

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN JALAN DI ATAS TANAH LUNAK DENGAN PERKUATAN *SHEET PILE* DAN GEOTEKSTIL

(Studi kasus: tol Balikpapan – Samarinda seksi V. STA. 9+726 s/d STA.

9+926)

**(*STABILITY ANALYSIS OF ROAD EMBANKMENT ON
THE SOFT SOIL USING SHEET PILE AND
GEOTEXTILE*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Achmad Thantowi Hamdani
12 511 441**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2019

TUGAS AKHIR
ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN JALAN DI ATAS
TANAH LUNAK DENGAN PERKUATAN
GEOTEKSTIL DAN MINIPILE
(Studi kasus: tol Balikpapan – Samarinda seksi V. STA. 9+726 s/d STA.
9+926.)

**(STABILITY ANALYSIS OF ROAD EMBANKMENT ON
THE SOFT SOIL USING SHEET PILE AND
GEOTEXTILE)**

Disusun Oleh

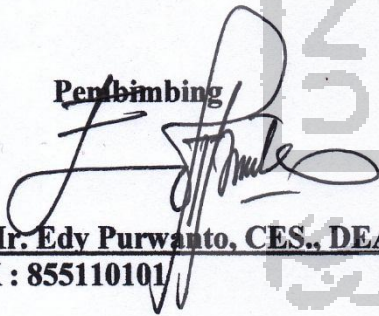
Achmad Thantowi Hamdani
12511441

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 11 September 2019

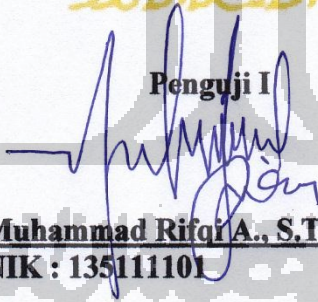
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



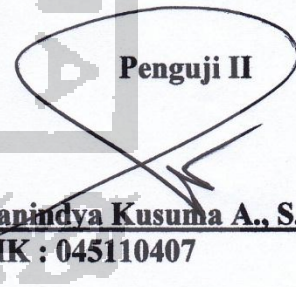
Dr. Ir. Edy Purwanto, CES., DEA.
NIK : 855110101

Penguji I



Muhammad Rifqi A., S.T., M.Eng.
NIK : 135111101

Penguji II



Hapindya Kusuma A., S.T., M.T.
NIK : 045110407

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 16 September 2019

membuat pernyataan,



Thantowi Hamdani
(12511441)

DEDIKASI

Tugas Akhir ini saya dedikasikan kepada:

1. Ayahanda tercinta Ir. Muhammad Nurhamid, yang selalu menjadi motivasi untuk giat, gigih dalam bekerja, dan bersikap selalu Jujur dalam bertindak.
2. Ibunda tercinta Sulistyawardhani, S.H., yang selalu memberikan motivasi dan selalu mendengarkan keluh kesah saya dengan kesabarannya selama hidup saya.
3. Kakak tercinta Suwandari Murti, S.E., Nurfadhillah Suwandarini, S.Psi., M.Psi., dan adik saya Achmad Fathoni Hamdani pemberi semangat dalam kondisi senang dan susah.
4. Rekan kerja saya selama bekerja di Yogyakarta mas Hanan, mas Andro, dan mas Ihksan pemberi semangat dan inspirasi.
5. keluarga sepak bola Lintas FC Yogyakarta yang memberikan semangat kekeluargaannya.
6. Untuk teman – teman keluarga Teknik Sipil 2012 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
7. Untuk adik tingkat saya 2014, Danang Kurniawan, S.T. sebagai teman diskusi dalam Tugas Akhir saya.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil'alamin. puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT atas karunia-Nya hingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul *analisis stabilitas timbunan jalan di atas tanah lunak dengan perkuatan geotekstil dan minipile*. Tujuan penulisan Tugas Akhir ini untuk memenuhi syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing dan memberikan dukungan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Penulis ingin mengucapkan terimakasih atas terselesaikannya Tugas Akhir ini kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, CES., DEA., selaku dosen pembimbing.
2. Bapak Muhammad Rifqi A., S.T., M.Eng., dan Ibu Hanindya Kusuma A., S.T., M.T., selaku dosen penguji.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
4. Orang tua dan keluarga penulis untuk dukungan materi dan non material dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

semoga tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya, Aamiin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 16 September 2019

penulis

Achmad Thantowi Hamdani
(12511441)

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Lokasi Studi Kasus	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Analisa Perilaku Timbunan Jalan Dengan Perkuatan	5
2.1.1 Analisa Perilaku Timbunan dengan Perkuatan Geosintetik Menggunakan <i>Software Plaxis</i>	5
2.1.2 Analisa Perkuatan Geotekstil Pada Timbunan Konstruksi Jalan dengan <i>Plaxis 2D</i>	5
2.2 Penurunan Tanah Di Atas Tanah Lunak	6
2.2.1 Studi Penurunan Tanah di atas Tanah Lunak (Studi Kasus Jalan Nasional Tikke – Baras, Sulawesi Barat)	6

2.2.2 Perbaikan Subgrade Ruas Jalan Pontianak – Tayan yang Diperkuat dengan Menggunakan Geotekstil dan Cerucuk	7
2.3 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Dengan Perkuatan	7
2.3.1 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan <i>Sheet Pile</i> Pada Ruas Jalan Babahrot – Trangon Di Provinsi Aceh Menggunakan Metode Elemen Hingga.	7
2.4 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya	8
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Tanah Lunak	10
3.2 Tanah Timbunan Yang Diperkuat	12
3.3 Geosintetik	12
3.4 Geosintetik Untuk Perkuatan Timbunan	13
3.5 Konsolidasi	14
3.6 Geotekstil	15
3.6.1 Jenis-Jenis Geotekstil	15
3.6.2 Mekanisme Kerja Geotekstil pada Tanah	19
3.7 Perkuatan Tanah Dengan <i>Sheet Pile</i>	20
3.7.1 Tipe – Tipe Dinding <i>Sheet Pile</i>	20
3.7.2 Prinsip Umum Perancangan Turap	22
3.7.3 Perencanaan <i>Sheet Pile</i> Kantilever	23
3.8 Stabilitas Lereng	24
3.8.1 Umum	24
3.8.2 Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellinius	27
3.9 Plaxis	28
3.9.1 Pendahuluan	28
3.9.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan Program Plaxis 8.2	29
3.9.3 Model Material	30
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	31
4.1 Lokasi Penelitian	31
4.2 Data Penelitian	31

4.3	Objek Penelitian	31
4.4	Metode Analisis Data	31
4.5	Langkah – Langkah Penelitian	32
4.6	Bagan Alir	33
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		35
5.1	Data penelitian	35
5.2	Data Tanah dan Beban	37
5.2.1	Data Tanah	37
5.2.2	Data Beban Kendaraan Jalan	38
5.3	Tanah Timbunan Asli	40
5.3.1	Analisis tanah Timbunan Asli menggunakan Program Plaxis 8.6	40
5.3.2	Perhitungan Manual Menggunakan Metode Fellinius	43
5.4	Perkuatan Timbunan Dengan <i>Sheet Pile</i> Baja	46
5.4.1	Data Perkuatan <i>Sheet Pile</i>	46
5.4.2	Perhitungan Desain <i>Sheet Pile</i> Berangkur	47
5.4.3	Penentuan Profil <i>Sheet Pile</i> Baja	51
5.4.4	Analisis Stabilitas Perkuatan Timbunan dengan <i>Sheet Pile</i> Menggunakan Program Plaxis 8.6.	51
5.5	Perkuatan Timbunan Dengan Geotekstil	64
5.5.1	Stabilitas External	66
5.5.2	Stabilitas Internal	71
5.6	Pembahasan	87
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN		90
6.1	Simpulan	90
6.2	Saran	91
DAFTAR PUSTAKA		92
LAMPIRAN		94

ABSTRAK

Jalan Tol Seksi V Balikpapan – Samarinda seksi V. STA. 9+726 s/d STA. 9+926 merupakan salah satu dari ruas Jalan Tol Trans Kalimantan Timur yang menghubungkan kota Balikpapan dengan kota Samarinda. Jalan Tol ini melalui daerah perbukitan, daerah lembah dan cekung. pada kondisi tersebut untuk mencapai elevasi rencana diperlukan pekerjaan timbunan tanah yang tinggi. Permasalahan yang muncul di lapangan adalah terjadinya longsor dan geser pada timbunan tanah untuk badan jalan saat pengerjaan yang telah dilakukan hingga mendekati elevasi rencana. Terletak pada timbunan dengan kemiringan yang cukup curam serta adanya aliran air yang berasal dari mata air di daerah sekitar, menyebabkan tanah menjadi basah dan lunak. Oleh karena itu menyebabkan tanah menjadi geser dan turun yang berakibat pada tidak stabilnya tanah timbunan.

Pilihan perkuatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mempelajari perkuatan *Sheet Pile* baja dan Geotekstil. Dengan perkuatan tersebut diharapkan mampu menahan gaya lateral yang terjadi dan dapat meningkatkan nilai angka aman pada stabilitas timbunan. Metode analisis stabilitas timbunan menggunakan program Plaxis 8.6 untuk dapat mengetahui nilai angka aman pada timbunan pada kondisi sebelum dan sesudah menggunakan perkuatan *Sheet Pile* baja berangkur dan Geotekstil.

Hasil perhitungan nilai angka aman pada timbunan tanah asli dengan menggunakan program Plaxis 8.6 tidak dapat menampilkan nilai angka aman timbunan tersebut. Sehingga digunakan perhitungan secara manual menggunakan metode Fellinius dan didapatkan nilai angka aman sebesar 0,3016. Dengan nilai Angka aman $< 1,25$ maka timbunan tanah asli dinyatakan labil atau tidak aman terhadap keruntuhan. Pada timbunan yang diperkuat dengan perkuatan *Sheet Pile* baja berangkur dan dianalisis dengan menggunakan program Plaxis 8.6 pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,4953 dan dengan beban gempa sebesar 1,4924. Sedangkan nilai angka aman pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,2753 dan dengan beban gempa sebesar 1,2744. Dengan nilai Angka aman $> 1,25$, maka timbunan dinyatakan aman terhadap keruntuhan. Sedangkan pada timbunan yang diperkuat dengan perkuatan Geotekstil dan dianalisis dengan menggunakan program Plaxis 8.6 pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,6266 dan dengan beban gempa sebesar 1,6057. Sedangkan nilai angka aman pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,5332 dan dengan beban gempa sebesar 1,5151. Dengan nilai Angka aman $> 1,25$, maka timbunan dinyatakan aman terhadap keruntuhan.

Kata kunci : Stabilitas timbunan, *Sheet pile* baja berangkur, Geotekstil, Plaxis 8.6

ABSTRACT

Section V Balikpapan - Samarinda STA. 9 + 726 to STA. 9 + 926 is one of the segment of East Kalimantan Trans Highway that connects Balikpapan City with Samarinda City. This highway passes through hills, valley and sunken areas. Under these conditions, to achieve the elevation of the plan requires the work of the high land heap. Problems that occur in the field are landslides and shifts of the heap for the road body when the work has been carried out to approach the elevation of the plan. The project is located on a heap with a fairly steep slope and the flow of water coming from springs in the surrounding area, causing the soil to become wet and soft. This causes the soil to slide and fall and the soil becomes unstable.

The reinforcement used in this study are the reinforcement of steel Sheet Pile and Geotextile. With these reinforcement, they are expected to be able to withstand the lateral forces that occur and increase the safe value on the stability of the heap. The heap stability analysis method uses the Plaxis 8.6 program to be able to determine the safe value of the heap in conditions before and after using reinforcement of steel Sheet Pile and Geotextile.

The results of the calculation of the safe value on the original land heap using the Plaxis 8.6 program do not display the safe value of the heap. Therefore, a manual calculation using the Fellinius method is used and a safe value of 0.3016 is obtained. With a safe value <1.25, the original land heap is stated as unstable or unsafe against collapse. On the land heap that are reinforced with reinforcement of steel Sheet Pile and analyzed using the Plaxis 8.6 program under construction conditions without earthquake load is 1.4953 and with earthquake load is 1.4924. While the safe value in the post-construction condition without earthquake load is 1.2753 and with earthquake load is 1.2744. With a safe value > 1.25, the land heap is stated safe from collapse. Whereas the land heap was strengthened by Geotextile reinforcement analyzed using the Plaxis 8.6 program during the construction period without earthquake load is 1.6266 and with earthquake load is 1.6057. While the safety value in the post-construction condition without earthquake load is 1.5332 and with earthquake load is 1.5151. With a safe number value > 1.25, the pile is stated safe from collapse.

Keywords : Land Heap Stability, Steel Sheet Pile, Geotextile, Plaxis 8.6

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Jalan merupakan salah satu akses transportasi yang menghubungkan daerah satu ke daerah yang lainnya. Selain itu jalan juga mempengaruhi pengembangan suatu wilayah seperti sosial, ekonomi dan budaya. Proyek pembangunan jalan merupakan proyek yang diusungkan pemerintah sebagai bentuk fasilitas umum yang mendukung kegiatan masyarakat salah satunya proyek pembangunan jalan Tol yang menghubungkan ruas Balikpapan – Samarinda seksi V sepanjang $\pm 33,5$ km melintasi daerah lahan hutan perbukitan dan daerah lembah atau cekung. Tentunya dalam proses pengerjaan jalan salah satu yang harus diperhatikan adalah aspek geoteknik. Demikian dalam pekerjaan jalan tol yang melintasi lahan hutanan perbukitan dan daerah lembah atau cekung perlu akan adanya pekerjaan timbunan tanah. Untuk mencapai finish grade permukaan jalan maka dilakkan penimbunan tanah yang cukup tinggi.

Jenis tanah yang berbeda akan mempengaruhi teknik pengerjaannya. Dalam proyek Tol di Balikpapan - Samarinda ditemukan beberapa masalah dalam proses pengerjaannya, salah satunya bentuk tanah yang lunak, tanah lunak menjadi satu masalah dikarenakan dapat mempengaruhi kualitas dan ketahanan jalan. Menurut Bowles (1993) tanah lunak merupakan partikel tanah yang yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. yang berarti tanah akan sangat keras dalam keadaan kering ditambah ia bersifat plastis pada kadar air yang sedang dan mudah lengket kohesif (melekat satu dengan yang lain) jika kadar air lebih tinggi.

Kodisi tanah tersebut maka perlu dilakukan perbaikan tanah (*soil improvmen*) utuk memperbaiki sifat-sifat tahan lunak agar mampu mendukung beban struktur jalan serta beban lalu lintas yang melewati jalan tersebut. Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk memperbaiki tanah lunak yaitu dengan mengganti tanah lunak dengan material/tanah yang baik (*soil*

replacement), melakukan pembebanan (*surcharge*) tanpa *Pipe vertical Drains* (PVD) dan dengan PVD, metode stabilitas tanah (*soil stabilization*) serta perkuatan tanah (*soil reinforcement*). Untuk desain struktur jalan tol Balikpapan – Samarinda menggunakan metode perkuatan tanah lereng dengan menggunakan bahan *Sheet Pile* dan *Geotekstil*. Untuk meyakinkan apakah desain tersebut cukup aman atau tidak maka perlu dilakukan kajian atau analisis stabilitas struktur jalan yang diperkuat dengan *Sheet Pile* dan *Geotekstil* menggunakan program Plaxis Versi 8.6. penelitian tugas akhir ini mengambil studi kasus pada Ruas Jalan tol Balikpapan - Samarinda seksi V. STA 9 + 726 s/d 9 + 926.

1.2 Rumusan masalah

1. Berapakah faktor nilai angka aman Pada lereng timbunan tanah asli di Ruas Jalan tol Balikpapan – Samarinda Seksi V. STA. 9+726 s/d 9+926 dianalisa dengan plaxis v.8.6 ?
2. Berapakah faktor nilai angka aman pada lereng timbunan yang diperkuat dengan menggunakan perkuatan *Sheet Pile* baja di Ruas Jalan tol Balikpapan – Samarinda Seksi V. STA. 9+726 s/d 9+926 dianalisa dengan plaxis v.8.6 ?
3. Berapakah faktor nilai angka aman pada lereng timbunan yang diperkuat dengan menggunakan perkuatan Geotekstil di Ruas Jalan tol Balikpapan – Samarinda Seksi V. STA. 9+726 s/d 9+926 dianalisa dengan menggunakan program Plaxis v.8.6 ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui faktor nilai angka aman pada lereng timbunan tanah asli di Ruas Jalan tol Balikpapan – Samarinda Seksi V. STA. 9+726 s/d 9+926 dianalisa dengan plaxis v.8.6 ?
2. Mengetahui faktor nilai angka aman pada lereng timbunan yang diperkuat dengan perkuatan *Sheet Pile* baja di Ruas Jalan tol Balikpapan – Samarinda Seksi V. STA. 9+726 s/d 9+926 dianalisa dengan plaxis v.8.6 ?

3. Mengetahui faktor nilai angka aman pada lereng timbunan yang diperkuat dengan perkuatan Geotekstil di Ruas Jalan tol Balikpapan – Samarinda Seksi V. STA. 9+726 s/d 9+926 dianalisa dengan plaxis v.8.6 ?

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini bagi pembaca maupun penulis adalah sebagai berikut ini,

1. Dapat memberikan alternative pemecahan masalah pada kasus-kasus yang sama.
2. Menambah pengetahuan bagi pembaca maupun penulis tentang pemecahan masalah geoteknik menggunakan plaxis v.8.6.
3. Memberikan gambaran kepada masyarakat tentang keunggulan *Sheet pile* baja dan bahan geosintetik sebagai perkuatan tanah dibandingkan dengan metode perkuatan tanah yang lain.
4. Menambah pengetahuan bagi pembaca maupun penulis tentang penyelesaian masalah geoteknik menggunakan program Plaxis Versi 8.6.
5. Sebagai inisiasi untuk peneliti selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

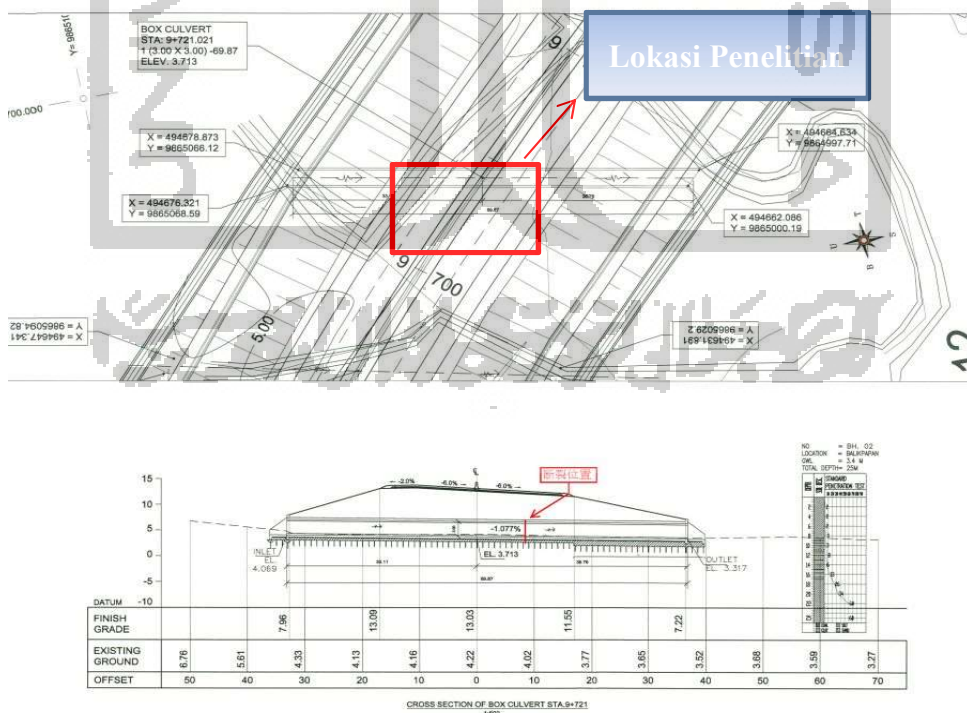
Untuk memfokuskan agar penelitian dapat terarah, maka diperlukan batasan – batasan masalah, antara lain:

1. lokasi penelitian berada pada tanah timbunan proyek Jalan Ruas Jalan tol Balikpapan – Samarinda Seksi V. STA. 9+726 s/d 9+926,
2. metode perbaikan menggunakan perkuatan dinding penahan tanah jenis kantilever dan *sheet pile* baja,
3. perencanaan konstruksi hanya pada badan jalan,
4. analisis timbunan badan jalan menggunakan program Plaxis 2D versi 8.6,
5. data tanah yang digunakan adalah data sekunder yang didapat dari laporan proyek Jalan Tol Balikpapan – Samarinda (Balsam) Seksi V Sta. 2+850 – 3+050 No. PP Tbk (Persero),
6. nilai faktor gempa yang dimasukkan dalam perhitungan adalah nilai gempa dinamik,

7. pembebanan lalu lintas mengacu pada ketentuan menurut Direktorat Jendral Perhubungan Darat (2008) dan Direktorat Jendral Bina Marga (2004),
8. tidak menghitung rencana anggaran biaya,
9. perkuatan tanah dengan menggunakan bahan *Sheet Pile* dan *Geotekstil*,
10. analisis utama berupa faktor aman timbunan pada kondisi tanpa dan dengan perkuatan ditinjau secara dua dimensi dengan model keruntuhan menggunakan program Plaxis Versi 8.6,
11. tidak memperhitungkan tambahan material Box Culvert, dan
12. beban gempa yang diperhitungkan wilayah Balikpapan – Samarinda, Kalimantan Timur.

1.6 Lokasi Studi Kasus

Lokasi penelitian ini adalah Pembangunan Jalan Tol Balikpapan – Samarinda Seksi V. STA. 9+726 s/d 9+926., seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1,



Gambar 1.1 Lokasi dan Potongan Melintang Jalan Sta. 9+726 s/d Sta. 9+926

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Perilaku Timbunan Jalan Dengan Perkuatan

2.1.1 Analisa Perilaku Timbunan dengan Perkuatan Geosintetik Menggunakan *Software Plaxis*

Ismanti (2012) melakukan analisis dengan meninjau perilaku tegangan regangan geosintetik dan analisis angka aman tanah timbunan ruas Jalan Tol Semarang – Solo Tahap I di Ruas Semarang – Bawen Seksi I: Tembalang – Gedawang didasarkan pada metode elemen hingga menggunakan software PLAXIS.

Data validasi menggunakan durasi konsolidasi. Perbandingan dilakukan antara timbunan tanpa dan dengan perkuatan. Analisis dilakukan dengan variasi kekuatan dan nilai interface berdasarkan jenis bahan perkuatan. Beban lalu lintas dan gempa disimulasikan untuk mengetahui kestabilan timbunan pada kondisi operasional.

Hasil dalam penelitian ini, perkuatan jenis geotekstil woven mampu mengandalkan kemampuan tarik dan regangan bahannya serta meningkatkan angka aman yang signifikan yaitu dari 1,27 untuk timbunan tanpa perkuatan menjadi 1,35.

2.1.2 Analisa Perkuatan Geotekstil Pada Timbunan Konstruksi Jalan dengan *Plaxis 2D*

Tay dkk (2014) melakukan penelitian dengan tujuan untuk menganalisa kuat tarik geotekstil yang digunakan serta menentukan kuat tarik optimum geotekstil yang akan digunakan sebagai perkuatan dengan memperhatikan nilai angka keamanan dan penurunan.

Penelitian ini menggunakan tiga pemodelan yaitu, yang pertama pengujian pada timbunan yang tidak menggunakan geotekstil. Pengujian kedua yaitu untuk menentukan panjang geotekstil yang akan digunakan. Pengujian ketiga, pengujian

pada timbunan yang menggunakan geotekstil dengan kuat tarik yang bervariasi, dengan panjang yang ditentukan berdasarkan hasil pola keruntuhan yang terjadi pada pengujian kedua.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan geotekstil, pola keruntuhan yang terjadi mengalami perubahan, dimana bagian yang runtuh hanya pada timbunan saja. Penurunan yang terjadi pada timbunan dengan perkuatan geotekstil semakin kecil dan nilai angka keamanan yang diperoleh melebihi batas minimum nilai angka keamanan ijin. Untuk perbandingan antara penurunan dan kuat tarik, terlihat bahwa penurunan yang terjadi hanya memiliki selisih yang sangat kecil, maka pada perbandingan ini juga dipilih nilai kuat tarik optimum yaitu 600 kN/m

2.2 Penurunan Tanah Di Atas Tanah Lunak

2.2.1 Studi Penurunan Tanah di atas Tanah Lunak (Studi Kasus Jalan Nasional Tikke – Baras, Sulawesi Barat)

Risal dkk (2015) melakukan studi yang bertujuan untuk mengetahui besar penurunan / *settlement* dan lama waktu konsolidasi yang terjadi pada tanah di bawah badan jalan nasional Tikke – Baras , Sulawesi Barat akibat beban lalu lintas dan menentukan jenis perkuatan tanah yang paling efektif dalam mereduksi penurunan yang terjadi.

Studi ini menerapkan lima jenis metode perbaikan tanah berupa perkuatan dengan geotekstil, cerucuk kayu, minipile, preloading, dan kombinasi preloading dengan *PVD*. Analisis penurunan tanah dilakukan dengan cara pemodelan dan simulasi berbasis metode elemen hingga dengan bantuan *software* geoteknik *PLAXIS V.8.2*, serta penentuan efektifitas terhadap metode perkuatan didasarkan atas perbandingan nilai deformasi antar kelima jenis perkuatan.

Berdasarkan studi yang dilakukan, penurunan yang besar dan periode konsolidasi yang panjang akan terjadi bila jalan tidak diperkuat sehingga dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur perkerasan jalan, sedangkan jika menggunakan perkuatan maka jenis perkuatan *preloading* dan kombinasi

preloading dan *PVD* paling efektif untuk mereduksi penurunan dan waktu konsolidasi tersebut.

2.2.2 Perbaikan Subgrade Ruas Jalan Pontianak – Tayan yang Diperkuat dengan Menggunakan Geotekstil dan Cerucuk

Kurniawan dkk (2015) melakukan penelitian dengan tujuan untuk menghitung besarnya pengaruh penambahan cerucuk terhadap penurunan konsolidasi pada ruas jalan Pontianak Tayan, khususnya pada STA.58.

Analisis penurunan tanah dasar pada kondisi dengan perkuatan cerucuk terbukti dapat menambah besarnya daya dukung tanah, dengan ditandai oleh besarnya angka penurunan yang lebih kecil daripada saat tanpa perkuatan cerucuk. Tercatat angka penurunan setelah perkuatan dengan cerucuk yaitu sebesar 17,22 cm, sedangkan pada kondisi tanpa perkuatan, besar penurunannya adalah 212 cm. Dengan demikian, penambahan cerucuk bisa dijadikan salah satu alternatif yang bagus dalam metode perbaikan tanah.

2.3 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Dengan Perkuatan

2.3.1 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan *Sheet Pile* Pada Ruas Jalan Babahrot – Trangon Di Provinsi Aceh Menggunakan Metode Elemen Hingga.

Aulia (2016) melakukan penelitian tentang Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan *Sheet Pile* Pada Ruas Jalan Babahrot – Trangon Di Provinsi Aceh Menggunakan Metode Elemen Hingga. Berdasarkan perhitungan pada Titik Km. 13 dengan sudut kemiringan 50° dan Km. 14 dengan sudut kemiringan 62° diperoleh nilai angka aman masing – masing 1,2 dan 1,01 pada kondisi existing. Setelah dilakukan perkuatan dengan *sheet pile* tanpa timbunan pilihan diperoleh nilai angka aman masing – masing 1,39 dan 1,37. Sedangkan menggunakan perkuatan *sheet pile* dengan tanah timbunan pilihan diperoleh nilai angka aman masing – masing sebesar 1,82 dan 1,71.

2.4 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

Berikut perbandingan beberapa penelitian yang berkaitan dengan tinjauan geoteknik yang ditampilkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Beberapa Perbandingan Penelitian Sebelumnya

N o.	Aspek	Ismanti (2012)	Tay dkk (2014)	Risal dkk (2015)	Kurniawan dkk (2015)	Aulia (2016)	Penelitian yang akan dilakukan
1	Judul Penelitian	Analisa Perilaku Timbunan dengan Perkuatan Geosintetik menggunakan <i>software plaxis</i> .	Analisa Perkuatan Geotekstil Pada Timbunan Konstruksi Jalan dengan <i>Plaxis 2D</i> .	Studi Penurunan Tanah di atas Tanah Lunak (Studi Kasus Jalan Nasional Tikke – Baras, Sulawesi Barat).	Perbaikan <i>Subgrade</i> Ruas Jalan Pontianak – Tayan yang diperkuat dengan menggunakan geotekstile dan cerucuk.	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan <i>Sheet Pile</i> Pada Ruas Jalan Babahrot – Trangon Di Provinsi Aceh Menggunakan Metode Elemen Hingga.	Analisis Stabilitas Timbunan Jalan Di Atas Tanah Lunak Dengan Perkuatan Sheet Pile dan Geotekstil.
2	Objek Penelitian	Tanah timbunan proyek Jalan Tol Semarang – Solo Tahap I di ruas Semarang – Bawen Seksi I: Tembalang – Gedawang, Jawa Tengah.	Timbunan konstruksi jalan pada tanah lunak.	Tanah di bawah badan jalan nasional Tikke – Baras, Sulawesi Barat.	Subgrade Ruas Jalan Pontianak – Tayan.	Ruas Jalan Babahrot – Trangon Di Provinsi Aceh	Timbunan badan Jalan tol Balikpapan – Samarinda seksi V. STA 9 + 726 s/d 9 + 926.
3	Metode Penelitian	Analisis meninjau perilaku tegangan regangan geosintetik dan analisis angka aman dengan menggunakan PLAXIS.	Perbandingan antara timbunan yang menggunakan geosintetik dan timbunan yang tidak menggunakan geosintetik untuk menentukan pola keruntuhan dan penurunan yang terjadi pada tanah dengan menggunakan PLAXIS.	Studi ini menerapkan lima jenis metode perbaikan tanah berupa perkuatan dengan geotekstil, cerucuk kayu, <i>minipile</i> , <i>preloading</i> , dan kombinasi <i>preloading</i> dengan <i>PVD</i> .	Perkuatan dengan geotekstile dan cerucuk.	Analisis dilakukan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga dengan bantuan program Plaxis.	Analisis stabilitas timbunan badan jalan dengan melakukan pemodelan menggunakan program Plaxis 8.6.

4	Hasil Penelitian	Perkuatan jenis geotekstil woven mampu mengandalkan kemampuan tarik dan regangan bahannya serta meningkatkan angka aman yang signifikan yaitu dari 1,27 untuk timbunan tanpa perkuatan menjadi 1,35.	Nilai kuat tarik optimum yang dapat digunakan sebagai perkuatan adalah sebesar 600 KN/m.	Jenis perkuatan <i>preloading</i> dan kombinasi <i>preloading</i> dan <i>PVD</i> paling efektif untuk mereduksi penurunan dan waktu konsolidasi tersebut.	Penambahan cerucuk bisa dijadikan salah satu alternatif yang bagus dalam metode perbaikan tanah.	Berdasarkan perhitungan pada Titik Km. 13 dengan sudut kemiringan 50° dan Km. 14 dengan sudut kemiringan 62° diperoleh nilai angka aman masing-masing 1,2 dan 1,01 pada kondisi existing. Setelah menggunakan perkuatan <i>sheet pile</i> tanpa timbunan pilihan diperoleh nilai angka aman masing-masing 1,39 dan 1,37. Sedangkan dengan timbunan pilihan didapat nilai angka.	Hasil perhitungan faktor nilai angka aman pada lereng dengan timbunan asli Jalan Tol Balikpapan – Samarinda Sta. 2+850 – 3+050 menggunakan perhitungan manual metode Fellinius sebesar 0,3016. Faktor Nilai angka aman pada lereng dengan perkuatan Sheet pile baja kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,4953 dan dengan beban gempa sebesar 1,4924. Sedangkan nilai angka aman pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,2753 dan dengan beban gempa sebesar 1,2744. Faktor Nilai angka aman pada lereng dengan perkuatan Geotekstil kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,6266 dan dengan beban gempa sebesar 1,6057. Sedangkan nilai angka aman pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,5332 dan dengan beban gempa sebesar 1,5151.
---	-------------------------	--	--	---	--	---	---

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah Lunak

Tanah lunak merupakan tanah yang dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir, tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi. Jenis tanah lunak dibedakan yaitu tanah lunak anorganik (lempung dimana kadar organiknya kurang dari 25 %) dan tanah lunak organik (gambut).

Tanah lempung lunak merupakan jenis tanah yang mengandung mineral- mineral lempung dan air yang tinggi sehingga menyebabkan kuat gesernya rendah. Tanah lempung yang kandungan mineral *Mountmoroloiit* tinggi memperlihatkan kapasitas menyerap air yang tinggi, sifat kembang susut tinggi, konsolidasi tinggi, permeabilitas rendah dan kekuatan tanah yang rendah.

Berbeda dengan tanah gambut yang pembentuk utamanya dari sisa bahan organik, ada dua bentuk untuk menyatakan tanah gambut yaitu tanah organik dengan kandungan kadar bahan organik berkisar antara 25–75 %. Selain sifat tersebut di atas, tanah gambut mempunyai sifat kompresibilitas, dan permeabilitas yang tinggi. Tanah lempung termasuk jenis tanah yang kohesif, umumnya memiliki partikel halus dalam jumlah besar.

Para ahli memiliki definisi yang berbeda tentang tanah lempung, antara lain Hardiyatmo (1992) menjelaskan bahwa tanah lempung tersusun atas mineral- mineral hasil pelapukan tanah secara kimiawi yang berukuran diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, sedangkan Holtz dan Kovacs (1981) menyatakan bahwa lempung adalah tanah yang mengandung mineral-mineral lempung dan memiliki plastisitas serta kohesifitas. Dalam standart AASHTO dan ASTM, penentuan klasifikasi tanah lempung ditentukan dari ukuran butir, indek plastisitas dan batas cair. Standar

AASHTO mensyaratkan lebih dari 35 % lolos saringan nomor 200 dengan indeks plastisitas minimum 11 %, sedangkan standar *ASTM* mensyaratkan lebih dari 50 % lolos saringan nomor 200. Holtz dan Kovacs (1981) memberikan garis besar identifikasi tanah lempung yaitu berbutir halus dan tidak dapat dilihat butiran tunggalnya, bersifat kohesi dan plastis. Perilaku teknis sangat dipengaruhi oleh kadar air, perilaku teknis tidak terlalu dipengaruhi oleh distribusi ukuran butir. Tingkat kohesifitas tanah lempung sangat menentukan besaran kuat geser tanah, Tingkat plastisitasnya sangat dipengaruhi oleh kadar air tanah. Kedudukan fisis tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi (Hardiyatmo, 1992). Tingkat konsistensi tanah lempung menurut Bowles (1985) disampaikan sebagai berikut ini,

1. *Liquid Limit* (batas cair / LL)

Adalah suatu nilai kadar air yang apabila tanah diatas nilai kadar air ini maka tanah akan berperilaku sebagai *viscous fluit* (campuran antara tanah dan air dengan kuat gesernya tidak terukur).

2. *Plastic Limit* (batas plastis / PL)

Adalah suatu nilai kadar air, apabila tanah dibawah nilai kadar air ini maka tanah tidak berperilaku sebagai material plastis. Tingkat keplastisan tanah antara batas cair dan batas plastis disebut Indeks Plastis.

3. *Shrinkage Limit* (batas susut / SL)

Adalah suatu nilai kadar air, apabila tanah dibawah nilai kadar air ini, maka tanah tidak mengalami perubahan volume saat dikeringkan lebih lanjut.

Bowles (1984) memberikan identifikasi lapangan yang sederhana untuk membedakan antara lempung, pasir, dan lanau yaitu :

1. Pasir dan lanau akan cepat mengering dan mudah dibersihkan dari telapak tangan, lempung cenderung mengakibatkan perubahan warna (*discoloration*) setelah mengering. Untuk membersihkannya butuh pembilasan dengan air.

2. Lempung juga cenderung menjadi halus (*smooth*) saat disentuh, juga dapat meninggalkan *smooth streak* saat *spatula blade* melewati massa tanah yang basah.

3.2 Tanah Timbunan Yang Diperkuat

Timbunan yang dibangun di atas tanah lunak memiliki kecenderungan untuk menyebar secara lateral akibat tekanan tanah horizontal yang bekerja di dalam timbunan. Tekanan tanah ini menimbulkan tegangan geser horizontal pada dasar timbunan yang harus ditahan oleh tanah pondasi. Apabila tanah pondasi tidak memiliki tahanan geser yang cukup, maka akan terjadi keruntuhan.

Pemasangan geotekstil atau geogrid berkekuatan tinggi yang direncanakan dengan tepat akan berfungsi sebagai perkuatan untuk meningkatkan stabilitas serta mencegah keruntuhan. Geotekstil atau geogrid juga akan mengurangi pergeseran horizontal dan vertikal tanah di bawahnya, sehingga dapat mengurangi penurunan diferensial.

Fungsi perkuatan pada konstruksi timbunan adalah sebagai berikut ini,

1. meningkatkan faktor keamanan rencana,
2. menambah tinggi timbunan,
3. mencegah pergeseran timbunan selama pelaksanaan, dan
4. memperbaiki kinerja timbunan karena penurunan pasca konstruksi yang seragam.

3.3 Geosintetik

Pada dasarnya, geosintetik terbagi menjadi dua yaitu tekstil dan jaring (*web*). Berdasarkan bahannya, kedua jenis geosintetik dibagi menurut bahan sintetik dan alami. Sebagian besar geosintetik terbuat dari polimer sintetik seperti polipropilena (PP), poliester (PET) atau polietilena (PE). Material polimer tersebut sangat tahan terhadap degradasi biologis dan kimiawi.

Berdasarkan sifat permeabilitas, geosintetik terbagi menjadi kedap air dan lolos air. Geotekstil adalah jenis geosintetik yang lolos air yang berasal dari bahan tekstil. Geomembran merupakan jenis geosintetik kedap air yang biasa digunakan sebagai penghalang zat cair.

Pada umumnya geosintetik dapat diidentifikasi berdasarkan berikut ini,

1. tipe polimer (definisi deskriptif, misalnya polimer berkepadatan tinggi, polimer berkepadatan rendah),
2. tipe elemen (misalnya filamen, tenunan, untaian, rangka, rangka yang dilapis),
3. proses pembuatan (misalnya teranyam, tak teranyam dan dilubangi dengan jarum, tak teranyam dan diikat dengan panas, diperlebar atau ditarik, dijahit, diperkeras, diperhalus),
4. tipe geosintetik primer (misalnya geotekstil, geogrid, geomembran), dan
5. massa per satuan luas (untuk geotekstil, geogrid, geosynthetic clay liner, dan geosintetik penahan erosi) dan atau ketebalan (untuk geomembran).

3.4 Geosintetik Untuk Perkuatan Timbunan

Geosintetik untuk perkuatan timbunan dapat berupa geotekstil *woven*, *non woven* dan dalam bentuk geogrid. Fungsi geotekstil ini tidak sebagai tulangan, tetapi sebagai *separator* (pemisah) antara tanah lunak dengan timbunan. Bila timbunan terletak pada tanah lunak, terjadi *deformasi* yang berlebihan yang menyebabkan timbunan menjadi melengkung kebawah. Melengkungnya timbunan ini merusak struktur di atasnya, prinsipnya timbunan berperilaku sama seperti balok yang dibebani, dimana jika timbunan melengkung terlalu tajam akan timbul keretakan-keretakan lapis perkerasan/aspal, dan jika penurunan tidak merata maka jalan akan bergelombang.

Analisa mekanika tanah dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi tanah timbunan. Dari analisa akan dihasilkan kekuatan geotekstil yang dibutuhkan agar timbunan tidak terdeformasi secara berlebihan. Geosintetik yang berada dibawah timbunan jalan dapat mengurangi tegangan yang terjadi pada lapisan tanah bagian bawah ketika lapisan ini mengalami tarikan akibat beban yang bekerja. Digunakannya

geotekstil struktur timbunan dapat lebih terjaga, sehingga beban timbunan disebarkan merata secara luas, dengan demikian maka geotekstil dapat mengurangi besarnya tekanan ke tanah dibagian bawahnya.

Beban maksimum yang ditumpu perkuatan geogrid pada umumnya dalam satu arah yaitu sepanjang lebar timbunan. Oleh sebab itu dalam arah lebar harus mempunyai kuat tarik maksimum. Dalam arah memanjang kebutuhan beban tarik hampir minimal, ini cukup menahan beban yang disebabkan perbedaan tinggi timbunan selama konstruksi.

3.5 Konsolidasi

Konsolidasi merupakan proses keluarnya air dari dalam pori-pori tanah yang menyebabkan terjadinya perubahan volume tanah (memampat). Peristiwa konsolidasi umumnya dipicu oleh adanya beban/muatan diatas tanah. Muatan tersebut dapat berupa tanah atau konstruksi bangunan yang berdiri diatas tanah. Bila lapisan tanah mengalami beban diatasnya, maka air pori akan mengalir keluar dari lapisan tersebut dan volumenya akan berkurang atau dengan kata lain akan mengalami konsolidasi (Wesley, 1997). Pada umumnya konsolidasi akan berlangsung satu arah (*one dimensional consolidation*) yaitu pada arah vertikal saja, karena lapisan yang mengalami tambahan beban itu tidak dapat bergerak dalam jurusan horisontal karena ditahan oleh tanah sekitarnya (*lateral pressure*).

Konsolidasi adalah peristiwa mampatnya tanah karena menderita tambahan tekanan efektif. Pada peristiwa konsolidasi ada dua hal yang penting:

1. Besarnya penurunan yang akan terjadi, yang ditentukan:
 - a. Kompresibilitas tanah
 - b. Tebal tanah kompresibel
 - c. Besarnya tambahan tekanan efektif
2. Laju konsolidasi, dipengaruhi oleh:
 - a. Permeabilitas tanah
 - b. Tebal tanah kompresibel

- c. Kondisi drainase diatas dan dibawah lapisan tanah kompresibel

3.6 Geotekstil

Geotekstil adalah material yang saat ini populer dalam proyek konstruksi di Indonesia terutama dalam pembangunan jalan di atas tanah lunak seperti di pulau Sumatera dan Kalimantan yang banyak terdapat tanah gambut. Selain itu geosintetik juga diaplikasikan sebagai filter pada konstruksi penahan gelombang baik di tepian pantai maupun lepas pantai. Istilah geosintetik mengacu pada material sintetik yang digunakan dalam permasalahan geoteknik. Material sintetik merupakan hasil polimerisasi dari industri-industri kimia atau minyak bumi.

Penggunaan bahan sintetik ini berkaitan dengan sifat ketahanan (durability) material sintetik terhadap senyawa-senyawa kimia, pelapukan, keausan, sinar ultra violet dan mikroorganisme. Polimer utama yang digunakan untuk pembuatan geosintetik adalah Polyester (PET), Polyamide (PM), Polypropylene (PP), dan Polyethylene (PE).

3.6.1 Jenis-Jenis Geotekstil

Geotekstil meliputi woven (tenun) dan non woven (tanpa tenun). Tenun dihasilkan dari 'interlaying' antara benang-benang melalui proses tenun, sedangkan non woven dihasilkan dari beberapa proses seperti : heat bonded (dengan panas), needle punched (dengan jarum), dan chemical bonded (menggunakan bahan kimia). Baik woven maupun non woven dihasilkan dari benang dan serat polimer terutama : polypropylene, poliester, polyethylene dan polyamide.

1. Geotextile woven Geotextile woven merupakan salah satu turunan produk geosynthetic yang berbentuk anyaman, biasanya dua arah atas dan bawah. Geotextile woven diproduksi dengan mengadopsi teknik seperti tenun tekstil pakaian biasa. Geotextile woven terbuat dari silt film tape polypropylene yang penggunaannya kini tengah beredar luas di Indonesia. Geotextile Woven memberikan kuat tarik maksimal pada berat tahan minimal. Hal ini memberikan

keuntungan ekonomi yang besar untuk mendapatkan tingkat keamanan struktur yang diharapkan. Geotextile Woven tidak akan mudah koyak atau robek pada saat dipasang di lapangan. Struktur anyaman yang kekar (double twist) dari Geotextile Woven menjamin kekuatan tekanan hingga 40 kN/m saat digunakan sebagai separator atau lapisan pemisah. Karena jika material pemisah ini sudah koyak pada saat pemasangan, maka fungsi separator akan terganggu. Bentuk permukaan dari Geotextile Woven yang sangat unik memberikan koefisien geser (pull out resistance) besar ketika dipasang pada tanah kohesif sekalipun. Hal ini akan berpengaruh terhadap panjang penjangkaran yang diperlukan untuk aplikasi perkuatan. Semakin kasar permukaan, maka panjang penjangkaran semakin pendek demikian juga sebaliknya. Maka ini akan memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan. Geotextile woven merupakan material berbentuk lembaran yang terbuat dari serat atau benang polymer yang berbahan dasar polypropylene atau polyester yang dianyam menggunakan mesin modern yang berteknologi tinggi. Geotextile woven bersifat permeabel dan memiliki Tensile Strength (TS) atau kuat tarik yang tinggi. Geotextile woven mempunyai tensile strength lebih tinggi jika dibandingkan dengan geotekstil jenis non woven. Fungsi dari material ini sendiri yaitu diaplikasikan sebagai material stabilisasi (stabilisator) untuk tanah dasar, khususnya pada tanah lunak. Selain itu dapat juga diaplikasikan pada jalur rel kereta api, pada lahan yang akan ditimbun atau reklamasi, pada pembuatan atau konstruksi jalan, dan lain sebagainya untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



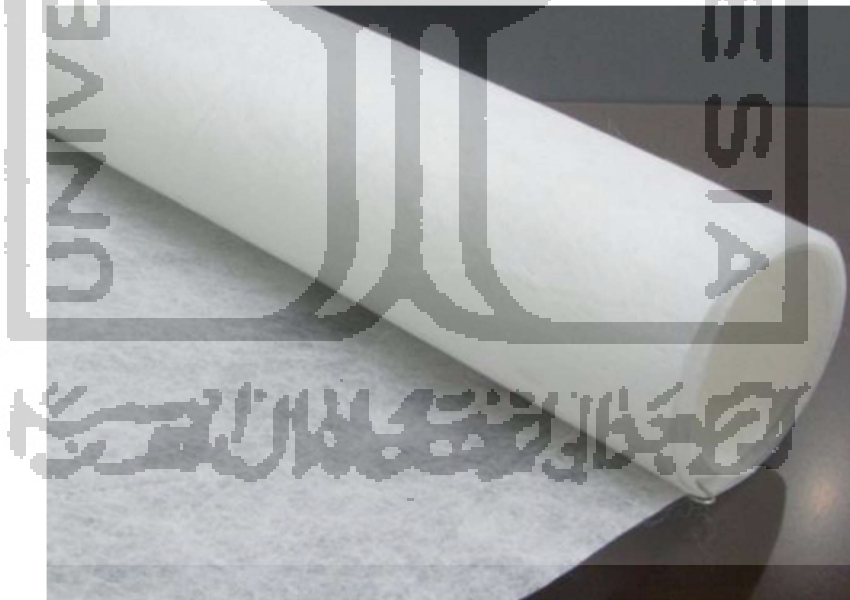
Gambar 3.1 Geotekstil Woven

2. Geotextile Non Woven Geotextile Non Woven adalah salah satu jenis geotekstil yang terbuat dari bahan polypropylene dan polyester. Bentuk dari geotextile non woven tidak teranyam seperti karpet kain. Geotextile non woven dirancang untuk memberikan kinerja yang optimal persatuan berat. Ketahanan mekanik dan hidrolik yang sangat baik menjadikan Geotextile Non Woven ini sebagai pilihan yang tepat untuk lapisan pemisah dan penyaring, karena memiliki kekuatan jebol (puncture resistance) yang tinggi untuk menjamin material tidak rusak pada saat pelaksanaan. Geotextile Non Woven sebagai produk unggulan geotekstil tipe non woven, telah didesain dan diproduksi melalui pengalaman panjang. Dukungan pengetahuan teknologi produksi dan pengetahuan bidang geoteknik yang sangat memadai telah menghasilkan produk geotekstil yang unggul. Produk yang dikeluarkan telah sesuai dengan peruntukkan/aplikasi lapangan di bidang mekanika tanah dalam standar uji ASTM D / ISO. Selain itu, Geotextile Non Woven memiliki bukaan pori yang relatif kecil namun memiliki permeabilitas yang tinggi. Hal ini berfungsi sebagai penahan butiran tanah yang baik, namun tetap memungkinkan aliran air tidak terganggu. Kriteria ini sangat penting saat diaplikasikan untuk drainase yang menuntut tidak terjadinya penyumbatan (clogging) pada media drainasenya karena akumulasi lolosnya butiran tanah

dalam jumlah besar. Demikian juga pada saat diaplikasikan pada konstruksi filter di bawah riprap. Geotextile Non Woven dengan baik menahan butiran tanah atau pasir, namun tetap memungkinkan aliran air sama sekali tidak terganggu, sehingga tidak akan terjadi peningkatan tekanan hidrostatik dan hidrodinamis air yang mengganggu stabilitas timbunan. Geotextile non woven memiliki beberapa fungsi sebagai berikut:

- a. sebagai lapisan proteksi geomembran,
- b. sebagai pemisah dan lapisan perkuatan di bagian bawah jalan raya baru, area parkir, unit industri, dan lain-lain,
- c. sebagai separator untuk mencegah pencampuran atau intermixing antara lapisan tanah yang berbeda, dan
- d. sebagai filter pada saluran drainase.

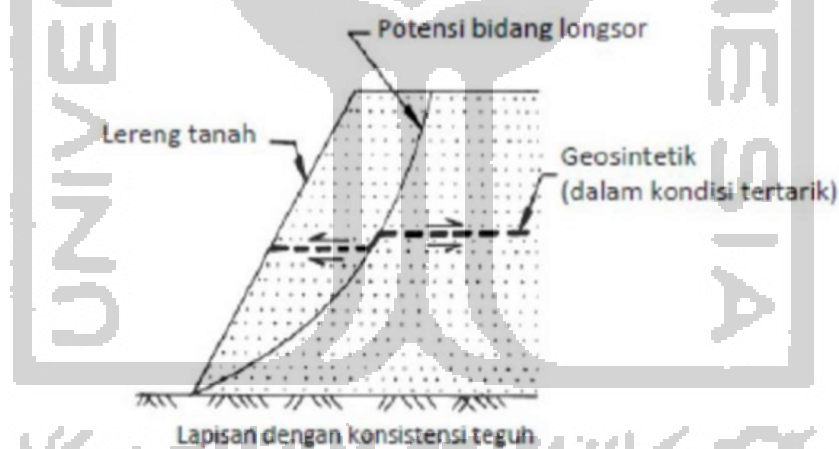
Adapun untuk gambar geotekstil non woven lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Geotekstil Non Woven

3.6.2 Mekanisme Kerja Geotekstil pada Tanah

Salah satu kegunaan geotekstil dalam rekayasa teknik sipil adalah sebagai fungsi stabilisasi tanah untuk meningkatkan sifat mekanis massa tanah, meningkatkan faktor keamanan lereng dan menstabilkan lereng dengan kemiringan curam ($< 70^\circ$). Lereng tanah yang diperkuat umumnya terdiri dari timbunan padat yang digabungkan dengan perkuatan geotekstil yang disusun ke arah horisontal. Ketika tanah dan geotekstil digabungkan, material komposit (tanah yang diperkuat) tersebut menghasilkan kekuatan tekan dan tarik tinggi sehingga dapat menahan gaya yang bekerja dan deformasi. Pada tahapan tersebut, geotekstil berlaku sebagai bagian tahanan tarik gesekan (adhesi), saling mengikat (interlocking) atau pengurungan (confinement) yang digabungkan ke tanah/timbunan dan menjaga stabilitas massa tanah seperti yang digambarkan pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Dasar Mekanisme Perkuatan Lereng dengan Tanah
(Sumber: DPU, 2009)

3.7 Perkuatan Tanah Dengan *Sheet Pile*

Sheet pile atau turap merupakan dinding vertikal yang reatif tipis yang berfungsi untuk menahan tanah yang dipasang saling mengunci dan dipancang ke dalam tanah sehingga membentuk dinding vertikal menerus. Turap dibedakan menurut bahan yang digunakan. Bahan turap tersebut bermacam-macam, seperti kayu, beton bertulang, dan baja.

3.7.1 Tipe – Tipe Dinding *Sheet Pile*

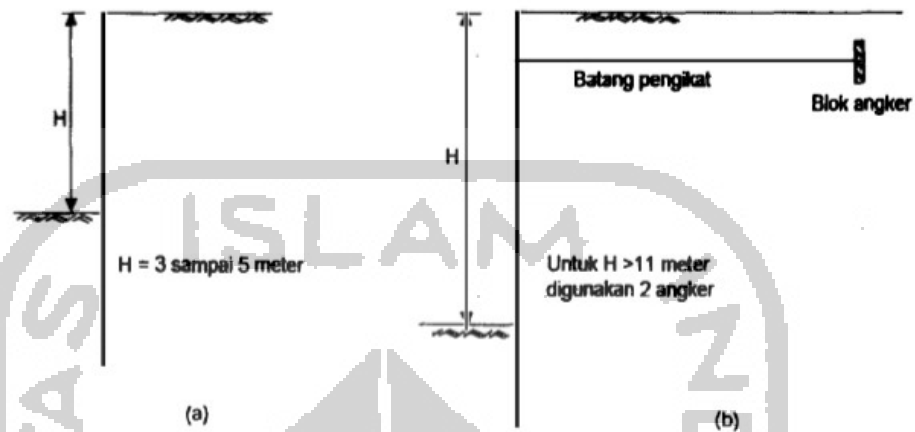
Tipe – tipe dinding *sheet pile* dibagi menjadi menjadi 4 tipe seperti berikut ini.

1. Dinding *sheet pile* kantilever

Dinding *sheet pile* tipe kantilever merupakan tipe yang mengandalkan tahanan tanah di depan dinding untuk menahan beban lateral. Tipe *sheet pile* ini cocok digunakan untuk menahan tanah dengan ketinggian sedang, karena defleksi yang terjadi relatif besar dan luas bahan yang dibutuhkan semakin besar seiring dengan ketinggian yang bertambah. Gambar *sheet pile* tipe kantilever dapat dilihat pada Gambar 3.4 a.

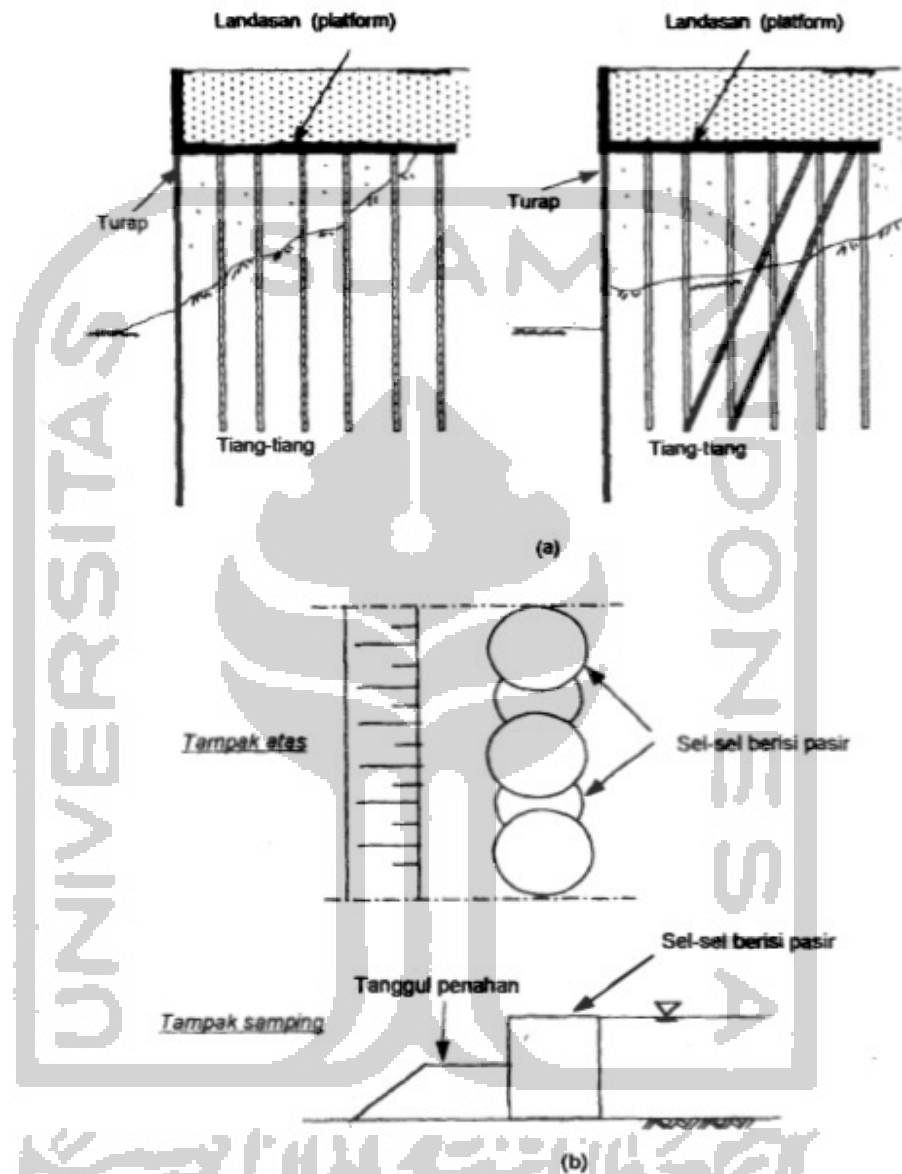
2. Dinding *sheet pile* berangkur

Dinding *sheet pile* berangkur merupakan tipe yang cocok digunakan untuk menahan tanah dengan ketinggian yang besar. Pada tipe ini mengandalkan tahanan tanah pada *sheet pile* yang dipancang ke dalam tanah serta dengan angkur yang dipasang pada bagian atas *sheet pile*. Kedalaman turap menembus tanah bergantung pada besarnya tekanan tanah. Untuk dinding turap yang tinggi, diperlukan turap baja dengan kekuatan tinggi. Gambar *sheet pile* berangkur dapat dilihat pada Gambar 3.4 b.



Gambar 3.4 (a) *Sheet Pile* Tipe Kantilever
 (b) *Sheet Pile* Berangkur
 (Sumber : Hardiyatmo, 2008)

3. Dinding *sheet pile* dengan landasan atau *platform* yang didukung tiang – tiang. Dinding *sheet pile* tipe ini dibantu dengan tiang – tiang dalam menahan tekanan tanah lateral yang dimana terdapat landasan pada atas tiang – tiang yang berguna untuk meletakkan bangunan tertentu. Tiang – tiang tersebut membantu mengurangi tekanan lateral yang terjadi pada *sheet pile*. Gambar *sheet pile* tipe ini dapat dilihat pada Gambar 3.5 a.
4. Bendungan elak seluler
 Pada tipe bendungan elak seluler *sheet pile* berbentuk sel – sel yang diisi dengan pasir. Tipe ini mengandalkan beratnya dalam menahan tekanan tanah yang terjadi. Gambar *sheet pile* tipe ini dapat dilihat pada Gambar 3.5 b.

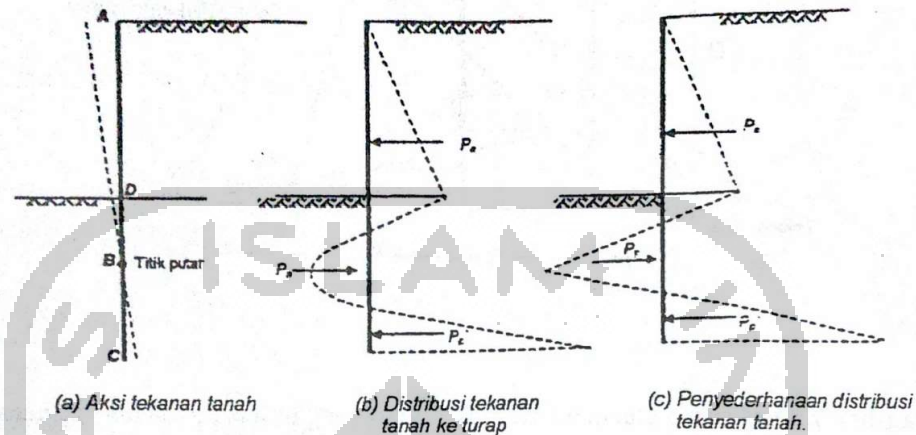


Gambar 3.5 (a) Sheet Pile Dengan Landasan
(b) Bendungan Elak Seluler

(Sumber : Hardiyatmo, 2008)

3.7.2 Prinsip Umum Perancangan Turap

Tekanan tanah yang bekerja pada turap dengan kondisi kaku sempurna dapat digambarkan pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Tekanan Tanah Pada Turap

Sumber : Hardiyatmo (2008)

Akibat dari tekanan tanah aktif di belakang turap, turap berotasi pada titik B. Tekanan tanah pada bawah turap yang tertanam berupa tanah pasif yang berada di belakang BC dan di depan BD. Sedangkan yang berada di depan BC dan di belakang BD merupakan tekanan tanah aktif. Pada titik rotasi B, tekanan tanah lateral akan sama dengan nol. Hal tersebut terjadi karena pada titik tersebut mendapatkan tekanan tanah yang sama dari depan dan dari belakang. Distribusi tekanan tanah lateral untuk tanah kohesif berbeda. Oleh karena itu perancangan dibedakan berdasarkan pada jenis tanahnya.

3.7.3 Perencanaan *Sheet Pile* Kantilever

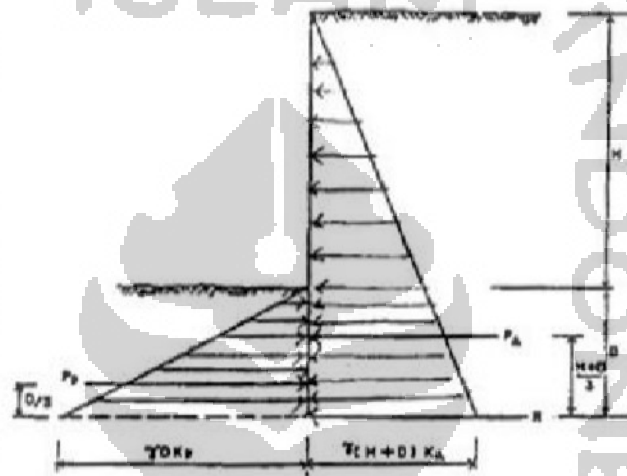
Dalam perencanaan kedalaman pemancangan *sheet pile*, dapat digunakan beberapa metode antara lain,

1. Metode Konvensional

Pada metode ini, tanah di atas maupun di bawah galian dianggap sama. *Sheet pile* mengalami defleksi dengan bentuk yang tidak diketahui dan dianggap berputar pada suatu titik putar dibawah garis galian, maka dari itu ada zona aktif dan pasif. Jika tanah keseluruhan bergerak ke kiri maka tanah dikanan dianggap aktif dan sebaliknya.

2. Metode Simplified

Pada metode ini, semua tekanan tanah baik aktif maupun pasif diperhitungkan secara utuh sampai kedasar *sheet pile*. Untuk lebih detailnya tekanan tanah lateral menggunakan metode simplified dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut,



Gambar 3.7 Tekanan Tanah Lateral Metode Simplified
(sumber : Redana, 2010)

3.8 Stabilitas Lereng

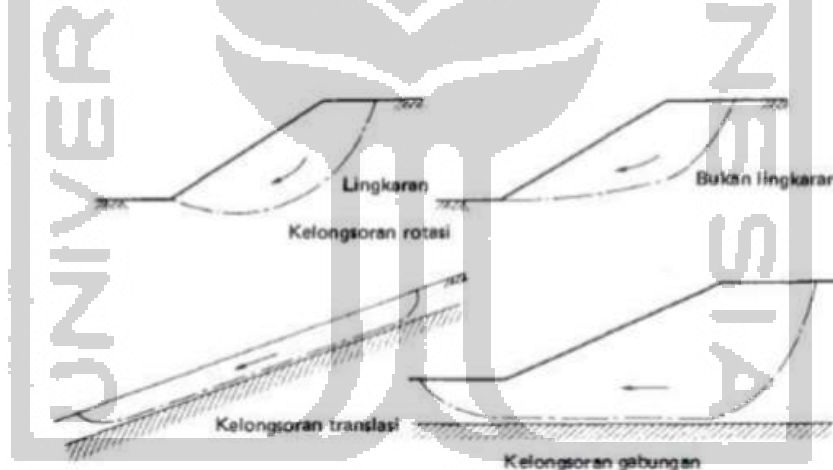
3.8.1 Umum

Pada permukaan tanah yang tidak horisontal, pergerakan gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika pergerakan gravitasi melampaui perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Sebab terjadinya kelongsoran lereng adalah karena tidak tersedianya kuat geser tanah yang cukup untuk menahan gerakan tanah longsor ke bawah, pada bidang longsornya. Namun, kelongsoran lereng dapat juga terjadi dari hal-hal berikut ini,

1. penambahan beban pada lereng,
2. penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng,

3. penggalian yang mempertajam kemiringan lereng,
4. perubahan posisi muka air secara cepat,
5. kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah), dan
6. gempa bumi.

Pada dasarnya, bentuk-bentuk atau pola keruntuhan lereng didasarkan pada jenis tanah yang terdapat pada lereng tersebut. Pengamatan longsor lereng yang dilakukan oleh Collin (1846) menunjukkan bahwa kebanyakan kelongsoran lereng terjadi dengan bentuk bidang longsor berupa lengkung atau rotasi. Keruntuhan pada tanah kohesif sering terjadi karena bertambahnya kadar air. Namun, terdapat juga bentuk atau pola keruntuhan translasi. Keruntuhan pada jenis ini biasanya terjadi pada tanah dasar keras. Jenis pola keruntuhan dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Pola Keruntuhan

(sumber : Craig, 1989)

Pada suatu lereng, kemungkinan untuk terjadi longsor itu ada. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu pemeriksaan terhadap lereng tersebut, apakah longsor atau tidak. Analisis stabilitas lereng merupakan upaya yang dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, ataupun lereng timbunan tanah. Dalam melakukan analisis tersebut tidaklah mudah, karena banyak faktor yang bisa mempengaruhi hasil

hitungan, seperti pada jenis tanah tertentu nilai kuat geser dapat berubah-ubah tergantung iklim, terdapat aliran rembesan air dalam tanah dan lain sebagainya.

Berdasarkan Hardiyatmo (2014) faktor keamanan didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, yang dinyatakan dengan Persamaan 3.13 berikut ini.

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (3.1)$$

Keterangan,

τ = Tahanan geser yang dapat dikerahkan tanah (kN/m²)

τ_d = Tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor (kN/m²)

F = Faktor aman

Menurut teori Mohr-Coulomb dalam Hardiyatmo (2014), tahanan terhadap tegangan geser (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, di sepanjang bidanga longornya, dinyatakan dalam persamaan.

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (3.2)$$

Keterangan,

τ = Tegangan geser (kN/m²)

c = Kohesi (kN/m²)

φ = Sudut gesek dalam tanah (°)

σ = Tegangan normal (kN/m²)

Hubungan beberapa varisai nilai faktor keamanan terhadap kemungkinan longsor lereng maupun pada perancangan lereng menurut Bowles (1989) dapat dilihat pada Tabel 3.12 Berikut ini,

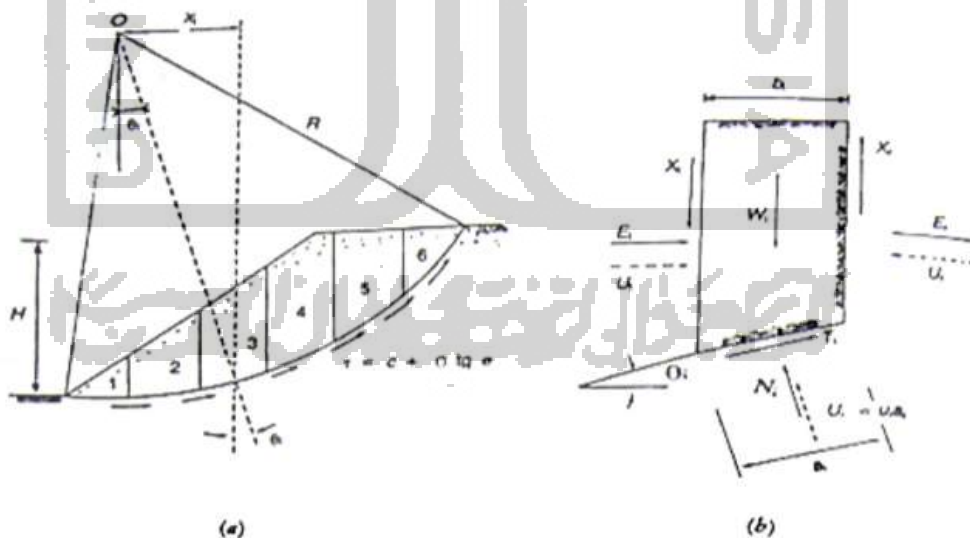
Tabel 3.1 Hubungan Nilai Safety Factor dan Kemungkinan Kelongsoran Lereng

No	Nilai <i>Safety Factor</i>	Kemungkinan Longsor
1	$< 1,07$	Kelongsoran bisa terjadi
2	$1,07 < SF < 1,25$	Kelongsoran pernah terjadi
3	$> 1,25$	Kelongsoran jarang terjadi

(sumber : Bowles, 1989) .

3.8.2 Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellinius

Menurut Whitman dan Baily (1967) dalam buku Mekanika Tanah II (Hardiyatmo,) mengatakan bahwa metode Fellinius dalam menganalisis akan menghasilkan nilai faktor aman yang lebih rendah dari cara hitungan yang lebih teliti. Walaupun analisis ditinjau dalam tinjauan tegangan total, kesalahan masih merupakan fungsi dari faktor aman dan sudut pusat dari lingkaran. Dalam perhitungannya, massa tanah yang longsor dipecah – pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Gaya yang bekerja pada irisan dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Gaya Yang Bekerja Pada Irisan
(sumber : Hardiyatmo, 2014)

Dalam perhitungan analisis stabilitas lereng menggunakan metode fellinius menganggap bahwa gaya – gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Faktor aman pada metode ini dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$F = \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}}$$

$$= \frac{c a_i + (W_i \cos \theta - u_i a_i) \tan \phi}{W_i \sin \theta_i} \quad (3.3)$$

Keterangan,

F	= Faktor aman	
C	= Kohesi tanah	(kN/m ²)
φ	= Sudut gesek dalam tanah	(°)
a _i	= Panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i	(m)
W _i	= Berat irisan tanah ke-i	(kN)
U _i	= Tekanan air pori pada irisan ke-i	(kN/m ²)
θ _i	= Sudut pada irisan ke i	(°)

3.9 Plaxis

3.9.1 Pendahuluan

Plaxis adalah program analisis geoteknik yang dipilih karena dapat menganalisa stabilitas tanah dengan menggunakan metode elemen hingga yang mampu melakukan analisis yang dapat mendekati perilaku sebenarnya. Plaxis menyediakan berbagai analisis tentang displacement, tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, faktor keamanan lereng dan lain-lain.

Kondisi di lapangan yang disimulasikan dengan program Plaxis ini bertujuan untuk diaplikasikan dari pengerjaan program ke tahapan pelaksanaan di lapangan. Sehingga hasil dari program tersebut lebih memudahkan pada proses olah data yang

diharapkan dapat menghemat waktu namun hasilnya sesuai dengan perhitungan manual.

3.9.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan Program Plaxis 8.2

Dari data-data yang ada kemudian diolah dengan memasukkan data-data dari lereng untuk dilakukan pengolahan data oleh program, maka akan diketahui perlu tidaknya lereng diberi perkuatan. Dengan program ini juga dapat dilakukan pengontrolan angka faktor keamanan (SF) terhadap lereng dengan perkuatan menggunakan geotekstil. Dalam pengoperasian program Plaxis 8.2 diperlukan langkah sebagai berikut ini,

1. buka program Plaxis 8.2 kemudian masukkan data dimensi dan title program yang akan dibuat,
2. gambar penampang lereng yang akan dianalisis, kemudian klik Standart Fixities,
3. buat jenis properties material yang akan dipakai pada lereng, dan isi data data lereng seperti γ_d , γ_b , ϕ , dan lain sebagainya. Lalu kemudian aplikasikan material yang telah dibuat ke setiap lapisan tanah,
4. kemudian ubah mesh generating setup sesuai dengan mesh dan lalu generate,
5. buat lapisan muka air tanah pada penampang dengan menggunakan initial conditions,
6. kemudian lakukan calculating dan isi setiap phase yang akan dilakukan analisis,
7. kemudian buat curve displacement, dan baru dapat dilakukan calculate, dan
8. setelah proses calculate selesai maka didapatkan output sebagai berikut.

Dari tahapan-tahapan yang telah dilakukan oleh program Plaxis 8.2 didapatkan berupa curve displacement dan juga nilai SF. Output tersebut dapat dilihat apakah lereng aman mengalami kelongsoran atau sudah aman sehingga tidak diperlukan perkuatan tambahan. Apabila lereng belum aman terhadap longsor, maka akan dilakukan analisis kembali menggunakan perkuatan geotekstil dan akan didapatkan Safety Factor yang baru setelah diberi perkuatan.

3.9.3 Model Material

Salah satu hal yang sangat penting dalam permodelan menggunakan elemen hingga adalah menentukan model material. Model material adalah sekumpulan persamaan matematika yang menjelaskan hubungan antara tegangan-regangan. Suatu material harus dimodelkan secara mekanis menggunakan persamaan konstitutif. Penentuan model suatu material dibuat sesuai dengan kondisi material yang ditinjau serta derajat keakuratan yang diinginkan .

Perilaku tanah dan batuan dibawah beban umumnya bersifat non-linier. Perilaku ini dapat dimodelkan dengan berbagai persamaan, diantaranya *Linear elastic model*, *Mohr Coulomb model*, *Hardening Soil model*, *Soft Soil model*, dan *Soft Soil Creep model*. Pada analisis ini digunakan model *Mohr-Coulomb* yang memerlukan 5 buah parameter yaitu :

E : Modulus Young [kN/m^2]

ν : Angka Poisson [-]

ϕ : Sudut geser [$^\circ$]

c : Kohesi [kN/m^2]

ψ : Sudut dilatasi [$^\circ$]

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah pada Ruas Jalan tol Balikpapan - Samarinda sta. 9+726 s/d sta. 9+926 untuk detailnya dapat dilihat pada Gambar 1.1.

4.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang meliputi:

1. Data penyelidikan tanah,
2. Data Sondir,
3. Data SPT Topografi, dan
4. Data Geotekstil.

4.3 Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah pemodelan timbunan badan jalan di atas tanah lunak pada Ruas Jalan tol Balikpapan – Samarinda seksi V. Sta. 9+726 s/d sta. 9+926, yang diperkuat dengan bahan *Sheet Pile* dan *Geotekstil* menggunakan program Plaxis v.8.6.

4.4 Metode Analisis Data

Analisa stabilitas timbunan badan jalan di atas tanah lunak pada penelitian ini menggunakan program Plaxis Versi 8.6. Untuk perkuatan pada timbunan badan jalan digunakan bahan *Sheet Pile* dan *Geotekstil*. Pada analisisnya akan dicari perbandingan angka aman antara tanah dengan kondisi tanpa dan dengan perkuatan.

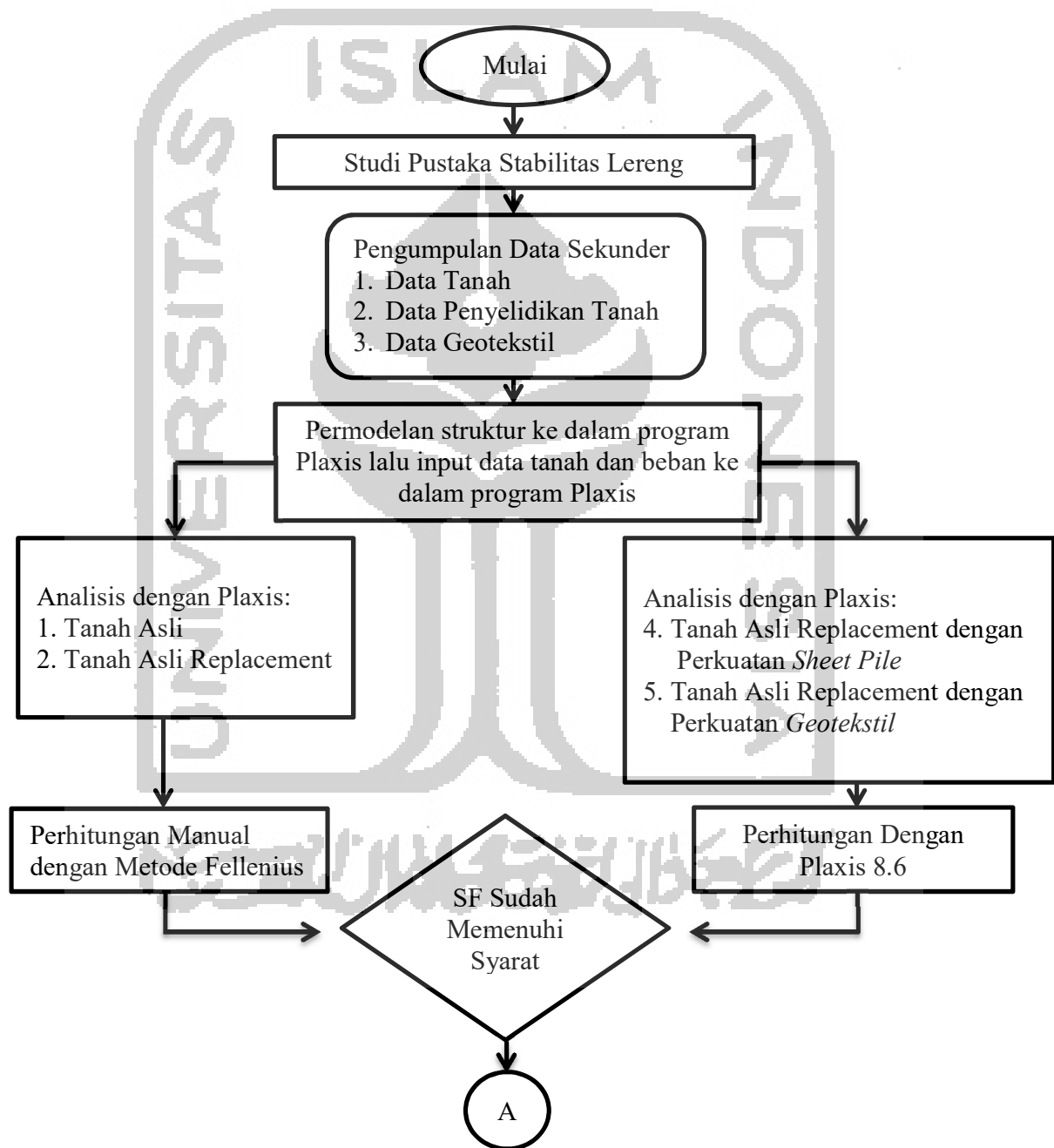
4.5 Langkah – Langkah Penelitian

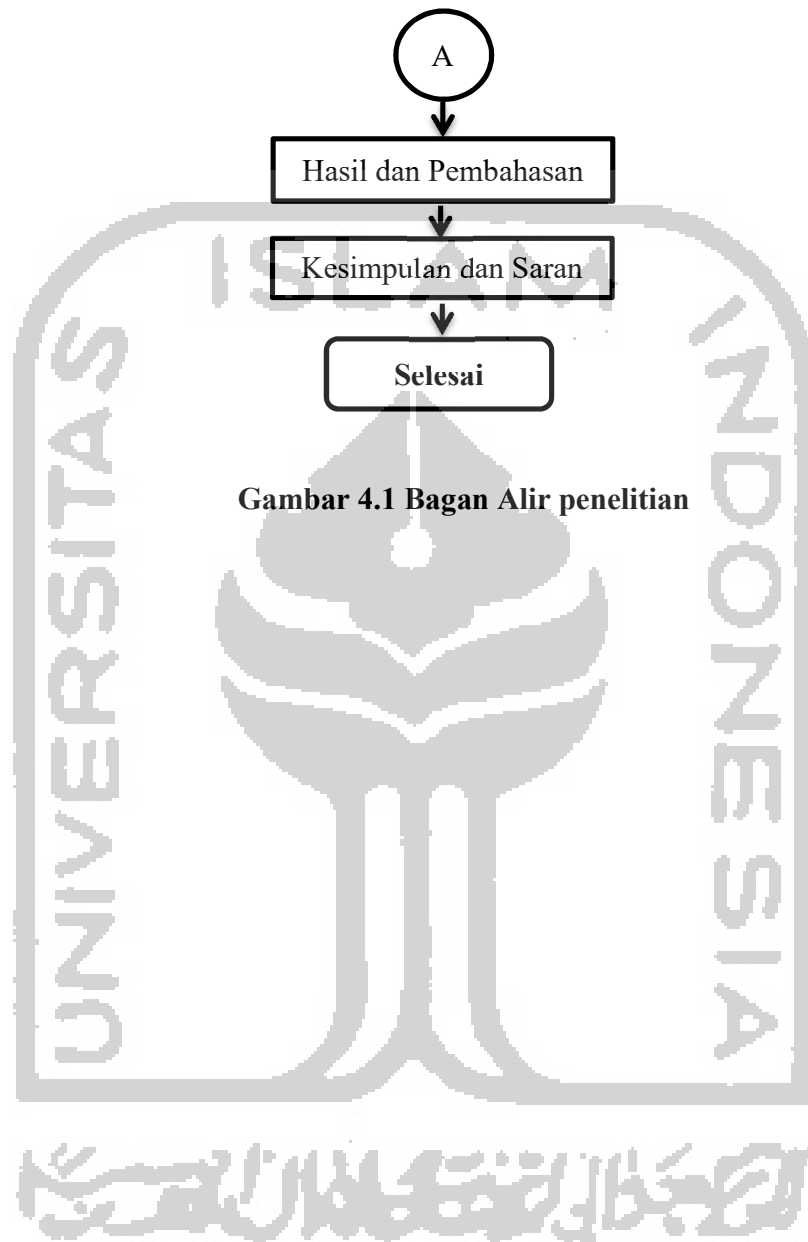
Secara umum penelitian ini dilakukan dalam tahapan-tahapan sebagaimana disajikan berikut ini:

1. Tahap Persiapan
Pada tahap ini, dilakukan pencarian dan mempelajari literatur yang berhubungan dengan topik penelitian.
2. Tahap Pengumpulan Data
Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data yang meliputi pengambilan data tanah yang didapat dari laporan usulan penanganan longsor oleh PT. PP Tbk (Persero) proyek jalan tol Balikpapan - Samarinda stasiun 2+850 - 3+050, serta gambar rencana Timbunan.
3. Tahap Analisis Data
Pada tahap ini, data yang telah diperoleh kemudian data tersebut diolah dan dianalisis dengan bantuan program Plaxis 2D versi 8.6. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - a. Analisis stabilitas timbunan jalan dilakukan dengan program Plaxis 8.6 dan perhitungan manual menggunakan metode Fellenius,
 - b. Analisis kekuatan timbunan dengan *Sheet Pile* berangkur menggunakan program Plaxis 8.6, dan
 - c. Analisis kekuatan timbunan dengan *Geotekstil* menggunakan program Plaxis 8.6.
4. Pembahasan hasil analisis stabilitas timbunan jalan, kekuatan timbunan dengan *Sheet Pile* berangkur dan kekuatan timbunan dengan *Geotekstil*.
5. Penarikan kesimpulan dan saran atas penelitian yang telah dilakukan.
Dari uraian di atas tahapan penelitian tugas akhir dapat digambarkan dalam bentuk bagan alir (*flowchart*) tugas akhir seperti pada Gambar 4.1

4.6 Bagan Alir

Tahapan penelitian diperlihatkan pada Gambar 4.1 bagan alir penelitian dibawah ini.





Gambar 4.1 Bagan Alir penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data penelitian

Ruas Jalan Tol Seksi V Balikpapan – Samarinda merupakan ruas jalan Tol yang akan menghubungkan kedua kota tersebut, terletak di Kalimantan Timur. Ruas jalan tol ini merupakan bagian dari ruas jalan Tol Trans Kalimantan Timur yang akan menghubungkan kota Balikpapan – Bontang.

Ruas Jalan tol Seksi V Balikpapan – Samarinda terletak pada perbukitan rendah dan diperlukan timbunan yang tinggi untuk mencapai Elevasi rencana Jalan. Selain itu, kondisi tanah dasar pada ruas jalan ini adalah tanah lunak yang memerlukan penanganan khusus untuk menciptakan keamanan dan kenyamanan jalan tersebut.

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara analisis Stabilitas Timbunan jalan tanah asli, timbunan yang diperkuat dengan *Geotekstil* dan tanah asli yang diperkuat dengan *Sheet Pile*. Analisis tersebut menggunakan Program Plaxis 8.6 yang dilakukan dengan dua kondisi Masa Konstruksi dan Pasca Konstruksi.

1. Masa Konstruksi

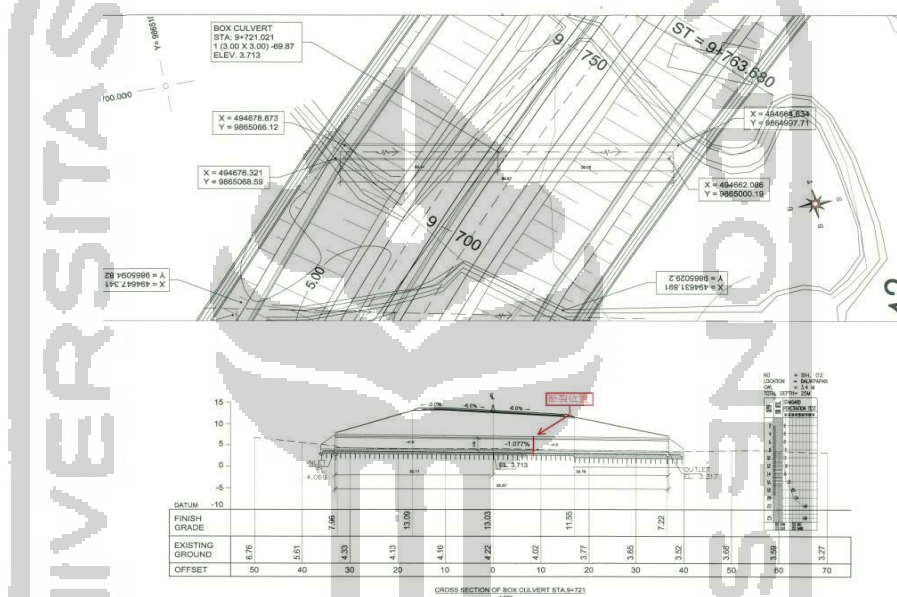
Masa Konstruksi adalah masa dimana saat situasi jalan belum diberlakukan sebagaimana fungsinya untuk mobilitas jalan kendaraan. Pada kondisi ini tanah bersifat *drained*, yang berarti air mampu keluar masuk tanah pada waktu tertentu karena perubahan isi yang terjadi pada tanah tidak mengakibatkan perubahan tegangan air pada rongga tanah.

2. Pasca Konstruksi

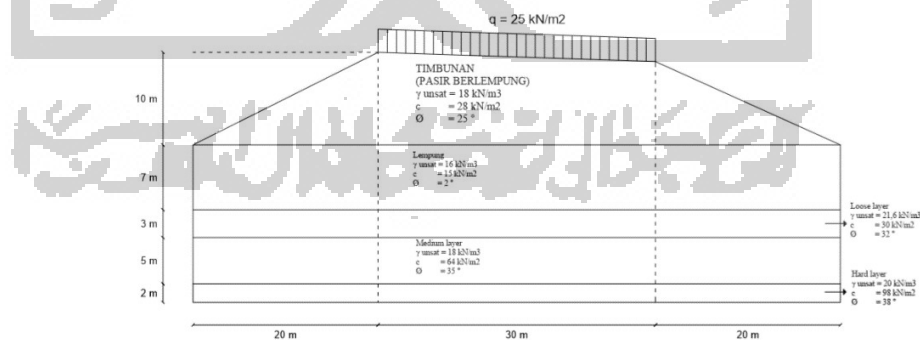
Pasca konstruksi adalah masa dimana saat situasi tanah timbunan dengan struktur jalan telah diberlakukan sebagaimana fungsinya untuk mobilitas jalan kendaraan. Pada kondisi ini tanah bersifat *undrained*, yang berarti air tidak dapat keluar masuk tanah pada waktu tertentu karena tanah telah mengalami

perubahan isi yang mengakibatkan perubahan tegangan air dan memadatkan rongga tanah.

Adapun penampang melintang jalan tol Seksi V Balikpapan – Samarinda Sta. 9+726 sampai dengan sta. 9+926 dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 Berikut ini,



Gambar 5.1 Lokasi dan Potongan Melintang Jalan Sta. 9+726 s/d Sta. 9+926



Gambar 5.2 Lokasi dan Potongan Melintang Jalan Sta. 9+726 s/d Sta. 9+926

5.2 Data Tanah dan Beban

Dalam melakukan analisis stabilitas timbunan jalan, diperlukan data tanah dari lapangan. Dalam penelitian ini, data tanah yang diperlukan adalah data sekunder dari proyek jalan Tol Balikpapan – Samarinda seksi V, Sta. 9+726 sampai dengan Sta. 9+926 PT.WIKA Tbk (Persero).

Untuk penanganan longsor di Sta. 9+726 dilakukan kajian teknis menggunakan parameter tanah yang ada serta dilakukan pemodelan dengan menggunakan Program Plaxis versi 8.6 Solusi yang direkomendasikan adalah dengan melakukan perkuatan tanah dasar dengan menggunakan *Sheet piles* berbahan baja. dan geotekstil dipresentasikan dalam tabel sebagai berikut.

5.2.1 Data Tanah

Dalam perencanaan perkuatan Timbunan Jalan, data tanah yang digunakan mengacu pada penyelidikan tanah yang dilakukan oleh PT. WIKA Tbk (Persero) yaitu uji Sondir. Hasil uji Sondir di empat titik dan Hasil uji Bor Log dapat dilihat pada Lampiran 3.1 dan Lampiran 4.1. Parameter tanah yang digunakan dalam perencanaan stabilitas Timbunan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Parameter Tanah

<i>Parameters</i>	<i>Name</i>	<i>Emb.</i>	<i>Soft Layer</i>	<i>Medium Layer</i>	<i>Hard Layer</i>	<i>Units</i>
<i>Model</i>	<i>Model</i>	MC	MC	MC	MC	-
<i>Type of Behavior</i>	<i>Type</i>	D	D	D	D	-
<i>Soil Weight Unsaturated</i>	γ_{unsat}	18	16	18	20	kN/m ³
<i>Soil Weight Saturated</i>	γ_{sat}	19,5	17,5	20	21	kN/m ³
<i>Young's Modulus</i>	E_{ref}	15000	2000	8800	14000	kN/m ²
<i>Cohesion</i>	c	29	13	25	30	kN/m ²
<i>Friction Angle</i>	ϕ	27	2	30	35	°
<i>Poisson Ratio</i>	ν	0,3	0,3	0,3	0,3	-
k_x		$0,1 \times 10^{-1}$	$0,1 \times 10^{-6}$	$0,1 \times 10^{-4}$	$0,1 \times 10^{-1}$	
k_y		$0,1 \times 10^{-1}$	$0,1 \times 10^{-6}$	$0,1 \times 10^{-4}$	$0,1 \times 10^{-1}$	

5.2.2 Data Beban Kendaraan Jalan

Dalam penelitian ini, beban – beban yang bekerja pada lereng adalah beban struktur perkerasan, beban lalu lintas dan beban gempa. Pada saat masa konstruksi, beban yang bekerja hanya beban struktur perkerasan dan beban gempa. Sedangkan pada saat paska kostruksi, beban yang bekerja meliputi beban struktur perkerasan, beban lalu lintas dan beban gempa.

1. Beban Struktur Perkerasaan dan Lalu Lintas

Berdasarkan data sekunder, nilai untuk beban struktur perkerasan jalan yaitu 10 kN/m². Sedangkan beban lalu lintas yang digunakan adalah 15 kN/m². Oleh karena itu, beban yang digunakan pada masa konsruksi yaitu 10 kN/m². Sedangkan beban yang digunakan pada paska konstruksi yaitu 25 kN/m². Besaran untuk nilai beban lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.2.

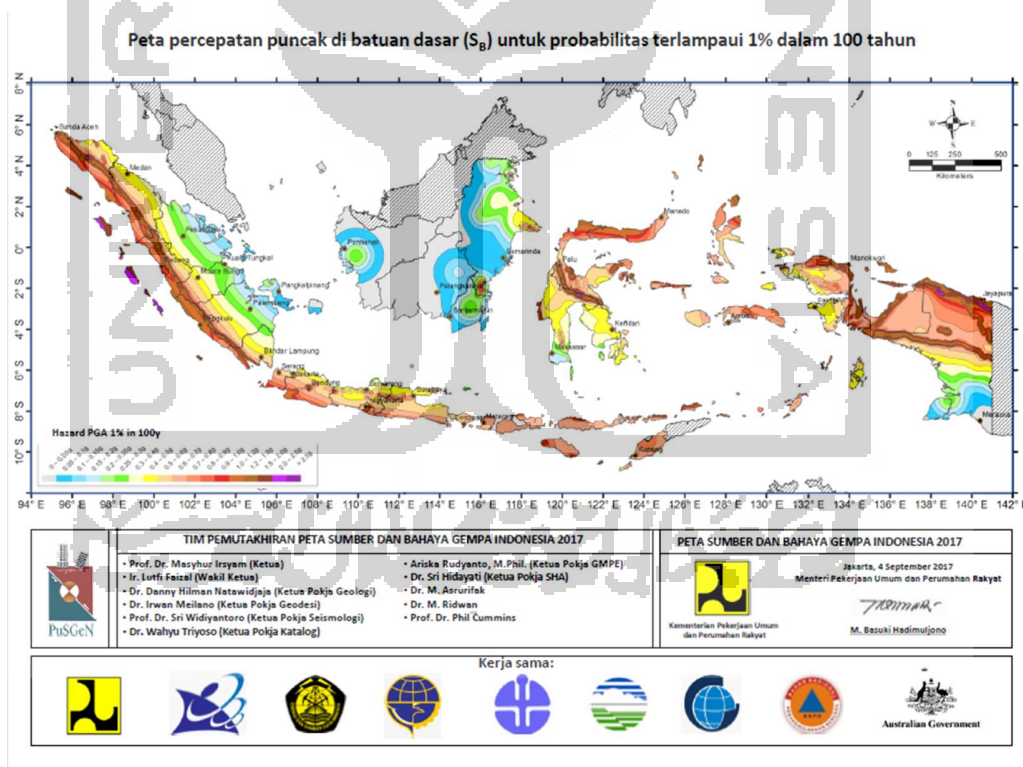
Tabel 5.2 Beban Lalu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalulintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu litas (kN m)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10.000	15
		< 10.000	12
Sekunder	Arteri	>20.000	15
		<20.000	12
	Kolektor	>6000	12
		<6000	10
	Lokal	>500	10
		<500	10

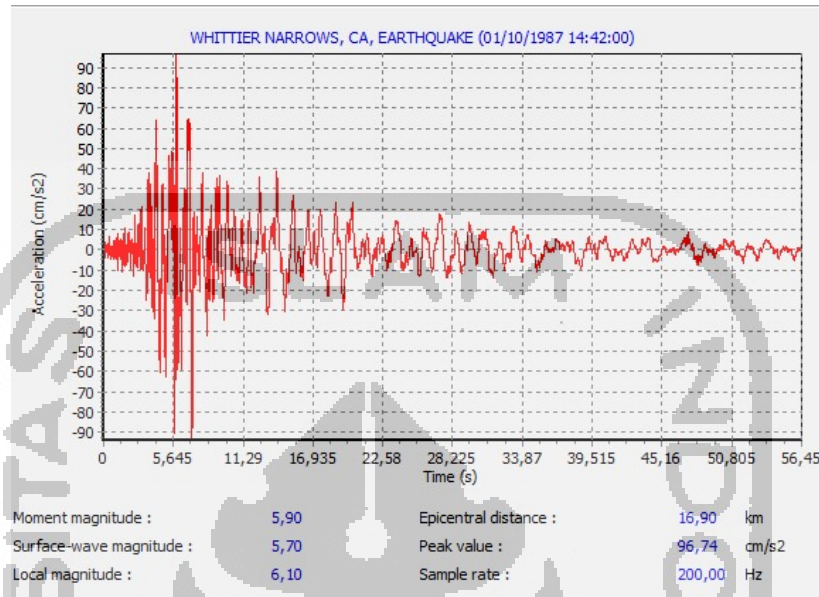
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2009)

2. Beban Gempa

Perhitungan pengaruh gempa terhadap timbunan secara analisis mengacu pada peta zonasi gempa yang diambil dari SNI 2833:2017. Beban gempa yang digunakan dalam analisis adalah beban gempa dinamik dengan waktu interval yang digunakan diperoleh dari data USGS (*U.S. Geological Survey*). Berdasarkan Gambar 5.2 kota Balikpapan nilai percepatan puncak gempa sebesar $0,05 - 0,1g$. Oleh karena itu, nilai percepatan puncak gempa yang digunakan sebesar $0,09674$ dengan waktu interval sebesar $5,645$ Waktu tersebut dianggap sudah melewati percepatan puncak gempa. Secara berturut – turut peta zonasi gempa dan hubungan antara nilai percepatan puncak gempa dan waktu gempa dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 sebagai berikut.



Gambar 5.3 Peta Zonasi Gempa
(sumber : SNI 2833:2017)



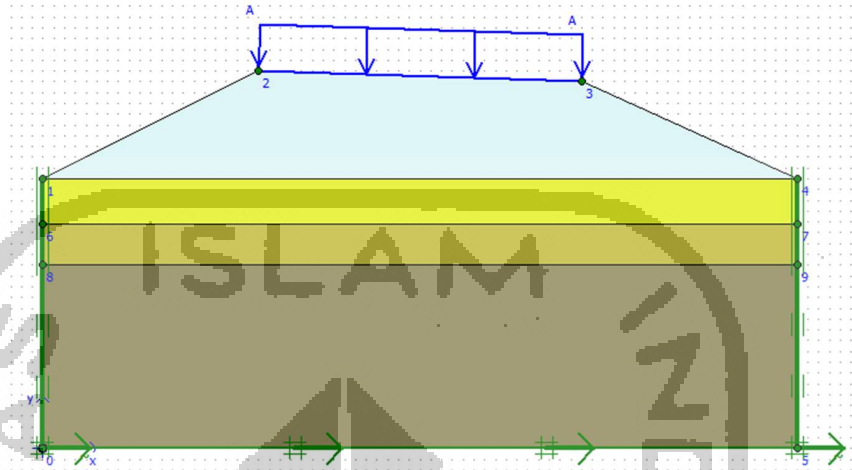
Gambar 5.4 Hubungan antara Percepatan Gempa dan Waktu Gempa
(Sumber USGS, 2018)

5.3 Tanah Timbunan Asli

Analisis yang dilakukan pada tanah timbunan asli bertujuan untuk mengetahui gaya – gaya yang kemungkinan terjadi, nilai angka aman dan pengaruh terhadap perilaku gempa yang terjadi. Perhitungan analisis menggunakan program Plaxis 8.6 dan perhitungan manual menggunakan metode Fellenius.

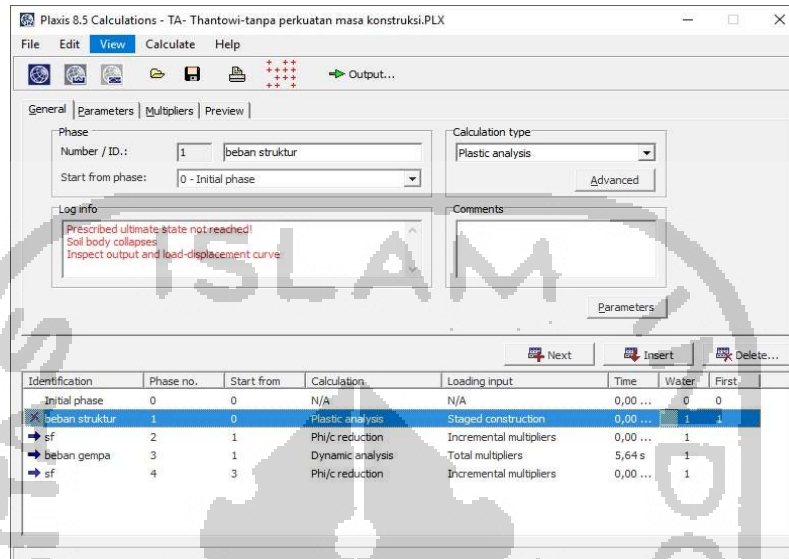
5.3.1 Analisis tanah Timbunan Asli menggunakan Program Plaxis 8.6

Dalam permodelan Analisis Tanah Timbunan asli, beban – beban yang bekerja meliputi beban struktur perkerasan jalan, beban lalu lintas dan beban gempa yang dilakukan dengan dua kondisi, yaitu pada kondisi masa konstruksi dan paska konstruksi. Permodelan potongan melintang Tanah Timbunan asli dalam Plaxis 8.6 dilakukan secara dua dimensi yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.

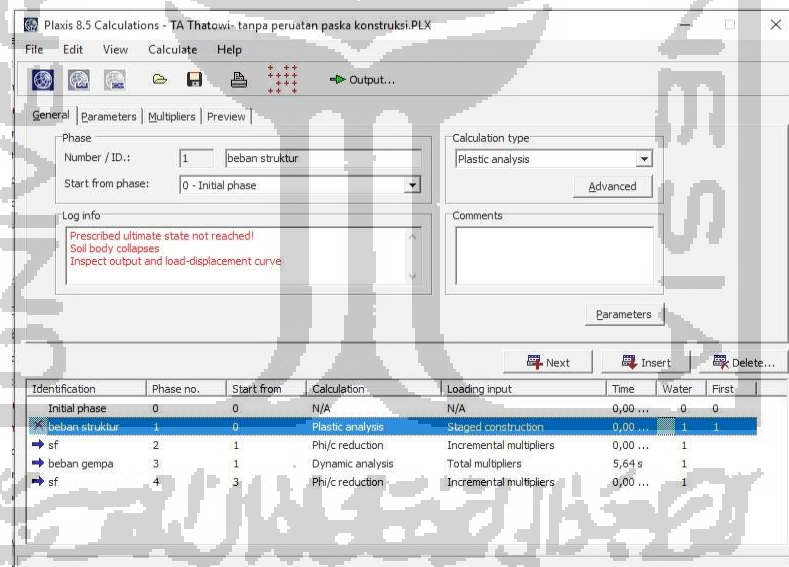


Gambar 5.5 Permodelan Potongan Melintang Tanah Timbunan Asli pada Program Plaxis 8.6

Pada saat dilakukan tahap perhitungan pada Program Plaxis 8.6, baik pada masa konstruksi maupun paska konstruksi, Tahapan memasukkan beban struktur perkerasan jalan terjadi *Soil body collapse* atau kondisi batas tidak tercapai yang ada pada kotak informasi perhitungan seperti pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7. hal tersebut diakibatkan kondisi tanah dasar tersebut tidak mampu mendukung beban tanah timbunan dan beban perkerasan jalan. Dengan terjadinya *collapse* pada tahapan memasukkan beban perkerasan jalan, maka tahapan selanjutnya tidak dapat dilakukan perhitungan karena pada tahapan berikutnya berhubungan dengan tahapan sebelumnya.

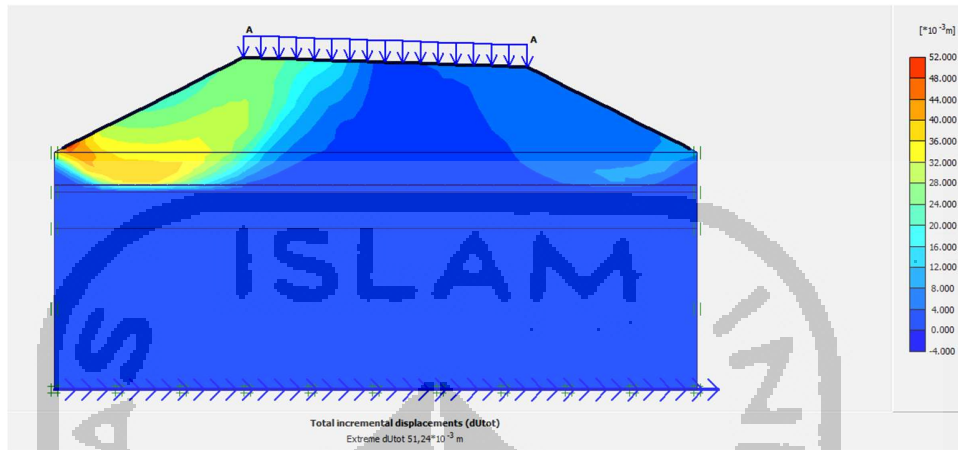


Gambar 5.6 Proses Tahapan Perhitungan Tanah Timbunan Asli Masa Konstruksi Pada Program Plaxis 8.6



Gambar 5.7 Proses Tahapan Perhitungan Tanah Timbunan Asli Pasca Konstruksi Pada Program Plaxis 8.6

Adapun daerah kelongsoran pada timbunan tanah asli dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut ini.



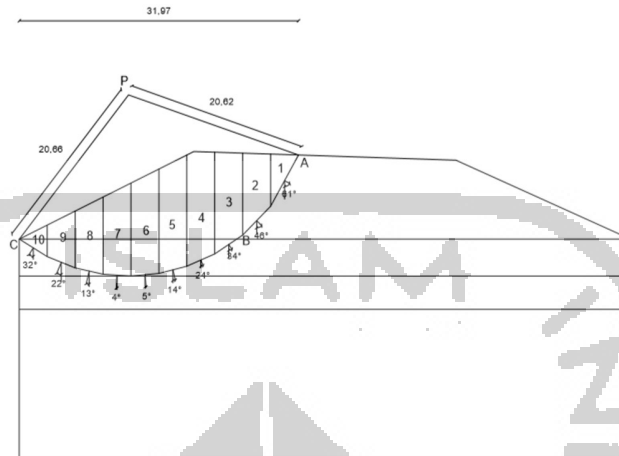
Gambar 5.8 Daerah Potensi Longsor Pada Timbunan tanah Asli saat kondisi masa konstruksi

Pada Perhitungan Timbunan Tanah asli, tahapan perhitungan nilai angka aman atau SF tidak dapat diperoleh. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan manual untuk memperoleh angka aman pada Timbunan tanah asli tersebut. Metode yang digunakan pada perhitungan penelitian ini adalah metode Fellinius.

5.3.2 Perhitungan Manual Menggunakan Metode Fellinius

Perhitungan manual dengan menggunakan metode Fellinius digunakan untuk mendapatkan nilai *safety factor* pada tanah Timbunan. Metode ini menghasilkan nilai *safety factor* sangat rendah yang tidak dapat ditampilkan dalam perhitungan menggunakan program plaxis 8.6. Pada analisis menggunakan Program Plaxis 8.6 didapatkan bidang longsor seperti pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9.

Berdasarkan gambar tersebut, keruntuhan terjadi hingga tanah dasar dengan jari-jari 20,66 meter dan total panjang dari bidang longsor (arah horizontal) sebesar 31,97 meter. Secara detailnya dapat dilihat pada Gambar 5.9 sebagai berikut.



Gambar 5.9 Penampang Irisan pada Timbunan Tanah Asli

Bidang Longsor dibagi menjadi 10 irisan. Panjang total dari bidang longsor (arah horizontal) sebesar 31,97 meter, maka tiap irisan akan mempunyai lebar $31,97/10 = 3,197$ meter. Untuk hasil rekapitulasi perhitungan menggunakan Metode Fellenius dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Perhitungan menggunakan Metode Fellenius Tanah lapis 1

No	A (m ²)	W	W.sin Θ	W.cos Θ	W.cos Θ .tan ϕ
1	9,525	171,451	149,9535488	83,1206093	42,3520658
2	24,455	440,192	316,6461867	305,7816681	155,8035419
3	31,378	564,804	315,8343887	468,2437371	238,5821006
4	31,733	571,194	232,3255301	521,8116841	265,8763329
5	28,131	506,358	122,4990872	491,3170034	250,3385171
6	23,020	414,374	36,1151086	412,7975803	210,3308727
7	17,910	322,382	-22,4880920	321,5946985	163,8606833
8	12,800	230,400	-51,8287229	224,4948629	114,3858459
9	7,689	138,402	-51,8463017	128,3240998	65,3843946
10	2,579	46,422	-24,5999120	39,3680887	20,0590431
	189,220		1022,6108212		1526,9733981

Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan menggunakan Metode Fellinius Tanah lapis 2

No	A (m ²)	W	W.sin θ	W.cos θ	W.cos θ .tan ϕ
1					
2					
3	2,095	33,52	18,74414612	27,78933943	0,970425117
4	7,62	121,92	49,58933152	111,3794622	3,889456525
5	11,164	178,624	43,21305668	173,3181038	6,052401552
6	12,949	207,184	18,05727541	206,3956023	7,207493253
7	13,096	209,536	-14,61649248	209,0255808	7,299334126
8	11,624	185,984	-41,83729689	181,2172421	6,32824554
9	8,414	134,624	-50,43103803	124,8211992	4,358852326
10	3,156	50,496	-26,75880317	42,82303666	1,495413392
	70,118	1121,888	-4,039820839		37,60162183

Berdasarkan hasil pengukuran panjang garis kurva AB = 26,706 m, BC = 12,095 m. Dari panjang kurva tersebut dapat dihitung nilai tahanan kelongsoran yang dikerahkan oleh komponen kohesi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sum c_i \cdot a_i &= (13 \times 26,706) + (29 \times 12,095) \\ &= 697,933 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Pada tanah timbunan terdapat beban merata yang dihasilkan dari beban struktur dan beban lalu lintas sebesar 25 kN/m². Maka dari itu, momen yang dihasilkan dari beban merata tersebut diperhitungkan sebagai momen yang menggerakkan.

$$\begin{aligned}M_q &= (q \times A) \\ &= (25 \times 259,3388) \\ &= 6483,47 \text{ kN}\end{aligned}$$

Nilai *Safety factor* pada Timbunan tanah asli dengan perhitungan manual menggunakan metode Fellinius adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}SF &= \frac{697,93+1564,6}{6483,5+1018,6} \\ &= 0,3016\end{aligned}$$

Berdasarkan nilai angka aman yang didapat pada timbunan tanah asli, diketahui bahwa semua nilai angka aman tidak memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Bowless yaitu $SF > 1,25$. Oleh karena itu perlu dilakukan perkuatan tanah untuk

meningkatkan angka aman pada timbunan tersebut. Perkuatan tanah yang digunakan adalah *Sheet Pile* dan Geotekstil. Kedua perkuatan tersebut diharapkan mampu menahan gaya lateral dan beban – beban yang bekerja.

5.4 Perkuatan Timbunan Dengan *Sheet Pile* Baja

Perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* berangkur merupakan salah satu alternatif perkuatan yang digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang terjadi. Pada dasarnya dengan tinggi timbunan yang cukup besar, maka diperlukan penambahan angkur dengan jarak tertentu. Perkuatan ini diharapkan mampu meningkatkan nilai *safety factor* tanah timbunan jalan. Analisis ini dilakukan sebagai perbandingan dengan analisis perkuatan Timbunan dengan Geotekstil.

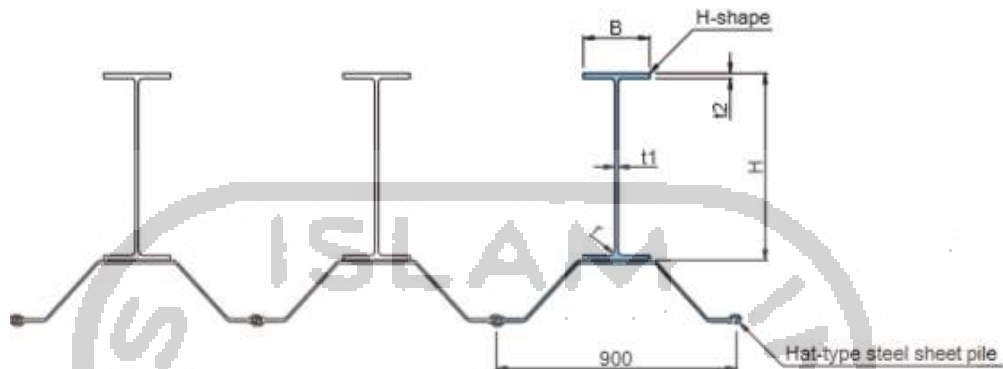
Dalam analisis perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* berangkur, perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan metode *simplified*. Metode ini memperhitungkan semua tekanan tanah baik aktif maupun pasif

5.4.1 Data Perkuatan *Sheet Pile*

Dalam analisis perkuatan Timbunan dengan *sheet pile*, digunakan *sheet pile* produksi Nippon Steel tipe Hat+H NS-SP-10H dengan spesifikasi sebagai berikut.

1. Jenis material = Baja
2. *Widerstands moment* = 10440 cm³
3. Lebar (b) = 0,25 m
4. Tinggi (h) = 0,8 m
5. Ketebalan (t1) = 0,016 m
6. Ketebalan (t2) = 0,032 m
7. Modulus Elastisitas Baja = 2×10^8 kN/m²
8. Momen Inersia = 0,005689 m⁴
9. Berat = 3,14 kN

Adapun gambar profil *sheet pile* baja dapat dilihat pada Gambar 5.10.

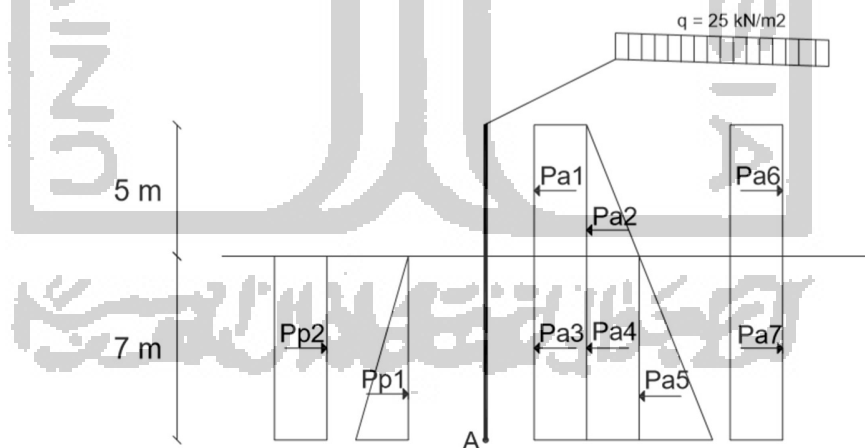


Gambar 5.10 Profil Sheet Pile Baja
(Sumber : infocom-hmjts-uty.blogspot.com,2018)

5.4.2 Perhitungan Desain Sheet Pile Berangkur

1. Tekanan Tanah Lateral

Pada perhitungan tekanan tanah lateral, perhitungan menggunakan cara *simplified*. Dalam perhitungan *simplified*, semua tekanan tanah baik aktif maupun pasif diperhitungkan secara utuh. Distribusi tekanan tanah lateral pada *sheet pile* berangkur dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Distribusi Tekanan Lateral Pada Sheet Pile

a. Koefisien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

$$K_{a1} = \cos\beta \left(\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}} \right)$$

$$= \cos\beta \left(\frac{\cos 27 - \sqrt{\cos^2 27 - \cos^2 27}}{\cos 27 + \sqrt{\cos^2 27 - \cos^2 27}} \right)$$

$$= 0,89101$$

$$K_{a2} = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

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

$$= 0,93255$$

$$K_{p2} = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$= \tan^2 \left(45 + \frac{2}{2} \right)$$

$$= 1,072323$$

b. Perhitungan Tekanan tanah aktif dan pasif

Berikut adalah contoh perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif pada *sheet pile*.

$$\begin{aligned} Pa1 &= q \times K_{a1} \times h1 \\ &= 25 \times 0,89101 \times 3,5 \\ &= 77,963 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa2 &= 0,5 \times \gamma b1 \times h1 \times K_{a1} \times h1 \\ &= 0,5 \times 18 \times 3,5 \times 0,89101 \times 3,5 \\ &= 98,233 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa3 &= (q \times K_{a2}) \\ &= (25 \times 0,93255) \\ &= 23,314 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa4 &= (\gamma b1 \times h1) \times K_{a2} \times D \\ &= (18 \times 3,5) \times 0,93255 \times D \\ &= 58,751 D \text{ kN} \end{aligned}$$

$$Pa5 = 0,5 \times \gamma b2 \times D \times K_{a2} \times D$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,5 \times 16 \times 0,93255 \\
 &= 7,460 D^2 \text{ kN} \\
 \text{Pa6} &= 2 \times c1 \times \sqrt{Ka1} \times h1 \\
 &= 2 \times 29 \times \sqrt{0,89101} \times 3,5 \\
 &= 191,618 \text{ Kn} \\
 \text{Pa7} &= 2 \times c1 \times \sqrt{Ka2} \times D \\
 &= 2 \times 13 \times \sqrt{0,93255} \times D \\
 &= 25,10791 D \text{ kN} \\
 \text{Pp1} &= 0,5 \times \gamma b2 \times D \times Kp2 \times D \\
 &= 0,5 \times 16 \times D \times 1,072323 \times D \\
 &= 8,578584 D^2 \text{ kN} \\
 \text{Pp2} &= 2 \times c \times \sqrt{Kp2} \times D \\
 &= 2 \times 13 \times \sqrt{1,072323} \times D \\
 &= 26,92379 D \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Aktif

No	Tekanan Tanah	Rumus	Gaya (kN)
1	Pa 1	$q \times Ka1 \times h1$	77,963
2	Pa 2	$0,5 \times \gamma b1 \times h1 \times Ka1 \times h1$	98,233
3	Pa 3	$(q \times Ka2)$	23,314
4	Pa 4	$(\gamma b1 \times h1) \times Ka2 \times D$	58,751
5	Pa 5	$0,5 \times \gamma b2 \times D \times Ka2 \times D$	7,460
6	Pa 6	$2 \times c1 \times \sqrt{Ka1} \times h1$	191,618
7	Pa 7	$2 \times c1 \times \sqrt{Ka2} \times D$	25,107908

Tabel 5.6 Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Pasif

No	Tekanan Tanah	Rumus	Gaya (kN)
1	Pp 1	$0,5 \times \gamma b^2 \times D \times Kp2 \times D$	$8,5785842 D^2$
2	Pp 2	$2 \times c \times \sqrt{Kp2} \times D$	$26,923788 D$

2. Momen dan Kedalaman Penetrasi pada *Sheet pile*.

Pada perhitungan momen *sheet pile*, titik tinjauan momen terletak pada dasar *sheet pile*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Perhitungan Nilai Momen Pada Sheet Pile

No	Tekanan Tanah	Gaya (kN)	Lengan Ke A (m)	Momen (kNm)
1	Pa 1	77,963	$1,750 + D$	$136,435 + 77,963 D$
2	Pa 2	98,233	$1,167 + D$	$114,606 + 98,233 D$
3	Pa 3	23,314	$0,500 D$	$11,657 D^2$
4	Pa 4	58,751	$0,500 D$	$29,375 D^2$
5	Pa 5	7,460	$0,333 D$	$2,487 D^3$
6	Pa 6	191,618	$1,750 + D$	$335,332 + 191,618 D$
7	Pa 7	25,107908	$0,500 D$	$12,554 D^2$
13	Pp 1	$8,5785842 D^2$	$0,333 D$	$2,860 D^3$
14	Pp 2	$26,923788 D$	$0,500 D$	$13,462 D^2$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan nilai momen sebagai berikut.

$$\Sigma M \text{ total} = 0,373 D^3 + 15,017 D^2 + 15,422 D + 84,291$$

Dalam kondisi seimbang, $\Sigma M \text{ total} = 0$, maka

$$\Sigma M \text{ total} = 0$$

$$0,373 D^3 + 15,017 D^2 + 15,422 D + 84,291 = 0$$

$$D = 3,1 \text{ m.}$$

Nilai kedalaman *sheet pile* didapatkan sebesar 3,1 m. Nilai tersebut dikalikan dengan angka keamanan sebesar 1,5 sehingga panjang kedalaman menjadi $4,65 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$. Karena kedalaman penetrasi *Sheet Pile* belum

memotong bidang longsor oleh karena itu kedalaman penetrasi *Sheet Pile* diperpanjang menjadi 10 m. Maka, panjang total *sheet pile* sebesar 13,5 m.

5.4.3 Penentuan Profil *Sheet Pile* Baja

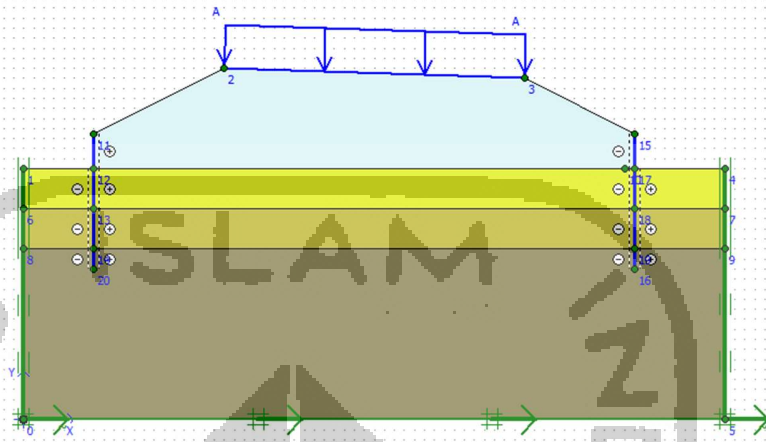
Dalam perencanaan ini, digunakan *sheet pile* baja produksi Nippon Steel tipe Hat+H NS-SP-10H dengan nilai tegangan tarik ijin (σ) 400 Mpa. Penentuan tipe *Sheet Pile* baja didasarkan pada nilai *widerstand moment* yang tersedia di tabel profil baja produksi Nippon Steel pada Lampiran 4. Berdasarkan perhitungan sebelumnya, maka nilai ΣM total didapat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \Sigma M \text{ total} &= -0,373 D^3 + 15,017 D^2 - 15,422 D - 84,291 \\
 &= -0,373 (10^3) + 15,017 (10^2) - 15,422 (10) - 84,291 \\
 &= 890,4352 \text{ kNm} \\
 W &= \frac{\Sigma M \text{ total}}{\sigma} \\
 &= \frac{890,4352}{210000} \\
 &= 0,00424 \text{ m}^3 \\
 &= 4240,167 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan didapat nilai *widerstands moment* sebesar $4240,167 \text{ cm}^3 < 10440 \text{ cm}^3$, maka profil *sheet pile* baja yang digunakan aman.

5.4.4 Analisis Stabilitas Perkuatan Timbunan dengan *Sheet Pile* Menggunakan Program Plaxis 8.6.

analisis stabilitas perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* menggunakan program plaxis 8.6 sama dengan analisis stabilitas perkuatan Timbunan dengan menggunakan Geotekstil. Dalam analisisnya dilakukan dengan dua kondisi, yaitu kondisi masa konstruksi dan kondisi paska konstruksi. Permodelan Timbunan dengan perkuatan *sheet pile* pada program plaxis 8.6 dapat dilihat pada Gambar 5.12 sebagai berikut.

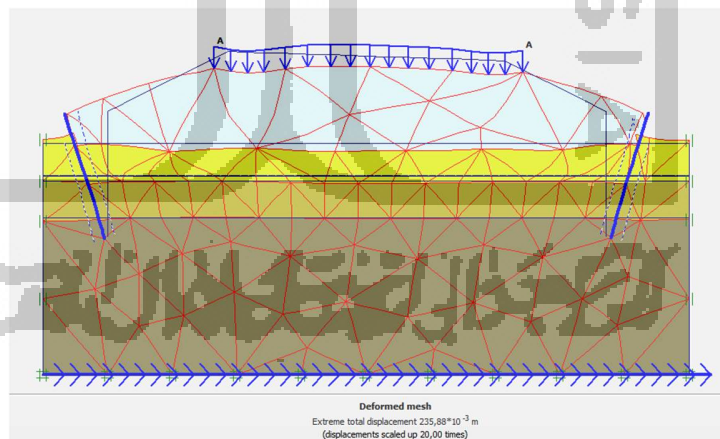


Gambar 5.12 Pemodelan Perkuatan Timbunan Dengan Sheet Pile Menggunakan Program Plaxis 8.6

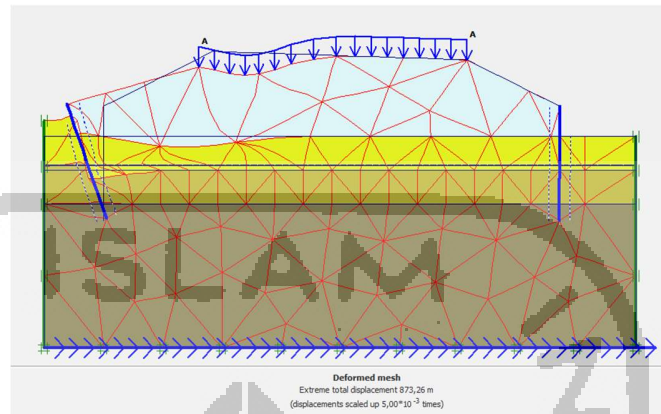
1. Permodelan Masa Konstruksi

a. *Deformed Mesh*

Deformed Mesh yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14.



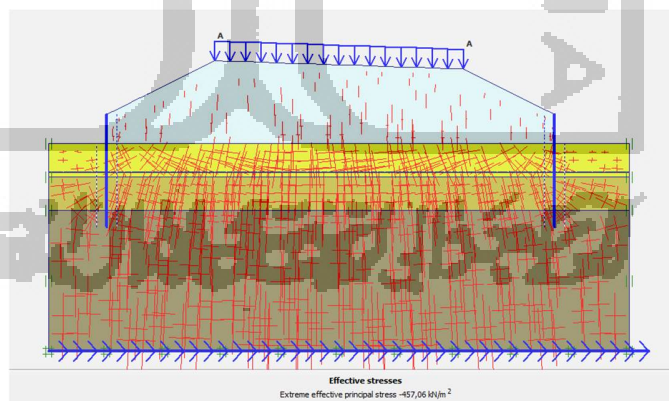
Gambar 5.13 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



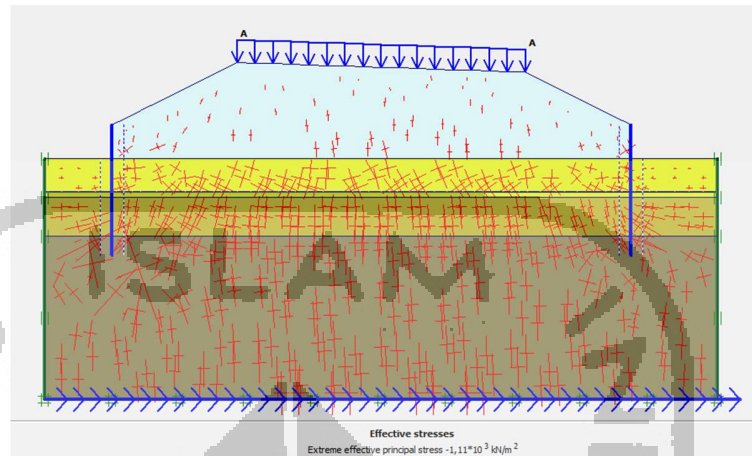
Gambar 5.14 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

b. Tegangan Efektif

Tegangan efektif yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar $-457,06 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan tegangan efektif dengan beban gempa sebesar $-1,11 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$. Gambar tegangan efektif perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5. 15 dan Gambar 5.16.



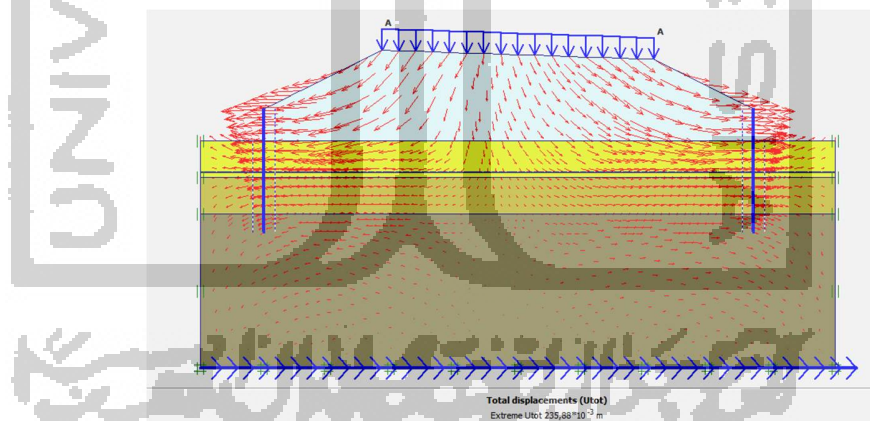
Gambar 5.15 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



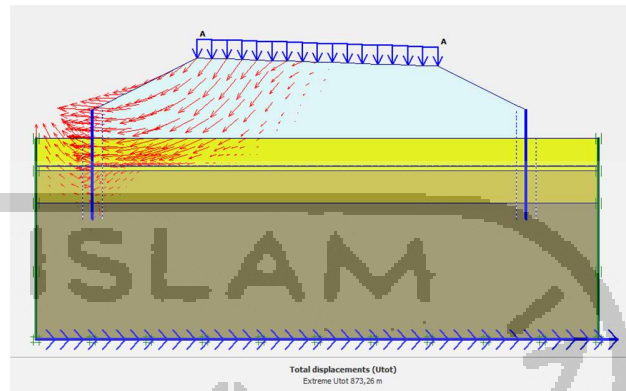
Gambar 5.16 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

c. Arah Pergerakan Tanah

Arah pergerakan tanah yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18.



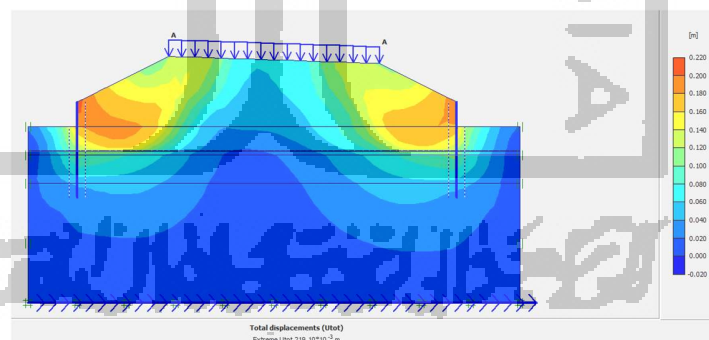
Gambar 5.17 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



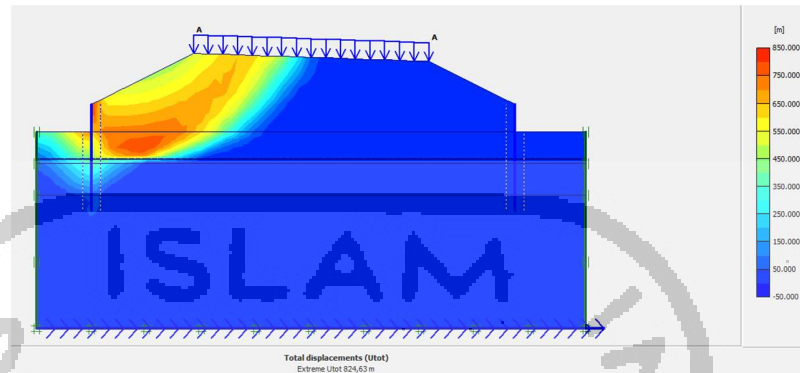
Gambar 5.18 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

d. *Total Displacement*

Total *displacement* yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar $219,10 \times 10^{-3}$ m. Sedangkan total *displacement* dengan beban gempa sebesar 824,63 m. Gambar total *displacement* perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Gambar 5.20.



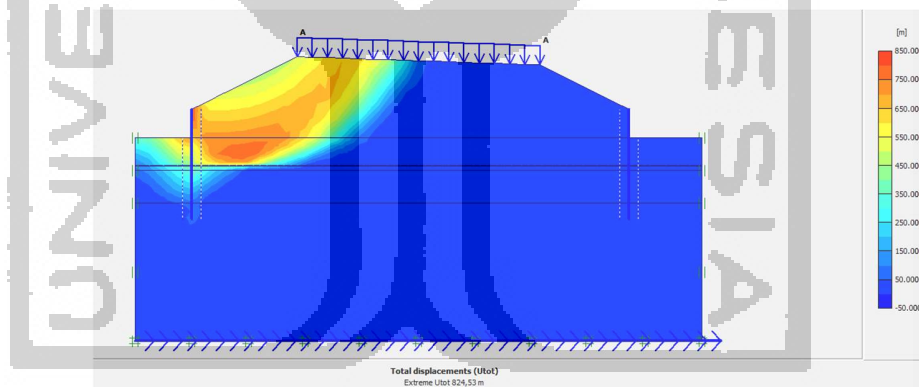
Gambar 5.19 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



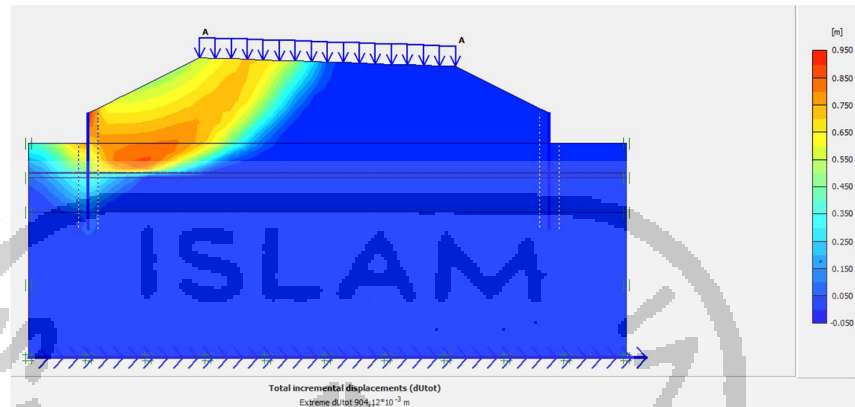
Gambar 5.20 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

e. Daerah Potensi Longsor

Daerah potensi longsor yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22.



Gambar 5.21 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



Gambar 5.22 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

f. Angka Aman

Angka aman yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,4953. sedangkan angka aman dengan beban gempa sebesar 1,4924. Gambar angka aman perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* berangkur tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.23 dan Gambar 5.24.

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,4953

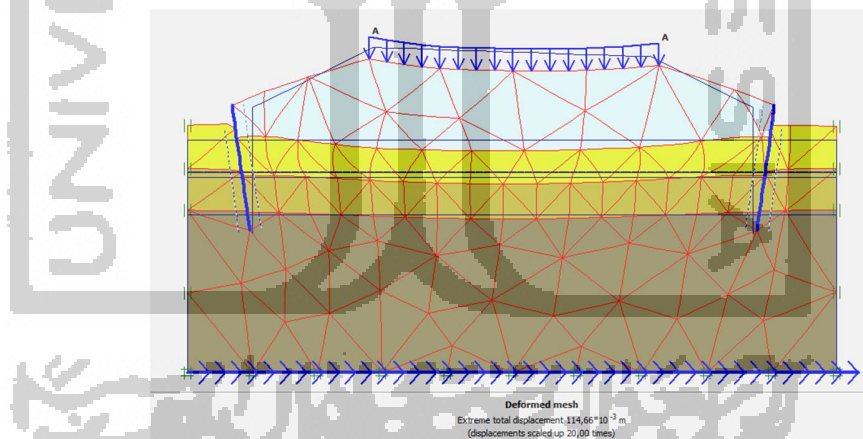
Gambar 5.23 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,4924

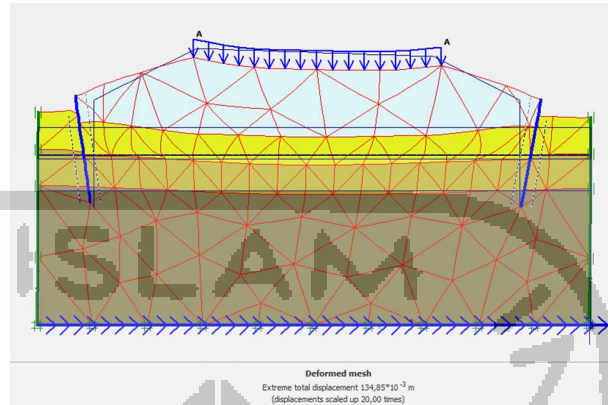
Gambar 5.24 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Berangkur Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

2. Pasca Konstruksi
 - a. *Deformed Mesh*

Deformed Mesh yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi pasca konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.25 dan Gambar 5.26.



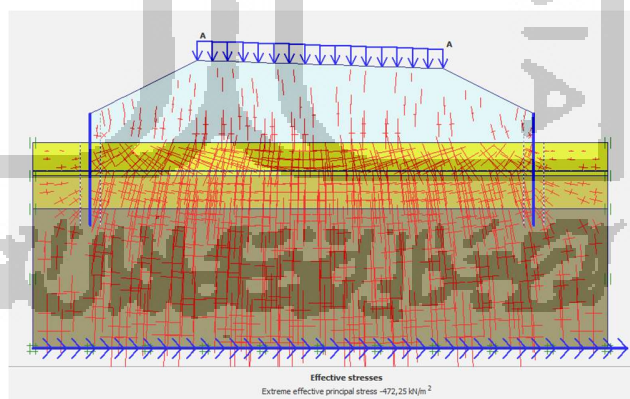
Gambar 5.25 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Pasca Konstruksi



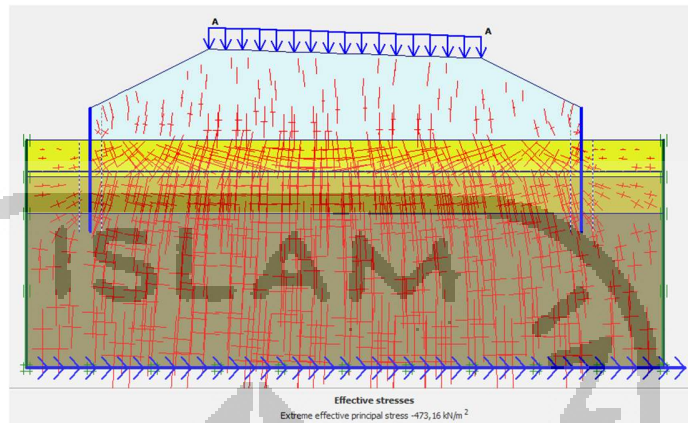
Gambar 5.26 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

b. Tegangan Efektif

Tegangan efektif yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar $-472,25 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan tegangan efektif dengan beban gempa sebesar $-473,16 \text{ kN/m}^2$. Gambar tegangan efektif perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.27 dan Gambar 5.28.



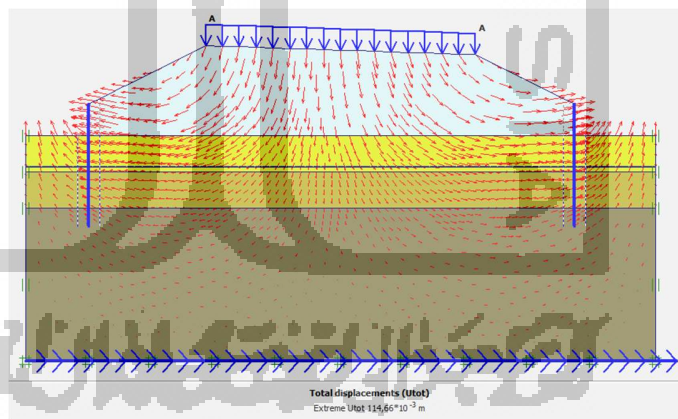
Gambar 5.27 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



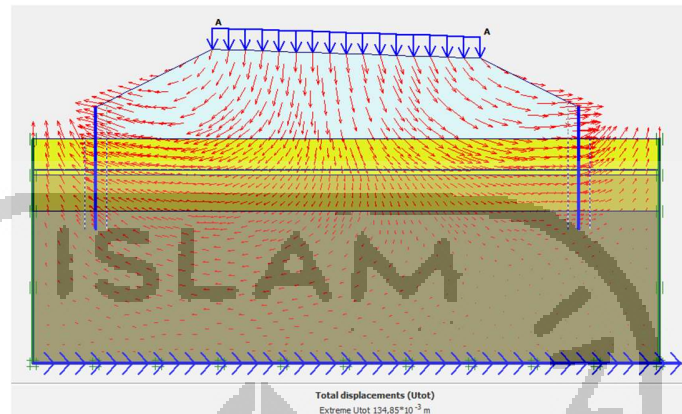
Gambar 5.28 Tegangan Efektif Perkuatan Lereng Menggunakan *Sheet Pile* Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

c. Arah Pergerakan Tanah

Arah pergerakan tanah yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.29 dan Gambar 5.30.



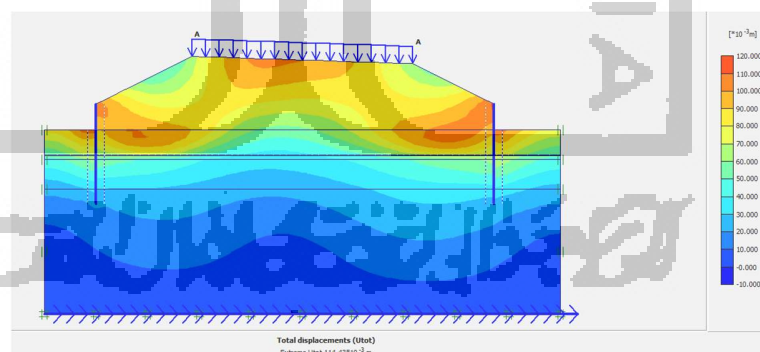
Gambar 5.29 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan *Sheet Pile* Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



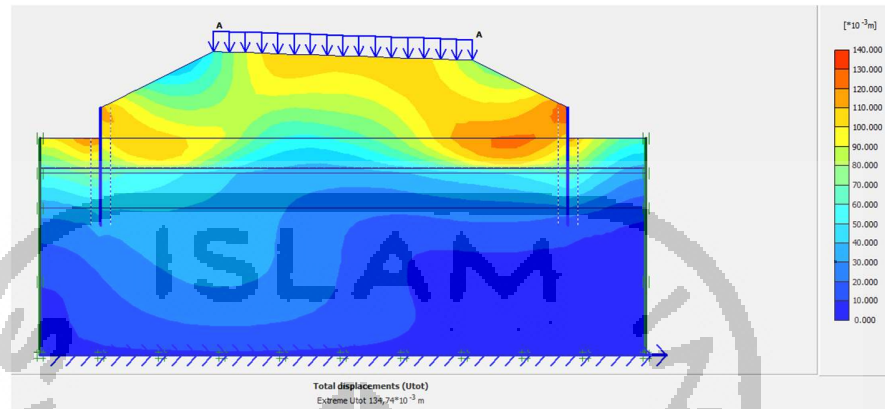
Gambar 5.30 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

d. Total *Displacement*

Total *displacement* yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar $114,43 \times 10^{-3}$ m. Sedangkan total *displacement* dengan beban gempa sebesar $134,74 \times 10^{-3}$ m. Gambar total *displacement* perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.31 dan Gambar 5.32.



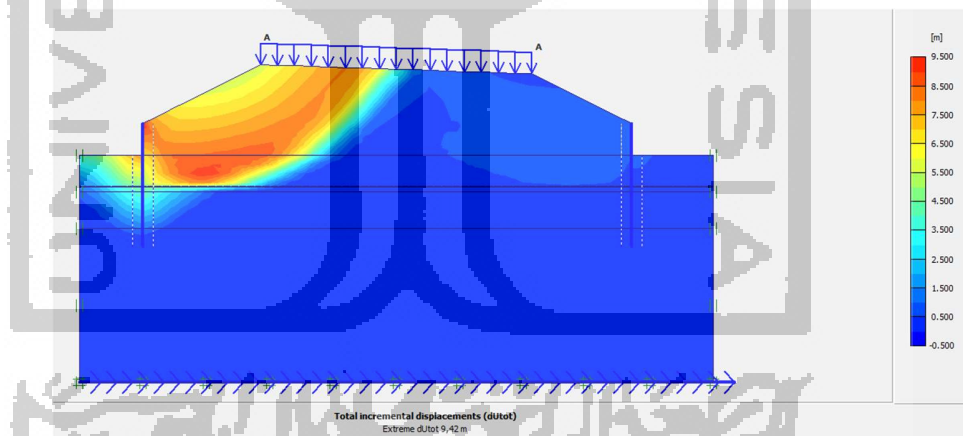
Gambar 5.31 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



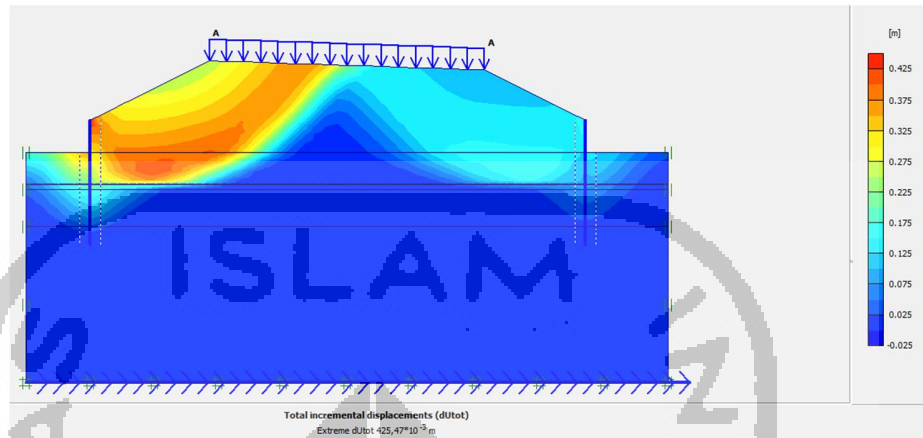
Gambar 5.32 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

e. Daerah Potensi Longsor

Daerah potensi longsor yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.33 dan Gambar 5.34.



Gambar 5.33 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



Gambar 5.34 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

f. Angka Aman

Angka aman yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,2753. sedangkan angka aman dengan beban gempa sebesar 1,2744. Gambar angka aman perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.35 dan Gambar 5.36.

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,2753

Gambar 5.35 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,2744

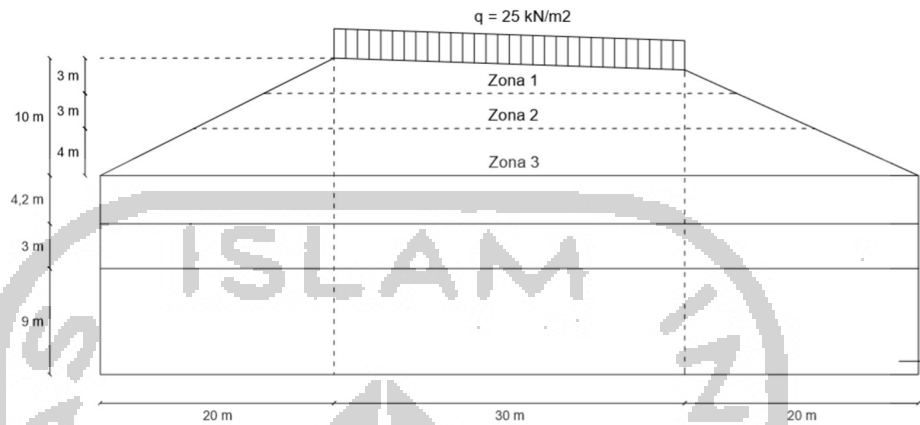
Gambar 5.36 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

5.5 Perkuatan Timbunan Dengan Geotekstil

Agar menaikan Safety Factor Timbunan pada jalan Tol yang menghubungkan ruas Balikpapan – Samarinda seksi V sepanjang $\pm 33,5$ km perlu dilakukan suatu pekerjaan konstruksi perkuatan Timbunan yang dapat menahan penurunan Tanah. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisis perkuatan Timbunan menggunakan perkuatan geotekstil sesuai dengan perbandingan menggunakan perkuatan *Sheet Pile*.

Berdasarkan Hardiyatmo (2008), geotekstil merupakan material lembaran yang terbuat dari bahan tekstil polymeric, bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (non woven), rajutan atau anyam (woven) yang digunakan dengan tanah/batu dan/atau material geoteknik yang lain di dalam aplikasi teknik sipil. Ketika kain tekstil ini diletakkan di dalam tanah, maka disebut geotekstil.

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah metode zone per zone, pemilihan jumlah zona dipengaruhi oleh ketinggian Timbunan, dikarenakan tinggi Timbunan mencapai 10 m, maka tanah timbunan dibagi menjadi tiga bagian yaitu zone 1, zone 2, dan zone 3. Berdasarkan potensi kelongsoran pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11, peletakan geotekstil dilakukan pada timbunan bagian atas. Adapun desain peletakan geotekstil pada timbunan dapat dilihat pada Gambar 5.37.



Gambar 5.37 Timbunan Baru Dengan Perkuatan Geotekstil

Dalam merencanakan suatu perkuatan geotekstil, perlu dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada geotekstil, dan perlu dilakukan analisis terhadap stabilitas eksternal dan internal pada geotekstil, sehingga geotekstil menjadi lebih stabil.

Adapun data yang digunakan dalam menghitung perkuatan geotekstil adalah sebagai berikut.

1. Tanah Timbunan
 - a. Berat Volume Tanah (γ_b) : 18 kN/m³
 - b. Berat Volume Tanah (sat) : 19,5 kN/m³
 - c. Sudut Geser Dalam (ϕ) : 27 °
 - d. Kohesi (c) : 29 kN/m²
 - e. Kemiringan Lereng : 27 °
2. Data Geotekstil
 - a. Jenis Geotekstil : Geotekstil woven UW-250
 - b. Kuat Tarik Ultimate : 52 kN/m
 - c. Kekakuan Normal : 260 kN/m

Untuk koefisien daya dukung dapat dilihat pada Tabel 5.8

Tabel 5.8 Koefisien Daya Dukung Tanah

ϕ	N_c	N_q	N_y	ϕ	N_c	N_q	N_y
7	7,16	1,88	0,71	26	22,25	11,85	12,54
8	7,53	2,06	0,86	27	23,94	13,2	14,47
9	7,92	2,25	1,03	28	25,8	14,72	16,72
10	8,85	2,47	1,22	29	27,86	16,44	19,34
11	8,8	2,71	1,44	30	30,14	18,4	22,4
12	9,28	2,97	1,69	31	32,67	20,63	25,9
13	9,81	3,26	1,97	32	35,49	23,18	30,22
14	10,37	3,59	2,29	33	38,64	26,09	35,19
15	10,98	3,94	2,65	34	42,16	29,44	41,06
16	11,63	4,34	3,06	35	46,12	33,3	48,03
17	12,34	4,77	3,53	36	50,59	37,75	56,31
18	13,1	5,26	4,07	37	55,63	42,92	66,19
19	13,93	5,8	4,68	38	61,35	48,93	78,03
20	14,83	6,4	5,39	39	37,87	55,96	92,25
21	15,82	7,07	6,2	40	75,31	64,2	109,41
22	16,88	7,82	7,13	41	83,86	73,9	130,22
23	18,05	8,66	8,2	42	93,71	85,38	155,55
24	19,32	9,6	9,44	43	105,11	99,02	186,54
25	20,72	10,66	10,8	44	118,37	115,31	224,64

Perhitungan geotekstil menggunakan program Microsoft Excel sehingga angka-angka yang tertulis apabila dihitung secara manual akan menghasilkan angka yang tidak 100% sama.

5.5.1 Stabilitas External

1. Menentukan Jarak Vertical pada Geotekstil (SV)

Beban merata kendaraan = 25 kN/m digunakan safety factor = 1.5.

Koefisien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif.

$$\begin{aligned}
 Ka1 &= \cos\beta \left(\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}} \right) \\
 &= \cos 27 \left(\frac{\cos 27 - \sqrt{\cos^2 27 - \cos^2 27}}{\cos 27 + \sqrt{\cos^2 27 - \cos^2 27}} \right) \\
 &= 0,8910
 \end{aligned}$$

a. Zona 1

$$\begin{aligned}
 \sigma_{hc 1} &= (q \times ka) + (ka \times H1 \times \gamma b) - (2 \times c \times \sqrt{Ka}) \\
 &= (25 \times 0,8910) + (0,8910 \times 3 \times 18) - (2 \times 29 \times \sqrt{0,8910}) \\
 &= 15,6415 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Sv1 &= \frac{Ta}{\sigma_{hc 1} \times SF} \\
 &= \frac{26}{15,6415 \times 1,5} \\
 &= 1,1081 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Di lapangan dipakai Sv1} = 1,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya Lapisan geotekstil} &= \frac{3}{1,5} \\
 &= 2 \text{ Lembar}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diambil} = 2 \text{ Lembar}$$

b. Zona 2

$$\begin{aligned}
 \sigma_{hc 2} &= (ka \times H2 \times \gamma b) - (2 \times c \times \sqrt{Ka}) \\
 &= (0,8910 \times 6 \times 18) - (2 \times 6 \times \sqrt{0,8910}) \\
 &= 41,4806 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Sv 2 &= \frac{Ta}{\sigma_{hc 1} \times SF} \\
 &= \frac{26}{41,4806 \times 1,5} \\
 &= 0,4178 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Di lapangan dipakai Sv1} = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya Lapisan geotekstil} &= \frac{3}{0,5} \\
 &= 6 \text{ Lembar}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diambil} = 4 \text{ Lembar}$$

c. Zona 3

$$\begin{aligned} \text{ohc 3} &= (ka \times H^3 \times \gamma b) - (2 \times c \times \sqrt{Ka}) \\ &= (0,8910 \times 10 \times 18) - (2 \times 29 \times \sqrt{0,8910}) \\ &= 105,6332 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sv 3} &= \frac{Ta}{\sigma_{hc} \times SF} \\ &= \frac{26}{105,6332 \times 1,5} \\ &= 0,1640 \text{ m} \end{aligned}$$

Di lapangan dipakai Sv 3 = 0,5 m

Banyaknya Lapisan geotekstil = $\frac{4}{0,5}$
= 8 Lembar

Diambil = 8 Lembar

2. Menentukan Panjang Geotekstil

a. Stabilitas Terhadap Guling

$$SF = \frac{\sum MR}{\sum MD} = \frac{\text{Momen Melawan}}{\text{Momen Penggulingan}} \geq 1,5$$

$$\sum MD = \left(q \times ka \times \frac{1}{2} \times H^2 \right) + \left(\frac{1}{2} \times ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H \right) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times \frac{1}{2} \times H^2)$$

$$\sum MR = ((0,5 \times \gamma b \times H) + (q \times 0,5)) \times L^2$$

$$L = \frac{SF \cdot [0,5 \cdot Q \cdot Ka \cdot H^2 - c \cdot \sqrt{Ka} \cdot H^2 + \frac{1}{6} \cdot Ka \cdot H^3 \cdot \gamma b]}{\tan \phi \cdot (0,5Q + 0,5 \cdot \gamma b \cdot H)}$$

$$L = \frac{1,5 \cdot [0,5 \cdot 25 \cdot 0,8910 \cdot 10^2 - 29 \cdot \sqrt{0,8910} \cdot 10^2 + \frac{1}{6} \cdot 0,8910 \cdot 10^3 \cdot 18]}{\tan 27 \cdot (0,5 \cdot 25 + 0,5 \cdot 18 \cdot 10)}$$

$$L = 30,1392$$

Diambil panjang Geotekstil = 31 m

b. Stabilitas terhadap Geser

Tahanan geser pada dasar perkuatan ($\delta b = \frac{2}{3} \times 30^\circ = 20^\circ$)

$$L = \frac{SF \cdot [Q \cdot Ka \cdot H - 2 \cdot c \cdot \sqrt{Ka} \cdot H + 0,5 \cdot Ka \cdot H^2 \cdot \gamma b]}{\tan \phi (Q + H \cdot \gamma b)}$$

$$L = \frac{1,5 \cdot [25 \cdot 0,8910 \cdot 10 - 2 \cdot 29 \cdot \sqrt{0,8910} \cdot 10 + 0,5 \cdot 0,8910 \cdot 10^2 \cdot 18]}{\tan 27(25 + \cdot 18)}$$

$$L = 6,8525 \text{ m}$$

Diambil panjang Geotekstil = 7 m

c. Eksentrisitas

$$e = \frac{\Sigma MD}{Rv} = \frac{(Pq \times \frac{1}{2} H) + (Ps \times \frac{1}{3} H) - (Pk \times \frac{1}{2} H)}{(H \times \gamma b \times L) + (q \times L)}$$

Resultan Gaya yang bekerja pada teras

$$\frac{1}{6} L \geq \frac{(q \times Ka \times \frac{1}{2} \times H^2) + (\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times \frac{1}{2} \times H^2)}{(H \times \gamma b \times L) + (q \times L)}$$

$$\frac{1}{6} L = \frac{\Sigma M_{aktif}}{Rv}$$

$$\frac{1}{6} L = \frac{((0,5 \times Q \times ka \times H^2) + ((\frac{1}{6}) \times ka \times H^3 \times \gamma b) - (c \times \sqrt{Ka} \times H^2)}{Q + (\gamma b \times H) \cdot L}$$

$$\frac{1}{6} L = \frac{((0,5 \times 25 \times 0,8910 \times 10^2) + ((\frac{1}{6}) \times 0,8910 \times 10^3 \times 18) - (29 \times \sqrt{0,8910} \times 10^2)}{25 + (18 \times 10) \cdot L}$$

$$\frac{1}{6} L = \frac{1049,3766}{205 L}$$

$$1049,3766 = 34,1666 L^2$$

$$L^2 = 30,71346$$

$$L = \sqrt{30,71346}$$

$$L = 5,5419 \text{ m}$$

Diambil panjang Geotekstil = 6 m

d. Tinjauan terhadap daya dukung pondasi

$$\text{Digunakan SF} = 1,2$$

$$N_c = 23,94$$

$$N_\gamma = 14,47$$

$$L \leq \frac{\sigma_{ult}}{H \times \gamma b \text{ timb.} + q}$$

$$Q_{ult} = c \times N_c + 0,5 \times L \times \gamma b \times N_\gamma$$

$$= 29 \times 23,94 + 0,5 \times L \times 18 \times 14,47$$

$$= 694,26 + 130,23 L$$

Maka,

$$\begin{aligned} q_{ult} &= q_{ult} \times SF \\ &= (694,26 + 130,23 L) \times 1,2 \\ &= 833,112 + 156,276 L \end{aligned}$$

$$L \leq \frac{833,112 + 156,276 L}{(10 \times 18) + 25}$$

$$L \leq \frac{833,112 + 156,276 L}{205}$$

$$205 L \leq 833,112 + 156,276 L$$

$$L = \frac{833,112}{(205 - 156,276)} = 17,0986 \text{ m}$$

$$L = 17,0986$$

Digunakan panjang Geotekstil = 18 m

Berdasarkan empat jenis stabilitas eksternal, digunakan panjang paling besar yaitu 31 meter. Panjang 31 meter merupakan panjang minimum yang digunakan pada perkuatan Timbunan agar mampu menahan keempat stabilitas eksternal, akan tetapi panjang tersebut belum melawati garis potensi kelongsoran pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 sepanjang 31,97 meter, maka digunakan panjang geotekstil sebesar 32 meter, agar geotekstil mampu menyalurkan gaya ke tanah pasif.

Hasil rekapitulasi perhitungan menentukan L dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Menentukan Panjang Geotekstil

No	Panjang	Nilai L	Satuan
1.	L Stabilitas Terhadap Guling	30,1392	m
2.	L Stabilitas Terhadap Geser	6,8525	m
3	L Stabilitas Terhadap Eksentrisitas	5,5419	m
4	L Stabilitas terhadap Daya Dukung	17,0986	m
5	L yang digunakan	30,1392	m

5.5.2 Stabilitas Internal

1. Panjang geotekstil *overlapping*

$$L_o = \frac{\sigma_{hc} \times S_{vi} \times SF}{2 \times \gamma_b \times z_i \times \tan \phi}$$

Zona A1 pada geotekstil no. 1

$$\sigma_{hc} = 15,6414 \text{ kN/m}^2$$

$$SF = 1,5$$

$$S_{v1} = 1,1081 \text{ m}$$

$$Z_1 = 1,5 \text{ m}$$

$$L_o = \frac{\sigma_{hc} \times Z_1 \times SF}{2 \times H_1 \times \gamma_b \times \tan \phi}$$

$$L_o = \frac{15,6414 \times 1,5 \times 1,5}{2 \times 3 \times 18 \times \tan 27}$$

$$= 0,6395 \text{ m}$$

Karena panjang overlapping minimum 1 meter, maka panjang overlapping diambil 1 m. Hasil rekapitulasi perhitungan L_o dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Panjang Overlapping Geotekstil

Zona	Geotekstil	S_{vi} (m)	Z_i (m)	L_o (m)	L_o Pakai (m)
Zona 1	Geotekstil no 1	1,1081	1,5	0,6395	1
	Geotekstil no 2	1,1081	1,5	0,6395	1
Zona 2	Geotekstil no 3	0,4178	0,5	0,2826	1
	Geotekstil no 4	0,4178	0,5	0,2826	1
	Geotekstil no 5	0,4178	0,5	0,2826	1
	Geotekstil no 6	0,4178	0,5	0,2826	1
	Geotekstil no 7	0,4178	0,5	0,2826	1
	Geotekstil no 8	0,4178	0,5	0,2826	1

Tabel 5.10 Rekapitulasi Panjang Overlapping Geotekstil

zona	Geotekstil	Svi (m)	Zi (m)	Lo (m)	Lo Pakai (m)
Zona 3	Geotekstil no 9	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 10	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 11	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 12	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 13	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 14	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 15	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 16	0,1640	0,5	0,4319	1

2. Panjang efektif geotekstil

$$Le = \frac{SF \times Svi \times ka \times \gamma b \times zi}{2 \times \gamma b \times zi \times tg \emptyset}$$

Zona 1 pada geotekstil no. 1

$$Le = \frac{SF \times Svi \times ka}{2 \times tg \emptyset}$$

$$Le = \frac{1,5 \times 1,1081 \times 0,8910}{2 \times tg 27}$$

$$= 1,4533 \text{ m}$$

Karena panjang Le minimum 1 meter, maka panjang Le diambil 1 m. Hasil rekapitulasi perhitungan Le dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Panjang Efektif Geotekstil

Zona	Geotekstil	Le (m)	Le pakai (m)
Zona 1	Geotekstil no 1	1,4533	1,5
	Geotekstil no 2	1,4533	1,5
Zona 2	Geotekstil no 3	0,5480	1,5
	Geotekstil no 4	0,5480	1,5
	Geotekstil no 5	0,5480	1,5

Tabel 5.11 Rekapitulasi Panjang Efektif Geotekstil

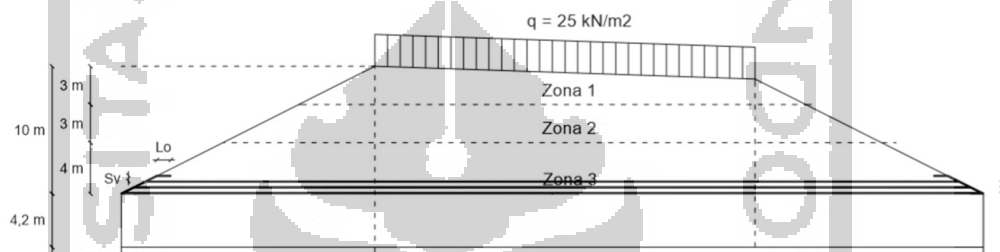
Zona	Geotekstil	Le (m)	Le pakai (m)
Zona 2	Geotekstil no 6	0,5480	1,5
	Geotekstil no 7	0,5480	1,5
	Geotekstil no 8	0,5480	1,5
Zona 3	Geotekstil no 9	0,2152	1,5
	Geotekstil no 10	0,2152	1,5
	Geotekstil no 11	0,2152	1,5
	Geotekstil no 12	0,2152	1,5
	Geotekstil no 13	0,2152	1,5
	Geotekstil no 14	0,2152	1,5
	Geotekstil no 15	0,2152	1,5
	Geotekstil no 16	0,2152	1,5

Setelah memperhitungkan panjang geotekstil berdasarkan stabilitas eksternal dan internal, selanjutnya menghitung kemampuan geotekstil dalam menahan kuat tarik akibat tanah. Kuat tarik akibat tanah pada geotekstil terjadi saat geotekstil menerima beban dari atas (soil embankment) maka geotekstile akan terjadi perlawanan dengan meregang dan mentransfer tegangan tersebut ke daerah pasif. Sehingga geotekstil mampu menahan gaya tarik yang bekerja akibat diberikan beban tersebut. Untuk itu keperluan perencanaan jenis geotekstil yang mampu menahan gaya tarik tersebut perlu dilakukan pengecekan terhadap gaya tariknya. Untuk menghitung kuat tarik geotekstil, gunakan nilai Svi paling dasar, yaitu pada zona 3 dengan Svi 0,1640 meter. Adapun perhitungan gaya tarik yang bekerja pada geotekstil adalah sebagai berikut.

Gaya tarik yang bekerja pada geotekstil

$$\begin{aligned}
 T &= tg \emptyset \times 2 \times \sigma_n \times b \times L \\
 &= tg 30 \times 2 \times (0,5 \times 0,8 \times 15,3) \times 1 \times 7 \\
 &= 49,47 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai kuat tarik maksimum pada geotekstil sebesar 49,47 kN. Nilai tersebut masih berada dibawah nilai kuat tarik ultimate dari geotekstil sebesar 52 kN/m, maka geotekstil aman dalam menahan kuat tarik. Adapun detail pemasangan dapat dilihat pada Gambar 5.38.



Gambar 5.38 Detail Pemasangan Geotekstil Pada Timbunan Baru

Timbunan baru dengan perkuatan geotekstil di analisis menggunakan program Plaxis 8.6. Adapun input parameter tanah dan input parameter geotekstil dapat dilihat pada Tabel 5.12, Tabel 5.13, dan data geotekstil terlampir pada lampiran 5.1.

Tabel 5.12 Parameter Tanah Timbunan Dengan Perkuatan Geotekstil

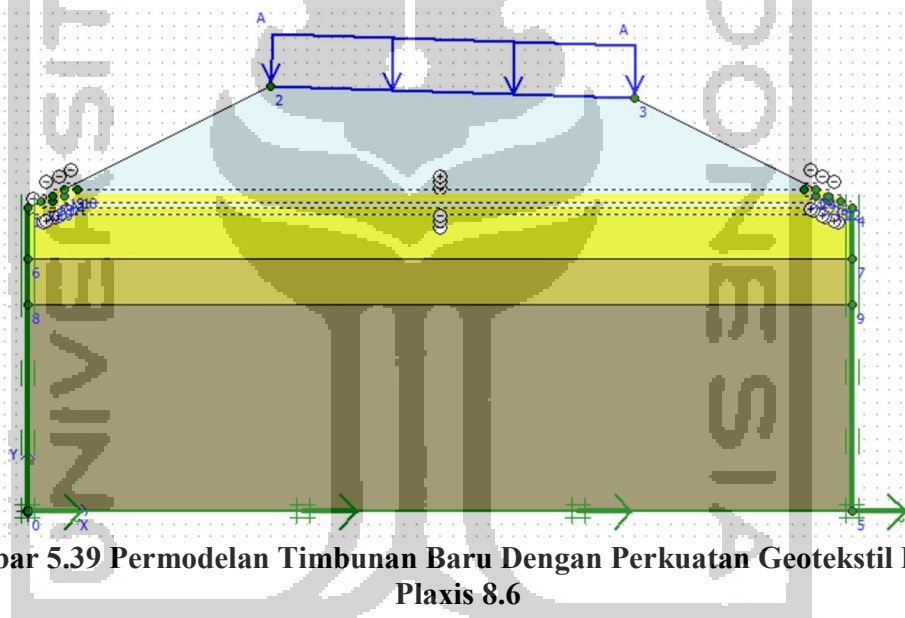
Parameters	Name	Emb.	Soft Layer	Medium Layer	Hard Layer	Units
Model	Model	MC	MC	MC	MC	-
Type of Behavior	Type	D	D	D	D	-
Soil Weight Unsaturated	γ_{unsat}	18	16	18	20	kN/m ³
Soil Weight Saturated	γ_{sat}	19,5	17,5	20	21	kN/m ³
Young's Modulus	E_{ref}	15000	2000	8800	14000	kN/m ²
Cohesion	c	29	13	25	30	kN/m ²
Friction Angle	ϕ	27	2	30	35	°
Poisson Ratio	ν	0,3	0,3	0,3	0,3	-
k_x	k_x	$0,1 \times 10^{-1}$	$0,1 \times 10^{-6}$	$0,1 \times 10^{-4}$	$0,1 \times 10^{-1}$	
k_y	k_y	$0,1 \times 10^{-1}$	$0,1 \times 10^{-6}$	$0,1 \times 10^{-4}$	$0,1 \times 10^{-1}$	

Tabel 5.13 Parameter Input Geotekstil

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kekakuan Normal	EA	260	kN/m

Sumber : PT. Tekindo Geosistem Unggul (2018)

Timbunan baru dengan perkuatan geotekstil dimodelkan secara dua dimensi menggunakan program Plaxis 8.6, dengan memasukkan beban kendaraan dan beban gempa dinamik, pemodelan dilakukan dengan dua variasi, yaitu dengan dan tanpa beban gempa. Adapun pemodelan tanah timbunan baru dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 5.39.



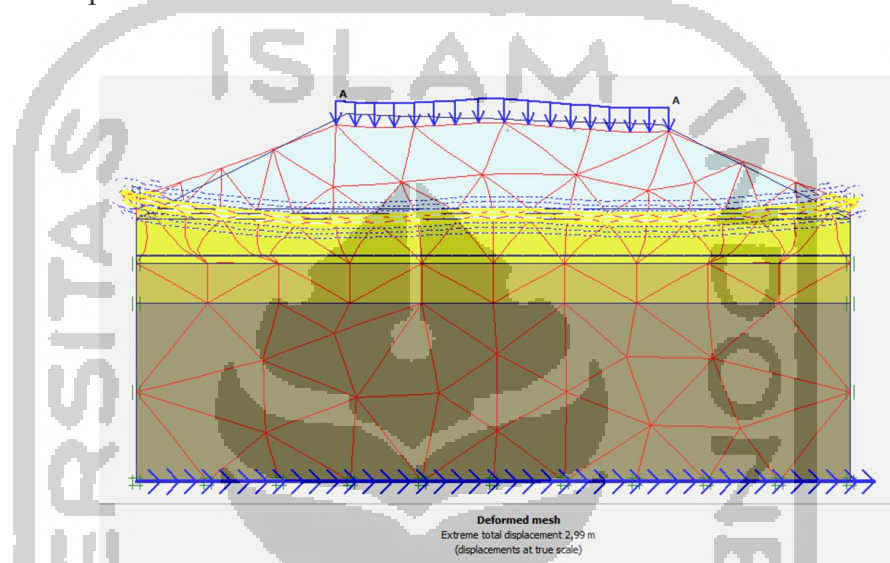
Gambar 5.39 Pemodelan Timbunan Baru Dengan Perkuatan Geotekstil Dalam Plaxis 8.6

1. Masa Konstruksi

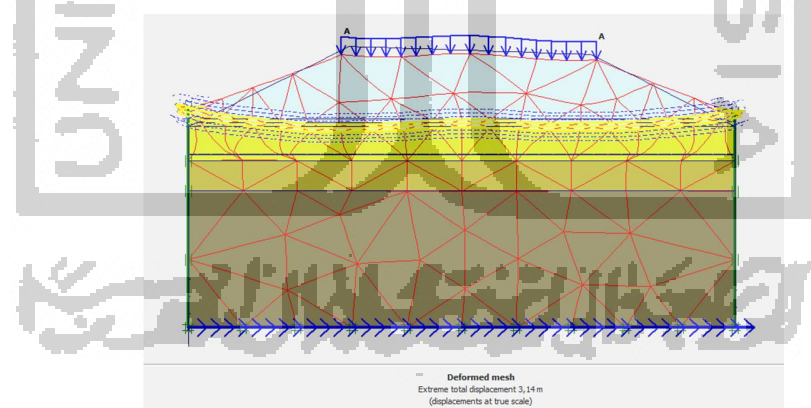
a. *Deformed mesh*

Selanjutnya hasil dari deformed mesh terlihat dengan adanya perubahan jaring elemen menjadi tidak beraturan, perbedaan deformed mesh terlihat antara timbunan baru menggunakan perkuatan geotekstil dengan beban gempa dan tanpa beban gempa pada masa konstruksi. Deformed Mesh pada pemodelan tanpa beban gempa lebih dominan vertical, sedangkan deformed mesh pada

pemodelan dengan beban gempa cenderung tidak beraturan akibat beban gempa. Adapun hasil deformed mesh pada timbunan baru menggunakan perkuatan geotekstil tanpa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.40 dan Gambar 5.41.



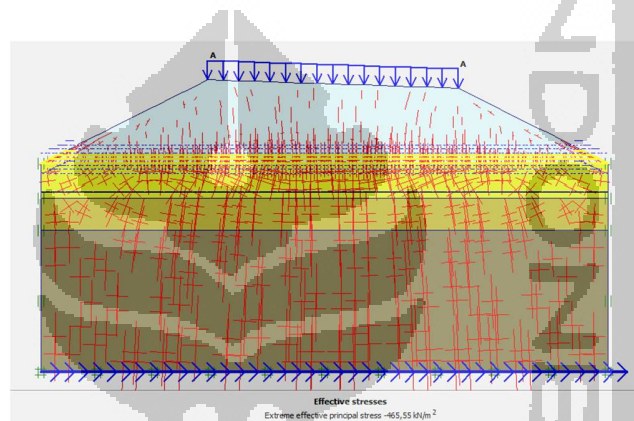
Gambar 5.40 Deformed Mesh Timbunan Baru Menggunakan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Masa konstruksi



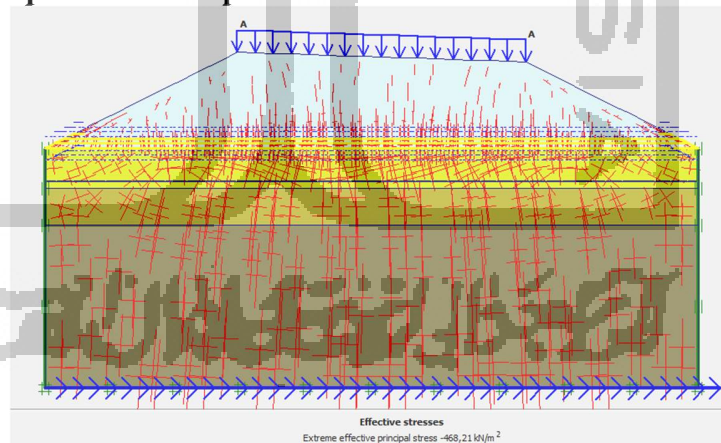
Gambar 5.41 Deformed Mesh Timbunan Baru Menggunakan Perkuatan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Masa konstruksi

b. Tegangan Efektif

Tegangan efektif yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar $-465,55 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan tegangan efektif dengan beban gempa sebesar $-468,21 \text{ kN/m}^2$. Gambar tegangan efektif perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5. 42 dan Gambar 5.43.



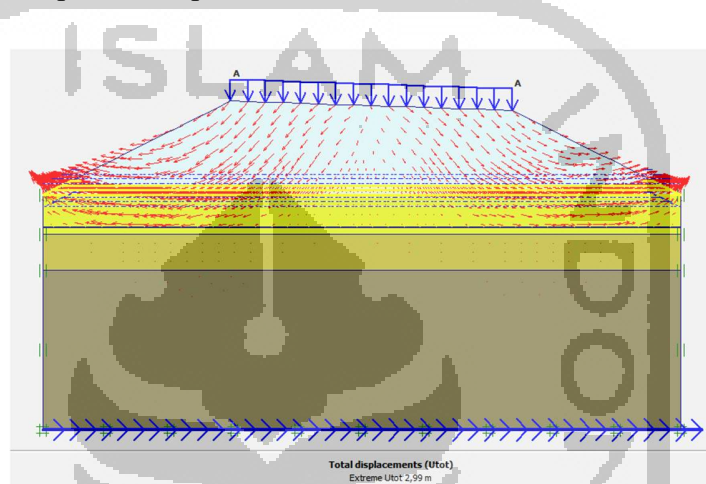
Gambar 5.42 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



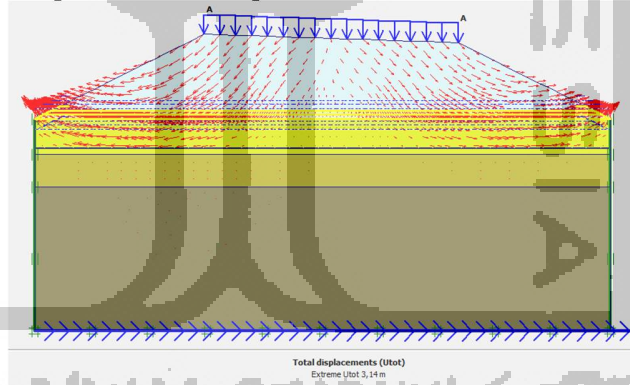
Gambar 5.43 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

c. Arah Pergerakan Tanah

Arah pergerakan tanah yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.44 dan Gambar 5.45.



Gambar 5.44 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

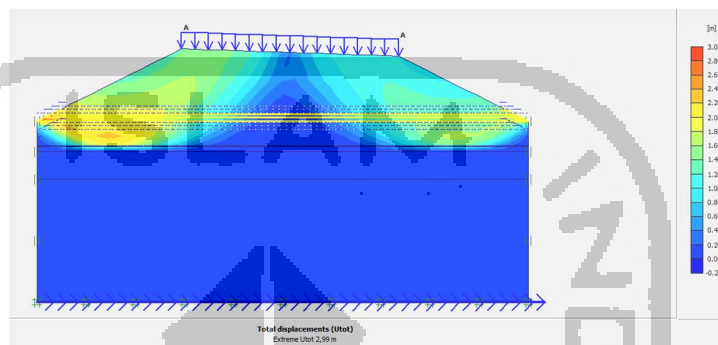


Gambar 5.45 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

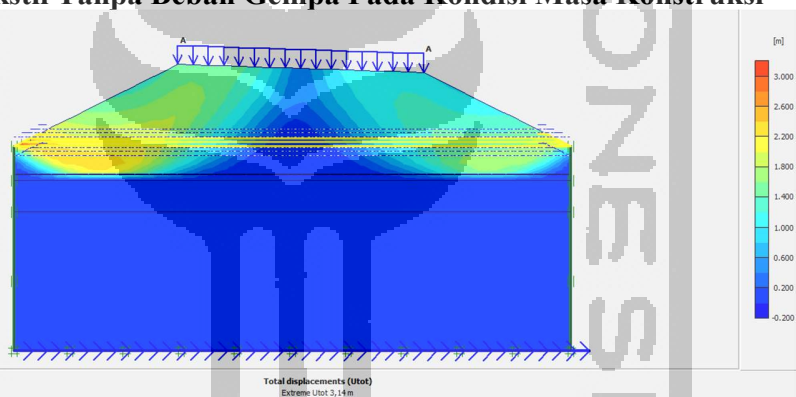
d. Total *Displacement*

Total *displacement* yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 2,99 m. Sedangkan total *displacement* dengan beban gempa sebesar 3,14 m. Gambar total *displacement* perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan

dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.46 dan Gambar 5.47.



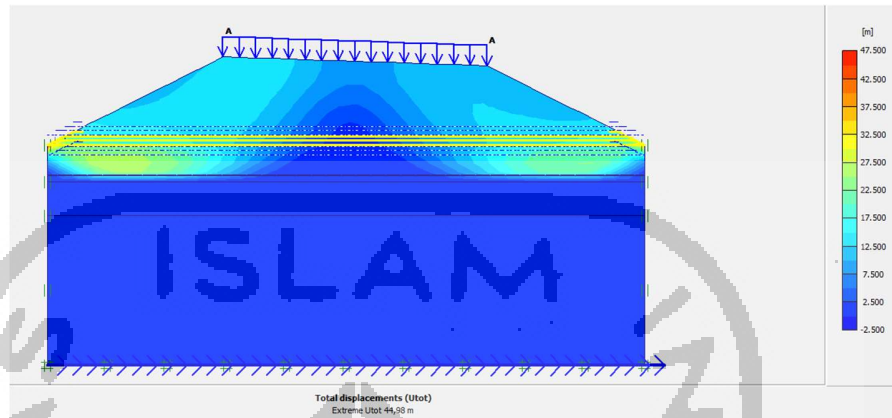
Gambar 5.46 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



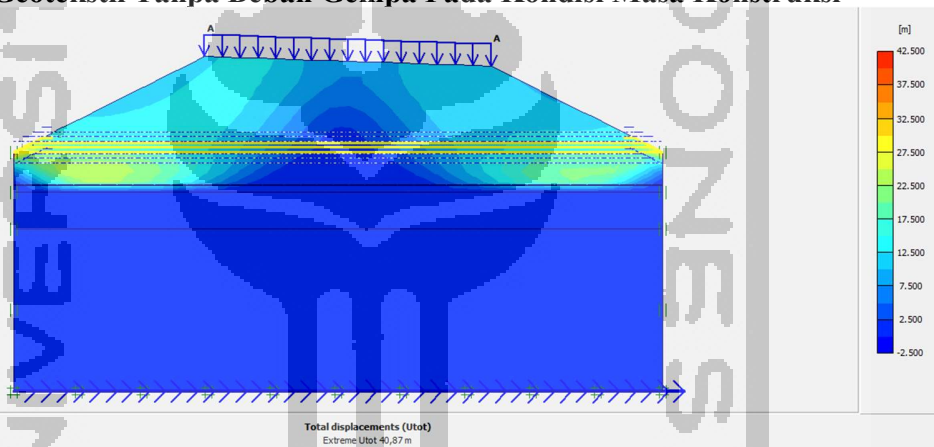
Gambar 5.47 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

e. Daerah Potensi Longsor

Daerah potensi longsor yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.48 dan Gambar 5.49.



Gambar 5.48 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



Gambar 5.49 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

f. Angka Aman

Angka aman yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,6266. sedangkan angka aman dengan beban gempa sebesar 1,6057. Gambar angka aman perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.50 dan Gambar 5.51.

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,6266

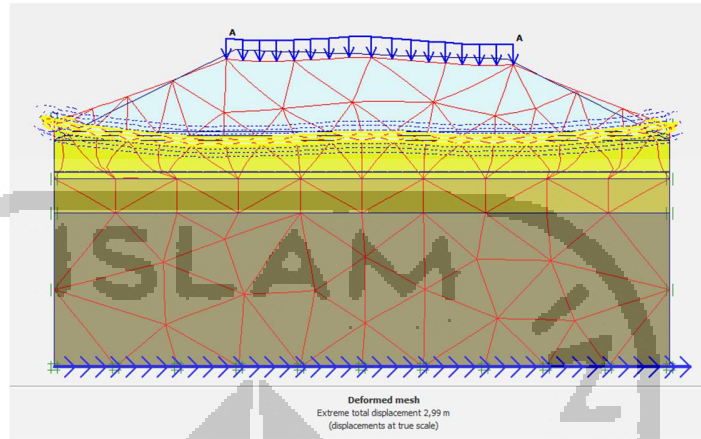
Gambar 5.50 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,6057

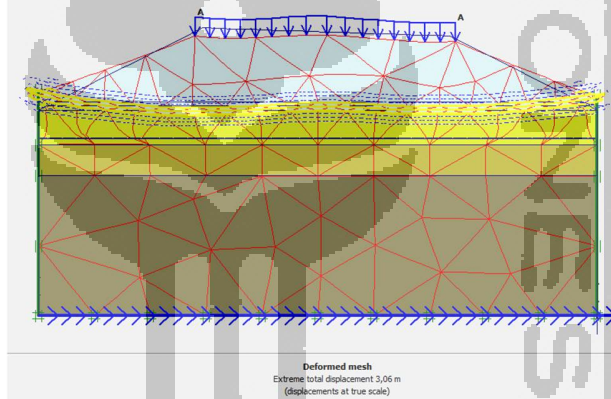
Gambar 5.51 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Berangkur Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

2. Pasca Konstruksi
 - a. *Deformed Mesh*

Deformed Mesh yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi pasca konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.52 dan Gambar 5.53.



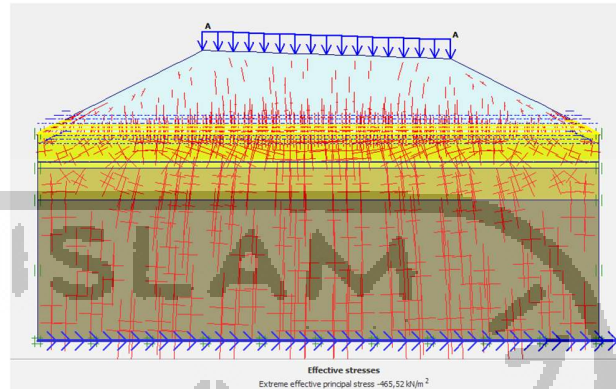
Gambar 5.52 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



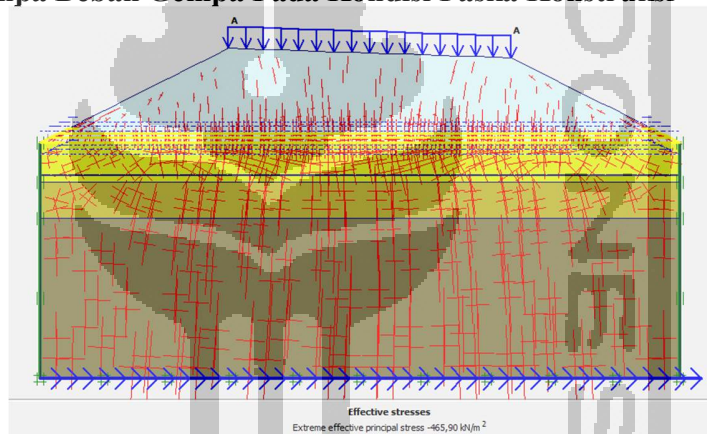
Gambar 5.53 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

b. Tegangan Efektif

Tegangan efektif yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar $-465,52 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan tegangan efektif dengan beban gempa sebesar $-465,90 \text{ kN/m}^2$. Gambar tegangan efektif perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.54 dan Gambar 5.55.



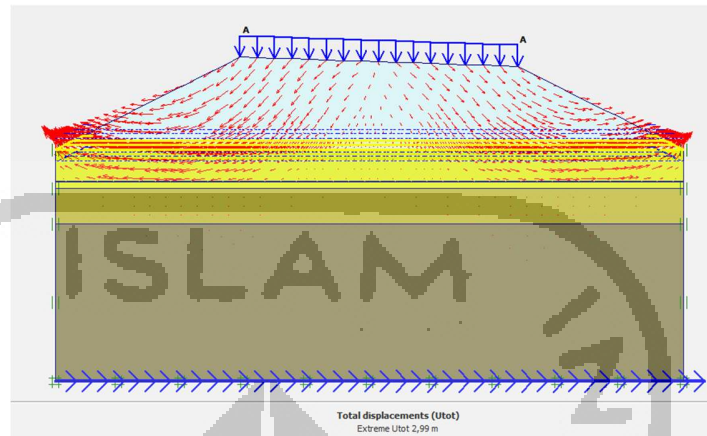
Gambar 5.54 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



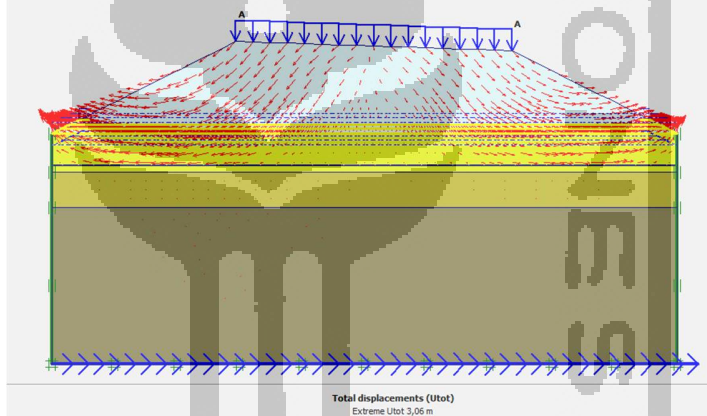
Gambar 5.55 Tegangan Efektif Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

c. Arah Pergerakan Tanah

Arah pergerakan tanah yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.56 dan Gambar 5.57.



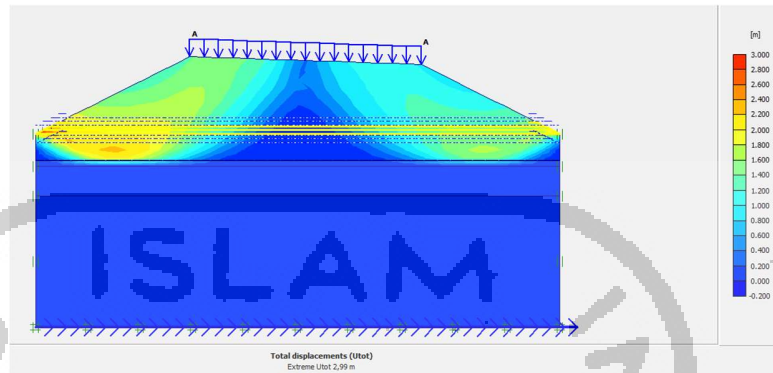
Gambar 5.56 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



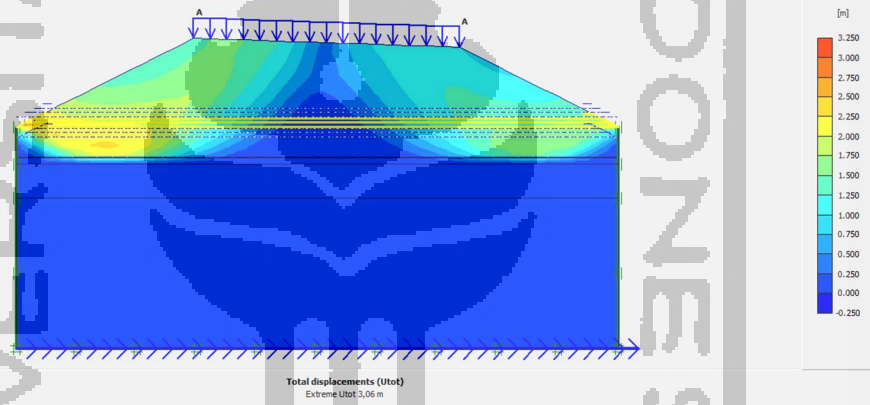
Gambar 5.57 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

d. *Total Displacement*

Total *displacement* yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 2,99 m. Sedangkan total *displacement* dengan beban gempa sebesar 3,06 m. Gambar total *displacement* perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.58 dan Gambar 5.59.



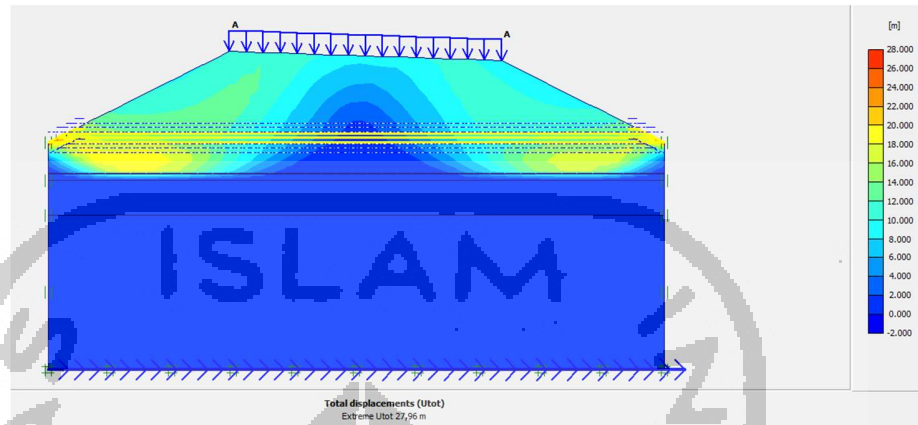
Gambar 5.58 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



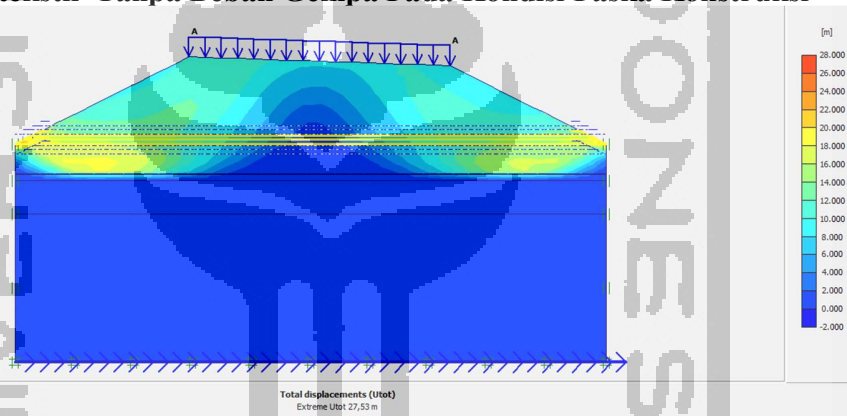
Gambar 5.59 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

e. Daerah Potensi Longsor

Daerah potensi longsor yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.60 dan Gambar 5.61.



Gambar 5.60 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



Gambar 5.61 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

f. Angka Aman

Angka aman yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,5332. sedangkan angka aman dengan beban gempa sebesar 1,5151. Gambar angka aman perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.62 dan Gambar 5.63.

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,5332

Gambar 5.62 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,5151

Gambar 5.63 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

5.6 Pembahasan

Analisis Timbunan diruas Jalan tol Balikpapan - Samarinda seksi V. STA 9 + 726 s/d 9 + 926. dilakukan untuk mengetahui nilai angka aman pada Timbunan tersebut. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis stabilitas Tanah timbunan asli, dengan perkuatan *Sheet Pile* baja dan Geotekstil. Ketiga keadaan tersebut dianalisis dengan berbagai macam kondisi yang bertujuan untuk membandingkan hasil ketiganya. Analisis dilakukan dengan perhitungan manual menggunakan metode Fellinius dan program Plaxis 8.6.

Dari hasil analisis timbunan asli baik pada masa konstruksi maupun paska konstruksi dan tanpa beban gempa maupun dengan beban gempa pada saat dilakukan analisis menggunakan program Plaxis 8.6 tidak dapat diketahui nilai aman dari

stabilitas timbunan tersebut atau terjadi *soil body collapses*. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan manual untuk mengetahui nilai angka aman pada stabilitas timbunan tersebut tersebut. Perhitungan manual menggunakan metode Fellenius didapatkan nilai angka aman sebesar 0,3016. Dengan hasil tersebut, maka Timbunan dalam kondisi sangat tidak aman. Hal tersebut terjadi karena tanah timbunan yang tinggi dan tanah asli pada kedalaman 0 – 6 m merupakan tanah lempung. Karena tanah lempung peka terhadap air dan mudah bergeser ketika diberi beban, sehingga dengan beban yang besar namun tidak didukung dengan tanah dasar yang baik maka timbunan tersebut mudah terjadi penurunan dan keruntuhan.

Hasil analisis perkuatan timbunan jalan dengan *Sheet Pile* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa didapat nilai angka aman sebesar 1,4953 dan dengan beban gempa sebesar 1,4924. Sedangkan pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,2753 dan dengan beban gempa sebesar 1,2744.

Hasil analisis perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada masa konstruksi tanpa beban gempa didapatkan nilai angka aman sebesar 1,6266 dan nilai angka aman dengan beban gempa sebesar 1,6057. Sedangkan nilai angka aman pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,5332 dan nilai angka aman dengan beban gempa sebesar 1,5151.

Hasil angka aman baik pada perkuatan Timbunan jalan dengan menggunakan *Sheet pile* baja maupun perkuatan timbunan jalan dengan menggunakan Geotekstil pada kondisi paska konstruksi didapat nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan kondisi masa konstruksi, hal tersebut terjadi karena adanya penambahan beban lalu lintas pada kondisi paska konstruksi. Selain itu, terjadi penurunan angka aman baik pada masa konstruksi maupun paska konstruksi akibat penambahan beban gempa. Berdasarkan hasil tersebut didapat nilai angka aman $> 1,25$, maka timbunan jalan dengan perkuatan *Sheet pile* baja maupun Geotekstil memiliki kondisi SF yang aman. Rekapitulasi analisis Timbunan pada jalan tol Balikpapan - Samarinda seksi V. STA 9 + 726 s/d 9 + 926 dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Analisis

No	Keterangan	Total Displacement	SF
1	Tanah Timbunan Asli :		
	Masa konstruksi tanpa beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
	Masa konstruksi dengan beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
	Paska konstruksi tanpa beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
	Paska konstruksi dengan beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
2	Perkuatan Timbunan Jalan dengan <i>Sheet pile</i> baja :		
	Masa konstruksi tanpa beban gempa	219,10 x 10 ⁻³	1,4953
	Masa konstruksi dengan beban gempa	824,63	1,4924
	Paska konstruksi tanpa beban gempa	114,43 x 10 ⁻³	1,2753
	Paska konstruksi dengan beban gempa	134,74 x 10 ⁻³	1,2744
3	Perkuatan Timbunan Jalan dengan Geotekstil :		
	Masa konstruksi tanpa beban gempa	2,99	1,6266
	Masa konstruksi dengan beban gempa	3,14	1,6057
	Paska konstruksi tanpa beban gempa	2,99	1,5332
	Paska konstruksi dengan beban gempa	3,06	1,5151

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil perhitungan faktor nilai angka aman pada lereng timbunan tanah asli di ruas jalan tol Balikpapan - Samarinda seksi V. STA 9 + 726 s/d 9 + 926. dengan menggunakan program Plaxis 8.6 baik pada masa konstruksi maupun paska konstruksi dan baik pada kondisi tanpa beban gempa maupun dengan beban gempa terjadi *collapse*. Sedangkan perhitungan manual pada tanah timbunan tersebut di dapatkan hasil angka aman sebesar 0,3016. Dengan nilai Angka aman < 1,25, maka timbunan tersebut sangat labil atau tidak aman terhadap keruntuhan, penurunan dan geser.
2. Hasil perhitungan faktor nilai angka aman pada lereng timbunan yang diperkuat dengan perkuatan *Sheet pile* baja di ruas jalan tol Balikpapan - Samarinda seksi V. STA 9 + 726 s/d 9 + 926. dengan menggunakan program Plaxis 8.6 pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,4953 dan dengan beban gempa sebesar 1,4924. Sedangkan nilai angka aman pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,2753 dan dengan beban gempa sebesar 1,2744. Dengan nilai Angka aman > 1,25, maka tanah timbunan aman terhadap keruntuhan, penurunan dan geser.
3. Hasil perhitungan faktor nilai angka aman pada lereng timbunan yang diperkuat dengan perkuatan Geotekstil di ruas jalan tol Balikpapan - Samarinda seksi V. STA 9 + 726 s/d 9 + 926 menggunakan program Plaxis 8.6 pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,6266 dan dengan beban gempa sebesar 1,6057 Sedangkan nilai angka aman pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa

sebesar 1,5332 dan dengan beban gempa sebesar 1,5151. Dengan nilai Angka aman $> 1,25$, maka lereng aman terhadap keruntuhan, penurunan dan geser.

6.2 Saran

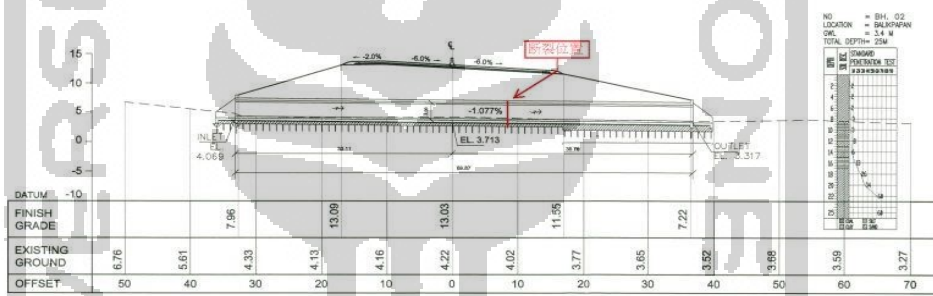
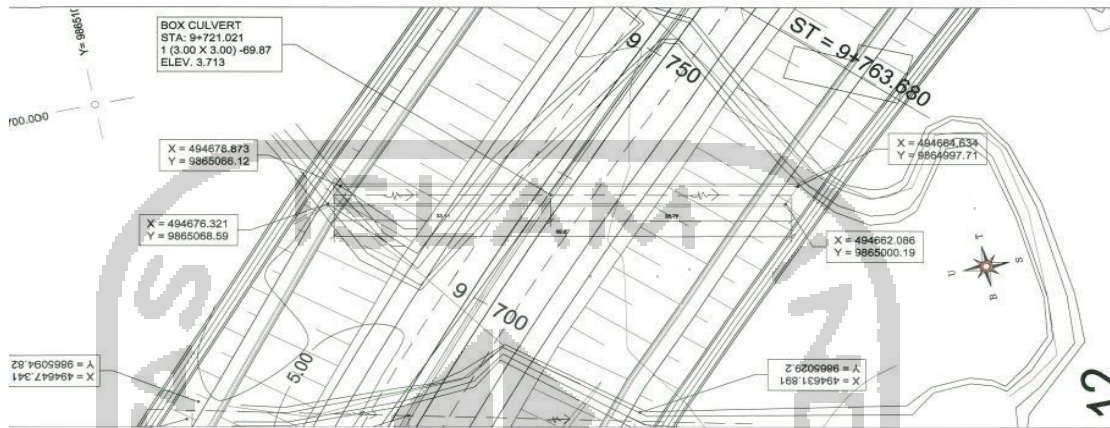
1. Pada analisis stabilitas timbunan jalan pada jalan tol Balikpapan - Samarinda seksi V. STA 9 + 726 s/d 9 + 926, nilai parameter tanah sebagian besar didapatkan dengan nilai pendekatan dari beberapa referensi, pada penelitian selanjutnya diharapkan, timbunan jalan tersebut menggunakan data parameter tanah dari sampel tanah asli yang telah diuji di laboratorium.
2. Dilakukan perbandingan dengan perkuatan lainnya seperti, perkuatan dengan dinding penahan tanah, *mini pile*, *bored pile*, *soil nailing* dan lain sebagainya.
3. Dilakukan perhitungan perbandingan rancangan anggaran biaya antara penggunaan perkuatan *Sheet pile* dan Geotekstil.
4. Perlu dilakukan analisis dengan menggunakan program lainnya seperti, Geoslope dan STABB.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E., (1991), *Analisa dan Desain Pondasi*, Edisi Keempat Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Brinkgreve, R.B.J et al., 2007, *PLAXIS 2D-Versi 8*. Delft University of Technology and PLAXIS. Belanda.
- Das, B.M., 2006. *Principles Of Geotechnical Engineering fifth edition*, Thomson Canada Limited, Canada.
- Das, B.M, 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip Prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Edisi 1, Erlangga, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002, *Panduan Geoteknik 1*. Edisi Pertama, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002, *Panduan Geoteknik 4 Desain dan Kontruksi*. Edisi Pertama, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2009, *Modul Pelatihan Geosintetik Volume 2: Klasifikasi & Fungsi Geosintetik*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2009, *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2010. *Mekanika Tanah II*. Edisi Kelima, Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2010. *Mekanika Tanah I*. Edisi Keenam, Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2010. *Teknik Fondasi I*. Edisi Ketiga, Penerbit Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Holtz, R.D and Kovacs, W.D, 1981, *An Introduction to Geotechnical Engineering*, Preintice-Hall, New Jersey, USA.
- Hunt, J.A. 1982, *The Development of Find Drain for Structurr Drainage*, Proc.of the Journal Waterways and Habourss Division.

- Ismanti, Isto., 2012. *Analisis Perilaku Timbunan dengan Perkuatan Geosintetik Menggunakan Software Plaxis*. Thesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kaliakin, V. N., Dechasakulsom, M., 2001, *Time-Dependent Behavior of Geosynthetic Reinforcement – A Review of Experimental Work*, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Delaware Newark, Delaware. 77
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). Peta Hazard Gempa Indonesia 2010. Jakarta.
- Kurniawan, dkk, 2015, *Perbaikan Subgrade Ruas Jalan Pontianak – Tayan yang Diperkuat Dengan Menggunakan Geotekstil dan Cerucuk*, *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, Vol.2, No 2, <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/11200>, Diakses 18 Maret 2016.
- Sosrodarsono, S dan Nakazawa, K., 1983, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT Pradhya Paramita, Jakarta.
- Suryolelono, K. B., 2000, *Geosintetik Geoteknik*, Edisi 1, Cetakan 1, Navitri, Yogyakarta.
- Tay A.P, dkk, 2013, *Analisis Perkuatan Geotekstil Pada Timbunan Kontruksi Jalan Dengan Plaxis 2D. Tugas Akhir*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Risal, Muhammad dkk (2015) *melakukan studi yang bertujuan untuk mengetahui besar penurunan / settlement dan lama waktu konsolidasi yang terjadi pada tanah di bawah badan jalan nasional Tikke – Baras , Sulawesi Barat*.
- Aulia, M. Rizki. 2016. *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Sheet Pile Pada Ruas Jalan Babahrot – Trangon Di Provinsi Aceh Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Universitas Syiah Kuala.
- Wesley, L. D. (1977), *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Percetakan Umum, Jakarta.

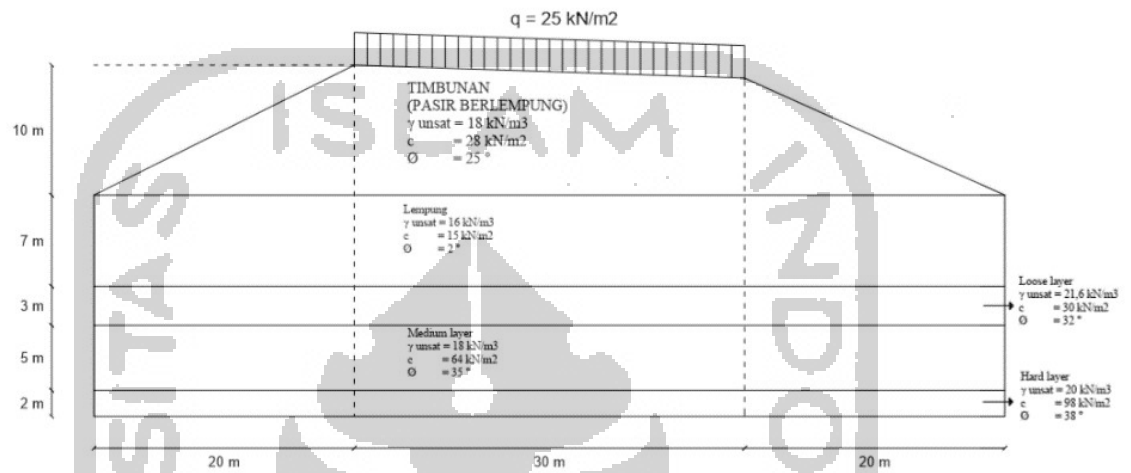
Lampiran 1.1 Lokasi Penelitian



CROSS SECTION OF BOX CULVERT STA.9+721

UNIVERSITAS DOMESTIKA

Lampiran 2.1 Potongan Melintang Jalan



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 3.1 Data Uji Sondir

Sondir Titik 2.

HASIL ANALISA DATA SONDIR

Nomor titik CPT : Titik Sondir No.02 Dituji oleh : Dwi Agus Sumarno Cs
 Proyek : Sondir Test BUCG Box Culvert Toll Balsam KM 8 Balikpapan Di Hitung oleh : Syamsah M Noor
 Lokasi : STA 09+721 (7) [No-II] Tanggal : 25 Oktober 2018
 Koordinat X dan Y :

Penguji Lapangan Dengan Alat Sondir SNI 03 - 2827 - 1992							
Ds = Diameter bidang geser (cm) : 3.54			Ls = Panjang Bidang Geser (cm) : 11.78				
Dc = Diameter Conus (cm) : 3.53			Co = : 1.02				
Dpl = Diameter Piston (cm) : 3.56			C1 = : 0.08				
Kedalaman (m)	Pembacaan Manometer			Perlawanan Geser			Angka Banding Geser Rf = (Fs x 100)/Qc (%)
	Perlawanan Konus Cw (Kg/cm2)	Perlawanan Konus dan Geser Tw (Kg/cm2)	Perlawanan Konus Qc = Cw x Co (Kg/cm2)	Lokal		Total	
				Fs = (Tw-Cw) x C1 (Kg/cm2)	Fs x 20 (Kg/cm)	Tf = Fs x Interval Pembacaan (Kg/m)	
0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	3	5	3,06	0,16	3,20	3,20	5,23
0,40	3	5	3,06	0,16	3,20	6,40	5,23
0,60	3	5	3,06	0,16	3,20	9,60	5,23
0,80	3	5	3,06	0,16	3,20	12,80	5,23
1,00	5	10	5,10	0,40	8,00	20,80	7,84
1,20	5	10	5,10	0,40	8,00	28,80	7,84
1,40	5	10	5,10	0,40	8,00	36,80	7,84
1,60	5	10	5,10	0,40	8,00	44,80	7,84
1,80	5	10	5,10	0,40	8,00	52,80	7,84
2,00	5	10	5,10	0,40	8,00	60,80	7,84
2,20	5	10	5,10	0,40	8,00	68,80	7,84
2,40	5	10	5,10	0,40	8,00	76,80	7,84
2,60	5	10	5,10	0,40	8,00	84,80	7,84
2,80	5	10	5,10	0,40	8,00	92,80	7,84
3,00	5	10	5,10	0,40	8,00	100,80	7,84
3,20	5	10	5,10	0,40	8,00	108,80	7,84
3,40	5	10	5,10	0,40	8,00	116,80	7,84
3,60	5	10	5,10	0,40	8,00	124,80	7,84
3,80	10	15	10,20	0,40	8,00	132,80	3,92
4,00	10	15	10,20	0,40	8,00	140,80	3,92
4,20	10	15	10,20	0,40	8,00	148,80	3,92
4,40	15	20	15,30	0,40	8,00	156,80	2,61
4,60	20	25	20,40	0,40	8,00	164,80	1,96
4,80	25	30	25,50	0,40	8,00	172,80	1,57
5,00	20	30	20,40	0,80	16,00	188,80	3,92
5,20	35	40	35,70	0,40	8,00	196,80	1,12
5,40	35	40	35,70	0,40	8,00	204,80	1,12
5,60	35	40	35,70	0,40	8,00	212,80	1,12
5,80	40	45	40,80	0,40	8,00	220,80	0,98
6,00	40	45	40,80	0,40	8,00	228,80	0,98
6,20	40	45	40,80	0,40	8,00	236,80	0,98
6,40	40	45	40,80	0,40	8,00	244,80	0,98
6,60	40	45	40,80	0,40	8,00	252,80	0,98
6,80	40	45	40,80	0,40	8,00	260,80	0,98
7,00	45	50	45,90	0,40	8,00	268,80	0,87
7,20	50	55	51,00	0,40	8,00	276,80	0,78
7,40	45	50	45,90	0,40	8,00	284,80	0,87
7,60	50	55	51,00	0,40	8,00	292,80	0,78
7,80	50	55	51,00	0,40	8,00	300,80	0,78
8,00	30	35	30,60	0,40	8,00	308,80	1,31
8,20	55	60	56,10	0,40	8,00	316,80	0,71
8,40	55	60	56,10	0,40	8,00	324,80	0,71
8,60	55	60	56,10	0,40	8,00	332,80	0,71
8,80	60	65	61,20	0,40	8,00	340,80	0,65
9,00	60	65	61,20	0,40	8,00	348,80	0,65
9,20	60	65	61,20	0,40	8,00	356,80	0,65
9,40	60	65	61,20	0,40	8,00	364,80	0,65
9,60	65	70	66,30	0,40	8,00	372,80	0,60
9,80	60	65	61,20	0,40	8,00	380,80	0,65
10,00	60	65	61,20	0,40	8,00	388,80	0,65

sketsa situasi :
 Nomor Titik : TS.02
 Muka tanah : -
 Muka Air Tanah : -
 Kedalaman : 17,20 m
 No. Manometer : 1136749
 No. Alat Sondir : # 02
 Kapasitas Alat : 2.5 Ton

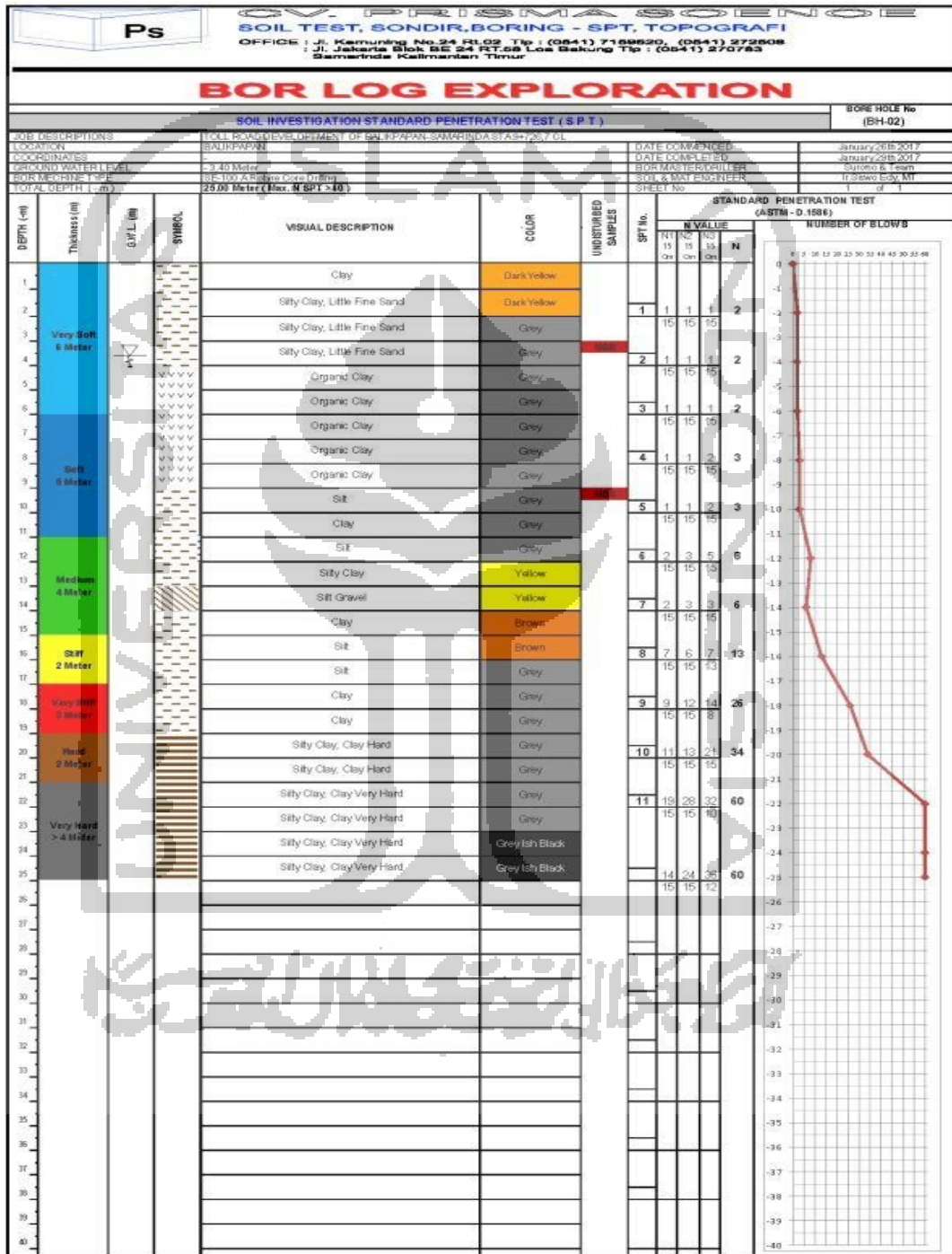
HASIL ANALISA DATA SONDIR

Nomor titik CPT : Titik Sondir No.02 Diuji oleh : Dwi Agus Sumarmo Cs
 Proyek : Sondir Test BUCG Box Culvert Toll Balsam KM 8 Balikpapan Di Hitung oleh : Syamsah M Noor
 Lokasi : STA 09+721 (7) [No-II] Tanggal : 25 Oktober 2018
 Koordinat X dan Y :

Pengujian Lapangan Dengan Alat Sondir SNI 03 - 2827 - 1992							
Ds = Diameter bidang geser (cm) : 3.54				Ls = Panjang Bidang Geser (cm) : 11.78			
Dc = Diameter Conus (cm) : 3.53				C0 = : 1.02			
Dpl = Diameter Piston (cm) : 3.56				C1 = : 0.08			
Kedalaman (m)	Pembacaan Manometer			Perlawanan Geser			Angka Banding Geser RF = (Fs x 100)/Qc (%)
	Perlawanan Konus Cw (Kg/cm2)	Perlawanan Konus dan Geser Tw (Kg/cm2)	Perlawanan Konus Qc = Cw x Co (Kg/cm2)	Lokal		Total	
				Fs = (Tw-Cw) x C1 (Kg/cm2)	Fs x 20 (Kg/cm)	Tf = Fs x Interval Pembacaan (Kg/m)	
10,00	60	65	61,20	0,40	8,00	388,80	0,65
10,20	65	70	66,30	0,40	8,00	396,80	0,60
10,40	65	70	66,30	0,40	8,00	404,80	0,60
10,60	65	70	66,30	0,40	8,00	412,80	0,60
10,80	65	70	66,30	0,40	8,00	420,80	0,60
11,00	60	65	61,20	0,40	8,00	428,80	0,65
11,20	60	65	61,20	0,40	8,00	436,80	0,65
11,40	65	70	66,30	0,40	8,00	444,80	0,60
11,60	65	70	66,30	0,40	8,00	452,80	0,60
11,80	70	75	71,40	0,40	8,00	460,80	0,56
12,00	75	80	76,50	0,40	8,00	468,80	0,52
12,20	80	85	81,60	0,40	8,00	476,80	0,49
12,40	80	85	81,60	0,40	8,00	484,80	0,49
12,60	80	90	81,60	0,80	16,00	500,80	0,98
12,80	90	95	91,80	0,40	8,00	508,80	0,44
13,00	105	110	107,10	0,40	8,00	516,80	0,37
13,20	105	110	107,10	0,40	8,00	524,80	0,37
13,40	105	110	107,10	0,40	8,00	532,80	0,37
13,60	110	115	112,20	0,40	8,00	540,80	0,36
13,80	120	125	122,40	0,40	8,00	548,80	0,33
14,00	130	135	132,60	0,40	8,00	556,80	0,30
14,20	125	130	127,50	0,40	8,00	564,80	0,31
14,40	125	130	127,50	0,40	8,00	572,80	0,31
14,60	85	90	86,70	0,40	8,00	580,80	0,46
14,80	90	95	91,80	0,40	8,00	588,80	0,44
15,00	145	150	147,90	0,40	8,00	596,80	0,27
15,20	160	165	163,20	0,40	8,00	604,80	0,25
15,40	170	180	173,40	0,80	16,00	620,80	0,46
15,60	170	180	173,40	0,80	16,00	636,80	0,46
15,80	180	185	183,60	0,40	8,00	644,80	0,22
16,00	190	195	193,80	0,40	8,00	652,80	0,21
16,20	185	190	188,70	0,40	8,00	660,80	0,21
16,40	195	200	198,90	0,40	8,00	668,80	0,20
16,60	195	200	198,90	0,40	8,00	676,80	0,20
16,80	195	200	198,90	0,40	8,00	684,80	0,20
17,00	195	200	198,90	0,40	8,00	692,80	0,20
17,20	200	250	204,00	4,00	80,00	772,80	1,96
17,40							
17,60							
17,80							
18,00							
18,20							
18,40							
18,60							
18,80							
19,00							
19,20							
19,40							
19,60							
19,80							
20,00							

sketsa situasi :
 Nomor Titik : TS.02
 Muka tanah : -
 Muka Air Tanah : -
 Kedalaman : 17,20 m
 No. Manometer : 1L36749
 No. Alat Sondir : # 02
 Kapasitas Alat : 2.5 Ton

Lampiran 4.1 Grafik SPT Bor log



Lampiran 5.1 Data Steel Sheet Pile.

Products

Sectional properties

Basic type

Flat type sheet pile	NIPPON STEEL BEAM™					Mass per m ² of web	Sectional area	Section modulus	Radius of inertia
	H	B	t	r	kg/m ²				
	400	200	9	22	13	202	257	3,240	193,400
	400	250	12	22	13	291	350	3,430	172,100
	450	200	9	16	13	190	237	2,870	198,400
	450	250	9	19	13	191	250	3,290	170,300
	450	300	9	16	13	200	255	3,420	192,600
	450	350	9	19	13	212	271	3,750	143,500
	450	350	9	22	13	225	287	4,100	165,800
	450	400	12	25	13	240	310	4,700	162,700
	450	450	12	28	13	261	332	5,040	176,500
	500	200	9	16	13	190	242	3,270	142,000
	500	250	9	19	13	200	255	3,690	153,500
	500	300	9	22	13	210	267	3,920	165,400
	500	350	12	19	13	212	270	3,980	160,300
	500	350	12	22	13	222	282	4,170	170,100
	500	400	12	25	13	231	295	4,670	178,500
	500	450	9	16	13	204	260	3,750	158,100
	500	450	9	19	13	216	270	4,190	171,200
	500	450	9	22	13	220	282	4,580	183,600
	500	500	12	22	13	241	307	4,900	188,700
	500	500	12	25	13	253	323	5,180	201,200
	500	550	12	28	13	268	339	5,550	211,500
	600	250	12	16	13	212	271	4,270	200,300
	600	300	12	19	13	222	283	4,640	222,400
	600	350	12	22	13	230	296	5,010	230,500
	600	400	12	25	13	242	300	5,260	241,600
	600	450	12	28	13	252	311	5,720	251,900
	600	500	12	31	13	259	324	5,990	249,000
	600	550	12	34	13	263	332	6,190	270,900
	600	600	12	37	13	270	342	6,630	284,500
	600	650	12	40	13	276	349	7,050	304,800
	650	250	16	30	13	312	367	7,570	305,900
	650	300	16	33	13	344	381	8,750	291,300
	650	350	16	36	13	357	397	9,240	306,300
	650	400	16	39	13	368	410	9,700	323,800
	650	450	16	42	13	372	417	10,140	342,000
	650	500	16	45	13	376	423	10,560	361,000
	650	550	16	48	13	379	428	10,960	380,800
	650	600	16	51	13	382	432	11,340	401,400
	650	650	16	54	13	385	436	11,700	422,800
	700	250	17	33	13	370	382	8,630	354,500
	700	300	17	36	13	385	397	9,190	374,800
	700	350	17	39	13	398	413	9,730	396,000
	700	400	17	42	13	410	429	10,250	418,000
	700	450	17	45	13	421	443	10,740	440,800
	700	500	17	48	13	431	456	11,210	464,400
	700	550	17	51	13	440	468	11,660	488,800
	700	600	17	54	13	448	479	12,090	514,000
	700	650	17	57	13	456	489	12,500	540,000
	750	250	18	36	13	392	397	9,570	401,900
	750	300	18	39	13	406	413	10,090	424,000
	750	350	18	42	13	418	429	10,590	447,200
	750	400	18	45	13	429	443	11,070	471,600
	750	450	18	48	13	439	456	11,530	497,200
	750	500	18	51	13	448	468	11,970	524,000
	750	550	18	54	13	456	479	12,390	552,000
	750	600	18	57	13	464	489	12,790	581,200
	750	650	18	60	13	471	499	13,170	611,600
	800	250	19	39	13	404	402	10,310	434,900
	800	300	19	42	13	418	418	10,830	459,200
	800	350	19	45	13	430	434	11,330	484,800
	800	400	19	48	13	440	448	11,810	511,600
	800	450	19	51	13	449	461	12,270	539,600
	800	500	19	54	13	457	473	12,710	568,800
	800	550	19	57	13	465	484	13,130	599,200
	800	600	19	60	13	472	495	13,530	630,800
	800	650	19	63	13	479	505	13,910	663,600
	850	250	20	42	13	416	407	11,050	449,900
	850	300	20	45	13	430	423	11,570	475,200
	850	350	20	48	13	441	438	12,070	501,800
	850	400	20	51	13	450	451	12,550	529,600
	850	450	20	54	13	458	463	13,010	558,600
	850	500	20	57	13	465	474	13,450	588,800
	850	550	20	60	13	472	484	13,870	620,200
	850	600	20	63	13	479	494	14,270	652,800
	850	650	20	66	13	485	504	14,650	686,600
	900	250	21	45	13	428	412	11,790	465,900
	900	300	21	48	13	442	428	12,310	492,200
	900	350	21	51	13	453	443	12,810	519,800
	900	400	21	54	13	461	456	13,290	548,600
	900	450	21	57	13	468	468	13,750	578,600
	900	500	21	60	13	475	478	14,190	609,800
	900	550	21	63	13	481	488	14,610	642,200
	900	600	21	66	13	488	498	15,010	675,800
	900	650	21	69	13	494	508	15,390	710,600
	950	250	22	48	13	440	417	12,530	482,900
	950	300	22	51	13	454	433	13,050	509,200
	950	350	22	54	13	465	448	13,550	536,800
	950	400	22	57	13	473	461	14,030	565,600
	950	450	22	60	13	480	473	14,490	595,600
	950	500	22	63	13	487	484	14,930	626,800
	950	550	22	66	13	493	494	15,350	659,200
	950	600	22	69	13	499	504	15,750	692,800
	950	650	22	72	13	505	514	16,130	727,600

Lampiran 5.2 Data Geotekstil.

UnggulTex

POLYPROPYLENE WOVEN GEOTEXTILES

TECHNICAL SPECIFICATIONS

PROPERTIES	UNIT	TEST METHOD	UW - 150	UW - 200	UW - 250
Physical Properties					
Mass	g/m ²	ASTM D 5261-92	150	200	250
Thickness	mm	ASTM D 5199-91	0.5	0.6	0.7
Colour	-	-	Black	Black	Black
Mechanical Properties					
Stap Tensile Strength (Wrb/Weft)	kN/m	ASTM D 4595-94	37/35	42/39	52/52
Elongation at Max. Load (Wrb/Weft)	%	ASTM D 4595-94	19/18	20/20	20/20
Grap Tensile Strength (Wrb/Weft)	N	ASTM D 4632-91	1210/1200	1600/1600	1750/1750
Elongation at Max. Load (Wrb/Weft)	%	ASTM D 4632-91	14/13	22/22	22/22
Trapezoidal Tear Strength (Wrb/Weft)	N	ASTM D 4533-91	615/615	700/700	800/800
Hydraulic Properties					
Pore Size O ₉₅	µm	ASTM D 4751-95	320	275	250
Water Permeability	l/m ² /sec	100 mm water head	28	16	7.5
Environmental Properties					
Effect of soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil
Effect of soil Acidity	-	-	nil	nil	nil
Effect of Bacteria	-	-	nil	nil	nil
Effect of UV Light	-	-	Stabilized	Stabilized	Stabilized
Packaging					
Roll Length	m	-	150 - 200	150 - 200	150 - 200
Roll Width	m	-	3 - 4	3 - 4	3 - 4
Roll Area	m ²	-	640 - 760	640 - 760	640 - 760
Roll Diameter (Approx)	m	-	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5
Roll Weight (Approx)	kg	-	96 - 114	128 - 152	160 - 190

All information, illustration and specification are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

Distributed by :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL
 Utama SIER Building, 1st Floor, J. Rungkut Industri Raya 10, Surabaya 60230
 Tel. 031-6473062 Fax. 031-6473063