblocks dikombinasikan dengan geogrid. Hasil perencanaan alternatif perkuatan adalah pemasangan geogrid dan multiblocks sepanjang area yang longsor dengan ketinggian 4 meter dan 3 meter pada area timbunan serta pemasangan sheet pile baja dengan panjang 12 meter dan 10 meter pada area galian.

Kata Kunci: Ground Anchor, Longsor Balikpapan, Multiblocks, Turap, Alternatif Perkuatan, Sheet Pile

SLOPE REINFORCEMENT AT CUT AND FILL AREA OF BUILDING CONSTRUCTION RESKRIMSUS POLDA KALTIM

Name : Nadya Primadian
NRP : 3113 100 024
Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor : Ir. Suwarno, M.Eng
: Musta'in Arif, S.T., M.T.

Abstract

Landslide is a natural event that at this time the frequency of occurrence is increasing. Indonesia that partly in the form of hilly and mountainous regions, causing some parts of Indonesia into areas prone to landslide occurrences. The intensity of heavy rainfall or earthquakes that frequently arise, will naturally be able to trigger the occurrence of natural disasters landslides. As happened in the area of building Reskrimsus Polda Kaltim.

Landslide and soil movement occurred in the area due to heavy rain. Based on the results of laboratory testing soil data, the overall basic soil at the construction site are included well with soft soil depth relatively shallow. With good soil conditions, the pile should the relative safety of the landslide hazard. Moreover, in the field have been done in anticipation of sliding by building a retaining wall with pile foundations.

Of these problems, the necessary analysis and redesign subsequent retrofitting to prevent sliding. The problems that need to be analyzed further are : why is the depth of soft soil that is relatively shallow and good soil conditions can occur in spite of the sliding slope retaining wall, how is the stability of the slope

before the landslide and what alternatives reinforcement that required.

Alternative reinforcement is planned using ground anchors, steel sheet pile, and installation multiblocks combined with geogrid. The results of the alternative plan is the installation of geogrid reinforcement and multiblocks along the landslide area with a height of 4 meters and 3 meters at the fill area and the installation of steel sheet pile with a length of 12 meters and 10 meters at the cut area.

Keywords: Ground Anchor, Landslide, Multiblocks, Alternative Reinforcement, Sheet Pile

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum.wr.wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat, taufiq dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “Perkuatan Talud di Area Galian dan Timbunan pada Pembangunan Gedung Reskripsus Polda Kaltim” ini tepat pada waktunya.

Adapun dalam proses penyusunan Proposal Tugas Akhir ini penulis memperoleh bantuan dan bimbingan serta banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Suwarno, M.Eng selaku dosen pembimbing I atas bimbingan dan ilmu yang banyak dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Musta'in Arif, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II atas bimbingan dan ilmu yang sangat banyak dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Orangtua Penulis, Bapak Yantara dan Ibu Tursinawati atas motivasi, dukungan dan doa.
4. Segenap dosen jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberi ilmu dan masukan selama masa perkuliahan penulis.
5. Teman-teman jurusan teknik sipil ITS angkatan 2013 yang telah memberi dukungan dan semangat dalam penyelesaian laporan ini.

Walaupun jauh dari sempurna harapan saya semoga proposal ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi rekan-rekan sedisiplin ilmu. Penulis juga memohon maaf atas kekurangan yang ada pada laporan ini.

Wassalamualaikum wr wb

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan.....	7
1.4 Manfaat.....	7
1.5 Batasan Masalah.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Karakteristik dan Kondisi Tanah.....	9
2.2 Konsep Tanah Longsor.....	10
2.3 Faktor-faktor Penyebab Kelongsoran.....	13
2.4 Analisis Parameter Tanah.....	14
2.5 Analisis Stabilitas Talud.....	17
2.6 Analisis Perkuatan Eksisting.....	19
2.7 Perkuatan dengan Turap.....	24
2.8 Perkuatan Multiblocks dengan Geogrid.....	31
BAB III METODOLOGI.....	37
3.1 Diagram Alir.....	37
3.2 Studi Literatur.....	38
3.3 Pengumpulan dan Analisa Data.....	38
3.4 Analisa Stabilitas Tanah dan Perhitungan.....	38
3.5 Perencanaan Perkuatan.....	39
BAB IV ANALISA DAN PERENCANAAN.....	41
4.1 Analisa Data Tanah.....	41
4.1.1 Analisa Data tanah asli.....	42
4.1.2 Analisa data tanah behaving like sand.....	44

4.2 Analisa Stabilitas Lereng Eksisting.....	45
4.2.1 Permodelan lereng dengan Plaxis.....	45
4.2.2 Hasil analisa dengan data tanah asli.....	47
4.2.3 Hasil analisa dengan data tanah behaving like sand..	47
4.3 Analisa Stabilitas Lereng Eksisting.....	47
4.3.1 Dengan data tanah asli.....	48
4.3.2 Dengan data tanah behaving like sand.....	48
4.3 Data Material Perkuatan.....	49
4.3.1 Multiblocks.....	49
4.3.2 Geogrid.....	50
4.3.3 Sheet pile dan ground anchor.....	50
4.4 Perkuatan Turap dengan Ground Anchor pada Area Galian (Zona 1)	51
4.4.1 Perencanaan turap tanpa ground anchor (bebas).....	51
4.4.1.1 Turap 1 pada zona 1.....	51
4.4.1.2 Turap 2 pada zona 1.....	56
4.4.2 Perencanaan turap dan ground anchor.....	62
4.4.2.1 Turap 1 pada zona 1.....	62
4.4.2.2 Turap 2 pada zona 1.....	69
4.5 Perkuatan Geogrid dan Multiblocks pada Area Timbunan (Zona 2 dan 3).....	69
4.5.1 Perencanaan multiblocks dan geogrid zona 2.....	69
4.5.2 Perencanaan multiblocks dan geogrid zona 3.....	77
4.6 Analisa Biaya.....	82
BAB V KESIMPULAN.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	87
LAMPIRAN.....	88
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Indonesia	2
Gambar 1.2	Rencana Cut and Fill pada Talud	3
Gambar 1.3	Detail Potongan D	3
Gambar 1.4	Perencanaan Gedung Reskrimsus	3
Gambar 1.5	Dinding Penahan Tanah Bergeser	4
Gambar 1.6	Minipile patah	4
Gambar 1.7	Pohon yang Bergeser	5
Gambar 1.8	Layout Reskrimsus Kaltim	5
Gambar 2.1	Tipologi Longsor	10
Gambar 2.2	Tipe-tipe Longsor	12
Gambar 2.3	Gaya yang Bekerja Metode Bishop	19
Gambar 2.4	Dinding Turap Berjangkar dan Bebas	27
Gambar 2.5	Tekanan yang Terjadi pada Turap Contoh Pemasangan Geogrid	27
Gambar 2.6	Multiblocks	31
Gambar 2.7	External Stability	33
Gambar 4.1	Lokasi Pengujian Data Tanah	41
Gambar 4.2	Grafik Kedalaman vs N-SPT	42
Gambar 4.3	Grafik Kedalaman vs qc (Sondir)	43
Gambar 4.4	Statigrafi Jenis Lapisan Tanah	43
Gambar 4.5	Gambar Pelaksanaan <i>Cut and Fill</i>	46
Gambar 4.6	Potongan D yang Akan di Analisis	46
Gambar 4.7	Permodelan Potongan D pada Plaxis	47
Gambar 4.8	Dimensi <i>Modular Concrete Block</i>	50
Gambar 4.9	Overall Stability Zona 2	75
Gambar 4.10	Overall Stability Zona 2	75
Gambar 4.11	Safety Factor	76
Gambar 4.12	Sketsa Pemasangan Geogrid Zona 2	76

Gambar 4.13	Overall Stability Zona 3	80
Gambar 4.14	Overall Stability Zona 3	80
Gambar 4.15	Safety Factor	81
Gambar 4.16	Sketsa Pemasangan Geogrid Zona 3	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Korelasi N-SPT dan Konsistensi Tanah	15
Tabel 2.1	SPT dan Korelasinya (J.E. Bowles, 1984)	15
Tabel 2.1	Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah	16
Tabel 2.1	Hubungan Antara Jenis Tanah dan Poisson Ratio	16
Tabel 2.1	Klasifikasi Tanah dari Data Sondir	17
Tabel 2.1	Hubungan Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah	17
Tabel 2.1	Nilai Faktor Geotekstil	33
Tabel 2.1	Hambatan antar Tanah dan Pondasi	34
Tabel 2.9	Harga N_γ , N_c , N_q (Caquot dan Kerisel)	35
Tabel 4.1	Data Tanah Asli	44
Tabel 4.2	Analisa Data <i>Behaving Like Sand</i>	45
Tabel 4.3	Data Perencanaan Turap 1 Zona A	52
Tabel 4.4	Komponen Gaya dan Lengan Momen	54
Tabel 4.5	Gaya-gaya yang terjadi	54
Tabel 4.6	Data Perencanaan Turap 2 Zona A	57
Tabel 4.7	Komponen Gaya dan Lengan Momen	59
Tabel 4.8	Gaya-gaya yang terjadi	59
Tabel 4.9	Data Perencanaan Turap 1 Zona A	62
Tabel 4.10	Komponen Gaya dan Lengan Momen	64
Tabel 4.11	Gaya-gaya yang terjadi	65
Tabel 4.12	Perhitungan Jarak Antar Geogrid (Zona B)	68
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Panjang Geogrid (Zona B)	70
Tabel 4.14	Hasil Perhitungan Tekanan Tanah (Zona B)	72
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan Beban Tanah pada Geogrid (Zona B)	72
Tabel 4.16	Perhitungan Momen Penahan (Zona B)	73
Tabel 4.17	Perhitungan Gaya Penahan	74

Tabel 4.18	Rekapitulasi Kebutuhan Geogrid dan Multiblocks (Zona B)	75
Tabel 4.19	Perhitungan Jarak Vertikal Antar Geogrid	76
Tabel 4.20	Perhitungan Panjang Geogrid	77
Tabel 4.21	Kebutuhan Geogrid Zona C	79
Tabel 4.22	Keperluan Perkuatan	80
Tabel 4.23	Perhitungan Biaya Alternatif 1	80
Tabel 4.24	Perhitungan Biaya Alternatif 2	80

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	FOTO KELONGSORAN	90
LAMPIRAN 2	DATA TANAH	91
LAMPIRAN 3	MATERIAL YANG DIPAKAI	98
LAMPIRAN 4	PERHITUNGAN PEMBEBANAN MERATA GEDUNG	103
LAMPIRAN 5	GAMBAR PERENCANAAN GEDUNG	105

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

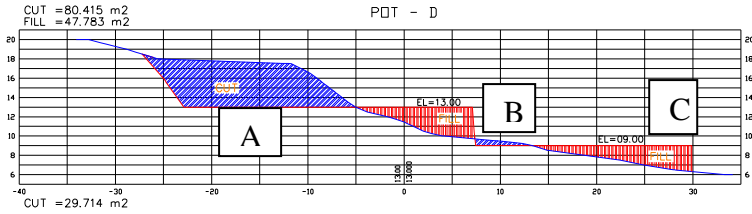
Tanah longsor adalah suatu peristiwa alam yang pada saat ini frekuensi kejadiannya semakin meningkat. Fenomena alam ini berubah menjadi bencana alam tanah longsor manakala tanah longsor tersebut menimbulkan korban jiwa maupun kerugian harta benda dan hasil budaya manusia. Indonesia yang sebagian wilayahnya berupa daerah perbukitan dan pegunungan, menyebabkan sebagian wilayah Indonesia menjadi daerah yang rawan kejadian tanah longsor. Intensitas curah hujan yang tinggi dan kejadian gempa yang sering muncul, secara alami akan dapat memicu terjadinya bencana alam tanah longsor. Kekuatan tanah tergantung dari ikatan antara partikel penyusun tanah, sedangkan untuk batuan lebih banyak ditentukan oleh retakan pada batuan itu. Air hujan dalam jumlah yang kecil menyebabkan tanah menjadi lembab dan mempunyai efek memperkuat tanah, namun apabila tanah menjadi jenuh air efeknya akan melemahkan ikatan partikel. Faktor ini yang menyebabkan tanah longsor banyak terjadi pada musim penghujan.

Curah hujan di Indonesia berkisar >2000 mm/tahun. Curah hujan yang tinggi dan wilayah Indonesia yang berbukit-bukit menyebabkan longsor sering terjadi. Balikpapan yang merupakan salah satu kota di provinsi Kalimantan Timur didominasi oleh daerah perbukitan dengan presentase 85% dan 15% lainnya merupakan daerah-daerah datar yang sempit dan terletak di daerah sepanjang pantai dan daerah diantara perbukitan. Daerah di Balikpapan tersebut sebageian besar dikembangkan untuk permukiman dan fasilitas umum bagi kebutuhan penduduk. Salah satu fasilitas yang dibangun adalah Gedung Reskrimsus Polda Balikpapan.

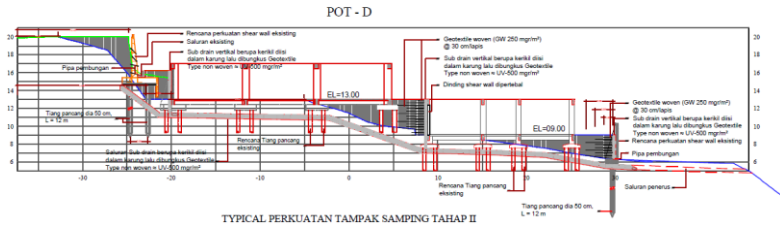


Gambar 1.1 Peta Indonesia

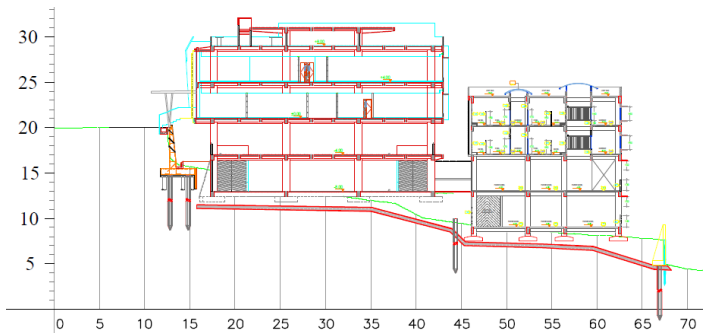
Pembangunan Gedung Reskrimsus Polda Kalimantan Timur di Kota Balikpapan dilakukan pada area yang memiliki kontur tidak rata. Untuk menyamakan elevasi maka dilakukan metode pemotongan area tanah dasar (*cut*) pada bagian A dan metode penimbunan tanah (*fill*) pada bagian B dan C (Gambar 1.2). Elevasi kontur setelah dilakukannya *cut and fill* adalah dibagi menjadi 3 area yang memiliki ketinggian bervariasi antara 3- 5 meter (Gambar 1.2). Untuk menghindari adanya pergeseran tanah dan kelongsoran maka telah dilakukan pemasangan dinding penahan tanah dengan pondasi tiang (minipile 50x50cm) pada masing-masing area yang memiliki ketinggian berbeda. Dinding penahan tanah tersebut telah terpasang dengan baik pada saat penimbunan tanah telah mencapai elevasi rencana sehingga dianggap aman untuk menahan kelongsoran. Namun ternyata, pergerakan tanah dan kelongsoran masih terjadi. Dinding penahan tanah bergeser (Gambar 1.5), minipile ikut terangkat dan patah pada sambungan pancangnya (Gambar 1.6), lalu pohon bergeser sekitar 10 meter dari posisi awalnya (Gambar 1.7).



Gambar 1.2 Rencana Cut and Fill pada Talud



Gambar 1.3 Detail Potongan D



Gambar 1.4 Perencanaan Gedung Reskrimsus



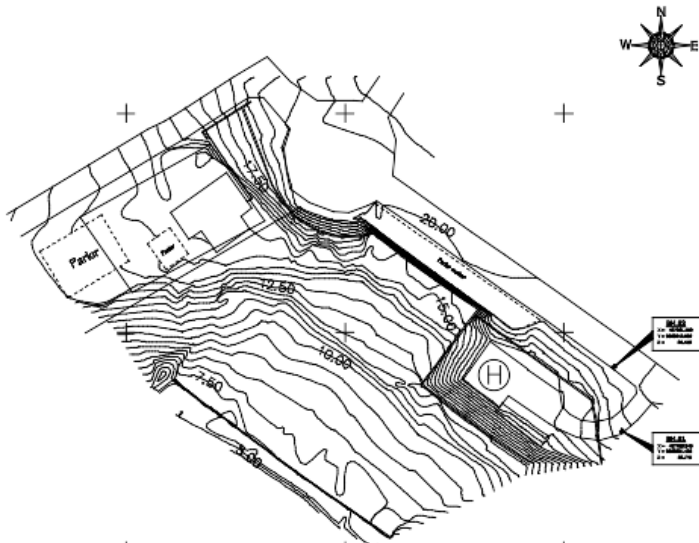
Gambar 1.5 Dinding Penahan Tanah Bergeser



Gambar 1.6 Minipile Patah



Gambar 1.7 Pohon yang Bergeser Akibat Longsor



Gambar 1.8 Layout Reskrimus Balikpapan

Kelongsoran dan pergerakan tanah seperti yang telah dipaparkan tersebut disinyalir terjadi akibat hujan lebat.

Berdasarkan hasil data tanah dari pengujian laboratorium, secara keseluruhan tanah dasar di lokasi pembangunan tersebut adalah termasuk baik dengan kedalaman tanah lunak yang relatif dangkal. Dengan kondisi tanah yang baik tersebut, seharusnya timbunan tersebut relatif aman terhadap bahaya kelongsoran. Terlebih lagi di lapangan telah dilakukan antisipasi terhadap kelongsoran dengan membangun dinding penahan tanah dengan pondasi tiang.

Dengan telah diberi perkuatan diatas dan saat hujan lebat longsor tetap terjadi, maka perlu analisa lebih lanjut dan direncanakan alternatif perkuatan baru agar tidak terjadi kelongsoran selanjutnya. Alternatif perkuatan yang direncanakan adalah pemasangan *ground anchor* dan turap pada area galian serta pemasangan *multiblocks* pada area timbunan. Untuk itu dalam Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai perencanaan alternatif perkuatan menggunakan dua metode tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dirumuskan permasalahan pada kelongsoran lereng sebagai berikut :

1. Mengapa dengan kedalaman tanah lunak yang relatif dangkal dan kondisi tanah yang baik dapat terjadi kelongsoran lereng walaupun sudah ada dinding penahan tanah?
2. Bagaimana stabilitas lereng sebelum terjadi longsor?
3. Bagaimana tipe kelongsoran lereng apabila dianalisis dengan program Plaxis?
4. Bagaimana alternatif perkuatan untuk tipe kelongsoran lereng di daerah *cut* dan *fill*?

5. Berapa jumlah dan panjang yang diperlukan untuk *ground anchor*?
6. Berapa jumlah balok beton *multiblocks* dan panjang *geogrid* yang dibutuhkan?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah dapat merencanakan dan menentukan alternatif perkuatan yang tepat dengan tipe kelongsoran lereng pada area pembangunan ReskrimSus Polda Kaltim.

1.4 Manfaat

Apabila perkuatan alternatif yang direncanakan sesuai dan tidak terjadi kelongsoran berikutnya, maka tidak diperlukan perbaikan lereng secara terus-menerus. Manfaat lainnya juga sebagai acuan untuk perencanaan alternatif perkuatan pada daerah dengan topografi naik-turun, curah hujan tinggi, dan tipe kelongsoran yang sama.

1.5 Batasan Masalah

Dalam perencanaan ulang perkuatan ini terdapat beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Data yang digunakan hanya data sekunder.
2. Tidak merencanakan sistem drainase lahan dan *subdrain*.
3. Perhitungan stabilitas lereng menggunakan Plaxis.
4. Perkuatan tanah yang dipakai didaerah galian (*cut*) adalah turap dengan dan tanpa *ground anchor*.
5. Perkuatan tanah yang dipakai didaerah timbunan (*fill*) adalah *multiblocks* dan *geogrid*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik dan Kondisi Tanah

Berdasarkan karakteristiknya, tanah dapat dikelompokkan atas dua jenis yaitu :

1. Tanah tak berkohesi

Kestabilan talud dari tanah ini ($\phi > 0$, $C=0$) tergantung atas tiga hal, yaitu :

- Sudut geser dalam (ϕ) yang diperoleh dari uji laboratorium (*triaxial* atau *direct shear*) atau secara empiris menggunakan hasil uji sondir atau SPT.
- Kelandaian talud dinyatakan dengan sudut (β)
- Berat volume tanah (γ)

Dalam perencanaan kestabilan talud dari tanah tak berkohesi, ada beberapa sifat penting yang perlu diperhatikan, yaitu :

- ✓ Tanah tak berkohesi mudah tererosi oleh limpasan permukaan (*surface run off*), sehingga geometri talud mudah berubah.
- ✓ Tanah tak berkohesi yang jenuh air mempunyai potensi tinggi terhadap bahaya *liquefaction*.
- ✓ Tanah tak berkohesi yang kering mudah mengalami penurunan bila terkena beban siklik (vibrasi)

2. Tanah berkohesi

Kestabilan talud dari tanah ini tergantung dari beberapa hal yaitu :

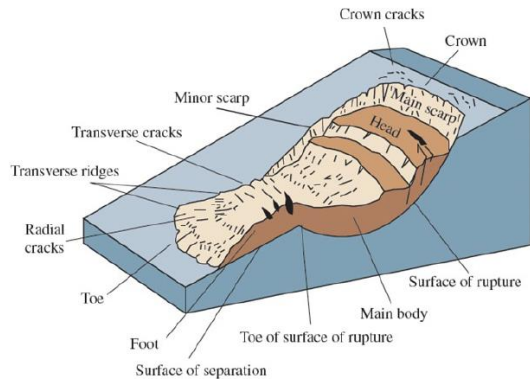
- Kekuatan geser yang dinyatakan dalam (ϕ) dan (C)
- Kelandaian talud yang dinyatakan dengan sudut (β)
- Tinggi talud (H)
- Berat volume tanah (γ)

- Tekanan air pori tanah.

2.2 Konsep Tanah Longsor

Tanah longsor dapat didefinisikan sebagai pergerakan massa tanah/batuan ke arah bawah (downward) yang disebabkan dan dipicu oleh faktor – faktor alam seperti jenis batuan, bentuklahan, struktur dan perlapisan batuan, kemiringan lereng, tebal tanah/bahan lapuk, curah hujan dan tutupan vegetasi. Proses pergerakan ini dapat secara bergeser (sliding), menggelinding (rolling), jatuh (falling), atau mengalir (flowing). Longsor biasanya terjadi pada lahan berbukit, lahan hasil pemotongan lereng untuk jalan atau permukiman, dan juga lahan – lahan galian tambang.

Longsor terjadi karena lereng tidak stabil, sehingga material/batuan di atas lereng kemudian bergerak turun. Ketidakstabilan lereng dapat dikarenakan beberapa sebab, yang utama adalah penjuhan material oleh air (hujan). Penjuhan material menyebabkan beban material semakin bertambah. Kemudian karena pengaruh gravitasi, aliran air yang tidak tertampung dan juga adanya batas kontak antara material stabil dan tidak stabil yang berfungsi sebagai bidang gelincir, material tidak stabil ini bergerak menuruni lereng sampai pada area dimana gravitas tidak berpengaruh lagi.



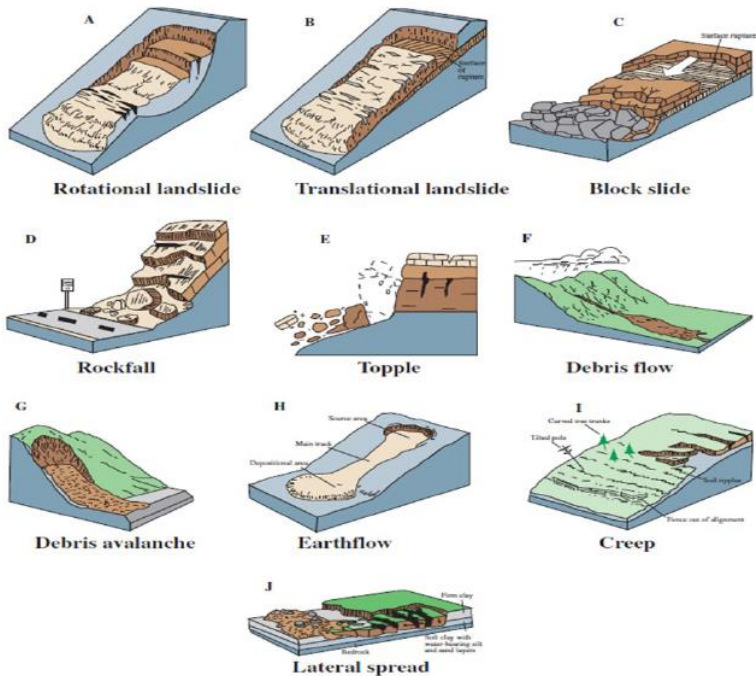
Gambar 2.1 Tipologi Longsor

(Sumber: Landslide Types and Processes, USGS)

Dilihat dari mekanisme longsorannya, tanahlongsor dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis, yaitu luncuran (*slide*), jatuhan (*fall*), runtuh (*topple*), dan aliran (*flow*). Luncuran biasanya terjadi pada material tanah atau bahan induk tanah hasil lapukan batuan yang terdapat zona lemah (*weak zone*) antara strata stabil dan strata tidak stabilnya. Material yang longsor meluncur di sepanjang bidang batas *weak zone* ini atau disebut *surface of rupture*.

Slide dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu longsor terputar (*rotational landslide*) dan longsor planar (*translation landslide*). Perbedaan keduanya adalah pada bentuk bidang gelincirnya (gambar A dan B pada Gambar 2.2). *Fall* biasanya terjadi pada batuan atau material yang relatif kompak/resisten. *Fall* adalah terlepasnya fragmen batu atau boulder dari agregat batuan secara menggelinding, terpelantai atau jatuh bebas ke lereng bawah. *Fall* biasa terjadi pada agregat batuan yang pelapukannya tidak merata, batuan yang mempunyai banyak kekar (*joint*) atau retakan (*fracture*), atau pada batas antara dua jenis batuan berbeda (zona kontak batuan). Runtuhan (*topples*) adalah

runtuhnya sekelompok massa batuan yang diakibatkan gravitasi bumi. Aliran (*flow*) adalah longsor material menuruni lereng dengan ukuran yang bervariasi mulai dari fragmen tanah halus sampai bongkah yang bercampur dengan air. Longsor aliran dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu *debris flow*, *debris avalanche*, dan *earth flow* atau *mud flow*, terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tipe-tipe Longsor

(Sumber: Landslide Types and Processes, USGS)

Debris flow adalah longsor material dengan ukuran yang bervariasi (dari halus hingga kasar) yang bercampur dengan air. Debris flow biasanya terjadi pada waktu hujan deras pada lereng curam. Debris flow merupakan salah satu jenis longsor yang sering terjadi di Indonesia. Debris

avalanche merupakan debris flow yang terjadi secara cepat dan dalam massa yang besar. Earthflow/mudflow hampir sama dengan *debris flow*, Cuma ukuran materialnya relatif halus dan seragam. Earthflow/mudflow biasanya terjadi pada lahan dengan kemiringan lereng yang tidak terlalu curam. *Soil creep* atau rayapan tanah adalah pergerakan massa tanah menuruni lereng dalam waktu yang lama dan kecepatan yang relatif pelan (tidak seperti longsor yang sifat gerakannya cepat dan dalam waktu yang singkat). Secara visual kenampakan soil creep tidak mudah dikenali dalam waktu yang singkat karena kenampakan morfologi permukaannya biasanya relatif tidak terlalu berubah. Namun ada beberapa indikator yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi soilcreep, antara lain adanya pohon, tiang listik yang miring, dan retak – retak pada permukaan tanah.

2.3 Faktor-faktor Penyebab Kelongsoran

Faktor – faktor penyebab ketidakstabilan talud yang dapat dibagi adalah menjadi dua kelompok besar (Terzaghi,1950), antara lain :

2.3.1 Faktor Pengaruh Luar

Faktor ini disebabkan karena meningkatnya tegangan geser yang terjadi pada tanah sehingga faktor keamanannya menjadi turun ($fk < 1$). Hal ini disebabkan karena faktor – faktor berikut :

1. Turunnya tegangan horizontal tanah, kondisi ini sering terjadi bila :
 - Kaki talud ter erosi oleh aliran sungai atau air hujan
 - Akibat perbuatan manusia, adanya kegiatan galian pada talud

2. Peningkatan tegangan vertikal tanah, hal ini disebabkan karena :
 - Air hujan yang tertahan diatas talud
 - Berat akibat timbunan tanah para talud
 - Berat bangunan diatas talud
3. Pergerakan tektonik dapat mengubah geometri talud, bila pergerakannya membuat talud menjadi landai maka talud akan lebih stabil, tetapi bila pergerakannya membuat talud menjadi terjal maka akan mengurangi kestabilan talud.
4. Gempa bumi, pada saat terjadi gempa bumi gelombang merambat naik dari permukaan batuan ke permukaan tanah, sebelum mencapai permukaan tanah rambatan gelombang melewati berbagai lapisan tanah sehingga menimbulkan perubahan pada tegangan tanah.

2.3.2 Faktor Pengaruh Dalam

Faktor ini disebabkan oleh penurunan kekuatan geser tanah karena :

1. Peningkatan kadar air yang terjadi pada tanah lempung.
2. Struktur geologi dan keadaan geometri talud.
3. Absorpsi oleh mineral lempung yang biasanya diikuti oleh penurunan harga kohesi tanah.
4. Penyusutan tanah lempung diakibatkan oleh perubahan temperatur yang dapat menimbulkan retak susut, sehingga kohesi tanah menjadi turun dan memberikan kesempatan kepada air untuk masuk kedalam lapisan tanah.
5. Perubahan berat volume dan tekanan air pori tanah.

2.4 Analisis Parameter Tanah

2.4.1 Pembuatan statigrafi

Statigrafi tanah dibuat untuk permodelan pada program Plaxis dan untuk mengetahui kondisi tanah di area pembangunan gedung reskripsus. Statigrafi pada tugas akhir ini dibuat berdasarkan hasil tes SPT pada 2 titik pada elevasi +20 meter dan hasil tes sondir pada 4 titik pada area longsor yaitu elevasi +13 meter sampai +6 meter.

2.4.2 Pemilihan parameter tanah

Pemilihan parameter tanah diambil dari hasil tes laboratorium untuk elevasi +20 meter sampai +16 meter dan digunakan beberapa korelasi untuk tanah yang tidak diuji di laboratorium.

Tabel 2.1 Korelasi N-SPT dan Konsistensi Tanah
(untuk tanah dominan lempung dan lanau)

Konsistensi Tanah	Taksiran Harga Kekuatan Geser, C_u	Taksiran Harga SPT, N	Taksiran Harga Tahanan Conus, q_c
	kPa		kPa
Sangat lunak	0 – 12,5	0 – 2,5	0 – 1000
Lunak	12,5 – 25	2,5 – 5	1000 – 2000
Menengah	25 – 50	5 – 10	2000 – 4000

Kaku	50 – 100	10 – 20	4000 – 7500
Sangat kaku	100 – 200	20 – 40	7500 – 15000
Keras	>200	>40	>15000

(Sumber : Mochtar, 2006; Revised 2012)

Tabel 2.2 SPT dan Korelasinya (J.E. Bowles, 1984)

N (blows) γ (kN/m ³) Φ (°) State Dr (%)	Cohesionless Soil				
	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
	-	12-16	14-18	16-20	18-23
	-	25-32	28-36	30-40	>35
	V.Loose	Loose	Medium	Dense	V.Dense
	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
N (blows) γ (kN/m ³) q_u (kPa) Consistency	Cohesive Soil				
	<4	4-6	6-15	16-25	>25
	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
	<25	20-50	30-60	40- 200	>100
	V.Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

(Sumber : Daya Dukung Pondasi Dalam, Herman Wahyudi)

Tabel 2.3 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

Macam Tanah	E (Kg/cm ²)
LEMPUNG	
• Sangat Lunak	3 – 30
• Lunak	20 – 40
• Sedang	45 – 90
• Berpasir	300 – 425
PASIR	
• Berlanau	50 – 200
• Tidak Padat	100 – 250
• Padat	500 – 1000
PASIR DAN KERIKIL	
• Padat	800 – 2000
• Tidak Padat	500 – 1400
LANAU	20 – 200
LOSES	150 – 600
CADAS	1400 - 14000

(Sumber : Bowles, 1997)

Tabel 2.4 Hubungan Antara Jenis Tanah dan Poisson Ratio

Jenis Tanah	Poisson Ratio (μ)
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir	0,1 – 1,0
Batuan	0,1 – 0,4
Umum dipakai untuk tanah	0,3 – 0,4

(Sumber : Buku Mekanika Tanah, Braja M.Das Jilid 1)

Tabel 2.5 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir

Hasil Sondir		Klasifikasi
qc	fs	
6,0	0,15 - 0,40	Humus, lempung sangat lunak
6,0 - 10,0	0,20	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,20 - 0,60	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10,0 - 30,0	0,10	Kerikil lepas
	0,10 - 0,40	Pasir lepas
	0,40 - 0,80	Lempung atau lempung kelanauan
	0,80 - 2,00	Lempung agak kenyal
30 - 60	1,50	Pasir kelanauan, pasir agak padat
	1,0 - 3,0	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60 - 150	1,0	Kerikil kepasiran lepas
	1,0 - 3,0	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3,0	Lempung kekerikilan kenyal
150 - 300	1,0 - 2,0	Pasir padat, pasir kekerikilan, pasir kasar pasir, pasir kelanauan sangat padat

(Sumber : Buku Mekanika Tanah, Braja M.Das Jilid 1)

Tabel 2.6 Hubungan Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil kepasiran	$35^\circ - 40^\circ$
Kerikil kerakal	$35^\circ - 40^\circ$
Pasir padat	$35^\circ - 40^\circ$
Pasir lepas	30°
Lempung kelanauan	$25^\circ - 30^\circ$
Lempung	$20^\circ - 25^\circ$

(Sumber : Buku Mekanika Tanah, Braja M.Das Jilid 1)

2.5 Analisis Stabilitas Talud

Menurut Das 1985, Analisis stabilitas talud yang dilakukan dengan cara memeriksa faktor keamanan dari talud yang ditinjau, dengan cara membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan bidang retak yang

paling kritis dengan kekuatan geser tanahnya. Faktor keamanan didefinisikan sebagai berikut :

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (2.1)$$

)

Keterangan :

F_s = angka keamanan rencana

τ_f = kekuatan tanah untuk menahan kelongsoran

τ_d = gaya dorong sepanjang bidang longsor

Das juga menambahkan, kekuatan tanah untuk menahan kelongsoran terdiri dari dua komponen utama yaitu kohesi dan sudut geser tanah, persamaannya sebagai berikut :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (2.2)$$

)

Keterangan :

C = kohesi

ϕ = sudut geser tanah

σ = tegangan normal rata – rata permukaan bidang longsor

Dengan demikian dapat dibentuk persamaan sebagai berikut:

$$\tau_d = C_d + \sigma \tan \phi_d \quad (2.3)$$

)

Keterangan :

Cd = kohesi

$\emptyset d$ = sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor

Dengan memasukkan persamaan (2.3) dan (2.2) ke persamaan (2.1) maka diperoleh persamaan (2.4) seperti berikut :

$$F_s = \frac{c + \sigma \tan \emptyset}{cd + \sigma \tan \emptyset d} \quad (2.4)$$

)

Persamaan (2.4) dapat diuraikan menjadi dua persamaan yaitu persamaan (2.5) dan persamaan (2.6) sebagai berikut :

$$F_s = \frac{c}{cd} \quad (2.5)$$

)

$$F_s = \frac{\sigma \cdot \tan \emptyset}{\sigma \cdot \tan \emptyset d} \quad (2.6)$$

)

$$F = \frac{\sum [c' b_n + (W_n - u b_n) \tan \emptyset'] \sec \alpha_n}{\sum W_n \sin \alpha_n \left(1 + \frac{\tan \emptyset' \tan \alpha_n}{F}\right)} \quad (2.7)$$

)

Keterangan :

F = faktor keamanan

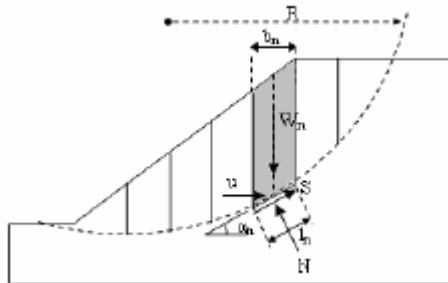
u = tegangan air pori

c' = kohesi efektif tanah

$\emptyset n$ = sudut geser efektif

bn = lebar irisan n

- α_n = sudut kemiringan
 W_n = berat tanah irisan n
 n = jumlah irisan



Gambar 2.3 Gaya yang Bekerja dalam “Metode Irisan Bishop yang Disederhanakan”

2.6 Analisis Perkuatan Eksisting (Dinding Penahan Tanah)

Dinding penahan tanah merupakan komponen struktur bangunan penting utama untuk jalan raya dan bangunan lingkungan lainnya yang berhubungan tanah berkontur atau tanah yang memiliki elevasi berbeda. Secara singkat dinding penahan merupakan dinding yang dibangun untuk menahan massa tanah di atas struktur atau bangunan yang dibuat. Bangunan dinding penahan umumnya terbuat dari bahan kayu, pasangan batu, beton hingga baja. Bahkan kini sering dipakai produk bahan sintesis mirip kain tebal sebagai dinding penahan tanah.

a. Klasifikasi dinding penahan

Berdasarkan bentuk dan penahanan terhadap tanah, dinding penahan dapat diklasifikasikan ke dalam tiga bentuk, yakni: (1) dinding gravity, (2) dinding semi gravity dan (3) dinding non gravity. Dinding gravity merupakan dinding penahan tanah yang mengandalkan berat bahan sebagai penahan tanah umumnya berupa pasangan batu atau bronjong batu (gabion).

Dinding semi gravity selain mengandalkan berat sendiri, memanfaatkan berat tanah tertahan untuk kestabilan struktur. Sedangkan dinding non gravity mengandalkan konstruksi dan kekuatan bahan untuk kestabilan.

b. Tekanan tanah lateral

Untuk dapat memperkirakan dan menghitung kestabilan dinding penahan, diperlukan menghitung tekanan ke arah samping (lateral). Karena massa tanah berupa butiran, maka saat menerima tegangan normal (σ_n) baik akibat beban yang diterima tanah maupun akibat berat kolom tanah di atas kedalaman atau duga tanah yang kita tinjau, akan menyebabkan tekanan tanah ke arah tegak lurus atau ke arah samping. Tegangan inilah yang disebut sebagai tegangan tanah lateral (lateral earth pressure). Tegangan tanah akibat kolom tanah tersebut merupakan besaran tegangan efektif (σ_{eff}) yang sebanding dengan $\gamma_{eff} \times H$. Pengetahuan tentang tegangan lateral ini diperlukan untuk pendekatan perancangan kestabilan. Tekanan tanah lateral dibedakan menjadi tekanan tanah lateral aktif dan tekanan lateral pasif. Tekanan lateral aktif adalah tekanan lateral yang ditimbulkan tanah secara aktif pada struktur yang kita selenggarakan. Sedangkan tekanan lateral pasif merupakan tekanan yang timbul pada tanah saat menerima beban struktur yang kita salurkan pada secara lateral. Besarnya tekanan tanah sangat

dipengaruhi oleh fisik tanah, sudut geser, dan kemiringan tanah terhadap bentuk struktur dinding penahan.

c. Kestabilan dinding penahan tanah

Besaran tekanan lateral ini menjadi salah satu faktor utama yang diperhitungkan untuk perancangan kestabilan dinding penahan tanah. Tekanan lateral tersebut dapat menyebabkan dinding penahan terguling (*overturning*) atau bergeser (*slidding*). Selain besaran tekanan lateral kestabilan dinding penahan dipengaruhi pula oleh bentuk struktur dan faktor pelaksanaan konstruksi. Buruknya pemadatan tanah tertahan di belakang dinding penahan merupakan penyebab keruntuhan *undermining*.

d. Kestabilan geser dinding penahan

Untuk memberikan kekuatan yang cukup melawan geseran horisontal, dasar dinding penahan harus memiliki kedalaman minimum 3 ft (1m) di bawah muka tanah. Untuk dinding permanen, kekuatan tersebut harus stabil tanpa adanya struktur penahan pasif di bagian kaki dinding. Jika syarat kekuatan diatas tak mencukupi, dapat ditambahkan pengunci geser di bawah telapak pondasi atau tiang pancang untuk menahan geseran. Selain persyaratan kekuatan tersebut, harus dipertimbangkan pula adanya kemungkinan bahaya erosi akibat aliran maupun pengaruh hujan.

e. Tekanan tanah aktif dan pasif

Konsep tekanan tanah aktif dan pasif sangat penting untuk masalah-masalah stabilitas tanah, pemasangan batang-batang penguat pada galian. Persamaan tekanan tanah aktif pada tanah pasir murni diberikan di bawah ini :

$$P_a = K_a \gamma H^2 \text{ kN/m} \quad (2.8)$$

)

Di mana harga K_a Untuk tanah datar adalah :

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.9)$$

)

Untuk tanah miring harga K_a adalah:

$$K_a = \left| \frac{\cos \phi}{1 + \sqrt{\frac{\sin \phi \cdot \sin(\phi - \delta)}{\cos \delta}}} \right| \quad (2.10)$$

Tekanan tanah aktif pada tanah berkohesi dihitung dengan cara sebagai berikut: Kohesi adalah lekatan antara butirbutir, sehingga kohesi mempunyai pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah sebesar $2c \sqrt{Ka}$

$$P_a = K_a \gamma H^2 - 2c \sqrt{Ka} \quad (2.11)$$

Tekanan tanah pasif :

$$P_{p1} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_1^2 \quad (2.12)$$

$$P_{p2} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_2^2 K_p + 2c \sqrt{Ka} \quad (2.13)$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.14)$$

f. Teori Rankine untuk tanah non-kohesi

Gaya horisontal yang menyebabkan keruntuhan ini merupakan tekanan tanah aktif dan nilai banding tekanan

horizontal dan vertikal pada kondisi ini, merupakan koefisien tanah aktif (coefficient of active pressure) atau K_a bila ditanyakan dalam persamaan umum (Hardiyatmo, 2007).

$$K_a = \cos \omega \frac{\cos \omega - \sqrt{\cos^2 \omega - \cos^2 \phi}}{\cos \omega + \sqrt{\cos^2 \omega - \cos^2 \phi}} \quad (2.15)$$

$$K_p = \cos \omega \frac{\cos \omega + \sqrt{\cos^2 \omega - \cos^2 \phi}}{\cos \omega - \sqrt{\cos^2 \omega - \cos^2 \phi}} \quad (2.16)$$

g. Stabilitas dinding penahan terhadap penggulingan

Kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling dihitung dengan persamaan berikut :

$$SF_{\text{guling}} = \frac{\Sigma M}{\Sigma M_H} \geq 2 \quad (2.17)$$

h. Stabilitas dinding penahan terhadap penggeseran

Gaya perlawanan yang terjadi berupa lekatan antara tanah dasar pondasi dengan alas pondasi dinding penahan tanah. Untuk jenis tanah campuran (lempung pasir) maka besarnya,

$$SF = \frac{V.f.\frac{2}{3}.Cb + E_p}{E_a} \quad (2.18)$$

$SF \geq 2$ digunakan untuk jenis tanah kohesif, misal tanah lempung

i. Stabilitas dinding penahan terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

Persamaan ini digunakan untuk menghitung kapasitas dukung ultimit pada beban miring dan eksentris, yaitu :

$$q_u = d_c i_c c N_c + d_q i_q D q \cdot \gamma \cdot N_q + d_\gamma i_\gamma \cdot 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \quad (2.19)$$

Faktor kemiringan beban menggunakan rumus :

$$i_q = \left[1 - \frac{0,5H}{V + A' c_a c t g \phi} \right]^5 \geq 0 \quad (2.20)$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / N_c \operatorname{tg} \phi \quad (2.21)$$

Dengan *catatan* : $N_c \operatorname{tg} \phi = N_q - 1$

Dan faktor kapasitas dukung menggunakan rumus :

$$N_q = e^{a x p'} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.22)$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\operatorname{tg} \phi'} \quad (2.23)$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \operatorname{tg} \phi' \quad (2.24)$$

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung diidentifikasi sebagai :

$$F = \frac{q_u}{q} \geq 3 \rightarrow q_{B'}^V \quad (2.25)$$

2.7 Perkuatan dengan Turap

2.7.1 Penggunaan dinding turap

Beberapa penggunaan dinding turap yaitu pada tebing jalan raya atau sungai, pada dermaga, pada galian misalnya pada pembuatan fondasi langsung atau menerus, pembuatan basemen, dan sebagainya.

2.7.2 Tipe dari dinding turap

Berdasarkan material yang digunakan dikenal beberapa jenis dinding turap seperti turap kayu, turap beton atau turap baja. Penentuan jenis material dinding turap tergantung dari penggunaannya. Pertimbangan untuk menggunakan jenis material tertentu pada dinding turap antara lain adalah:

- Dinding turap kayu
Biasa digunakan pada bangunan yang tidak permanen, seperti bangunan perancah untuk penggalian fondasi. Untuk bangunan permanen, pengawetan bahan dan perlindungan bahan terhadap pelapukan harus benar-benar diperhatikan.
- Dinding turap beton
Biasa digunakan pada bangunan permanen atau pada detail-detail konstruksi yang agak sulit. Keuntungan pemakaian jenis dinding turap ini adalah dinding biasa dibuat di tempat, sehingga waktu pelaksanaan lebih cepat karena tanpa tenggang waktu pemesanan dan pengangkutan. Sedangkan kerugiannya adalah sulitnya pelaksanaan di lapangan karena sering terjadi kebocoran.
- Dinding turap baja
Biasa digunakan pada bangunan permanen. Konstruksi dinding turap ini lebih ringan, lebih mudah pelaksanaannya di lapangan serta hasilnya lebih baik. Sedangkan kerugiannya adalah adanya tenggang waktu pemesanan serta adanya bahaya korosi.

Jika tidak berdasarkan faktor ekonomi ataupun keterpaksaan pengadaan jenis bahan, maka pada pemakaian konstruksi dinding turap (sheet pile) dianjurkan untuk memilih konstruksi baja dengan alasan:

- Lebih tahan driving stresses misal pemancangan pada tanah dengan lapisan tanah keras atau batuan.
- Lebih tipis penampangnya.
- Bisa digunakan berkali-kali.
- Panjang pile bisa ditambah atau dikurangi dengan mudah.
- Bisa digunakan baik dibawah ataupun diatas air.
- Penyambungan yang mudah memungkinkan untuk mendapatkan dinding yang menerus dan lurus pada waktu pemasangan.

2.7.3 Pengertian angka keamanan (safety factor)

Dari suatu perhitungan diperoleh suatu harga dalamnya pemancangan. Bila dalam pelaksanaan diperdalam 30% dari dalam perencanaan semula, belum berarti akan didapat angka keamanan 1.3 karena belum tentu angka keamanan dari struktur yang baru ini sama dengan 1.3. Diperlukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja sesuai kondisi tanah di lapangan.

2.7.4 Lingkup perencanaan dinding turap

Perencanaan dinding tuap mencakup:

1. Penentuan karakteristik turap dengan mengetahui:
 - Panjang dinding turap yang diperlukan. Panjang yang ada di pasaran 27 meter, sedangkan jika dipesan di pabrik dapat mencapai 37 meter.
 - Profil sheet pile terutama yang mudah dan ada dipasaran.

- Karakteristik mekanik dari baja yang dapat digunakan, komposisi kimia, dan harga limit elastiknya.
2. Penentuan sistem jangkar (ground anchor) yaitu dengan menentukan:
 - Daerah penjangkara, kemiringan dan luas penampang tali jangkar.
 - Panjang tali jangkar yang menjamin stabilitas bersama turap.
 - Sistem penjangkaran, dapat berupa jangkar pasif, aktif, dan lain-lain.
 3. Penentuan stabilitas lebih umum, yaitu stabilitas terhadap gelincir.

2.7.5 Dinding turap kantilever

Dinding turap kantilever adalah dinding penahan yang tidak menggunakan jangkar/ground anchor. Dinding turap kantilever diperoleh dengan memancang turap tersebut pada suatu kedalaman tertentu. Kestabilan dari dinding ini merupakan hasil momen tekanan tanah lateral pasif sebagai penahan dari tekanan tanah aktif yang bekerja pada dinding tersebut.

2.7.6 Dinding turap dengan ground anchor (jangkar)

Pada dinding turap berjangkar, dikenal adanya sistem penjangkaran yang ikut menahan tekanan-tekanan yang bekerja pada dinding. Sehingga terdapat dua analisis yaitu analisis dindingnya sendiri serta analisis penjangkarannya. Tetapi dalam perancangan, analisis secara keseluruhan harus pula dilakukan. Untuk analisis dinding turapnya sendiri, dikenal adanya dua metode, yaitu dinding turap perletakan bebas dan dinding turap perletakan jepit.

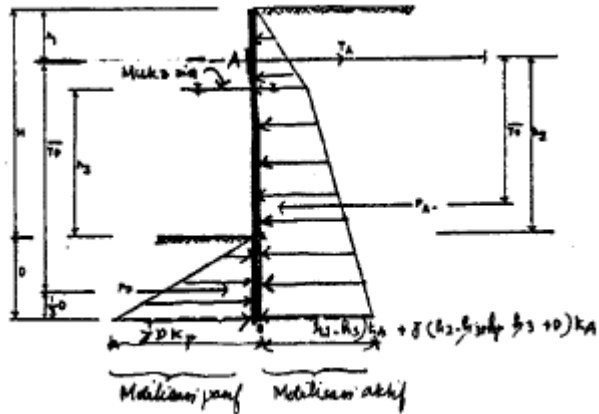
a. Dinding turap berjangkar dengan perletakan bebas

Anggapan-anggapan yang diambil dalam perencanaan turap dengan perletakan bebas adalah:

- i. Dinding turap mempunyai kekuatan yang cukup baik dibandingkan dengan tanah di sekelilingnya.
- ii. Tekanan tanah yang bekerja pada dinding turap dihitung berdasarkan konsisi Rankine aatau Coulomb.
- iii. Dinding turap bebas berotasi pada jangkar, tetapi tidak diperkenankan terjadi pergerakan lateral.
- iv. Perletakan pada kedalaman D mempunyai momen = 0, hal ini berarti bahwa penetrasi dari dinding tidak cukup dalam.



Gambar 2.4 Dinding Turap Berjangkar dengan Perletakan Bebas dan Bidang M



Gambar 2.5 Tekanan yang Terjadi pada Turap

Mencari besarnya gaya jangkar T :

$$\sum H = 0$$

$$T_a + P_p - P_a = 0$$

$$T_a = P_a - P_p \quad (2.26)$$

Untuk mengetahui dalamnya pemancangan D, diambil:

$$\sum M_a = 0$$

$$P_a \cdot y_a - P_p \cdot y_p = 0$$

Akan diperoleh persamaan pangkat tiga dalam D, lalu dilakukan cara coba-coba untuk memperoleh nilai D.

b. Dinding turap berjangkar dengan perletakan jepit

Anggapan-anggapan yang diambil dalam metode ini adalah penetrasi dari dinding turap cukup dalam sehingga perletakan yang terjadi berfungsi sebagai jepit.

2.7.7 Tekanan tanah lateral

Dinding penahan tanah, turap, galian yang diperkokoh maupun tidak, semuanya memerlukan perkiraan tekanan tanah lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun untuk analisa stabilitas. Tekanan tanah lateral merupakan salah satu bagian perencanaan penting, khususnya dalam hal teknik pondasi maupun bangunan penahan tanah.

Dalam memperkirakan dan menghitung kestabilan dinding penahan, diperlukan menghitung tekanan ke arah samping (lateral). Tekanan lateral terjadi karena massa tanah menerima beban akibat tegangan normal maupun berat kolom tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya tekanan ke arah tegak lurus atau ke arah samping. Besarnya tekanan tanah lateral sendiri sangat dipengaruhi oleh fisik tanah, sudut geser, dan kemiringan tanah terhadap bentuk struktur dinding penahan.

Tekanan tanah lateral dibagi menjadi tekanan tanah dalam keadaan diam, tekanan tanah aktif, dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah dalam kondisi diam terjadi akibat massa tanah pada dinding penahan berada dalam kondisi seimbang. Tekanan tanah aktif merupakan tekanan yang berusaha untuk mendorong dinding penahan tersebut kedepan. Sementara tekanan tanah pasif merupakan tekanan yang berusaha mengimbangi tekanan tanah aktif.

2.7.8 Tekanan Lateral Aktif

Tekanan aktif merupakan tekanan yang mendorong dinding penahan tanah ke arah horizontal. Sementara dinding penahan tanah harus dalam keadaan seimbang dalam menahan tekanan arah horizontal. Tekanan ini dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tanah K_a . Rumusan tekanan horizontal dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H \quad (2.27)$$

Dimana harga K_a :

- Untuk tanah datar, sesuai persamaan (2.9) :

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.28)$$

- Untuk tanah miring, sesuai persamaan (2.10)

$$K_a = \left| \frac{\cos \phi}{1 + \sqrt{\frac{\sin \phi \cdot \sin(\phi - \delta)}{\cos \delta}}} \right| \quad (2.30)$$

Dimana: ϕ = sudut geser tanah

δ = kemiringan tanah

Selain itu, kohesi sebagai lekatan antara butiran tanah juga memiliki pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah yaitu sebesar $2c\sqrt{K_a}$, sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H - 2c \times \sqrt{K_a} \quad (2.31)$$

Dimana: c = kohesi tanah

2.7.9 Tekanan Lateral Pasif

Tekanan lateral pasif tanah merupakan tekanan yang melawan arah dari tekanan lateral aktif. Hal ini disebabkan oleh gaya yang mendorong dinding cencerung ke arah urugannya. Tekanan pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah, yaitu gaya yang dibutuhkan untuk menahan dinding penahan tanah sebelum runtuh. Rumusan tekanan horizontal pasif dapat diturunkan sebagai berikut:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H \quad (2.32)$$

Dimana harga K_p

- Untuk tanah datar adalah:

$$K_p = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.33)$$

- Untuk tanah miring adalah:

$$K_a = \left(\frac{\cos Q}{1 + \sqrt{\frac{\sin Q \sin(Q+\delta)}{\cos \delta}}} \right)^2 \quad (2.34)$$

Dimana: Q = sudut geser tanah
 δ = kemiringan tanah

Dalam kasus tekanan lateral pasif, kohesi (lekatan antar butiran tanah) mempunyai pengaruh memperbesar tekanan pasif tanah sebesar $2c\sqrt{K_a}$, sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H + 2 \times c \times \sqrt{K_p} \quad (2.35)$$

2.7.10 Pembebanan Turap

Beban pada turap terdiri dari:

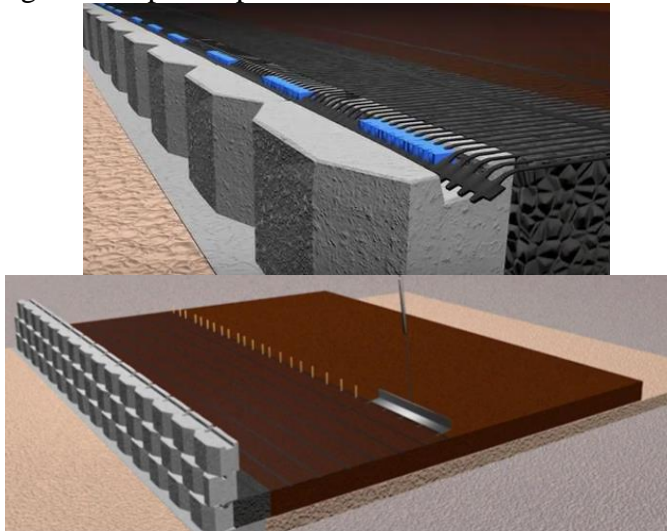
- Tekanan tanah aktif dibelakang turap dan tekanan tanah pasif didepan turap
- Beban permukaan, misal disebabkan oleh lereng tanah
- Beban lainnya, misal tekanan air dari samping

2.7.11 Penentuan Profil Turap

Penentuan ukuran dan geometri profil turap baja didasarkan pada modulus section yang tersedia pada tabel profil Larssen.

2.8 Perkuatan Multiblocks dengan Geogrid

Pada perkuatan multiblocks, digunakan bahan geogrid sebagai pengait. Geogrid dapat digunakan sebagai perkuatan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar di bawah timbunan. Geogrid berfungsi untuk mempermudah posisi multiblocks untuk saling mengunci menjadi suatu kesatuan sehingga struktur menjadi stabil. Perhitungan kebutuhan geogrid dapat menggunakan prinsip geotextile dengan tambahan gaya penahan dari multiblocks. Contoh pemasangan ditampilkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Contoh Pemasangan Geogrid Multiblock
(Sumber: PT. Multibangun Rekatama Patria)

2.8.1 Perkuatan menggunakan geotextile

Tahapan perhitungan bahan geotextile sebagai perkuatan pada lereng dikombinasi dengan multiblocks adalah sebagai berikut:

1. Mencari nilai momen dorong (M_D)

$$M_{dorong} = \frac{M_{resisten}}{SF} \quad (2.36)$$

2. Mencari nilai $M_{\text{resisten rencana}}$ dengan angka keamanan rencana ($SF = 1,5$)

$$M_{\text{resisten rencana}} = M_{\text{dorong}} \times SF_{\text{rencana}} \quad (2.37)$$

3. Mencari nilai tambahan Momen penahan (ΔMR) dari FS rencana

$$\Delta MR = M_{\text{resisten rencana}} - M_{\text{resisten yang terjadi}} \quad (2.38)$$

4. Mencari Kekuatan dari bahan geotekstile

Pada perencanaan geotextile harus dipertimbangkan kekuatan tarik ijin dari bahan geotextile tersebut dalam menerima atau memikul gaya geser saat terjadinya kelongsoran. Rumus kekuatan bahan geotextile adalah persamaan :

$$T_{\text{allow}} = T_{\text{ult}} \times \left(\frac{1}{FS_{\text{id}} \times FS_{\text{cr}} \times FS_{\text{cd}} \times FS_{\text{bd}}} \right) \quad (2.39)$$

dimana :

T_{allow} = kekuatan geotekstile yang tersedia

T_{ult} = kekuatan ultimate geotekstile

FS_{id} = faktor keamanan akibat kerusakan pada saat pemasangan

FS_{cr} = faktor keamanan akibat rangkai

FS_{cd} = faktor keamanan akibat pengaruh bahan-bahankimia

FS_{id} = faktor keamanan akibat pengaruh aktifitas biologi dalam tanah

$FS_{\text{id}}, FS_{\text{cr}}, FS_{\text{cd}}, FS_{\text{id}}$ merupakan faktor reduksi akibat pengurangan kekuatan geotextile yang besarnya dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut.

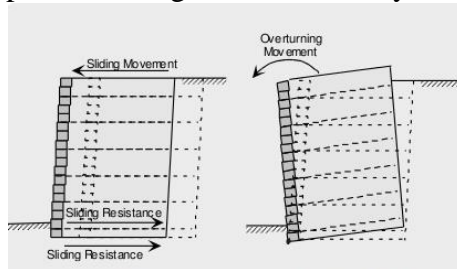
Tabel 2.7 Nilai Faktor Geotekstil

Penggunaan Geotextile	Faktor Pemasangan, FS_{id}	Faktor Rangkai, FS_{cr}	Faktor Kimia, FS_{cd}	Faktor Biologi, FS_{id}
-----------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------

Separation	1,1 – 2,5	1,1 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Cushioning	1,1 – 2,0	1,2 – 1,5	1,0 – 2,0	1,0 – 1,2
Unpaved Roads	1,1 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Walls	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Embankments	1,1 – 2,0	2,0 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Bearing Capacity	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Slope Stabilization	1,1 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Pavement Overlays	1,1 – 1,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Railroads	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,2
Flexible Form	1,1 – 1,5	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Silt Fences	1,1 – 1,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1

2.8.2 External Stability

Untuk perencanaan geogrid sebagai pengait multiblocks perlu dihitung external stability sebagai berikut:



Gambar 2.7 External Stability pada Multiblocks Wall

1. Kontrol geser

Angka keamanan dapat dihitung dengan rumus :

$$SF = \frac{a \times b + N \times \tan \delta}{T} \quad (2.40)$$

Dimana :

R = resultan gaya yang bekerja

N = komponen vertikal R

T = komponen horizontal R

B = lebar pondasi

a = karakteristik adhesi

δ = sudut geser antara dasar tembok dengan tanah

SF = angka keamanan

SF $\geq 1,5 \rightarrow$ jika tekanan pasif diabaikan

Sf $\geq 2,0 \rightarrow$ jika tekanan pasif tidak diabaikan

Menurut Terzhagi dan Peck, karakteristik adhesi dapat diabaikan namun usur lekatan antar tanah dan pondasi tetap diperhitungkan, maka perumusannya menjadi:

$$SF = \frac{N \times \tan \delta}{T} \quad (2.41)$$

Tabel 2.8 Hambatan antar Tanah dan Pondasi

Tanah pondasi dengan butiran kasar, tanpa lempung dan lanau	$\delta = 30^\circ$
Tanah pondasi kasar, dengan lempung atau lanau	$\delta = 25^\circ$
Kasus lain	$\delta = 20^\circ$

(Sumber: Herman Wahyudi, 1999)

2. Kontrol guling

Angka keamanan dapat dihitung dengan rumus:

$$SF = \sum \frac{\text{momen penahan}}{\text{momen pendorong}} \quad (2.42)$$

$$SF = \sum \frac{w \cdot x + Pa \sin \delta \cdot x}{Pa \cos \delta \cdot R} \quad (2.43)$$

Dimana:

W = berat tanah diatas geogrid (t/m^2)

x/R = jarak dari titik berat gaya ke titik guling (m)

Pa = gaya akibat tekanan tanah aktif (t/m^2)

3. Kontrol daya dukung

$$q_l = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma + C \cdot N_c + (\gamma \cdot D + q_0) N_q \quad (2.44)$$

Tegangan ijin:

$$\sigma_{ijin} = q_l / SF$$

Dimana:

q_l = tegangan maksimum dalam tanah

B = lebar dasar pondasi

D = kedalaman pondasi

γ = berat volume tanah

C = kohesi tanah

SF = angka keamanan ($\geq 1,5$)

N_γ, N_c, N_q = koefisien daya dukung tanah akibat ϕ

Tabel 2.9 Harga N_γ, N_c, N_q (Caquot dan Kerisel)

Φ°	N_c	N_γ	N_q
0	5,14	0	1
5	6,5	0,1	1,6
10	8,4	0,5	2,5
15	11	1,4	4
20	14,8	3,5	6,4
25	20,7	8,1	10,7
30	30	18,1	18,4
40	75,3	100	64,2
45	134	254	135

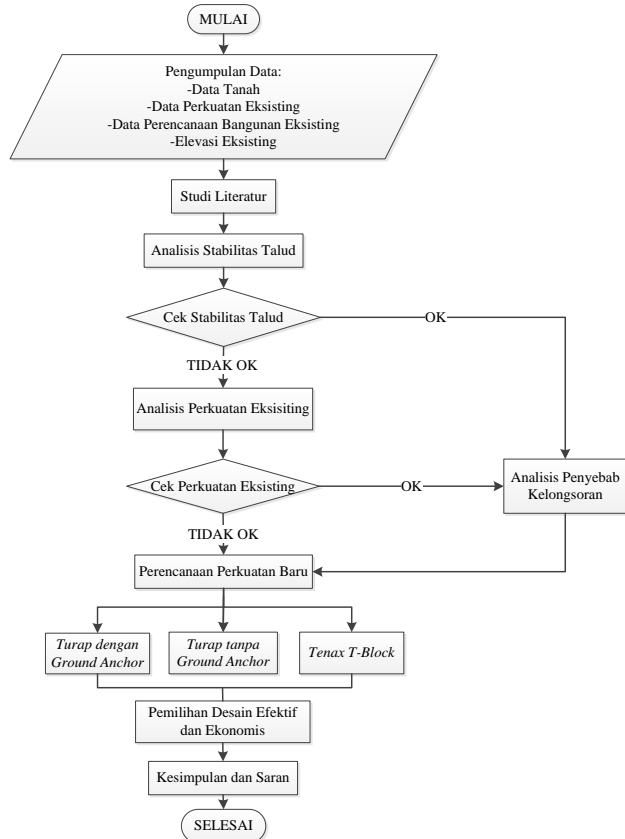
(Sumber: Herman Wahyudi, 1999)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam analisis stabilitas tanah di Reskripsus Polda Kaltim :



3.2 Studi Literatur

Studi Literatur yang dimaksudkan adalah mengumpulkan materi-materi yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan. Adapun bahan studi yang nantinya digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Referensi mengenai perhitungan Stabilitas Talud.
2. Referensi tentang pengoperasian software Plaxis.
3. Perhitungan perencanaan turap dengan *ground anchor*.
4. Perhitungan perencanaan multiblocks dengan geogrid.
5. Rumus-rumus yang mendukung.

3.3 Pengumpulan dan Analisa Data

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari instansi terkait atau pihak lain. Data tersebut meliputi :

1. Layout proyek.
2. Layout gambar metode cut and fill.
3. Data pengujian tanah meliputi hasil Standart Penetration Test (SPT) dan grafik sondir.

3.4 Analisa Stabilitas Tanah dan Perhitungan

1. Perhitungan stabilitas talud menggunakan *software Plaxis* dengan memasukkan parameter – parameter tanah.
2. Perencanaan perkuatan talud dengan alternatif sebagai berikut :
 - Perkuatan menggunakan turap dengan *ground anchor*
 - Merencanakan jumlah *anchor* yang dibutuhkan

- Merencanakan panjang *anchor* yang dibutuhkan
- Menghitung kekuatan tarik dari *anchor*
- Perkuatan menggunakan multiblocks dengan *geogrid*
 - Menentukan tipe *geogrid* yang akan dipasang
 - Merencanakan ukuran lembar *geotextile* yang dibutuhkan
 - Menghitung panjang *geogrid* yang dibutuhkan
 - Menghitung jumlah balok block yang digunakan

3.5 Perencanaan Perkuatan

Perkuatan tanah dalam metodologi ini terdiri dari dua alternatif yang pada akhirnya selalu dicek angka keamanannya, yakni antara lain menggunakan:

1. Turap dengan *ground anchor*
2. Turap tanpa *ground anchor*
3. *Multiblocks* dengan *geogrid*

Dari alternatif pertama dan kedua diatas dilakukan pemilihan alternatif yang tepat dengan pertimbangan biaya dan keamanan pada saat pelaksanaan sedangkan alternatif ketiga digunakan pada area timbunan (Zona 2 dan Zona 3).

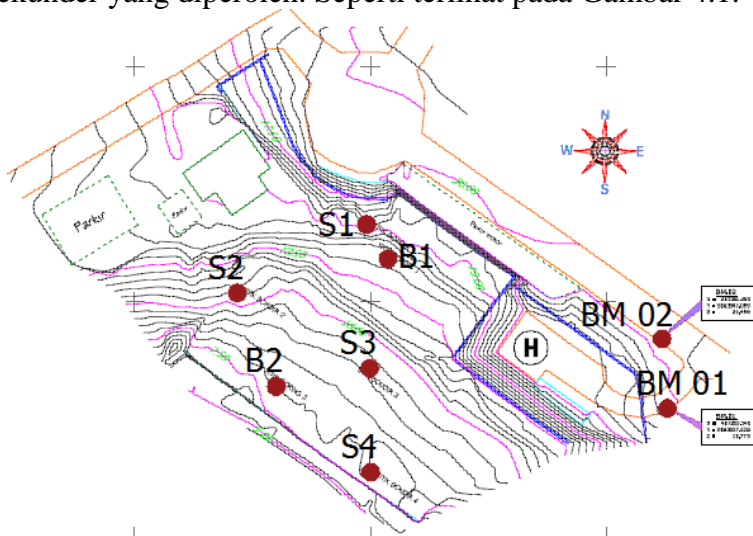
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISA DAN PERENCANAAN

4.1 Analisa Data Tanah

Analisis data tanah pada Tugas Akhir ini merupakan hasil penyelidikan tanah pada area longsor Gedung Reskrimsus Polda Kaltim yang meliputi data *boring log* dan sondir yang diolah oleh Laboratorium Mekanika Tanah Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Data SPT dan pengujian di laboratorium merupakan data yang berasal dari 2 titik pengeboran. Sedangkan hasil sondir didapat dari empat titik berbeda di lokasi talud. Analisis data tanah diperlukan untuk evaluasi dan penentuan alternatif perkuatan pada kasus ini.

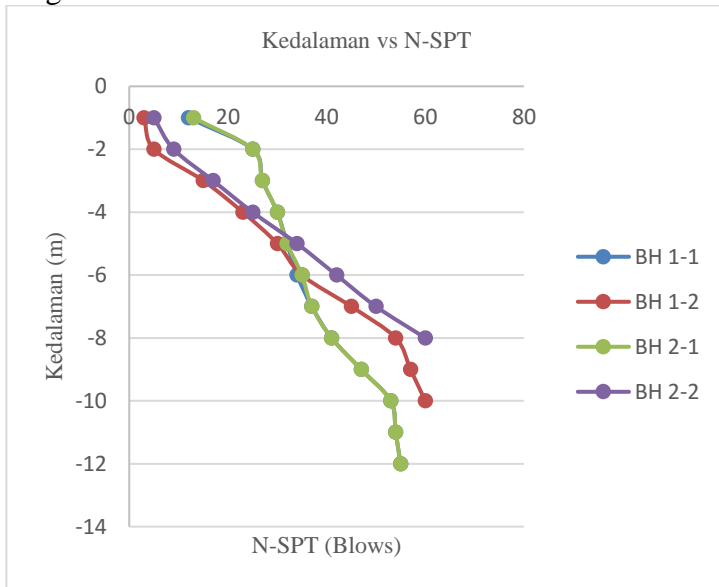
Lokasi pengujian data tanah berada pada koordinat 487263.346 dan 9863927.428 untuk BM 1 dan 487261.459, 9863942,099 untuk BM 2. Koordinat ini didapat dari data sekunder yang diperoleh. Seperti terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Pengujian Data Tanah

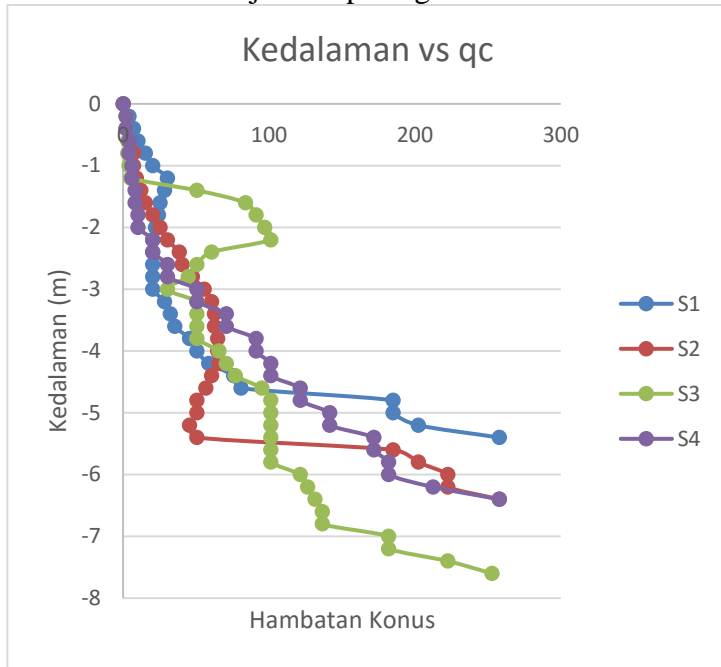
4.1.1 Data Tanah Asli

Pada Tugas Akhir ini dilakukan tes SPT pada dua titik dan tes sondir pada empat titik di area longsor. Pada pengetesan tanah di laboratorium hanya diuji hingga kedalaman 4 m, untuk parameter lapisan tanah dibawahnya digunakan asumsi dengan melihat hasil tes SPT dan sondir diatas. Statigrafi lapisan tanah berikut ini dibuat berdasarkan 2 titik boring dan 4 titik sondir. Hasil pengeboran ditunjukkan pada grafik berikut ini:

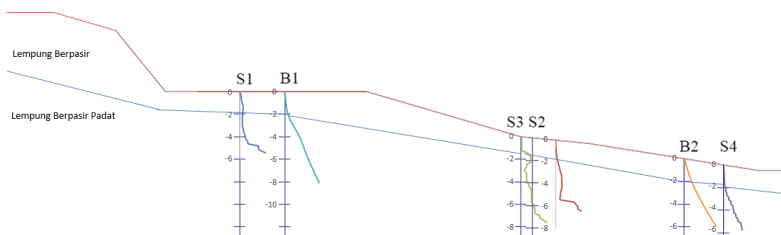


Gambar 4.2 Grafik Kedalaman vs N-SPT

Hasil tes sondir ditunjukkan pada grafik berikut ini:



Gambar 4.3 Grafik Kedalaman vs qc (Sondir)



Gambar 4.4 Statigrafi Jenis Lapisan Tanah
 Rekapitulasi dari hasil tes boring dan sondir terlihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1 Data Tanah Asli

Tanah	Jenis Tanah	N-SPT	γ_{sat}	γ_{dry}	γ_{unsat}	E	v	Cref	ϕ
			kn/m ³	kn/m ³	kn/m ³	kn/m ²		kpa	
1	Lempung berpasir	22	17,2	12	14,6	20000	0,2	25	10
2	Lempung berpasir padat	47	18	13	15,5	50000	0,2	100	15
Timbunan	Lempung berpasir		17,2	12	14,6	20000	0,2	25	10

Pada tanah lempung tidak memiliki nilai Φ ($\Phi = 0$), sedangkan untuk tanah berpasir memiliki nilai Φ . Untuk tanah kedalaman 4-10 meter tidak dilakukan pengetestan data tanah karena tanah sudah sangat keras sehingga untuk nilai γ digunakan korelasi dengan N-SPT. Nilai γ diperoleh dari korelasi menggunakan Tabel 2.1 (J.E. Bowles, 1984).

4.1.2 Analisa data tanah *behaving like sand*

Secara keseluruhan hasil data boring dan sondir menunjukkan bahwa data tanah dilokasi relatif baik. Berdasarkan kasus-kasus serupa yang terjadi di Kalimantan dengan kondisi tanah baik tetapi terjadi kelongsoran, memperkuat dugaan bahwa telah terjadi keretakan awal yang merupakan kondisi bawaan tanah tersebut (Mochtar, 2012). Pada saat hujan, keretakan awal tersebut terisi oleh air hujan dan meninggalkan butiran-butiran tanah halus yang biasanya berupa pasir halus. Air hujan ini kemudian mengalir ke tempat yang lebih rendah melalui rangkaian keretakan dalam tanah yang sudah terbentuk. Keadaan tersebut memudahkan terjadinya keruntuhan geser (*sliding*), terutama saat hujan lebat.

Berdasarkan retakan tanah yang meninggalkan butiran-butiran pasir halus, kekuatan geser tanah yang terjadi diasumsikan sebagai pergesehan pada tanah pasir. Untuk itu desain alternatif perkuatan talud dilakukan berdasarkan asumsi bahwa tanah tersebut “*behaving like sand*”.

Data tanah selanjutnya di analisa dengan asumsi *behaving like sand*. Kondisi tersebut digunakan untuk menyesuaikan yang terjadi di lapangan. Perbedaan antara data tanah asli dan tanah *behaving like sand* adalah pada nilai C dan Φ yang menyerupai pasir.

Dari asumsi tersebut maka diambil keputusan bahwa nilai C pada tanah timbunan dan tanah dibawahnya adalah nol dan untuk nilai sudut geser (Φ) dianggap seperti pasir dan digunakan korelasi dengan Tabel 2.9 dan didapatkan hasil berikut :

Tabel 4.2 Analisa Data *Behaving Like Sand*

Tanah	Jenis	N-SPT	γ_{sat}	γ_{dry}	γ_{unsat}	E	ν	C	ϕ
	Tanah		kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ²		kN/m ²	
1	Lempung berpasir	22	17,2	12	14,6	20000	0,2	25	10
2	Lempung berpasir padat	47	18	13	15,5	50000	0,2	100	15
Timbunan	Lempung berpasir		17,2	12	14,6	20000	0,2	0	20

4.2 Analisa Stabilitas Lereng Eksisting

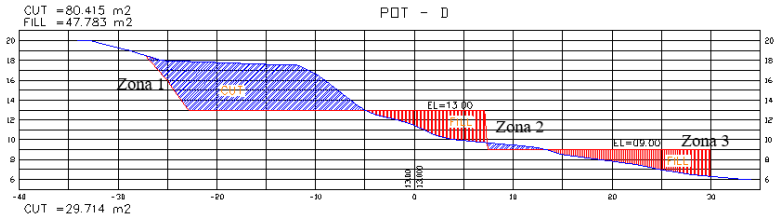
Dilakukan analisa stabilitas talud setelah dilakukan cut and fill dengan perkuatan eksisting yaitu dinding penahan dengan pondasi tiang pancang. Permodelan pada plaxis menggunakan kondisi *undrained* dan disesuaikan dengan kondisi di lapangan menggunakan dua kondisi yang berbeda yaitu: 1) Analisa talud menggunakan data tanah asli. 2) Analisa menggunakan data tanah *behaving like sand*.

4.2.1 Permodelan lereng dengan program bantu Plaxis

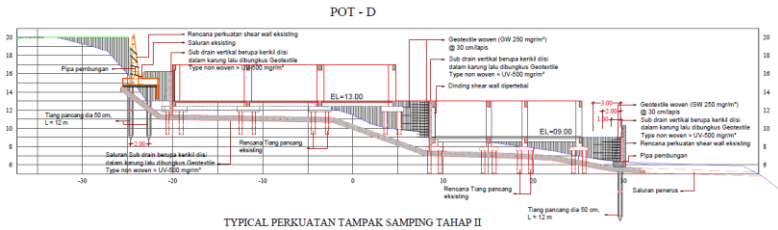
Permodelan lereng untuk program bantu Plaxis menggunakan ketentuan sebagai berikut :

1. Geometri talud yang digunakan untuk analisis adalah potongan D yang serupa dengan geometri pelaksanaan

cut and fill. Pembagian zona dan pelaksanaan *cut and fill* terlihat pada Gambar 4.5 dan 4.6.

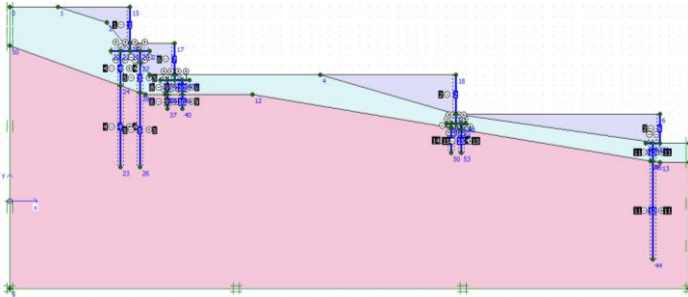


Gambar 4.5 Gambar Pelaksanaan *Cut and Fill*



Gambar 4.6 Potongan D yang Akan di Analisis

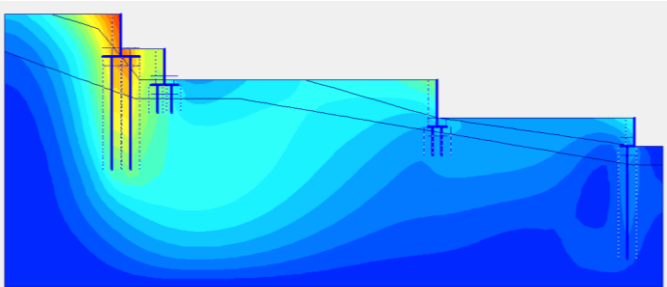
2. Bidang longsor yang dianalisa mencakup keseluruhan bagian badan lereng dari bagian atas sampai bagian bawah (*overall stability*) dengan pembagian zona; Zona 1 (area galian); Zona 2 (area timbunan); Zona 3 (area timbunan).

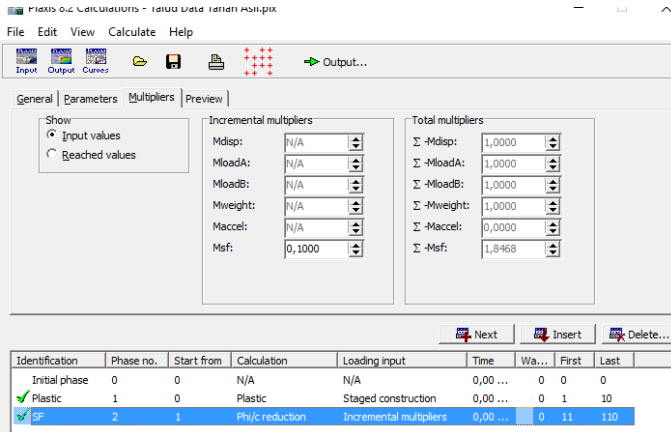


Gambar 4.7 Permodelan Potongan D pada Plaxis

4.2.2 Hasil analisa dengan data tanah asli

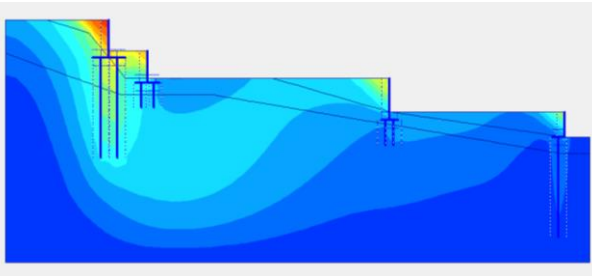
Analisis stabilitas potongan D menggunakan data tanah asli pada Plaxis menghasilkan $SF = 1,8$ yang menunjukkan bahwa lereng tersebut aman.

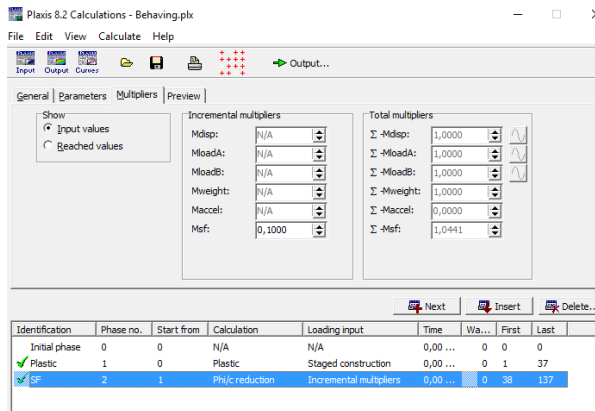




4.2.3 Hasil analisa dengan data tanah behaving like sand

Analisis stabilitas potongan D menggunakan data tanah *behaving like sand* pada Plaxis menghasilkan $SF = 1$. Maka penyebab longsor pada tanah asli yang memiliki data tanah relatif bagus dan kedalaman tanah lunak yang dangkal adalah karena tanah berperilaku seperti pasir atau *behaving like sand*.





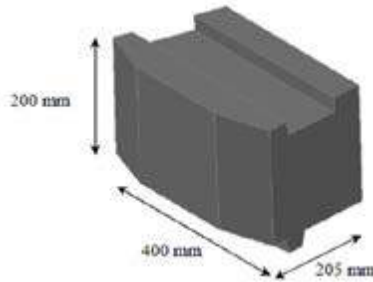
Tipe kelongsoran lereng berdasarkan hasil analisa menggunakan Plaxis adalah *debris flow*, yaitu longsor material dengan ukuran yang bervariasi dari halus hingga kasar yang bercampur dengan air. Tipe kelongsoran ini sering terjadi saat hujan deras pada lereng yang curam. *Debris flow* adalah salah satu tipe longsor yang sering terjadi di Indonesia.

4.3 Data Material Perkuatan

4.3.1 Multiblocks

Multiblock yang digunakan adalah modular concrete dengan dimensi sebagai berikut :

- Panjang = 400 mm
- Lebar = 205 mm
- Tinggi = 200 mm
-



Gambar 4.8 Dimensi *Modular Concrete Block* Spesifikasi selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.3.2 Geogrid

Geogrid digunakan sebagai alternatif timbunan tegak yang dikombinasikan dengan penggunaan multiblocks. Geogrid yang digunakan adalah uniaxial geogrid produksi PT. Multibangun Rekatama Patria tipe RE580 dengan Tensile Strength 59,17 kN/m. Spesifikasi selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran.

4.3.3 Sheet Pile dan Ground Anchor

Sheet pile yang digunakan adalah turap baja dengan profil Larssen. Spesifikasi lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran. Angkur yang digunakan adalah angkur baja BJ 41 dengan diameter 3 cm.

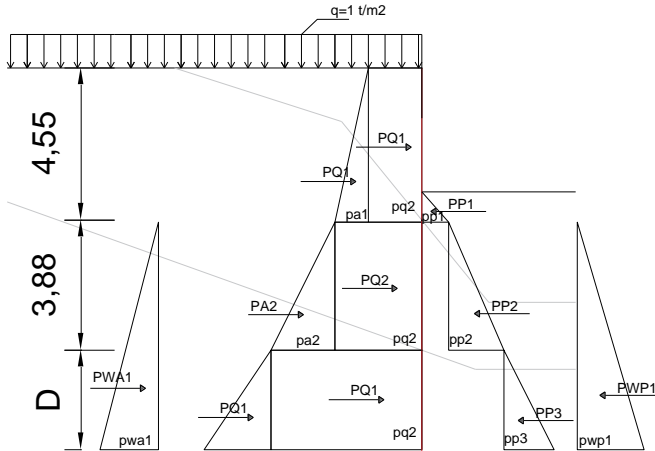
4.4 Perkuatan Turap dengan Ground Anchor pada Area Galian (*Cut*) Zona 1

Pada alternatif perkuatan galian (*cut*) zona 1 menggunakan turap (alternatif 1) dan menggunakan kombinasi turap yaitu dengan ground anchor (alternatif 2). Jenis turap yang digunakan adalah *sheet pile*. Data tanah yang digunakan untuk perencanaan turap berikut menggunakan data tanah *behaving like sand*.

4.4.1 Perencanaan turap tanpa ground anchor (bebas)

4.4.1.1 Turap 1 pada Zona 1

Direncanakan turap baja tanpa angkur. Tekanan tanah yang dihitung adalah tekanan tanah lateral yaitu tekanan tanah aktif dan pasif.



Keterangan:

pq = Komponen gaya akibat beban surcharge (kN/m^2)

pa = Komponen gaya akibat tekanan tanah aktif (kN/m^2)

pp = Komponen gaya akibat tekanan tanah pasif (kN/m^2)

pwa = Komponen gaya akibat tekanan air aktif (kN/m^2)

pwp = Komponen gaya akibat tekanan air pasif (kN/m^2)

PQ = Gaya akibat beban surcharge (kN)

PA = Gaya akibat tekanan tanah aktif (kN)

PP = Gaya akibat tekanan tanah pasif (kN)

PWA = Gaya akibat tekanan air aktif (kN)

PWP = Gaya akibat tekanan air pasif (kN)

h_u = Tinggi tanah timbunan = 4,55 m dan 0,85 m

h_1 = Tinggi tanah 1 = 3,88 m

D = Kedalaman turap (m)

1. Perhitungan koefisien tanah

Contoh perhitungan koefisien tanah 1 dengan persamaan 2.28 didapat:

a. Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right), \text{ dimana:}$$

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{32}{2}\right) \\ = 0.307$$

b. Koefisien tekanan tanah pasif

$$K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right), \text{ dimana:}$$

$$K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{32}{2}\right) \\ = 3,225$$

Tabel 4.3 Data Perencanaan Turap 1 Zona 1

	Timbunan	Tanah 1	Tanah 2
γ (kN/m ³)	17,2	17,2	18
ϕ	32	32	36
δ	0	0	0
K_a	0,307	0,307	0,26
K_p	3,255	3,255	3,852
C	0	0	150

2. Perhitungan komponen gaya yang bekerja (σ_v dan σ_H)

Beban surcharge, $q = 10 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_{air} = 10 \text{ kN/m}^3$

Tekanan tanah aktif:

a. p_{q1}

$$p_{q1} = q \times K_a \\ = 10 \times 0,307 \\ = 3,07 \text{ kN/m}^2$$

b. p_{q2}

$$\begin{aligned}
 pq2 &= (q + \gamma_u \times h_u) \times K_a \\
 &= (10 + 17,2 \times 4,55) \times 0,307 \\
 &= 27,12 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } pq3 & \\
 pq3 &= (q + \gamma_u \times h_u + \gamma_1 \times h_1) \times K_a \\
 &= (10 + 17,2 \times 4,55 + 17,2 \times 3,88) \times 0,307 \\
 &= 47,62 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. } pa1 & \\
 pa1 &= \gamma_u \times h_u \times K_a \\
 &= 17,2 \times 4,55 \times 0,307 \\
 &= 24,05 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{e. } pa2 & \\
 pa2 &= (\gamma_1 - \gamma_w) \times h_1 \times K_a \\
 &= (17,2 - 10) \times 3,88 \times 0,307 \\
 &= 8,58 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{f. } pa3 & \\
 pa3 &= [(\gamma_2 - \gamma_w) \times D \times K_a] - (2c \sqrt{K_a}) \\
 &= (18 - 10) \times D \times 0,206 - 2 \times 100 \sqrt{0,26} \\
 &= 1,648D - 101,9 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Akan menghasilkan momen negatif, maka $pa3=0$ kN/m^2

$$\begin{aligned}
 \text{g. } pwa & \\
 pwa &= \gamma_w \times (h_1 + D) \\
 &= 10 \times (3,88 + D) \\
 &= 38,8 + 10D \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan tanah pasif:

$$\begin{aligned}
 \text{h. } pp1 & \\
 pp1 &= \gamma_1 \times h_u \times K_p \\
 &= 17,2 \times 0,85 \times 3,255 \\
 &= 47,58 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{i. } pp2 & \\
 pp2 &= (\gamma_1 - \gamma_w) \times h_1 \times K_p
 \end{aligned}$$

$$= (17,2-10) \times 3,88 \times 3,255$$

$$= 90,92 \text{ kN/m}^2$$

j. pp3

$$\text{pp3} = (\gamma_1 - \gamma_w) \times D \times K_p + (2c \sqrt{K_p})$$

$$= (18-10) \times D \times 3,852 + (2 \times 100 \sqrt{3,852})$$

$$= 30,816D + 392,53 \text{ kN/m}^2$$

k. pwp

$$\text{pwp} = \gamma_w \times (h_1 + D)$$

$$= 10 \times (3,88 + D)$$

$$= 38,8 + 10D \text{ kN/m}^2$$

Tabel 4.4 Komponen Gaya dan Lengan Momen

Komponen Gaya		Gaya		Jarak (m)
Nama	Besar (kN/m ²)	Nama	Besar (kN)	
pq1	q.Ka	PQ1	pq1.h _u	½ .h _u +h ₁ +D
pq2	(γ _w + γ _u .h _u).Ka	PQ2	pq2.h ₁	½. h ₁ +D
pq3	(γ _w + γ _u .h _u + γ ₁ .h ₁).Ka	PQ3	pq3.D	½.D
pa1	γ _u .h _u .Ka	PA1	½ pa1.h _u	1/3.h _u +h ₁ +D
pa2	γ' ₁ .h ₁ .Ka	PA2	½ pa2.h ₁	1/3h ₁ +D
pa3	γ' ₂ .D.Ka-2cKa ^{0,5}	PA3	½ pa3.D	1/3D
pwa	γ _w .(h ₁ +D)	PWA	½ pwa.(h ₁ +D)	1/3h ₁ +D
pp1	γ _u .h _u .Kp	PP1	½ pp1.h _u	1/3h _u +h ₁ +D
pp2	γ' ₁ .h ₁ .Kp	PP2	½ pp2.h ₁	1/3h ₁ +D
pp3	γ' ₂ .D.Kp+2cKp ^{0,5}	PP3	½ pp3.D	1/3D
pwp	γ _w .(h ₁ +D)	PWP	½ pwa.(h ₁ +D)	1/3h ₁ +D

Tabel 4.5 Gaya-gaya yang terjadi

Nama	Komponen Gaya (kN/m ²)	Gaya (kN)	Jarak (m)	Momen (kNm)
PQ1	3,07	13,97	6,155+D	85,9+13,97D
PQ2	27,12	105,23	1,94+D	203,7+105,23D
PQ3	47,62	47,62D	0,5D	23,81D ²

PA1	24,05	54,71	5,4+D	295,434+54,71D
PA2	8,58	16,65	1,3+D	21,48+16,65D
PA3	0,00	0,00	1/3 D	0
PP1	46,87	19,92	4,16+D	82,87+19,92D
PP2	90,92	176,38	1,3+D	227,53+176,38D
PP3	$30,816D+39$ $2,5$	$15,408D^2$ $+196,25D$	1/3 D	$5,136D^3+65,4D^2$

3. Hasil perhitungan turap

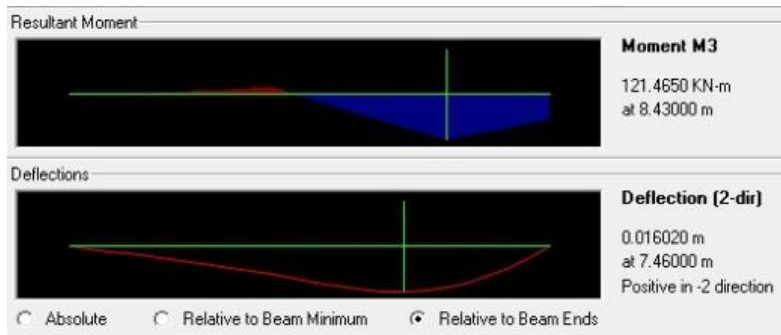
$$\sum M_{\text{aktif}} - \sum M_{\text{pasif}} = -5,136D^3 - 41,607D^2 - 6,05D + 294,614$$

Mencari kedalaman turap, D:

Dengan cara goal seek pada Microsoft Excel didapat D = 2,2932 D pasang = 2,3 x 1,5 = 3,5 m

Maka panjang total turap adalah
4,55+3,88+3,5 = 12 meter.

4. Penentuan profil turap



Dari SAP 2000, dengan Turap Tipe KWSP-II didapat:

Defleksi = 1,6 cm

Momen maksimum = 121,5 kNm

Σt baja = 1600 kg/cm²

Cek profil:

$$Z = M_{\text{max}} / \sigma t$$

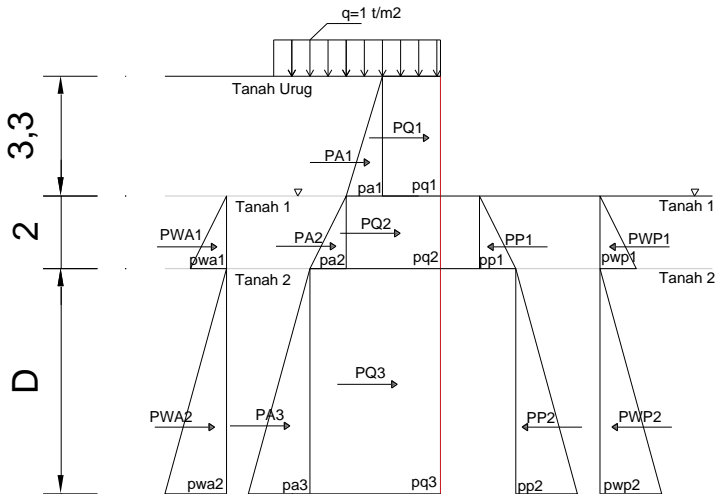
$$= 1215000 / 1600$$

$$= 7559,4 \text{ cm}^3 < Z_x \text{ Turap KPSW-II yaitu } 840 \text{ cm}^3 \rightarrow$$

OK

4.4.1.2 Turap 2 pada Zona 1

Direncanakan turap baja tanpa angkur. Tekanan tanah yang dihitung adalah tekanan tanah lateral yaitu tekanan tanah aktif dan pasif.



Keterangan:

pq = Komponen gaya akibat beban surcharge (kN/m^2)

pa = Komponen gaya akibat tekanan tanah aktif (kN/m^2)

pp = Komponen gaya akibat tekanan tanah pasif (kN/m^2)

pwa = Komponen gaya akibat tekanan air aktif (kN/m^2)

pwp = Komponen gaya akibat tekanan air pasif (kN/m^2)

PQ = Gaya akibat beban surcharge (kN)

PA = Gaya akibat tekanan tanah aktif (kN)

- PP = Gaya akibat tekanan tanah pasif (kN)
 PWA = Gaya akibat tekanan air aktif (kN)
 PWP = Gaya akibat tekanan air pasif (kN)
 h_u = Tinggi tanah timbunan = 3,3 m
 h_1 = Tinggi tanah 1 = 2 m
 D = Kedalaman turap (m)

1. Perhitungan koefisien tanah

Contoh perhitungan koefisien tanah 1 dengan persamaan

.. didapat:

c. Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right), \text{ dimana:}$$

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{32}{2} \right) \\ = 0,307$$

d. Koefisien tekanan tanah pasif

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right), \text{ dimana:}$$

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{32}{2} \right) \\ = 3,225$$

Tabel 4.6 Data Perencanaan Turap 2 Zona 1

	Timbunan	Tanah 1	Tanah 2
γ (kN/m ³)	17,2	17,2	18
ϕ	32	32	36
δ	0	0	0
K_a	0,307	0,307	0,26
K_p	3,255	3,255	3,852
C	0	0	150

2. Perhitungan komponen gaya yang bekerja (σ_v dan σ_H)

Beban surcharge, $q = 10 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_{air} = 10 \text{ kN/m}^3$

Tekanan tanah aktif:

- l. p_{q1}
 $p_{q1} = q \times K_a$
 $= 10 \times 0,307$
 $= 3,07 \text{ kN/m}^2$
- m. p_{q2}
 $p_{q2} = (q + \gamma_u \times h_u) \times K_a$
 $= (10 + 17,2 \times 3,3) \times 0,307$
 $= 20,51 \text{ kN/m}^2$
- n. p_{q3}
 $p_{q3} = (q + \gamma_u \times h_u + \gamma_1 \times h_1) \times K_a$
 $= (10 + 17,2 \times 3,3 + 17,2 \times 2) \times 0,307$
 $= 31,08 \text{ kN/m}^2$
- o. p_{a1}
 $p_{a1} = \gamma_u \times h_u \times K_a$
 $= 17,2 \times 3,3 \times 0,307$
 $= 17,44 \text{ kN/m}^2$
- p. p_{a2}
 $p_{a2} = (\gamma_1 - \gamma_w) \times h_1 \times K_a$
 $= (17,2 - 10) \times 2 \times 0,307$
 $= 4,42 \text{ kN/m}^2$
- q. p_{a3}
 $p_{a3} = [(\gamma_2 - \gamma_w) \times D \times K_a] - (2c \sqrt{K_a})$
 $= (18 - 10) \times D \times 0,206 - 2 \times 100 \sqrt{0,26}$
 $= 1,648D - 101,9 \text{ kN/m}^2$
- Akan menghasilkan momen negatif, maka $p_{a3} = 0$
 kN/m^2
- r. p_{wa}
 $p_{wa} = \gamma_w \times (h_1 + D)$
 $= 10 \times (2 + D)$
 $= 20 + 10D \text{ kN/m}^2$
- Tekanan tanah pasif:
- s. p_{p1}

$$\begin{aligned}
 pp1 &= (\gamma_1 - \gamma_w) \times h_1 \times K_p \\
 &= (17,2 - 10) \times 2 \times 3,255 \\
 &= 46,87 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

t. pp2

$$\begin{aligned}
 pp2 &= (\gamma_1 - \gamma_w) \times D \times K_p + (2c \sqrt{K_p}) \\
 &= (18-10) \times D \times 3,852 + (2 \times 100 \sqrt{3,852}) \\
 &= 30,816D + 392,5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

u. pwp

$$\begin{aligned}
 pwp &= \gamma_w \times (h_1 + D) \\
 &= 10 \times (2 + D) \\
 &= 20 + 10D \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Komponen Gaya dan Lengan Momen

Komponen Gaya		Gaya		Jarak (m)
Nama	Besar (kN/m ²)	Nama	Besar (kN)	
pq1	q.Ka	PQ1	pq1.h _u	½ .h _u +h ₁ +D
pq2	(γ _w + γ _u .h _u).Ka	PQ2	pq2.h ₁	½ .h ₁ +D
pq3	(γ _w + γ _u .h _u + γ ₁ .h ₁).Ka	PQ3	pq3.D	½.D
pa1	γ _u .h _u .Ka	PA1	½ pa1.h _u	1/3.h _u +h ₁ +D
pa2	γ ¹ .h ₁ .Ka	PA2	½ pa2.h ₁	1/3h ₁ +D
pa3	γ ² .D.Ka-2cKa ^{0,5}	PA3	½ pa3.D	1/3D
pwa	γ _w .(h ₁ +D)	PWA	½ pwa.(h ₁ +D)	1/3h ₁ +D
pp1	γ ¹ .h ₁ .Kp	PP1	½ pp1.h ₁	1/3h ₁ +D
pp2	γ ² .D.Kp+2cKp ^{0,5}	PP2	½ pp2.D	1/3D
pwp	γ _w .(h ₁ +D)	PWP	½ pwa.(h ₁ +D)	1/3h ₁ +D

Tabel 4.8 Gaya-gaya yang terjadi

Nama	Komponen Gaya (kN/m ²)	Gaya (kN)	Jarak (m)	Momen (kNm)
PQ1	3,07	10,14	3,65 + D	37,011 + 10,14D
PQ2	20,51	41,03	1 + D	41,03 + 41,03D
PQ3	31,08	31,08 D	0,5D	15,54D ²
PA1	17,44	28,78	3,1 + D	89,218 + 28,78D

PA2	4,42	4,42	2/3 + D	2,95 + 4,42D
PA3	0,00	0	1/3 D	0
PP1	46,87	46,87	2/3 + D	31,25+46,87D
PP2	30,816 D + 392,5	15,4D2+196,25D	1/3 D	5,13D3+65,42D2

3. Hasil perhitungan turap

$$\sum M_{\text{aktif}} - \sum M_{\text{pasif}} = -5,13D^3 - 49,88D^2 + 37,5D + 138,959$$

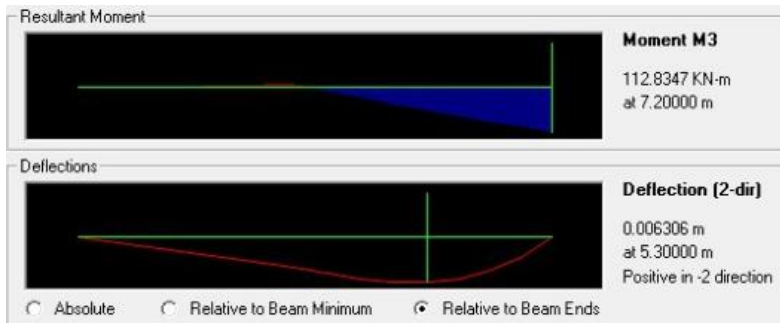
Mencari kedalaman turap, D:

Dengan cara goal seek pada Microsoft Excel didapat D =

$$1,8752 \text{ D pasang} = 1,87 \times 1,5 = 2,7 \text{ m}$$

Maka panjang total turap adalah = 3,3+2+2,7 = 8 meter.

4. Penentuan profil turap



Dari SAP 2000, dengan Turap Tipe KWSP-II didapat:

Defleksi = 6 mm

Momen maksimum = 112,8 kNm

Σt baja = 1600 kg/cm²

Cek profil:

$$Z = M_{\text{max}} / \sigma_t$$

$$= 1128000 / 1600$$

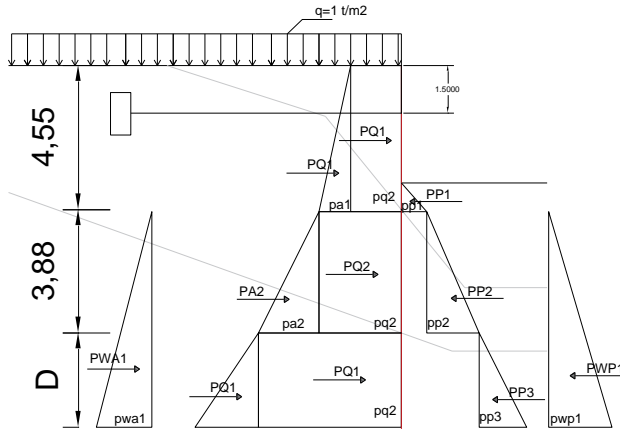
$$= 705 \text{ cm}^3 < Z_x \text{ Turap KPSW-II yaitu } 840 \text{ cm}^3 \rightarrow$$

OK

4.4.2 Perencanaan turap dan ground anchor

4.4.2.1 Turap 1 pada Zona 1

Direncanakan kombinasi turap dengan jangkar. Momen dihitung terhadap titik letak jangkar dipasang. Jangkar direncanakan dipasang 1,5 meter dari permukaan tanah dengan diameter 3 cm.



Keterangan:

pq = Komponen gaya akibat beban surcharge (kN/m^2)

pa = Komponen gaya akibat tekanan tanah aktif (kN/m^2)

pp = Komponen gaya akibat tekanan tanah pasif (kN/m^2)

pwa = Komponen gaya akibat tekanan air aktif (kN/m^2)

pwp = Komponen gaya akibat tekanan air pasif (kN/m^2)

PQ = Gaya akibat beban surcharge (kN)

PA = Gaya akibat tekanan tanah aktif (kN)

PP = Gaya akibat tekanan tanah pasif (kN)

PWA = Gaya akibat tekanan air aktif (kN)

PWP = Gaya akibat tekanan air pasif (kN)

h_u = Tinggi tanah timbunan = 4,55 m dan 0,85 m

- h_1 = Tinggi tanah 1 = 3,88 m
 D = Kedalaman turap (m)
 h = Kedalaman angkur dari permukaan tanah = 1,5 m

1. Menghitung gaya T pada *ground anchor*

Dari persamaan momen pada perhitungan turap 1 tanpa menggunakan *ground anchor* didapat:

$$\sum M = -5,136D^3 - 41,607D^2 - 6,05D + 294,614$$

Dengan asumsi kedalaman turap hanya sampai lapisan 1, $D=3,88$ m didapat:

$$\sum Ma = 704,3 \text{ kNm}$$

$$\sum Mp = 409,7 \text{ kNm}$$

$$\sum Pa = 265,83 \text{ kN}$$

$$\sum Pp = 271,88 \text{ kN}$$

Direncanakan SF = 1,5

Maka gaya T pada *ground anchor* adalah:

$$Pp \times 1,5 - Pa = 398,74 - 265,83 = 132,91 \text{ kN}$$

2. Perhitungan koefisien tanah

Contoh perhitungan koefisien tanah 1 dengan persamaan .. didapat:

a. Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\theta}{2} \right), \text{ dimana:}$$

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{32}{2} \right) \\
 &= 0,307
 \end{aligned}$$

b. Koefisien tekanan tanah pasif

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\theta}{2} \right), \text{ dimana:}$$

$$\begin{aligned}
 K_p &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{32}{2} \right) \\
 &= 3,225
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9 Data Perencanaan Turap 1 Zona 1

	Timbunan	Tanah 1	Tanah 2
γ (kN/m ³)	17,2	17,2	18
ϕ	32	32	36
δ	0	0	0
Ka	0,307	0,307	0,26
Kp	3,255	3,255	3,852
C	0	0	150

3. Perhitungan komponen gaya yang bekerja (σ_v dan σ_H)Beban surcharge, $q = 10 \text{ kN/m}^2$ $\gamma_{air} = 10 \text{ kN/m}^3$

Tekanan tanah aktif:

a. p_{q1}

$$\begin{aligned} p_{q1} &= q \times K_a \\ &= 10 \times 0,307 \\ &= 3,07 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. p_{q2}

$$\begin{aligned} p_{q2} &= (q + \gamma_u \times h_u) \times K_a \\ &= (10 + 17,2 \times 4,55) \times 0,307 \\ &= 27,12 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

c. p_{q3}

$$\begin{aligned} p_{q3} &= (q + \gamma_u \times h_u + \gamma_1 \times h_1) \times K_a \\ &= (10 + 17,2 \times 4,55 + 17,2 \times 3,88) \times 0,307 \\ &= 47,62 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

d. p_{a1}

$$\begin{aligned} p_{a1} &= \gamma_u \times h_u \times K_a \\ &= 17,2 \times 4,55 \times 0,307 \\ &= 24,05 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

e. p_{a2}

$$p_{a2} = (\gamma_1 - \gamma_w) \times h_1 \times K_a$$

$$= (17,2-10) \times 3,88 \times 0,307$$

$$= 8,58 \text{ kN/m}^2$$

f. pa3

$$\text{pa3} = [(\gamma_2 - \gamma_w) \times D \times K_a] - (2c \sqrt{K_a})$$

$$= (18-10) \times D \times 0,206 - 2 \times 100 \sqrt{0,26}$$

$$= 1,648D - 101,9 \text{ kN/m}^2$$

Akan menghasilkan momen negatif, maka pa3=0 kN/m²

g. pwa

$$\text{pwa} = \gamma_w \times (h_1 + D)$$

$$= 10 \times (3,88 + D)$$

$$= 38,8 + 10D \text{ kN/m}^2$$

Tekanan tanah pasif:

h. pp1

$$\text{pp1} = \gamma_1 \times h_u \times K_p$$

$$= 17,2 \times 0,85 \times 3,255$$

$$= 47,58 \text{ kN/m}^2$$

i. pp2

$$\text{pp2} = (\gamma_1 - \gamma_w) \times h_1 \times K_p$$

$$= (17,2-10) \times 3,88 \times 3,255$$

$$= 90,92 \text{ kN/m}^2$$

j. pp3

$$\text{pp3} = (\gamma_1 - \gamma_w) \times D \times K_p + (2c \sqrt{K_p})$$

$$= (18-10) \times D \times 3,852 + (2 \times 100 \sqrt{3,852})$$

$$= 30,816D + 392,53 \text{ kN/m}^2$$

k. pwp

$$\text{pwp} = \gamma_w \times (h_1 + D)$$

$$= 10 \times (3,88 + D)$$

$$= 38,8 + 10D \text{ kN/m}^2$$

Tabel 4.10 Komponen Gaya dan Lengan Momen

Komponen Gaya	Gaya	Jarak (m)
---------------	------	-----------

Nama	Besar (kN/m ²)	Nama	Besar (kN)	
pq1	q.Ka	PQ1	pq1.h _u	-(1/2 .h _u -h)
pq2	($\gamma_w + \gamma_u.h_u$).Ka	PQ2	pq2.h ₁	1/2. h ₁ +h _u +2,2
pq3	($\gamma_w + \gamma_u.h_u + \gamma_1.h_1$).Ka	PQ3	pq3.D	1/2.D+h ₁ +h _u +2,2
pa1	$\gamma_u.h_u.Ka$	PA1	1/2 pa1.h _u	2/3.h _u -h
pa2	$\gamma'_1.h_1.Ka$	PA2	1/2 pa2.h ₁	2/3h ₁ +h _u +2,2
pa3	$\gamma'_2.D.Ka-2cKa^{0,5}$	PA3	1/2 pa3.D	2/3D+h ₁ +h _u +2,2
pp1	$\gamma_u.h_u.Kp$	PP1	1/2 pp1.h _u	-(2/3h _u +2,2)
pp2	$\gamma'_1.h_1.Kp$	PP2	1/2 pp2.h ₁	-(2/3h ₁ +h _u +2,2)
pp3	$\gamma'_2.D.Kp+2cKp^{0,5}$	PP3	1/2 pp3.D	-(2/3D+h ₁ +h _u +2,2)

Tabel 4.11 Gaya-gaya yang terjadi

Nama	Komponen Gaya (kN/m ²)	Gaya (kN)	Jarak (m)	Momen (kNm)
PQ1	3,07	13,97	-0,78	-10,83
PQ2	27,12	105,23	4,99	525,05
PQ3	47,62	47,62D	1/2D+6,93	23,81D ² +330
PA1	24,05	54,71	1,53	83,88
PA2	8,58	16,65	5,64	93,36
PA3	0,00	0,00	2/3D+6,93	0
PP1	46,87	19,92	-2,77	-55,95
PP2	90,92	176,38	-5,64	-994,22
PP3	30,816D+392,5	15,408D ² +196,25D	-2/3D-6,93	-10,272D ³ -237,53D ² -1360D

4. Rekapitulasi perhitungan turap

$$\sum M = -10,272D^3 - 213,72D^2 - 1360D - 28,71$$

Setelah dipasang *ground anchor*, didapat:

$$\sum P \text{ aktif} = 190,56 \text{ kN}$$

$$\sum P \text{ pasif} = 196,61 \text{ kN} \rightarrow T = -6,05 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

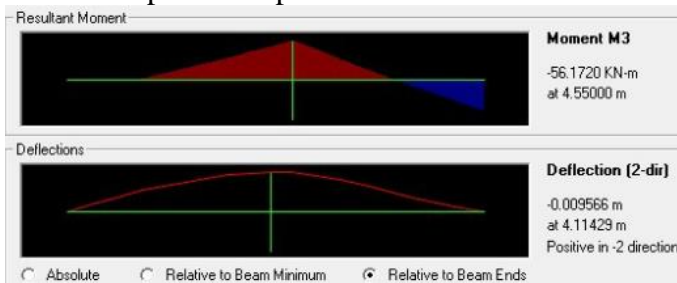
$$\sum M \text{ aktif} = 691,9 \text{ k}$$

$$\sum M \text{ pasif} = 1050 \text{ kN}$$

$$\sum P_a < \sum P_p \text{ dan } \sum M_a < \sum M_p$$

Maka, asumsi kedalaman angkur yaitu 1,5 m dari permukaan tanah dapat dilaksanakan.

5. Penentuan profil turap



Dari SAP2000, dengan tipe turap KWSP-II didapat:

Momen maksimum = 56,17 kNm

Defleksi = 9 mm

$$\Sigma t \text{ baja} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Cek profil:

$$Z = M_{\max} / \sigma_t$$

$$= 562000 / 1600$$

$$= 351 \text{ cm}^3 < Z_x \text{ Turap KPSW-II yaitu } 840 \text{ cm}^3 \rightarrow$$

OK

Total panjang turap yang dibutuhkan adalah:

$$4,55 + 3,88 \times 1,5 = 10 \text{ meter}$$

6. Perhitungan angkur

Panjang angkur:

$$L \text{ min} = \frac{H}{2 \tan \phi} + \frac{h}{\tan(45^\circ - \frac{\phi}{2})}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3,7}{2 \tan 32} + \frac{4,7}{\tan(45^\circ - \frac{32}{2})} \\
 &= 2,96 + 8,53 \\
 &= 11,49
 \end{aligned}$$

Jadi, dipakai panjang angkur adalah 12 m.

Dimensi angkur :

$$T = 132,91 \text{ kN}$$

diketahui $\sigma_{\text{angkur}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$ (Baja BJ37)

$$A = \frac{T}{\sigma_{\text{angkur}}} = \frac{13291}{1600} = 8,03 \text{ cm}^2$$

$$A = 0,25 \pi d^2 = 8,03 \text{ cm}^2$$

$$d^2 = 2,008 \text{ cm}^2$$

$$d = 1,4 \text{ cm} > \text{diameter angkur pakai, } 3 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

Jadi, diameter angkur baja yang di pakai adalah 3 cm.

7. Perhitungan balok beton penahan *ground anchor*

Perhitungan balok beton penahan *ground anchor* menggunakan pondasi telapak bujur sangkar dengan Persamaan ... sebagai berikut:

$$q_{\text{ult}} = 1.2 C' Nc' + q Nq' + 0.4 \gamma' B Ny' \text{ (Terzaghi)}$$

Keterangan:

$$C' = \text{Kohesi tanah (kN/m}^2\text{)}$$

$$q = \gamma' \times \text{kedalaman pondasi (m)}$$

$$\gamma' = \text{Berat volume efektif (kN/m}^3\text{)}$$

$$B = \text{Lebar pondasi (m)}$$

$$q_{\text{ult}} = \text{Daya dukung ultimate (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{\text{ijin}} = q_{\text{ult}}/\text{SF (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{SF} = 3 \text{ (Brajja M. Das Jilid 2)}$$

Nc' , Nq' dan Ny' = Faktor daya dukung

Direncanakan:

- C' lapisan atas = 10 kN/m²
- Asumsi lebar pondasi, B = 1 meter
- Asumsi panjang pondasi, H = 1 meter
- Kedalaman pondasi, Df = 0.3 meter

- Sudut geser dalam, $\phi = 32^\circ$

Maka harga :

$$N_c' = 30$$

$$N_q' = 18,1$$

$$N_\gamma' = 18,4$$

$$q_{ult} = 1.2 C' N_c' + q N_q' + 0.4 \gamma' B N_\gamma'$$

$$q_{ult} = 1.2 C' N_c' + \gamma' D_f N_q' + 0.4 \gamma' B N_\gamma'$$

$$q_{ult} = (1,2 \times 10 \times 30 + 7,2 \times 0,3 \times 18,1 + 0,4 \times 7,2 \times 18,4) \\ = 452,088 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ijin} = \frac{q_{ult}}{SF}$$

$$q_{ijin} = \frac{452,088}{3}$$

$$= 150 \text{ kN/m}^2$$

a. Luas Balok Penahan Aktual

$$A = \frac{T}{\sigma}$$

$$A = \frac{132,91}{150}$$

$$A = 0,88 \text{ m}^2 = 1 \text{ m}^2$$

Karena berbentuk bujur sangkar maka didapat s pakai = 1 meter

Syarat:

$$N = \sigma \times A$$

$$N = 150 \times 1 \times 1$$

$$= 150 \text{ kN} > T = 132,91 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

4.4.2.2 Turap 2 pada Zona 1

Pada turap 2 zona 1 tidak direncanakan menggunakan jangkar karena tidak memungkinkan untuk dipasang jangkar dilihat dari jarak yang tersedia.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Kebutuhan Turap dan Angkur

	Panjang (m)	Spesifikasi
Alternatif 1		
Turap 1	12	KWSP-II
Turap 2	8	KWSP-II
Alternatif 2		
Turap 1	10	KWSP-II
Angkur	12	Diameter 3 cm, BJ41
Turap 2	8	KWSP-II

4.5 Perkuatan Geogrid dan Multiblocks pada Area Timbunan (*Fill*) Zona 2 dan 3

Pada alternatif perkuatan timbunan zona 2 dan 3 menggunakan kombinasi geogrid dan multiblocks ini direncanakan pada timbunan tegak dengan tinggi 4 meter untuk zona 2 dan dengan tinggi 3 meter untuk zona 3.

4.5.1 Perencanaan multiblocks dan geogrid zona 2

Perhitungan geogrid sebagai dinding penahan tanah dapat dihitung menggunakan prinsip geotextile sebagai dinding penahan tanah. Perencanaan jarak antar geogrid adalah 0,2 m sesuai dengan tinggi 1 unit block yaitu 0,2 m sehingga jarak antar geogrid harus kelipatan 0,2 m. Berikut perhitungan perencanaan geogrid pada zona 2 :

1. Perhitungan kua tarik ijin menggunakan Persamaan 2.39:

$$\begin{aligned} \text{Geogrid} & : T_{ult} = 59,17 \text{ kN/m} \\ T_{allow} & = \frac{59,17}{1,25 \times 1,75 \times 1,25 \times 1,15} \\ T_{allow} & = 18,82 \text{ kN/m} \\ & = 1,88 \text{ t/m} \end{aligned}$$

2. Perhitungan tekanan tanah horizontal menggunakan Persamaan 2.28:

Tekanan tanah horizontal dihitung akibat berat tanah sendiri setinggi 4 m dan beban gedung sebesar 7 t/m². Berikut contoh perhitungan tekanan tanah horizontal pada zona 2:

$$Ka = \tan^2 \left(45 - \frac{32}{2} \right)$$

$$Ka = 0,307$$

$$\sigma_{h \text{ tot}} = \sigma_{hs} + \sigma_v$$

$$\sigma_{h \text{ tot}} = (\gamma_{\text{timb}} \times z_i + q) \times Ka$$

$$\sigma_{h \text{ tot}} = (1,72 \times z_i + 7) \times 0,307$$

$$\sigma_{h \text{ tot}} = 0,528 z_i + 2,149 \text{ t/m}^2$$

3. Perhitungan jarak antar geogrid (Sv)

Setiap jarak 0,2 meter harus diberi geogrid sebagai pengait multiblocks dengan panjang minimal 1 meter.

Pada z = 3,8 m diperoleh:

$$Sv = \frac{T_{all}}{SF \times \sigma_{hz} \times 1}$$

$$Sv = \frac{1,88}{1,5 \times (0,528 \times 3,8 + 2,149) \times 1}$$

$$Sv = 0,302 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } Sv = 0,2 \text{ m}$$

Tabel 4.13 Perhitungan Jarak Antar Geogrid (Zona 2)

z	g	σ_{hs}	$\sigma_{h \text{ tot}}$	Tall	SF	Sv	Sv pakai	Keterangan
(m)	(t/m ³)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m)		(m)	(m)	
3,8	1,72	2,01	4,16	1,88	1,5	0,302	0,2	z = +0,2 s/d +1,8 Sv= 0,2 m
3,4	1,72	1,80	3,95	1,88	1,5	0,318	0,2	
3	1,72	1,59	3,74	1,88	1,5	0,336	0,2	
2,6	1,72	1,37	3,52	1,88	1,5	0,356	0,2	
2,2	1,72	1,16	3,31	1,88	1,5	0,379	0,2	
1,8	1,72	0,95	3,10	1,88	1,5	0,404	0,4	z = +2,2 s/d +3,8 Sv= 0,4 m
1,4	1,72	0,74	2,89	1,88	1,5	0,434	0,4	
1	1,72	0,53	2,68	1,88	1,5	0,468	0,4	

0,6	1,72	0,32	2,47	1,88	1,5	0,508	0,4	
0,2	1,72	0,11	2,26	1,88	1,5	0,556	0,4	

(Sumber: Hasil Analisis)

4. Perhitungan panjang geogrid di belakang bidang longsor (L_e)

Perhitungan L_e dilakukan tiap lapisan (Tabel 5.19) dan disamakan per lapisan yang sudah ditetapkan sebelumnya. Berikut contoh perhitungan L_e :

Pada $z = 3,8$ m dan $S_v = 0,2$ m dengan $SF=1,5$ diperoleh:

$$L_e = \frac{S_v \times \sigma_{hx} \times SF}{2(c + (\sigma_{hx} \times \text{tg } \delta))}$$

$$L_e = \frac{0,2 \times 4,16 \times 1,5}{2(0 + (13,54 \times \text{tg } 25))}$$

$$L_e = 0,099$$

Dipakai L_e minimum = 1 meter

5. Perhitungan panjang geogrid di depan bidang longsor (L_r) sama dengan perhitungan L_e .

Pada $z = 3,8$ diperoleh:

$$L_r = (h - z) \times \text{tg} \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$L_r = (4 - 3,8) \times \text{tg} \left(45 - \frac{32}{2} \right)$$

$$L_r = 0,111 \text{ m}$$

6. Panjang total geogrid

$$L_{\text{tot}} = L_e + L_r$$

Dengan mempertimbangkan garis kelongsoran yang didapat dari hasil geoslope, berikut adalah perhitungan panjang geogrid untuk zona 2.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Panjang Geogrid (Zona 2)

z	S_v	$\sigma_{h \text{ tot}}$	σ_v	L_e	L_e pakai	L_r	L total	L pakai
---	-------	--------------------------	------------	-------	-------------	-------	---------	---------

(m)	(m)	(t/m ²)	(t/m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0,2	0,4	2,26	7,34	0,198	1	2,106	3,11	4
0,6	0,4	2,47	8,03	0,198	1	1,885	2,88	4
1	0,4	2,68	8,72	0,198	1	1,663	2,66	4
1,4	0,4	2,89	9,41	0,198	1	1,441	2,44	4
1,8	0,4	3,10	10,10	0,198	1	1,219	2,22	3
2,2	0,2	3,31	10,78	0,099	1	0,998	2,00	3
2,6	0,2	3,52	11,47	0,099	1	0,776	1,78	3
3	0,2	3,74	12,16	0,099	1	0,554	1,55	2
3,4	0,2	3,95	12,85	0,099	1	0,333	1,33	2
3,8	0,2	4,16	13,54	0,099	1	0,111	1,11	2

7. Kontrol stabilitas geogrid

Kontrol stabilitas yang dihitung yaitu kontrol guling, geser, dan daya dukung.

a. Kontrol guling (Persamaan 2.43)

$$c \text{ timbunan} = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\delta = 25^\circ \text{ (Tabel 2.8)}$$

$$H = 4 \text{ meter}$$

Gaya-gaya pada dinding penahan:

- Tegangan vertikal (akibat berat tanah sendiri):

$$\sigma_v = \gamma \times H + q$$

$$= 1,72 \times 4 + 7 = 13,88 \text{ t/m}^2$$

- Tegangan lateral tanah (horizontal):

$$\sigma_h = \sigma_v \times K_a$$

$$= 13,88 \times 0,307$$

$$= 4,26 \text{ t/m}^2$$

- Beban tanah (per 0,4 m panjang 1block):

$$P_1 = \frac{1}{2} \times \sigma_h \times H \times 0,4$$

$$= \frac{1}{2} \times 4,26 \times 4 \times 0,4$$

$$= 3,41 \text{ t}$$

- Hambatan antar tanah dan dinding multiblocks:

$$P_1 \cos \delta = 3,41 \times \cos 25$$

$$= 3,09 \text{ t}$$

- Jarak ke titik guling:

$$R1 = 1/3 \times 4 = 1,33 \text{ m}$$

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah (Zona 2)

Tekanan Tanah		
σ_v	13,88	t/m ²
σ_h	4,26	t/m ²
P1 (0.4 m)	3,41	t
P1 cos δ	3,09	t
P1 sin δ	1,44	t
R1	1,33	m

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Beban Tanah pada Geogrid (Zona 2)

Beban tanah (per 0.4 m)					
w1	3,8528	t	x1	2	m
w2	3,3024	t	x2	1,5	m
w3	1,376	t	x3	1	m

W1 = berat tanah pada geogrid panjang 4 m

$$= \gamma_{\text{tanah}} \times 1,4 \times 4 \times 0,4$$

$$= 3,8528 \text{ t}$$

$$X1 = 0,5 \times 4 = 2 \text{ m}$$

Beban multiblocks :

$$W_{\text{multiblocks}} = \gamma_{\text{beton}} \times H \times t \times p$$

$$= 2,4 \times 4 \times 0,205 \times 0,4$$

$$= 0,7872 \text{ t}$$

Momen dorong :

$$M_d = P1 \cos \delta \times R1 = 3,09 \times 1,33 = 4,123 \text{ tm}$$

Momen penahan :

Tabel 4.16 Perhitungan Momen Penahan (Zona 2)

Momen penahan((P sinδ * x)+ w * x)		
P1 sin δ * x	4,326	tm
w1*x1	7,7056	tm
w2*x2	4,9536	tm
w3*x3	1,376	tm
Wm*1/2t	0,081	tm
M_P	18,442	tm

$$\begin{aligned} \text{Diperoleh SF} &= M_p/M_d \\ &= 18,442/4,123 \\ &= 4,473 > 3 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

b. Kontrol geser (Persamaan 2.40)

$$P_p = P \sin \delta + w_1 + w_2 + w_3 + w \text{ multiblocks}$$

Tabel 4.17 Perhitungan Gaya Penahan

Gaya Penahan (P sinδ + w)		
P1 sin δ	1,442	t
w1	3,8528	t
w2	3,3024	t
w3	1,376	t
w multiblocks	0,7872	t
P_p	10,760	t

Gaya pendorong :

$$P_1 \cos \delta = 3,09 \text{ t}$$

Gaya penahan total :

$$P_p \tan \phi = 10,76 \tan 32 = 6,724 \text{ t}$$

Angka keamanan terhadap geser:

$$SF = \frac{P_p \tan \phi}{P_1 \cos \delta} = \frac{6,724}{3,09} = 2,174 > 1,5 \rightarrow \text{OK}$$

Jadi tidak diperlukan pelebaran geogrid rencana yaitu 4 meter per lapisan.

c. Kontrol daya dukung (Persamaan 2.44)

Daya dukung tanah dasar dengan:

$$\Phi = 32^\circ$$

$$N_c = 20,7$$

$$N_q = 10,7$$

$$N_\gamma = 8,1$$

$$C_u = 0$$

$$q = 7 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma = 1,72 \text{ t/m}^2$$

$$q_{ult} = 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma + (\gamma D + q) N_q + c \cdot N_c$$

$$= 77,69 \text{ t/m}^2$$

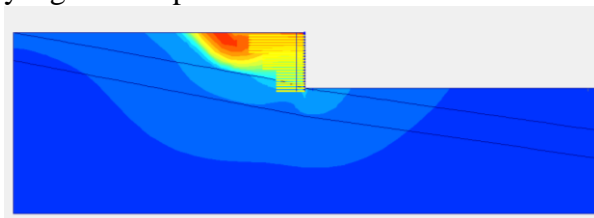
$$Q_{act} = \gamma \cdot H + q = 13,88 \text{ t/m}^2$$

$$SF = Q_{ultimate} / Q_{actual} = 5,597 > 1,5 \rightarrow \text{OK}$$

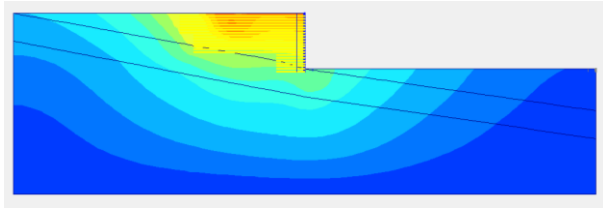
Tidak diperlukan penambahan perkuatan pada tanah dasar.

8. Overall Stability

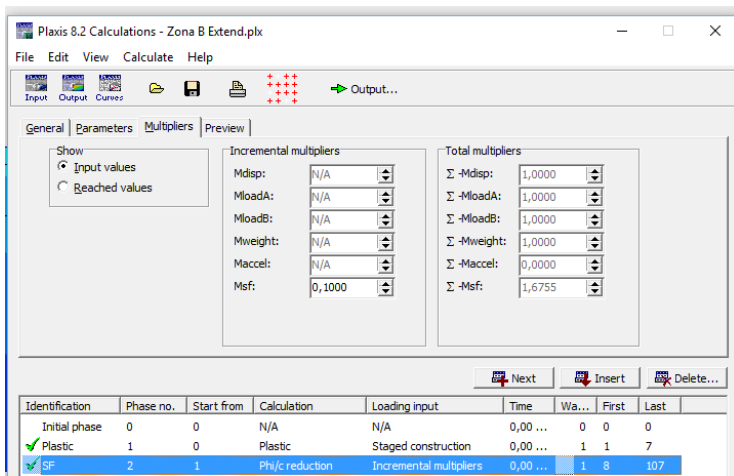
Overall stability geogrid dan multiblocks pada zona 2 dengan panjang geogrid seperti pada perhitungan didapatkan bahwa lereng tidak aman karena geogrid tidak memotong garis kelongsoran (Gambar 4.9) sehingga perlu perpanjangan geogrid yang terlihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.9 Overall Stability Zona 2

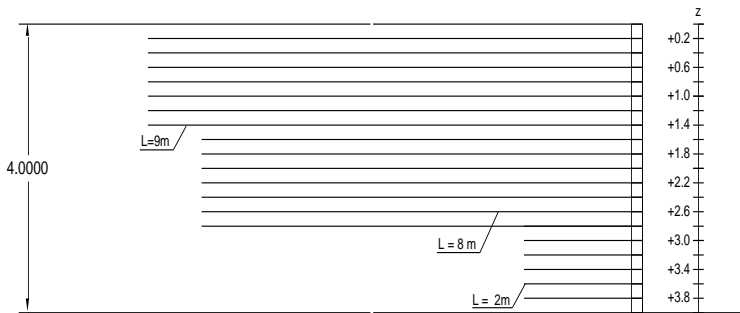


Gambar 4.10 Overall Stability Zona 2 dengan Perpanjangan Geogrid



Gambar 4.11 Safety Factor setelah Perpanjangan Geogrid

Setelah geogrid diperpanjang sesuai garis kelongsoran, didapat $SF = 1,6$. Lereng termasuk aman dan geogrid telah memotong garis kelongsoran.



Gambar 4.12 Sketsa Pemasangan Geogrid dan Multiblock Zona 2

Tabel 4.18 Rekapitulasi Kebutuhan Geogrid dan Multiblocks (Zona 2)

Zona 2		
Jumlah geogrid sebagai perkuatan	20	lapis
Luas Kebutuhan Geogrid sebagai perkuatan	9*104*7 8*104*7 2*104*6	m ²
Total kebutuhan geogrid	13624	m ²
Tinggi multiblock	4	m

4.5.2 Perencanaan multiblocks dan geogrid zona 3

Rekapitulasi perhitungan kebutuhan geogrid pada zona 3 adalah :

Tabel 4.19 Perhitungan Jarak Vertikal Antar Geogrid

z	g	σ_{hs}	$\sigma_{h\ tot}$	Tall	SF	Sv	Sv pakai	Keterangan
(m)	(t/m ³)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m)		(m)	(m)	
2,8	1,72	1,48	3,63	1,88	1,5	0,346	0,2	z = +0,2 s/d +1 Sv = 0,2 m
2,4	1,72	1,27	3,42	1,88	1,5	0,367	0,2	
2	1,72	1,06	3,21	1,88	1,5	0,391	0,2	

1,6	1,72	0,85	3,00	1,88	1,5	0,419	0,4	z = +1,4 s/d +2,6 Sv = 0,4 m
1,2	1,72	0,63	2,78	1,88	1,5	0,450	0,4	
0,8	1,72	0,42	2,57	1,88	1,5	0,487	0,4	
0,4	1,72	0,21	2,36	1,88	1,5	0,531	0,4	

Tabel 4.20 Perhitungan Panjang Geogrid

z	Sv	$\sigma_{h \text{ tot}}$	σ_v	Le	Le pakai	Lr	L total	L pakai
(m)	(m)	(t/m2)	(t/m2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0,4	0,4	2,36	7,688	0,198	1	1,441	2,44	3
0,8	0,4	2,57	8,376	0,198	1	1,219	2,22	3
1,2	0,4	2,78	9,064	0,198	1	0,998	2,00	3
1,6	0,4	3,00	9,752	0,198	1	0,776	1,78	3
2	0,2	3,21	10,44	0,099	1	0,554	1,55	2
2,4	0,2	3,42	11,128	0,099	1	0,333	1,33	2
2,8	0,2	3,63	11,816	0,099	1	0,111	1,11	2

Stabilitas eksternal :

1. Kontrol guling

Perhitungan tekanan tanah

Tekanan Tanah		
σ_v	12,16	t/m2
σ_h	3,74	t/m2
P1 (0.4 m)	2,24	t
P1 cos δ	2,03	t
P1 sin δ	0,95	t
R1	1,00	m

Perhitungan beban tanah per 0,4 m (lebar 1 buah multiblock)

Beban tanah (per 0.4 m)					
w1	2,752	t	x1	1,5	m

w2	2,064	t	x2	1	m
----	-------	---	----	---	---

Momen dorong akibat tekanan tanah :

Momen dorong (P cos δ x R)		
P1 cos δ x R1	2,032	tm
M_D	2,032	tm

Momen penahan :

Momen penahan((P sinδ * x)+ w * x)		
P1 sin δ * x	2,842	tm
w1*x1	4,128	tm
w2*x2	2,064	tm
w3*x3	0	
Wm*1/2t	0,081	tm
M_p	9,115	tm

$$SF = 9,115/2,032 = 4,486 > 3 \rightarrow OK$$

2. Kontrol geser

Gaya Penahan (P sinδ + w)		
P1 sin δ	0,947	t
w1	2,752	t
w2	2,064	t
wm	0,7872	t
P_p	6,551	t

Gaya penahan total = 4,093 t

Gaya pendorong = 2,032

$$SF = 4,093/2,032 = 2,015 > 1,5 \rightarrow OK$$

3. Kontrol daya dukung

Daya dukung tanah dibawah timbunan :

ø	25
---	----

Nc	20,7
Nq	10,7
N γ	8,1
γ tanah dasar	1,72 t/m ³

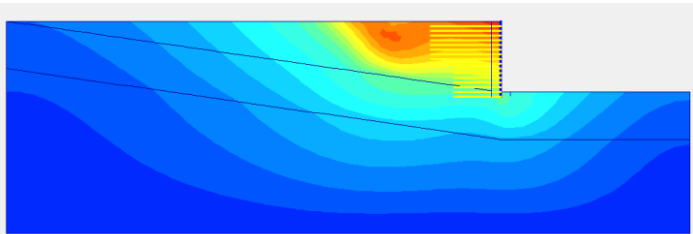
Q ultimate = 77,68 t/m²

Q actual = 8,376 t/m²

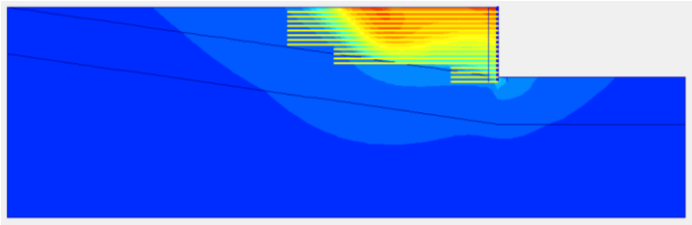
SF = 9 > 1,5 → OK → tidak diperlukan perkuatan tanah tambahan.

4. Overall Stability

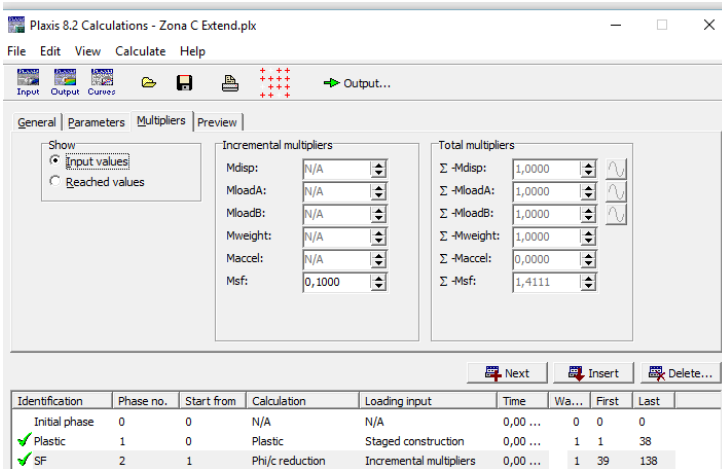
Overall stability geogrid dan multiblocks pada zona 3 dengan panjang geogrid seperti pada perhitungan didapatkan bahwa lereng tidak aman karena geogrid tidak memotong garis kelongsoran (Gambar 4.13) sehingga perlu perpanjangan geogrid yang terlihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.13 *Overall Stability* Zona 3

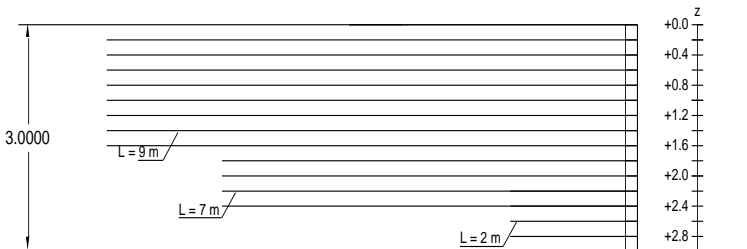


Gambar 4.14 Overall Stability Zona 3 dengan Perpanjangan Geogrid



Gambar 4.15 Safety Factor setelah Perpanjangan Geogrid

Setelah geogrid diperpanjang sesuai garis kelongsoran, didapat SF= 1,4. Lereng termasuk aman dan geogrid telah memotong garis kelongsoran.



Gambar 4.16 Sketsa Pemasangan Geogrid dan Multiblock Zona 3

Tabel 4.21 Kebutuhan Geogrid Zona 3

Zona 3		
Jumlah geogrid sebagai perkuatan	15	lapis
Luas Kebutuhan Geogrid sebagai perkuatan	9*104*8 7*104*4 2*104*3	m2
Total kebutuhan geogrid	11024	m2
Tinggi multiblock	3	m

4.6 Analisa Biaya

Tabel 4.22 Keperluan Perkuatan

Barang	Satuan	Harga/satuan	Perlu	Total Biaya
Sheet pile (12 m)	Batang	Rp 5.510.000	260	Rp 1.432.600.000
Sheet pile (10 m)	Batang	Rp 4.591.667	260	Rp 1.193.833.333
Sheet pile (8m)	Batang	Rp 3.673.333	260	Rp 955.066.667
Angkur	Batang	Rp 2.400.000	38	Rp 91.542.857
Beton	m3	Rp 850.000	11,4	Rp 9.690.000
Geogrid	m2	Rp 99.900	24648	Rp 2.462.335.200
Multiblocks	m2	Rp 2.000.000	728	Rp 1.456.000.000

Tabel 4.23 Perhitungan Biaya Alternatif 1

Alternatif 1				
Barang	Satuan	Harga/satuan	Butuh	Total Biaya
Sheet pile (12 m)	Batang	Rp5.510.000	260	Rp1.432.600.000
Sheet pile (8m)	Batang	Rp3.673.333	260	Rp955.066.667
Geogrid	m2	Rp99.900	24648	Rp2.462.335.200
Multiblocks	m2	Rp2.000.000	728	Rp1.456.000.000
			Total	Rp 6.306.001.867

Tabel 4.24 Perhitungan Biaya Alternatif 2

Alternatif 2				
Barang	Satuan	Harga/satuan	Butuh	Total Biaya
Sheet pile (10 m)	Batang	Rp4.591.667	260	Rp1.193.833.333
Sheet pile (8m)	Batang	Rp3.673.333	260	Rp955.066.667
Angkur	Batang	Rp2.400.000	38	Rp91.542.857
Beton	m3	Rp850.000	11,4	Rp9.690.000
Geogrid	m2	Rp99.900	24648	Rp 2.462.335.200
Multiblocks	m2	Rp2.000.000	728	Rp1.456.000.000
			Total	Rp 6.168.468.057

Dengan perhitungan biaya seperti Tabel 4.23 dan 4.24 terlihat bahwa alternatif perkuatan menggunakan angkur lebih murah, tetapi apabila dilihat dari metode pelaksanaan, penggunaan angkur pada turap akan lebih rumit dan membutuhkan waktu yang lebih lama. Sehingga perkuatan yang dipilih adalah alternatif 1 yaitu pada zona 1 (galian) digunakan turap-turap tanpa angkur dan pada zona 2 dan 3 (timbunan) digunakan kombinasi geogrid dan multiblocks.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Penyebab kelongsoran

Dengan kedalaman tanah lunak yang relatif dangkal dan kondisi tanah yang baik dapat terjadi kelongsoran lereng walaupun sudah ada dinding penahan tanah dan perkuatan eksisting yang ada di lapangan. Berdasarkan kasus-kasus serupa yang terjadi di Kalimantan dengan kondisi tanah baik tetapi terjadi kelongsoran, memperkuat dugaan bahwa telah terjadi keretakan awal yang merupakan kondisi bawaan tanah tersebut (Mochtar, 2012). Pada saat hujan, keretakan awal tersebut terisi oleh air hujan dan meninggalkan butiran-butiran tanah halus yang biasanya berupa pasir halus. Air hujan ini kemudian mengalir ke tempat yang lebih rendah melalui rangkaian keretakan dalam tanah yang sudah terbentuk. Keadaan tersebut memudahkan terjadinya keruntuhan geser (*sliding*), terutama saat hujan lebat. Partikel tanah yang sifatnya menyerupai pasir ini kemudian disebut “behaving like sand”.

5.2. Stabilitas Lereng Sebelum Longsor

Stabilitas lereng dianalisa menggunakan software Plaxis 2D. Berdasarkan hasil analisa, didapatkan faktor keamanan lereng sebelum longsor menggunakan data tanah asli adalah 1,8. Faktor keamanan lereng dengan perkuatan eksisting menggunakan data tanah *behaving like sand* adalah 1.

5.3. Tipe Kelongsoran Lereng

Tipe kelongsoran lereng berdasarkan hasil analisa menggunakan Plaxis adalah *debris flow*, yaitu longsor material dengan ukuran yang bervariasi dari halus hingga kasar yang bercampur dengan air. Tipe kelongsoran ini sering terjadi saat hujan deras pada lereng yang curam. *Debris flow* adalah salah satu tipe longsor yang sering terjadi di Indonesia.

5.4. Alternatif Perkuatan yang Digunakan

Alternatif perkuatan yang dipilih adalah alternatif 1 yaitu pada zona 1 menggunakan turap-turap tanpa ankur, dan pada zona 2 dan 3 digunakan perkuatan geogrid dikombinasikan dengan multiblocks. Perkuatan ini dipilih karena metode pelaksanaannya lebih mudah jika dibandingkan dengan alternatif 2 yaitu turap dengan ankur.

5.5. Kebutuhan Perkuatan serta Biaya

Alternatif perkuatan 1 membutuhkan sheet pile baja 12 meter dan 8 meter sepanjang area longsor dan membutuhkan geogrid 24.648 m² dan multiblocks 728 m². Alternatif perkuatan 1 tersebut membutuhkan biaya Rp 6.306.001.867.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1988. Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 1. Diterjemahkan oleh Noor Endahdan Indasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 2. Diterjemahkan oleh Noor Endahdan Indasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Gedeon, Gilbert. 1994. Design of Sheet Pile Walls. Washington: Department of the Army.
- Mochtar, Noor Endah. 2012. Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil ITS.
- Wahyudi, Herman. 1999. Daya Dukung Pondasi Dalam. Surabaya: ITS Press.
- Wahyudi, Herman. 1999. Daya Dukung Pondasi Dangkal. Surabaya: ITS Press.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 FOTO KELONGSORAN



Panjang area yang diperkuat = 104 m

LAMPIRAN 2 DATA TANAH

Data SPT

Kedalaman	BH-01 (B-01)(1)	
	Jenis tanah	N-SPT
-1	Lempung berpasir	12
-2	Lempung berpasir	25
-3	Lempung berpasir	27
-4	Lempung berpasir	30
-5	Tanah berpasir padat	32
-6	Tanah berpasir padat	34
-7	Tanah berpasir padat	37
-8	Tanah berpasir padat	41
-9	Tanah berpasir padat	47
-10	Tanah berpasir padat	53
-11	Tanah berpasir padat	54
-12	Tanah berpasir padat	55
Kedalaman	BH-01 (B-01)(2)	
	Jenis tanah	N-SPT
-1	Tanah lempung kuning'	3
-2	Tanah lempung kuning'	5
-3	Tanah lempung kuning'	15
-4	Lempung abu-abu	23
-5	Lempung abu-abu	30
-6	Lempung abu-abu	35
-7	Lempung abu-abu padat	45
-8	Lempung abu-abu padat	54
-9	Lempung abu-abu padat	57

-10	Lempung abu-abu padat	60
Kedalaman	BH-02 (B-02)(1)	
	Jenis tanah	N-SPT
-1	Lempung berpasir	13
-2	Lempung berpasir	25
-3	Lempung berpasir	27
-4	Lempung berpasir padat	30
-5	Lempung berpasir padat	32
-6	Lempung berpasir padat	35
-7	Lempung berpasir padat	37
-8	Lempung berpasir padat	41
-9	Lempung berpasir padat	47
-10	Lempung berpasir padat	53
-11	Lempung berpasir padat	54
-12	Lempung berpasir padat	55
Kedalaman	BH-02 (B-02)(2)	
	Jenis tanah	N-SPT
-1	Lempung kuning	5
-2	Lempung kuning	9
-3	Lempung kuning	17
-4	Lempung abu-abu	25
-5	Lempung abu-abu	34
-6	Lempung abu-abu	42
-7	Batu bara	50
-8	Batu bara	60

Data sondir S1

Kedalaman	FR	Qc Hambatan Konus (kg/cm ²)
0	0	0
-0,2	3,24	4,05
-0,4	2,78	7,08
-0,6	3,24	10,11
-0,8	2,16	15,17
-1	1,62	20,23
-1,2	1,08	30,34
-1,4	0,46	28,32
-1,6	0,52	25,28
-1,8	0,54	24,27
-2	0,59	22,25
-2,2	1,62	20,23
-2,4	1,62	20,23
-2,6	1,62	20,23
-2,8	1,62	20,23
-3	1,62	20,23
-3,2	0,46	28,32
-3,4	1,01	32,36
-3,6	0,93	35,4
-3,8	0,72	45,51
-4	1,3	50,57
-4,2	0,78	58,66
-4,4	0,86	75,85
-4,6	0,81	80,9
-4,8	0,6	185,07
-5	0,96	185,07
-5,2	1,3	202,26

-5,4	0,89	257,88
------	------	--------

Data sondir S2

Kedalaman	FR	Qc Hambatan Konus (kg/cm ²)
0	0	0
-0,2	0	2,02
-0,4	3,24	2,02
-0,6	1,62	4,05
-0,8	0,93	7,08
-1	0,93	7,08
-1,2	0,72	9,1
-1,4	0,54	12,14
-1,6	0,43	15,17
-1,8	0,97	20,23
-2	0,78	25,28
-2,2	0,65	30,34
-2,4	0,51	38,43
-2,6	0,81	40,45
-2,8	0,69	47,53
-3	0,59	55,62
-3,2	0,76	60,68
-3,4	0,63	62,7
-3,6	0,73	62,7
-3,8	0,61	64,72
-4	0,61	64,72
-4,2	0,7	65,73
-4,4	0,65	60,68
-4,6	0,7	56,63

-4,8	0,78	50,57
-5	0,78	50,57
-5,2	0,72	45,51
-5,4	0,78	50,57
-5,6	0,6	185,07
-5,8	0,5	202,26
-6	0,59	222,49
-6,2	0,59	222,49
-6,4	0,76	257,88

Data sondir S3

Kedalaman	FR	Qc Hambatan Korus (kg/cm ²)
0	0	0
-0,2	3,24	2,02
-0,4	3,24	2,02
-0,6	4,32	3,03
-0,8	4,32	3,03
-1	3,24	4,05
-1,2	2,59	5,06
-1,4	0,78	50,57
-1,6	0,7	83,94
-1,8	0,65	91,02
-2	0,61	97,08
-2,2	0,65	101,13
-2,4	0,65	60,68
-2,6	0,65	50,57
-2,8	0,59	44,5
-3	0,65	30,34
-3,2	0,65	50,57
-3,4	0,65	50,57
-3,6	0,65	50,57

-3,8	0,65	50,57
-4	0,6	65,73
-4,2	0,65	70,79
-4,4	0,68	76,86
-4,6	0,62	95,06
-4,8	0,65	101,13
-5	0,65	101,13
-5,2	0,65	101,13
-5,4	0,65	101,13
-5,6	0,65	101,13
-5,8	0,65	101,13
-6	0,65	121,36
-6,2	0,47	126,41
-6,4	0,65	131,47
-6,6	0,72	136,53
-6,8	0,72	136,53
-7	0,72	182,03
-7,2	0,72	182,03
-7,4	0,59	222,49
-7,6	0,78	252,83

Data sondir S4

Kedalaman	FR	Qc Hambatan Konus (kg/cm ²)
0	0	0
-0,2	3,24	2,02
-0,4	3,24	2,02
-0,6	3,24	4,05
-0,8	3,24	4,05
-1	2,16	6,07
-1,2	2,16	6,07
-1,4	1,62	8,09
-1,6	1,62	8,09
-1,8	3,24	10,11

-2	3,24	10,11
-2,2	1,62	20,23
-2,4	1,62	20,23
-2,6	1,08	30,34
-2,8	1,08	30,34
-3	1,3	50,57
-3,2	1,3	50,57
-3,4	0,93	70,79
-3,6	0,93	70,79
-3,8	1,44	91,02
-4	1,44	91,02
-4,2	1,3	101,13
-4,4	1,3	101,13
-4,6	0,54	121,36
-4,8	0,54	121,36
-5	0,93	141,58
-5,2	0,93	141,58
-5,4	0,76	171,92
-5,6	0,76	171,92
-5,8	0,54	182,03
-6	0,54	182,03
-6,2	0,62	212,37
-6,4	0,38	257,88

LAMPIRAN 3 MATERIAL YANG DIPAKAI

DAFTAR HARGA STEEL SHEET PILE



400 x 100 x 10.5
Rp 5.510.000
576 Kg



400 x 125 x 13.0
Rp 6.890.000
720 Kg



400 x 170 x 15.5
Rp 8.740.000
913.2 Kg

Harga Sheet Pile (12 m)

(KS F 4604)

Section	Dimension			Sectional Area		Unit Weight		Moment of Inertia		Modulus of Section	
	W	H	T	Per Pile	Per Pile	Per Wall Width	Per Pile	Per Wall Width	Per Pile	Per Wall Width	
	mm	mm	mm	cm ²	Kg/m	Kg/m ²	cm ⁴	cm ⁴ /m	cm ³	cm ³ /m	
KWSP-II	400	100	10.5	61.2	48.0	120	1,240	8,740	152	874	
KWSP-III	400	125	13.0	76.4	60.0	150	2,220	16,800	223	1,340	
KWSP-III ₂ (E)	400	150	13.1	74.4	58.4	146	2,790	22,800	250	1,520	
KWSP-III ₂ (D)	400	150	13.0	76.4	60.0	150	3,060	22,600	278	1,510	
KWSP-IV	400	170	15.5	96.9	76.1	190	4,670	36,600	362	2,270	
KWSP-VL	500	200	24.3	133.8	105.0	210	7,960	63,000	520	3,150	

Spesifikasi Sheet Pile

:: SPESIFIKASI KHUSUS ::

MULTIblock Retaining Wall System (Tensar Wall 1-4)

2.3 MATERIAL PONDASI UNTUK PERLETAKAN MODULAR CONCRETE BLOCK

Material berupa pasir, kerikil, batu pecah yang dipadatkan atau beton (B0) tanpa tulangan seperti ditunjukkan pada gambar-gambar rencana.
Kerikil bulat (*peagravel*) tidak diperkenankan untuk digunakan.

2.4 MATERIAL GEOGRID UNTUK PENULANGAN TANAH

1. Unsur kekuatan harus merupakan produk geogrid yang diproduksi sesuai dengan persyaratan *quality assurance* BS EN ISO 9001:2000 dan BS EN ISO 14001:1996.
2. Unsur kekuatan harus merupakan geogrid yang diproduksi dari lembaran *high density polyethylene*, berorientasi satu arah sehingga dengan demikian menghasilkan rusuk-rusuk yang mempunyai tingkat orientasi molekuler yang tinggi yang diteruskan ke batang transversalnya (*transverse bar*) yang utuh.



3. Kekuatan tarik batas rangkai untuk umur rencana 120 tahun untuk masing-masing tipe geogrid pada temperatur rata-rata 30°, harus sebesar sebagai berikut :

Tipe Geogrid	Long Term Strength (kN/m)
RE510	17.24
RE520	22.76
RE540	27.80
RE560	38.23
RE570	51.03
RE580	59.17

4



PT MIRA TIRANGGUN REKATAMA PATRIA

Spesifikasi Geogrid

Starred
Important
Sent Mail
Drafts (41)
Circles
 Friends (29)
 Family
 Acquaintances
 Following
 Entertainment
 Travel
 Technology
 Popular on YouT...
[imap] Sent
Junk
More +

Untuk harga Geogrid Tensar RE 580 : USD 481 per rol ukuran 1,3m x 50m.

Salam,

Ir. ISPARMO, IPP
Marketing Manager

PT MULTIBANGUN REKATAMA PATRIA
Menara Sentraya Lt. 11
Jl. Iskandarsyah Raya no. 1A
Kebayoran Baru
Jakarta

Mobile 0812 108 3060
Telp. 021-2788 1958
Fax. 021-2788 1959

<http://www.multibangunpatria.com>

Harga Geogrid



Pemasangan Multiblocks dan Geogrid



Pemasangan Multiblocks dan Geogrid

Gmail -

COMPOSE

Inbox (95)
Starred
Important
Sent Mail
Drafts (41)
Circles
 Friends (29)
 Family
 Acquaintances
 Following
 Entertainment
 Travel
 Technology
 Popular on YouT...
 [map]/Sent
Junk
More ▾

From: Isparmo <isparmo@multibangunpatna.co.id>
 Tanggal: 23 Februari 2016 09:10
 Kepada: Siti Nurita Fitri <euristafitri@gmail.com>

Dear Mbik Siti Nurita

Saya kirimkan brosur, spesifikasi Multiblock Retainig Wall System. Adapun harga materialnya, secara kasaran bisa memakai Rp 2.000.000 per m2 luasan muka dinding, diluar biaya pekerjaan tanah (galian, timbunan, pemadatan) dan pekerjaan pembetonan.

Terima kasih,

Ir. ISPARMO, IPP
Marketing Manager

PT MULTIBANGLIN REKATAMA PATRIA
Menara Sentraya Lt. 11
Jl. Iskandarsyah Raya no. 1A
Kebayoran Baru
Jakarta

Harga Multiblocks

1. Harga Beton jayamix Klass k 175
Slump 12 ± 2
Harga : Rp. 760.000
2. Harga Beton jayamix Klass k 225
Slump 12 ± 2
Harga : Rp. 790.000
3. Harga Beton jayamix Klass k 250
Slump 12 ± 2
Harga : Rp. 810.000
4. Harga Beton jayamix Klass k 275
Slump 12 ± 2
Harga : Rp. 830.000
5. Harga Beton jayamix Klass k 300
Slump 12 ± 2
Harga : Rp. 850.000
7. Harga Beton jayamix Klass k 350
Slump 12 ± 2
Harga : Rp. 890.000

Harga Beton sebagai Blok Angkur

LAMPIRAN 4

PERHITUNGAN PEMBEBANAN MERATA GEDUNG

Pembebanan Gravitasi Gedung Reskrimsus Polda Kaltim
Pembebanan pada Lantai 1 dan 2 sebagai Basement (untuk parkir)

Beban	Berat Sendiri		Luas (m ²)	berat (kg)
Pelat	2400	kg/m ³	1440	691200
Balok Melintang	2400	kg/m ³	25,75	61800
Balok Memanjang	2400	kg/m ³	68,64	164736
Kolom	2400	kg/m ³	84	201600
Dinding	250	kg/m ²	1004	251000
Spesi	21	kg/m ²	1440	30240
Ducting Plumbing	30	kg/m ²	1440	43200
Lantai	24	kg/m ²	1440	34560
Hidup	400	kg/m ²	1440	576000
			Total	2695603,2
			Beban/m ²	1871,9

Pembebanan pada Lantai 3 dan 4

Beban	Berat Sendiri		Luas (m ²)	berat (kg)
Pelat	2400	kg/m ³	1440	691200
Balok Melintang	2400	kg/m ³	25,75	61800
Balok Memanjang	2400	kg/m ³	68,64	164736

Kolom	2400	kg/m ³	84	201600
Dinding	250	kg/m ²	1664	416000
Spesi	21	kg/m ²	1440	30240
Ducting Plumbing	30	kg/m ²	1440	43200
Lantai	24	kg/m ²	1440	34560
Hidup	250	kg/m ²	1440	72000
			Total	2087203,2
			Beban/m ²	1449,45

Pembebanan pada atap

Beban	Berat Sendiri		Luas (m ²)	berat (kg)
Genteng +reng+usuk	50	kg/m ²	594	29700
Atap pelat	2400	kg/m ³	896	430080
Hidup	20		1440	28800
			Total	597816
			Beban/m ²	415,15

*Total beban dihitung menggunakan kombinasi beban
1,2D+1,6L

Total beban seluruh gedung adalah:

$$1871,9 \times 2 + 1449,45 \times 2 + 415,15 = 7057,9 \text{ kg/m}^2 = 7 \text{ t/m}^2$$

LAMPIRAN 5
GAMBAR PERENCANAAN GEDUNG

BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Madiun 24 November 1996, dengan nama lengkap Nadya Primadian. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis yaitu SDN 03 Klegen, SMP Negeri 1 Madiun, SMA Negeri 2 Madiun. Setelah lulus dari SMA Negeri 2 Madiun, penulis mengikuti SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113100024.



Halaman ini sengaja dikosongkan