

**EVALUASI PERBAIKAN TANAH MENGGUNAKAN
GEOTEKSTIL UNTUK MENINGKATKAN STABILITAS
TANAH LAPISAN SUBGRADE PEKERJAAN JALAN**

SKRIPSI

OLEH:

MHD. KHUZEIR Z. LUBIS

15.811.0086



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2018**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Juli 2018

Penulis



MHD. KHUZLIR Z. LUBIS

15.811.0086

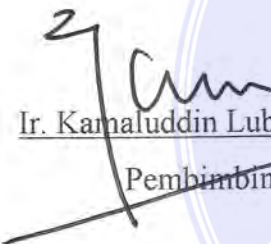
Judul Skripsi : Evaluasi Perbaikan Tanah Menggunakan
Geotekstil Untuk Meningkatkan Stabilitas
Tanah Lapisan Subgrade Pekerjaan Jalan

Nama : Mhd. Khuzeir Z.Lubis

NPM : 15.811.0086

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing




Ir. Kamaluddin Lubis, M.T

Pembimbing I



Ir. Subur Panjaitan, M.I

Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M.Eng

Dekan



Ir. Kamaluddin Lubis, M.T

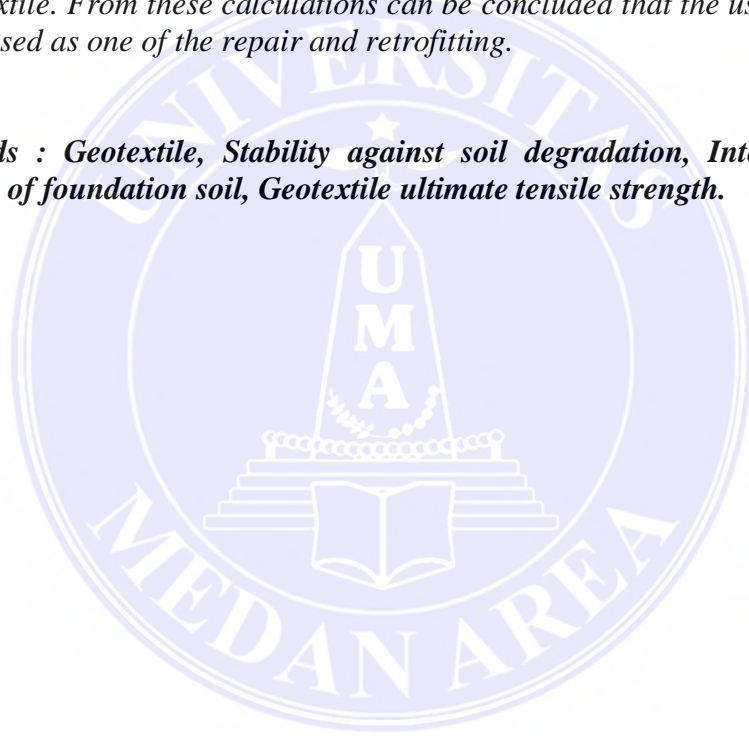
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus: 23 Januari 2018

ABSTRACT

At the stage of a construction work one of the main problems in soft soil is the large land decline. The large decrease is due to the decrease in soil. The condition of poor base soil in the form of clay soil needs to be done to improve the basic soil to be able to support the construction load. One method used as land improvement is by geotextiles. The type of geotextile used in the construction of the Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi toll road project, Parbarakan-Lubuk Pakam Sta.42 + 750-Sta.47 + 600 is a geotextile PP woven polypropylene. The geotextile type uses non woven geotextile while the study is geotextile polypropylene woven, Non woven tensile strength 20 kN / m required 1 layer of geotextile while tensile strength Polypropylene woven 30 kN / m required 2 layers of geotextile. From these calculations can be concluded that the use of geotextiles can be used as one of the repair and retrofitting.

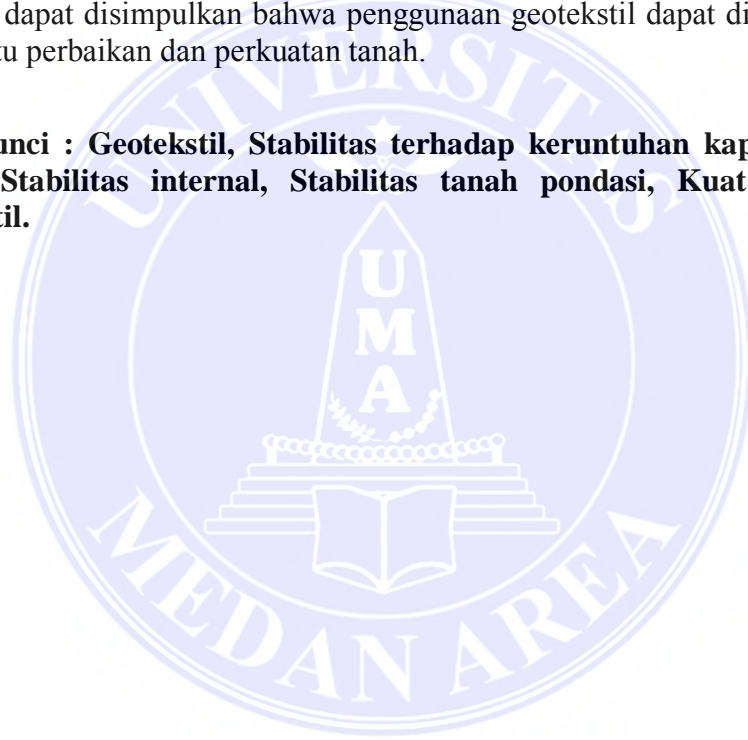
Keywords : *Geotextile, Stability against soil degradation, Internal Stability, Stability of foundation soil, Geotextile ultimate tensile strength.*



ABSTRAK

Pada tahap suatu pekerjaan konstruksi salah satu permasalahan utama pada tanah lunak adalah penurunan tanah yang besar. Penurunan yang besar tersebut disebabkan oleh penurunan pada tanah. Kondisi tanah dasar yang jelek berupa tanah lempung, perlu dilakukan upaya perbaikan tanah dasar agar mampu mendukung beban konstruksi. Salah satu metode yang digunakan sebagai perbaikan tanah adalah dengan geotekstil. Jenis geotekstil yang dipakai pada pekerjaan proyek konstruksi jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi, Parbarakan-Lubuk Pakam Sta.42+750-Sta.47+600 adalah geotekstil PP woven polypropylene. Tipe geotekstil dilapangan menggunakan geotekstil Non woven, sedangkan dikajian ini geotekstil polypropylene woven, Kekuatan tarik Non woven 20 kN/m diperlukan 1 lapis geotekstil sedangkan kekuatan tarik Polypropylene woven 30 kN/m diperlukan 2 lapis geotekstil. Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan geotekstil dapat dijadikan sebagai salah satu perbaikan dan perkuatan tanah.

Kata kunci : Geotekstil, Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah, Stabilitas internal, Stabilitas tanah pondasi, Kuat tarik ultimit geotekstil.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Tugas Akhir ini berjudul “EVALUASI PERBAIKAN TANAH MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL UNTUK MENINGKATKAN STABILITAS TANAH LAPISAN SUBGRADE PEKERJAAN JALAN” ini merupakan satu syarat yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan pendidikan program studi Strata I (S1) Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Sesuai dengan judulnya, dalam laporan ini akan dibahas mengenai evaluasi perbaikan tanah menggunakan geotekstil untuk meningkatkan stabilitas tanah lapisan subgrade pekerjaan jalan.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis menghadapi berbagai kendala, namun berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak maka Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini selayaknya penulis menyampaikan terima kasih kepada:

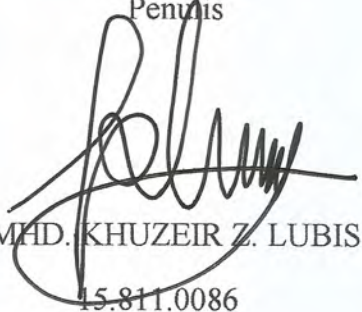
1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M Eng, M.Sc, Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M. Eng, Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Kamaluddin lubis, M.T., Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Kamaluddin lubis, M.T., Dosen Pembimbing I Tugas Akhir
5. Bapak Ir. H. Subur Panjaitan, M.T., Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.

6. Seluruh Dosen dan staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area yang telah banyak membantu penyusunan dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Benni Rahman Sinaga , sebagai Pegawai PT. Waskita Karya.
8. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun materi.
9. Teman-teman yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam moril dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menulis dan menyelesaikan Tugas Akhir ini, namun tidak tertutup kemungkinan masih terdapat kesalahan-kesalahan dalam penulis Tugas Akhir ini, untuk itu penulis sangat mengharapkan masukan-masukan, segala kritik, saran dan pendapat yang bersifat membangun guna memperbaiki Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah turut membantu dalam penulis laporan ini, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, Juli 2018

Penulis



MHD. KHUZEIR Z. LUBIS
15.811.0086

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Bagan Alir Pemikiran	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanah	5
2.2 Penyelidikan Tanah	7
2.3 Ukuran Partikel Tanah	8
2.4 Fase Tanah	8
2.5 Hubungan antara Bagian – Bagian Elemen Tanah	10
2.6 Hubungan – hubungan Antara Fungsional	13

2.7 Kerapatan Relatif (Relatif Density)	16
2.8 Komposisi Tanah	20
2.9 Geosintetik	20
2.10 Geotekstil	29
2.11 Geotekstil polypropylene woven	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	49
3.1 Gambaran Umum Proyek	49
3.2 Lokasi penelitian	50
3.3 Organisasi Proyek kontraktor	51
3.4 Penjadwalan Pelaksanaan Pekerjaan	53
3.5 Metode Pengumpulan Data	53
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Perhitungan Geotekstil Dilapangan	54
4.2 Perhitungan Geotekstil Polypropylene Woven, UW – 200	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	

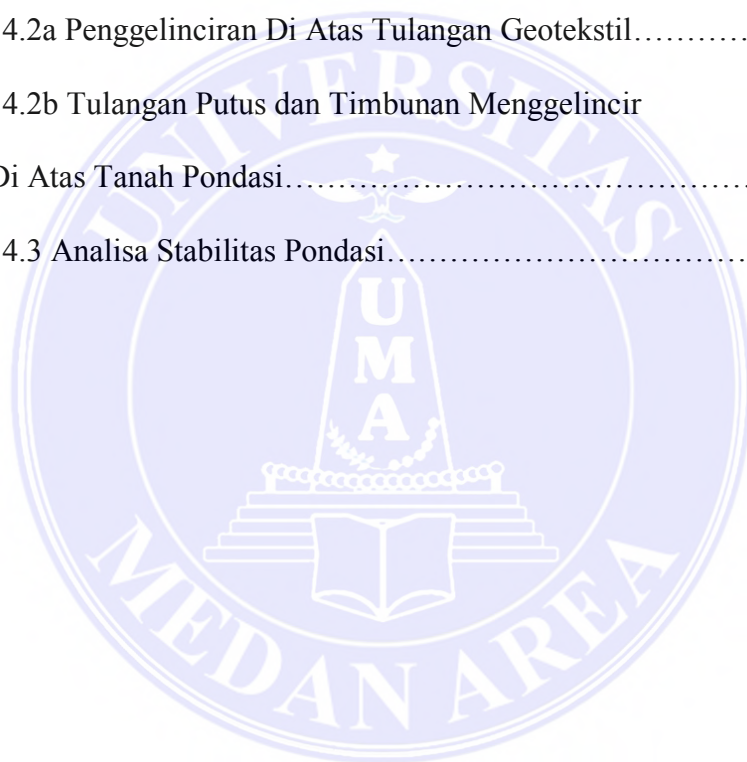
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis Tanah dan Ukuran Partikelnya.....	8
Tabel 2.2 Sebutan dan Rumus Antara Elemen Tanah.....	12
Tabel 2.3 Deskripsi Kekuatan Endapan Tanah Berbutir Kasar.....	17
Tabel 2.4 Berat Jenis Tanah.....	19
Tabel 2.5 Derajat Kejenuhan dan Kondisi Tanah.....	19
Tabel 2.6 Nilai n , e , w , γ_d dan γ_b untuk tanah keadaan asli lapangan.....	19
Tabel 2.7 Kelebihan dan kekurangan Geotekstil.....	32
Tabel 2.8 Faktor Aman Untuk Analisis Stabilitas Struktur Timbunan Bertulang.....	39
Tabel 4.1 Harga-harga Umum Dari Sudut Geser Internal Kondisi Drained Untuk Pasir dan Lanau.....	60
Tabel 4.2 Data Tanah Timbunan dan Perkerasan.....	61
Tabel 4.3 Identifikasi Data Tanah Dasar dan Pelebaran Jala.....	61

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Bagan Alir Pemikiran.....	4
Gambar 2.1 Diagram Pembagian Fase Tanah.....	9
Gambar 2.2 Contoh Geosintetik.....	22
Gambar 2.3 Klasifikasi Geosintetik.....	23
Gambar 2.4 Geotekstil Lolos Air.....	24
Gambar 2.5 Geotekstil Kedap Air.....	25
Gambar 2.6 Geogrid.....	26
Gambar 2.7 Separator.....	27
Gambar 2.8 Perkuatan.....	27
Gambar 2.9 Penyaring (<i>filter</i>).....	28
Gambar 2.10 Drainase.....	28
Gambar 2.11 Penahan.....	29
Gambar 2.12 Geotekstil.....	31
Gambar 2.13 Geotekstil <i>Woven</i>	33
Gambar 2.14 Geotekstil <i>Non Woven</i>	34
Gambar 2.15 Model Keruntuhan Potensial Pada Timbunan Bertulangan Geotekstil Pada Tanah Lunak.....	38
Gambar 2.16 Lebar Timbunan dan Tebal Lapisan Tanah Lunak Terbatas Untuk Hitungan Kapasitas Dukung Tanah Lunak.....	40
Gambar 2.17a Penggelinciran Di Atas Tulangan Geotekstil.....	44
Gambar 2.17b Tulangan Putus Oleh Tarikan dan Timbunan Menggelincir Pada Tanah Pondasi.....	44

Gambar 2.18a Stabilitas Pondasi.....	46
Gambar 2.7b Stabilitas Internal Pada Tanah Pondasi Yang Terperas Keluar.....	47
Gambar 3.1 Layout Jalan Tol Paket Seksi 3: Parbarakan-Lubuk Pakam dan Jalan Aksesnya.....	50
Gambar 4.1 Spesifikasi Tanah Timbunan dan Tanah Asli Untuk Analisa Perhitungan Stabilitas.....	62
Gambar 4.2a Penggelinciran Di Atas Tulangan Geotekstil.....	63
Gambar 4.2b Tulangan Putus dan Timbunan Menggelincir Di Atas Tanah Pondasi.....	63
Gambar 4.3 Analisa Stabilitas Pondasi.....	65



DAFTAR NOTASI

W_s = berat butiran padat

V_w = berat air

V_s = volume butiran padat

V_w = volume air

V_a = volume udara

V_v = volume pori

Υ = berat volume tanah total

Υ_s = berat volume butiran

Υ_w = berat volume air

w = kadar air

n = porositas

e = angka pori

Υ_{sat} = berat volume tanah jenuh air

Υ_{sub} = berat volume tanah bawah

Υ_{dry} = berat volume tanah kering

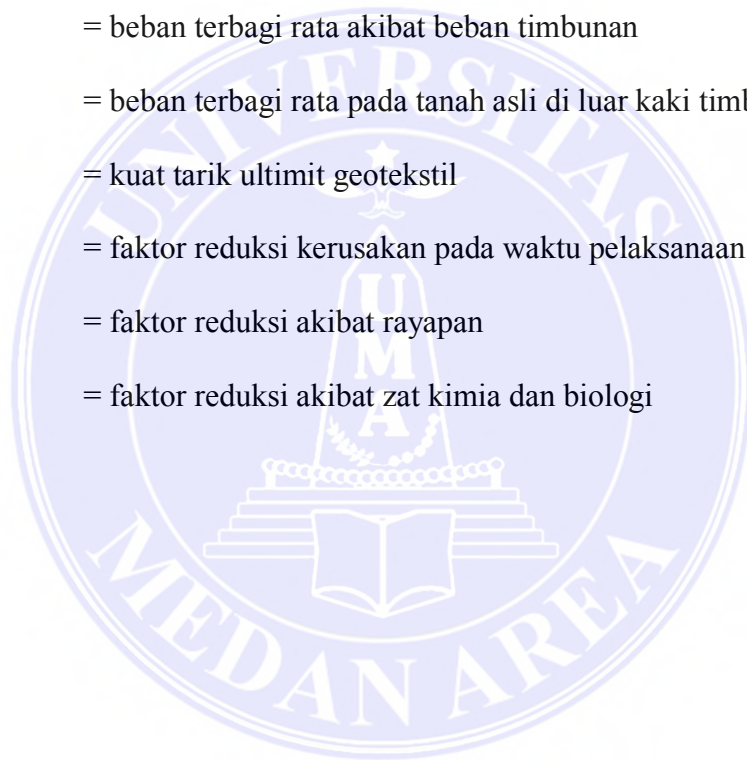
S_r = derajat kejenuhan

G = berat jenis tanah

D_r = kerapatan relative

e_{maks}	= angka pori maksimum yang dapat dicapai di laboratorium oleh contoh tanah tersebut (angka pori dalam keadaan paling tidak padat)
e_{min}	= angka pori minimum yang dapat dicapai di laboratorium oleh contoh tanah tersebut (angka pori dalam keadaan paling padat)
e	= angka pori keadaan aslinya
$\gamma_{dry(maks)}$	= berat volume kering maksimum
$\gamma_{dry(min)}$	= berat volume kering minimum
γ_{dry}	= berat volume kering aslinya
q_u	= kapasitas dukung ultimit (kN/m^2)
c_u	= kohesi underained (kN/m^2)
N_c	= faktor kapasitas dukung
γ	= berat volume timbunan
H	= tinggi timbunan
B	= lebar timbunan rata – rata
h	= tebal lapisan tanah lunak
P_{a1}	= tekanan aktif dibelakang bidang bertikal
K_a	= koefisien tekanan aktif
δ	= Sudut gesek antara geotekstil dan tanah
L	= panjang zona yang mengalami sebaran lateral
C_a	= adhesi antara tanah pondasi dan geotekstil
T_1	= kuat tarik geotekstil yang dibutuhkan untuk menahan sebaran lateral

β	= sudut lereng
P_a	= tekanan tanah aktif total
P_{a1}	= tekanan tanah aktif total pada tanah setebal h
P_{qa}	= tekanan tanah aktif total akibat beban timbunan
P_p	= tekanan tanah pasif total
P_{qp}	= tekanan tanah pasif total akibat timbunan di luar kaki timbunan
P_w	= tekanan tanah air total
q_{s1}	= beban terbagi rata akibat beban timbunan
q_{s2}	= beban terbagi rata pada tanah asli di luar kaki timbunan
T_u	= kuat tarik ultimit geotekstil
RF_{ID}	= faktor reduksi kerusakan pada waktu pelaksanaan
RF_{CR}	= faktor reduksi akibat rayapan
RF_D	= faktor reduksi akibat zat kimia dan biologi



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya era pembangunan, bentuk-bentuk konstruksi semakin bermacam-macam. Untuk membangun tipe konstruksi yang memerlukan suatu area yang cukup luas, contohnya konstruksi jalan raya naik turun terlalu terjal seperti bergelombang dapat membahayakan kendaraan bermotor karna faktor jarak pandang dari pengemudi kendaraan tersebut. Tetapi di lapangan, ketinggian muka tanah tidak selalu sama. Oleh karena itu diperlukan suatu timbunan untuk menyamakan elevasi dari tanah tersebut.

Dengan timbun pada badan jalan ada mencapai 2,40 m, tanah eksisting merupakan lapisan tanah sangat lunak sampai lunak, muka air tanah yang tinggi dan struktur timbun yang akan dibangun di atasnya sangat vital, maka pekerjaan timbunan tersebut harus dipersiapkan dan dilaksanakan dengan cermat agar tidak menimbulkan masalah teknik dikemudian hari. Dengan memperhatikan kondisi tersebut dan agar dapat diyakini bahwa timbunan yang akan dibangun dapat sesuai dengan target perencanaan terhadap kondisi lapangan saat ini. Tujuan dari kajian ini adalah sebagai persiapan suatu bahan teknik awal pelaksanaan pekerjaan timbunan badan jalan akses untuk mengantisipasi permasalahan yang mungkin terjadi pada saat pelaksanaan pembangunan maupun pada saat jalan tol beroperasi.

Hasil kajian menunjukkan bahwa di lokasi jalan tol terdapat beberapa permasalahan teknik yaitu ditemukannya lapisan tanah lunak (*soft soil*) yang cukup tebal, dipandang perlu untuk didiskusikan sehingga tidak sampai berdampak buruk dalam pelaksanaan proyek. Untuk itu kajian teknik ini berusaha

mengidentifikasi permasalahan teknik dan mengusulkannya untuk didiskusikan sehingga pada saat pelaksanaan masalah tersebut sudah diketahui dan dapat dikurangi dampaknya secara maksimal.

Untuk mengatasi penurunan akibat timbunan diatas tanah lunak ada berbagai cara untuk mengatasinya. Pada umumnya cara yang digunakan untuk memperbaiki kondisi tanah lunak ada empat macam cara yakni secara fisik, kimia, hidrolis atau dengan bahan perkuatan. Metode geotekstil merupakan salah satu metode teknologi bahan yang digunakan dengan bahan dasar polimer dimana sangat berguna dalam penyelesaian masalah yang berhubungan dengan kestabilan tanah, menambah kekuatan stabilitas tanah dan mencegah penurunan yang tidak merata.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mengevaluasi hasil perhitungan yang diperoleh dilapangan pada pekerjaan jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi dengan perhitungan geotekstil untuk meningkatkan stabilitas tanah lapisan subgrade dengan geotekstil polypropylene woven. Adapun tujuan adalah untuk membandingkan hasil rancangan penulis dengan hasil dilapangan untuk meningkatkan stabilitas tanah lapisan subgrade pada pekerjaan jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka perumusan masalah dapat diidentifikasi sebagai berikut :

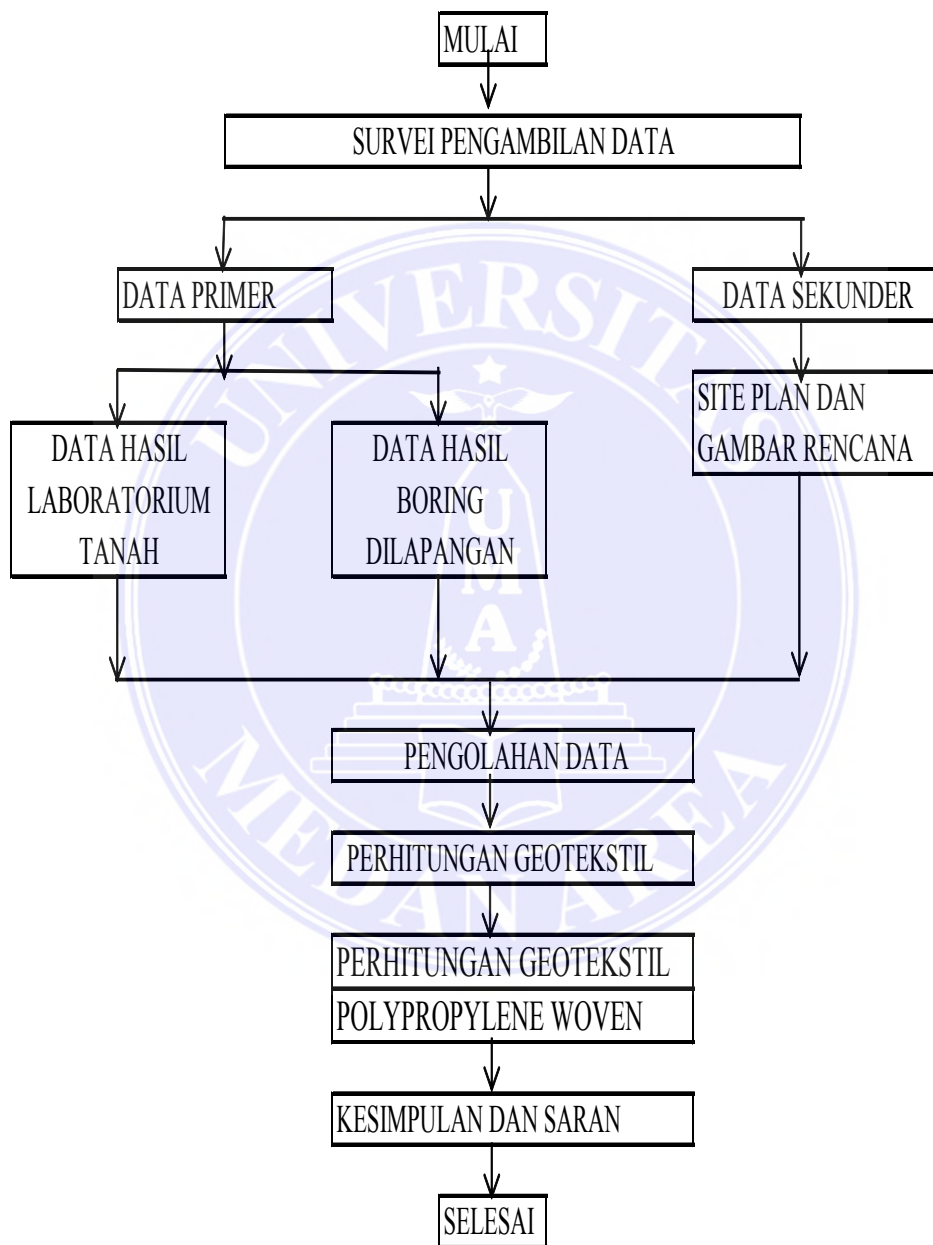
1. Mengevaluasi dan membandingkan stabilitas tanah dasar menggunakan geotekstil dengan geotekstil polypropylene woven.
2. Apakah geotekstil ini dapat meningkatkan stabilitas tanah.
3. Bagaimana hasil perhitungan untuk mendapatkan penggunaan geotekstil yang efisien.

1.4 Batasan Masalah

Sesuai dengan permasalahan diatas, maka pembatasan masalah yang diambil oleh penulis adalah tidak membahas mengenai menghitung CBR, data hasil laboatorium tanah, data hasil boring untuk menghindari penyimpangan pengolahan data yang terlalu jauh dan agar pembahasannya tidak terlalu luas serta sesuai dengan kelengkapan perolehan data.

1.5 Bagan Alir Penelitian

Penulisan Tugas Akhir ini berbentuk penelitian dan evaluasi berdasarkan tahap-tahapan sebagai berikut:



Gambar 1.1 Bagan Alir Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) material-material padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1988). Sedangkan dalam ilmu mekanika tanah yang disebut dengan tanah ialah semua endapan alam yang berhubungan dengan teknik sipil, kecuali batuan tetap. Endapan alam tersebut mencakup semua bahan dari tanah lempung (clay) sampai berangkal (boulder). Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, di samping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan.

Menekankan bahwa dari sudut pandang teknik, tanah-tanah itu dapat digolongkan kedalam macam pokok berikut ini: Batu krikil (*Gravel*), Pasir (*Sand*), Lanau (*Silt*), Lempung organik (*Clay*).

Sebagaimana disebutkan sebelumnya bahwa istilah tanah dalam Mekanika Tanah adalah yang mencakup tanah lempung (clay) sampai dengan batuan (gravel).

Beberapa jenis tanah dapat dijelaskan sebagai berikut: Pasir lepas (loose sand) ialah deposit pasir dengan kepadatan rendah. Apabila pondasi mesin berada diatas pasir lepas, maka getaran mesin akan memadatkannya, sehingga menyebabkan penurunan yang besar. Beban gempa akan menyebabkan pencairan

pasir jika pasir tersebut jenuh dan akan menyebabkan penurunan yang besar. Tanah (loess) ialah suatu komposit yang relatif uniform, tanah lanau bawaan angin. Tanah (loess) ini mempunyai permeabilitas vertikal yang tinggi, tetapi permeabilitas horizontalnya rendah. Tanah menjadi sangat kompresibel apabila jenuh. Apabila suatu bangunan berada diatas tanah loess maka untuk mencegah jangan sampai terjadi penurunan yang besar setelah bangunan selesai, sebelum pembangunan dimulai lapisan tanah ini dibasahi terlebih dahulu agar terjadi penurunan sebelum pembangunan dimulai. Lempung yang terkonsolidasi normal (normally consolidated clay) ialah tanah lempung yang tidak pernah mengalami tekanan yang lebih besar dari pada tekanan yang ada pada saat sekarang, tanah ini pada umumnya sangat kompresibel, mempunyai daya dukung yang rendah dan permeabilitasnya juga rendah. Karena kompressibilitasnya tinggi, tanah ini tidak mampu mendukung bangunan dengan pondasi dangkal. Jadi diperlukan pondasi tiang untuk meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih dalam yang mempunyai daya dukung yang lebih tinggi atau menggunakan pondasi pelat dimana berat tanah yang digali untuk basement sama dengan berat bangunan. Bentonit ialah lempung yang mempunyai palsytisitas yang tinggi yang dihasilkan dari dekomposisi abu vulkanis. Tanah ini sangat ekspansif yang mengembang cukup besar jika komposisinya besar. Hal ini menimbulkan masalah pada pondasi, trotoar dan lain-lain apabila berada diatas lapisan tanah ini karena jika terjadi perubahan musim maka kadar air tanah akan berubah. Gambut ialah bahan organis setengah lapuk berserat. Gambut mempunyai angka pori yang sangat tinggi dan sangat kompresibel. Jika bangunan berada diatas tanah gambut, maka penurunan yang terjadi sangat besar.

2.2 Penyelidikan Tanah

Salah satu tahapan paling awal yang perlu dilakukan dalam perencanaan pondasi adalah penyelidikan tanah. Uji penyelidikan tanah diperlukan untuk mengetahui daya dukung dan karakteristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui susunan lapisan tanah/sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dalam rangka penyelidikan tanah dasar untuk keperluan pondasi bangunan, jalan, jembatan dan lain-lain, kepadatan dan daya dukung tanah serta mengetahui sifat korosivitas tanah. Penyelidikan tanah dilakukan untuk mengetahui jenis pondasi yang akan digunakan untuk konstruksi bangunan, selain itu dari hasil penyelidikan tanah dapat ditentukan perlakuan terhadap tanah agar daya dukung dapat mendukung konstruksi yang akan dibangun. Dari hasil penyelidikan tanah ini akan dipilih alternatif atau jenis pondasi, kedalaman serta dimensi pondasi yang paling ekonomis tetapi masih aman. Jadi penyelidikan tanah sangat penting dan mutlak dilakukan sebelum struktur itu mulai dikerjakan. Dengan mengetahui kondisi daya dukung tanah kita bisa merencanakan suatu struktur yang kokoh dan tahan gempa, yang pada akhirnya akan memberi rasa kenyamanan dan keamanan bila berada didalam gedung. Penyelidikan tanah yang dilakukan di lapangan yaitu sondir (DCP), Pengeboran tanah, Pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) dan lain-lain. Dari sampel tanah yang diambil di lapangan untuk mengetahui sifat-sifat dan karakteristik tanah maka dilakukan uji laboratorium.

2.3 Ukuran Partikel Tanah

Ukuran partikel tanah ini berkisar dari batu dengan diameter lebih dari 1 meter sampai dengan lempung dengan diameter 0,001 mm. Dibawah dapat dilihat table ukuran partikel untuk berbagai jenis tanah

Tabel 2.1 Jenis Tanah dan Ukuran Partikelnya

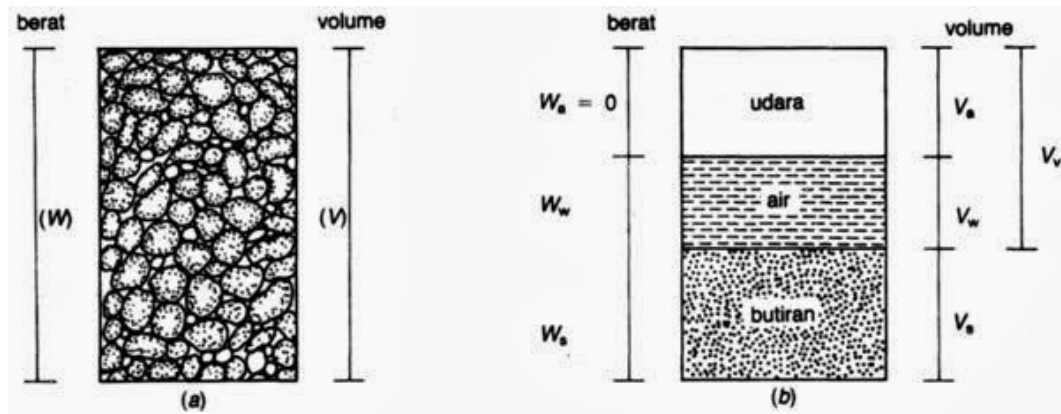
Jenis Tanah	Ukuran Partikel
Berangkal (boulder)	20 cm
Kerakal (cobble stone)	8 cm - 20 cm
Batu kerikil (gravel)	2 mm - 8 cm
Pasir kasar (coarse sand)	0,6 mm - 2 mm
Pasir sedang (medium sand)	0,2 mm - 0,6 mm
Pasir halus (fine sand)	0,06 mm - 0,2 mm
Lanau (silt)	0,002 mm - 0,06 mm
Lempung (clay)	0,002 mm

Sumber : Braja M. Das, 1988

2.4 Fase Tanah

Secara umum, tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian, kemungkinan tersebut adalah tanah kering hanya terdiri dari dua bagian, yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Tanah jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Tanah tidak jenuh terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat atau butiran, pori-pori udara, dan air pori.

Bagian-bagian tanah dapat digambarkan dalam bentuk diagram fase, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



a. Elemen tanah dalam keadaan asli

b. Tiga fase elemen tanah

Gambar 2.1 Diagram Pembagian Fase Tanah
 Sumber : Braja M. Das, 1988

Pada gambar ini pada keadaan elemen tanah asli, tanah yang mempunyai berat total yang diberi notasi W dan mempunyai volume total yang diberi notasi V Gambar a. Hubungan antara Berat tanah W dengan Volume tanah V adalah Berat Volume tanah total yang diberi notasi γ , ditulis: $\gamma = W/V$ Gambar b.

Tanah yang digambarkan pembagiannya menjadi tiga fase elemen tanah, maka masing-masing bagian mempunyai berat dan volume, yakni butir tanah, air dan udara.

Dari gambar tersebut dapat dibentuk persamaan berikut :

$$W = W_s + W_w \dots\dots\dots 2.1$$

$$V = V_s + V_w + V_a \text{ atau } \dots\dots\dots 2.2$$

$$V = V_s + V_v \dots\dots\dots 2.3$$

Dengan :

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

V_s = volume butiran padat

V_w = volume air

V_a = volume udara

V_v = volume pori

W_a (berat udara) dianggap sama dengan nol.

2.5 Hubungan antara Bagian – Bagian Elemen Tanah

Hubungan-hubungan antar parameter tanah tersebut di atas adalah sebagai berikut :

1. Berat volume tanah total ialah perbandingan antara berat tanah total

dengan volume total, ditulis: $\gamma = \frac{W}{V}$

2. Berat volume butiran ialah perbandingan antara berat butiran dengan

volume butiran, ditulis: $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$

3. Berat volume air ialah perbandingan antara berat air dengan volume air,

ditulis:

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$$

4. Kadar air ialah perbandingan antara berat air dengan berat butiran yang

dinyatakan dalam persen, ditulis: $w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \%$

5. Porositas ialah perbandingan antara volume pori dengan volume total,

ditulis: $n = \frac{V_v}{V}$

6. Angka pori ialah perbandingan antara volume pori dengan volume butiran,

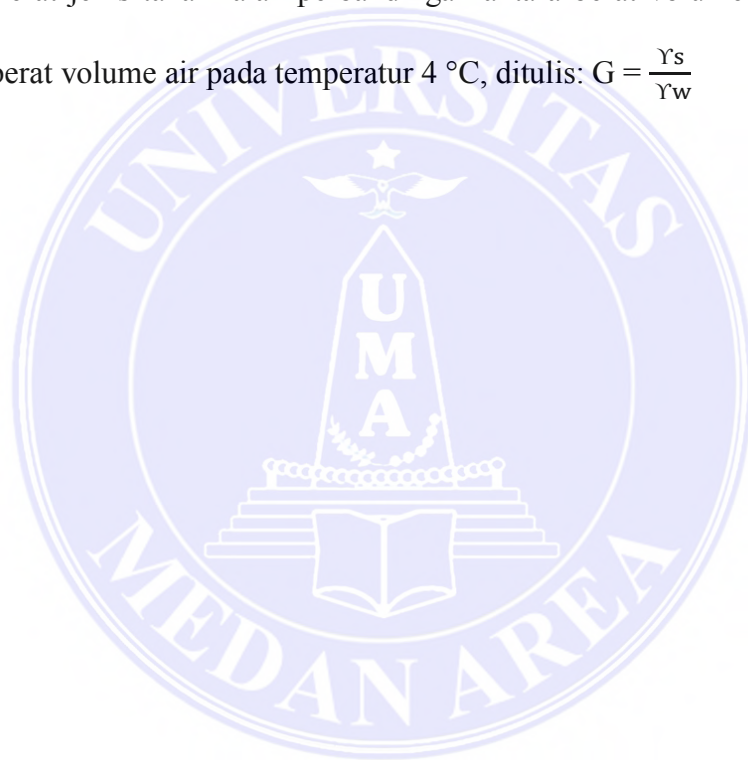
ditulis:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

7. Berat volume tanah jenuh air ialah perbandingan antara berat jenuh air

dengan volume total, ditulis: $\gamma_{sat} = \frac{W_s + W_w}{V}$

8. Berat volume tanah bawah ialah perbandingan antara berat butiran tanah basah dengan volume tanah total, ditulis: $\gamma_{\text{sub}} = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$
9. Berat volume tanah kering ialah perbandingan antara volume air dengan volume pori dalam persen, ditulis: $\gamma_{\text{dry}} = \frac{W_s}{V_w}$
10. Derajat kejenuhan ialah perbandingan antara volume air dengan volume pori dalam persen, ditulis: $S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \%$
11. Berat jenis tanah ialah perbandingan antara berat volume butiran dengan berat volume air pada temperatur 4 °C, ditulis: $G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$



Tabel 2.2 Sebutan dan rumus antara elemen tanah

No	Sebutan		Rumus
	Bahasa Indonesia	Bahasa Inggris	
1	Berat Volume Tanah	Unit Weight or Density	$\gamma = \frac{W}{V}$
2	Berat Volume Butir	Unit Weight of Particles	$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$
3	Berat Bolume Air	Unit Weight of water	$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$
4	Kadar Air	Water Content	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \%$
5	Porositas	Porosity	$n = \frac{V_v}{V}$
6	Angka Pori	Void Ratio	$e = \frac{V_v}{V_s}$
7	Berat Volume Tanah Jenuh Air	Saturated Density	$\gamma_{sat} = \frac{W_s + W_w}{V}$
8	Berat Volume Tanah Basah	Submerger Density	$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$
9	Berat Volume Tanah Kering	Dry Density	$\gamma_{dry} = \frac{W_s}{V_w}$
10	Derajat Kejenuhan	Degree of Saturation	$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \%$
11	Berat Volume Tanah Kering	Specific Gravity	$G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$

Sumber : Braja M. Das, 1988

G_s tidak berdimensi. Berat jenis dari berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. Nilai berat jenis sebesar 2,67 biasanya digunakan untuk tanah-tanah tak berkohesi. Sedang untuk tanah kohesif tak organik berkisar di antara 2,68 sampai 2,72. Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah diberikan dalam

2.6 Hubungan – hubungan Antara Fungsional

Dari persamaan-persamaan tersebut diatas dapat diuraikan hubungan antara masing-masing persamaan sebagai berikut:

1. Hubungan antara γ , G , e dan S_r

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

$$\gamma = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_v}$$

$$\gamma = \frac{W_s \left(1 + \frac{W_w}{W_s}\right)}{V_s \left(1 + \frac{V_v}{V_s}\right)}$$

$$\gamma = \gamma_s \frac{(1+w)}{(1+e)}$$

$$\gamma = G \cdot \gamma_w \frac{(1+w)}{(1+e)} \dots\dots\dots 2.4$$

Dengan tanah dalam keadaan kering, $W_w = 0$ dan $w = 0$, maka berat volume kering menjadi:

$$\gamma_{dry} = \frac{G \cdot \gamma_w}{(1+e)} \dots\dots\dots 2.5$$

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} \cdot \frac{V_w}{V_w}$$

$$e = \frac{V_v}{V_w} \cdot \frac{V_w}{V_s}$$

$$e = \frac{1}{S_r} \cdot \frac{V_w}{V_s} \dots\dots\dots 2.5a$$

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \rightarrow \gamma_s = G \cdot \gamma_w$$

$$V_s = \frac{W_s}{G \cdot \gamma_w} \dots\dots\dots 2.5b$$

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} \dots\dots\dots 2.5c$$

Persamaan (b) dan (c) dimasukkan kedalam persamaan (a), akan diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$e = \frac{1}{S_r} \cdot \frac{V_w}{V_s}$$

$$e = \frac{1}{S_r} \cdot \frac{W_w/\gamma_w}{W_s/G \cdot \gamma_w}$$

$$e = \frac{1}{S_r} \cdot \frac{W_w}{W_s} \cdot \frac{G \cdot \gamma_w}{\gamma_w}$$

$$e = \frac{1}{S_r} \cdot w \cdot G \dots\dots\dots 2.6$$

Untuk tanah dalam keadaan jenuh air, $S_r = 100\% = 1$, maka:

$$e = G \cdot w \dots\dots\dots 2.7$$

Berat isi jenuh air:

$$\gamma = G \cdot \gamma_w \cdot \frac{(1+w)}{(1+e)}$$

$$\gamma = \gamma_w \cdot \frac{(G + G \cdot w)}{(1+e)}$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_w \cdot \frac{(G + e)}{(1+e)} \dots\dots\dots 2.8$$

Berat isi tanah apung (submerger):

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_w \cdot \frac{(G + e)}{(1+e)} - \gamma_w$$

$$\Upsilon_{\text{sub}} = \Upsilon_w \cdot \frac{(G+e)}{(1+e)} - \Upsilon_w \cdot \frac{(1+e)}{(1+e)}$$

$$\Upsilon_{\text{sub}} = \Upsilon_w \cdot \frac{(G+e-1-e)}{(1+e)}$$

$$\Upsilon_{\text{sub}} = \Upsilon_w \cdot \frac{(G-1)}{(1+e)} \dots\dots\dots 2.9$$

2. Hubungan antara Υ_{dry} , Υ dan w

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

$$1 + w = 1 + \frac{W_w}{W_s}$$

$$1 + w = \frac{W_s + W_w}{W_s}$$

$$1 + w = \frac{W}{W_s}$$

$$W_s = \frac{W}{1+w}$$

$$\Upsilon_{\text{dry}} = \frac{W_s}{V}$$

$$\Upsilon_{\text{dry}} = \frac{W}{V(1+w)}$$

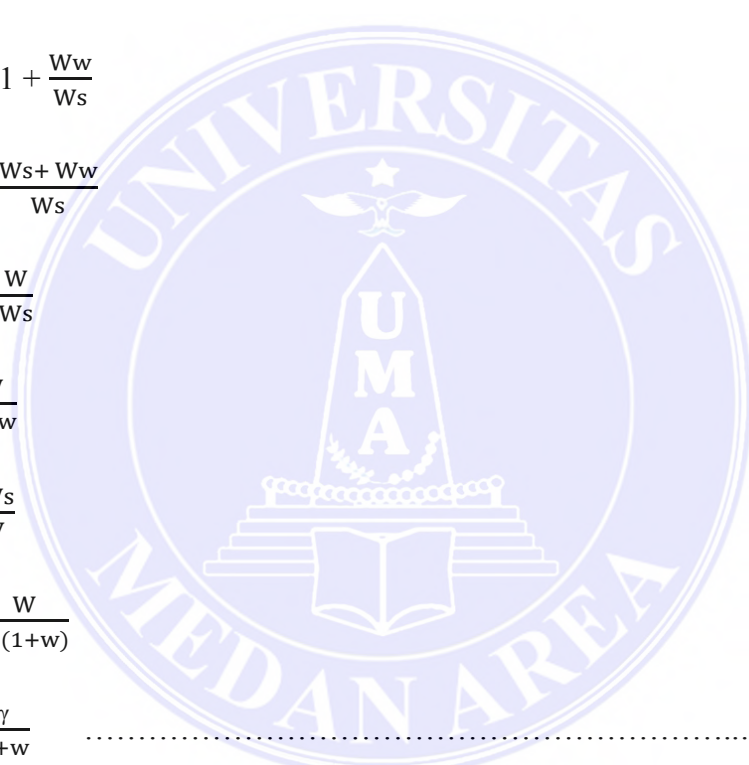
$$\Upsilon_{\text{dry}} = \frac{\gamma}{1+w} \dots\dots\dots 2.10$$

3. Hubungan antara e dan n

$$n = \frac{V_v}{V}$$

$$n = \frac{V_w + V_a}{V_s + V_w + V_a} \dots\dots\dots 2.10a$$

$$n = \frac{e}{e+1}$$



$$n = \frac{\frac{V_v}{V_s}}{\frac{V_v}{V_s} + 1}$$

$$n = \frac{\frac{V_w+V_a}{V_s}}{\frac{V_w+V_a}{V_s} + 1}$$

$$n = \frac{V_w+V_a}{V_s+V_w+V_a} \dots\dots\dots 2.10b$$

Ternyata bahwa persamaan (a) sama dengan persamaan (b), maka:

$$n = \frac{e}{e+1} \text{ atau } e = \frac{n}{1-n}$$

2.7 Kerapatan Relatif (Relatif Density)

Kerapatan relatif (D_r) umumnya digunakan untuk menunjukkan tingkat kerapatan tanah berbutir kasar dilapangan. Kerapatan relatif (D_r) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$D_r = \frac{e_{maks} - e}{e_{maks} - e_{min}}$$

Dimana:

e_{maks} = angka pori maksimum yang dapat dicapai di laboratorium oleh contoh tanah tersebut (angka pori dalam keadaan paling tidak padat)

e_{min} = angka pori minimum yang dapat dicapai di laboratorium oleh contoh tanah tersebut (angka pori dalam keadaan paling padat)

e = angka pori keadaan aslinya

Dibawah ini disajikan tabel yang menggambarkan deskripsi kekuatan endapan tanah berbutir kasar

Tabel 2.3 Deskripsi kekuatan endapan tanah berbutir kasar

Kepadatan Relatif (Dr)	Deskripsi Endapan Tanah
0 - 15 %	Sangat lepas
15 % - 50 %	Lepas
50 % - 70 %	Sedang
70 % - 85 %	Padat
85 % - 100 %	Sangat padat

Sumber : Braja M. Das,1988

Angka pori maksimum (e_{maks}), ditentukan dengan cara menuangkan pasir kering dengan hati-hati tanpa getaran kedalam cetakan yang telah diketahui volumenya. Dari pasir dalam cetakan (e_{maks}) dapat dihitung.

Angka pori minimum (e_{min}) dapat ditentukan dengan menggetarkan pasir kering yang diketahui beratnya kedalam cetakan yang telah diketahui volumenya. Kemudian dihitung angka pori minimumnya.

Pada tanah pasir dan kerikil, kerapatan relatif digunakan untuk menyatakan hubungan antara angka pori nyata dengan batas-batas maksimum dan minimum dari angka porinya. Persamaan dibawah ini dapat dinyatakan dalam berat volume tanah sebagai berikut:

$$\gamma_{dry (maks)} = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + e_{min}}$$

atau

$$e_{min} = \frac{G \cdot \gamma_w}{\gamma_{dry (maks)}} - 1 \dots\dots\dots 2.11$$

dengan cara yang sama akan diperoleh:

$$e_{maks} = \frac{G \cdot \gamma_w}{\gamma_{dry (min)}} - 1 \dots\dots\dots 2.11a$$

dan

$$e = \frac{G \cdot \gamma_w}{\gamma_{dry}} - 1 \dots\dots\dots 2.11b$$

dimana:

$\gamma_{dry (maks)}$ = berat volume kering maksimum

$\gamma_{dry (min)}$ = berat volume kering minimum

γ_{dry} = berat volume kering aslinya

Dengan mensubsitusikan persamaan (b) dan (c) kedalam persamaan (a) maka diperoleh:

$$D_r = \frac{\gamma_{dry (maks)}}{\gamma_{dry}} \cdot \frac{\gamma_{dry} - \gamma_{dry (min)}}{\gamma_{dry (maks)} - \gamma_{dry (min)}}$$

Kerapatan relatif (R_c) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat volume kering pada kondisi yang ada dengan berat volume kering maksimumnya.

$$R_c = \frac{\gamma_{dry}}{\gamma_{dry (maks)}}$$

Hubungan antara Kerapatan Relatif (R_c) dengan Kepadatan Relatif (D_r) adalah:

$$R_o = \frac{R_o}{1 - D_r (1 - R_o)}$$

Dimana: $R_o = \frac{\gamma_{dry (min)}}{\gamma_{dry (maks)}}$

Tabel 2.4 Berat jenis tanah

Macam Tanah	Berat Jenis Gs
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau tak organik	2,62 - 2,68
Lempung organik	2,58 - 2,65
Lempung tak organik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

Sumber : Braja M. Das, 1988

Tabel 2.5 Derajat kejenuhan dan kondisi tanah

Keadaan Tanah	Derajat Kejenuhan S
Tanah kering	0
Tanah agak lembab	> 0 - 0,25
Tanah lembab	0,26 - 0,50
Tanah sangat lembab	0,51 - 0,75
Tanah basah	0,76 - 0,99
Tanah Jenuh	1

Sumber : Braja M. Das, 1988

Tabel 2.6 Nilai n , e , w , γ_d dan γ_b untuk tanah keadaan asli lapangan.

Macam Tanah	N (%)	E	w (%)	gd(g/ cm ³)	gb(g/ cm ³)
Pasir seragam, padat	34	0,51	19	1,75	2,09
Pasir berbutir campuran, tidak padat	40	0,67	25	1,59	1,99
Pasir berbutir campuran, padat	30	0,43	16	1,86	2,16
Lempung lunak sedikit organis	66	1,90	70	-	1,58
Lempung lunak sangat organis	75	3,0	110	-	1,43

Sumber : Braja M. Das, 1988

2.8 Komposisi Tanah

Tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri atas salah satu atau seluruh jenis berikut (Joseph E. Bowles) : Berangkal (*boulders*), potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 sampai 300 mm. Untuk kisaran ukuran 150 sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*) atau *pebbles*. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm. Pasir (*sand*), partikel batuan berukuran 0,074 mm sampai 5 mm berkisar dari kasar (3 sampai 5 mm) sampai halus (<1 mm). Lanau (*silt*), partikel batuan yang berukuran dari 0,002 sampai 0,074 mm. Lanau (dan lempung) dalam jumlah yang besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai (sepanjang Pantai Gulf dan Lautan Atlantik dan Lautan Teduh). Deposit *loess* terjadi bila angin mengangkut partikel-partikel sedemikian rupa sehingga deposit yang dihasilkan mempunyai ukuran butir yang 20amper sama. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang “kohesif”. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam”, berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2.9 Geosintetik

Geosintetik terdiri dari dua suku kata, Geo yang berarti tanah dan sintetik berarti tiruan. Jadi geosintetik adalah bahan tiruan (sintetis) atau bahan yang bukan merupakan bahan alami yang digunakan di lingkungan tanah. Berbagai jenis geosintetik telah digunakan di Indonesia sejak tahun 1980an. Bahan sintetis ini dapat berupa bahan-bahan yang berasal dari polimerisasi hasil industri-

industri kimia (minyak bumi), bahan baja, semen, serat-serat sintetis, kain dan lain-lain. Secara umum geosintetik ini dapat dikatakan sebagai bahan serat-serat asli atau buatan yang digunakan didalam pekerjaan-pekerjaan yang berhubungan dengan tanah, batuan atau lingkungan tanah/buatan, tetapi arti yang sekarang berkembang, geosintetik adalah bahan sintetis berupa serat-serat sintetis yang dianyam, nir-anyam atau bentuk lain (mat, web dll) yang digunakan dalam pekerjaan-pekerjaan tanah. Dengan sifat-sifat yang tahan terhadap senyawa senyawa kimia, pelapukan, keausan, sinar ultra violet dan mikro organism. Polimer utama yang digunakan untuk pembuatan geosintetik adalah *polyester* (PS), *Polyamide* (PM), *Polypropylene* (PP) dan *Polyethylene* (PE). Jadi istilah geosintetik secara umum didefinisikan sebagai bahan polimer yang diaplikasikan di tanah. (Suryalelono, 1988).

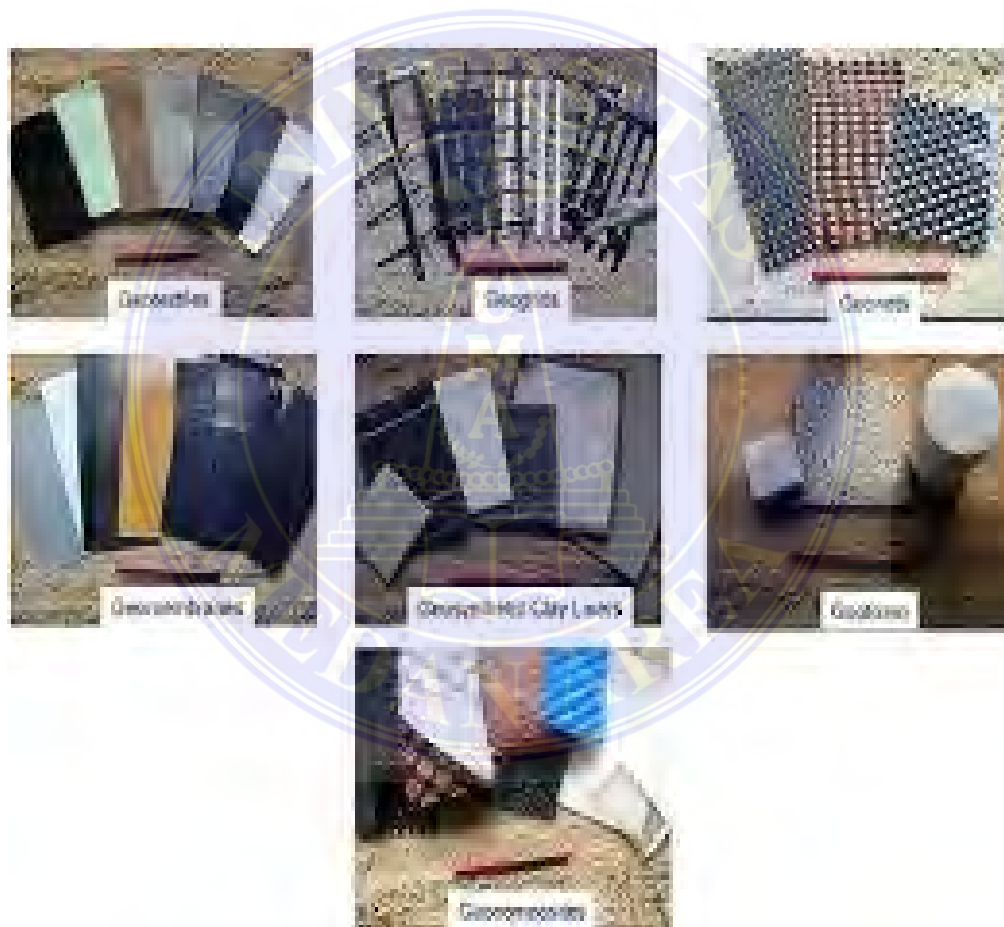
Teknologi Geosintetik telah berkembang menjadi salah satu pionir dalam hal perkuatan tanah Maupun timbunan di belakang dinding penahan. Karena dalam prateknya, dinding penahan tanah banyak mengalami kegagalan seperti rendahnya daya dukung tanah dasar, penurunan yang terlalu besar dalam jangka waktu lama, kelongsoran dan gelincir serta sampai permasalahan akibat air tanah pada timbunan di belakang dinding. Material geosintetik telah banyak digunakan untuk mengatasi persoalan-persoalan tersebut. Salah satu kelebihanannya adalah sifatnya yang fleksibel sehingga memberikan ketahanan yang cukup terhadap beban-beban yang ditanggungnya.

2.9.1 Klasifikasi Geosintetik

Geosintetik adalah suatu produk berbentuk lembaran yang terbuat dari bahan polimer lentur yang digunakan dengan tanah, batuan, atau material

geoteknik lainnya sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari suatu pekerjaan, struktur atau sistem.

Untuk mempermudah pemahaman tentang jenis geoteknik, Gambar 2.2 memperlihatkan pengelompokkan geosintetik yang dimulai dengan pengelompokkan berdasarkan bentuk fisik, sifat kelulusan air dan proses pembuatannya, sedangkan klasifikasi tersebut diterangkan secara ringkas seperti Gambar 2.3



Gambar 2.2 Contoh geosintetik

Sumber: *Geotextile Geomembrane Geogrid Center*

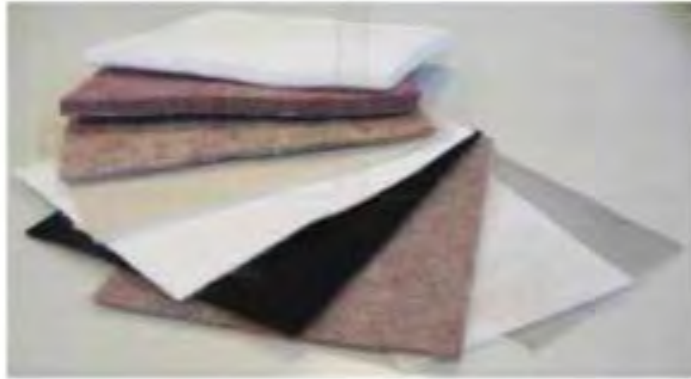


Gambar 2.3 Klasifikasi Geosintetik

Sumber: Departemen P.U., 2009

2.9.2 Geosintetik Berbentuk Tekstil

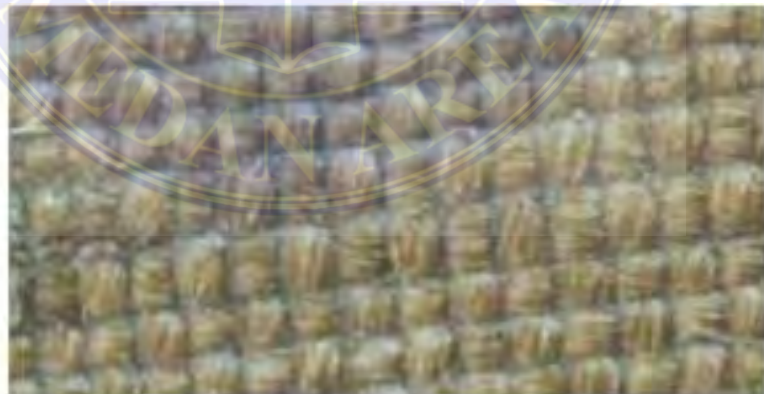
Berdasarkan sifat kelulusan air (permeabilitas), geosintetik berbentuk tekstil dapat dibagi menjadi kedap air dan lolos air. Geotekstil adalah jenis geosintetik yang lolos air yang berasal dari bahan tekstil. *Geomembran* dan *Geosynthetic Clay Liner* (GCL) merupakan jenis geosintetik kedap air yang biasa digunakan sebagai penghalang zat cair. Geotekstil kemudian dikelompokkan berdasarkan proses pembuatannya. Jenis geotekstil yang utama adalah teranyam (*woven*), tak-teranyam (*non-woven*) dan rajutan (*knitted*).



a. Tak Teranyam



b. Teranyam



c. Rajutan

Gambar 2.4 Geotekstil lolos air

2.9.3 Geosintetik Berbentuk Jaring

Geosintetik berbentuk Jaring (*web*) yang terdiri dari geosintetik dengan jaringan rapat dan jarring terbuka. Net dan matras merupakan salah satu jenis geosintetik berbentuk jarring jarring rapat. Geogrid merupakan suatu contoh dari jenis geosintetik yang berbentuk jaring (*web*) terbuka. Fungsi geogrid yang utama adalah sebagai perkuatan. Geogrid dibentuk oleh suatu jaring teratur dengan elemen-elemen tarik dan mempunyai bukaan berukuran tertentu sehingga saling mengunci (*interlock*) dengan bahan pengisi di sekelilingnya. Gambar 2.5 dan Gambar 2.6 secara berturut-turut memperlihatkan contoh geotekstil kedap air, dan geogrid.

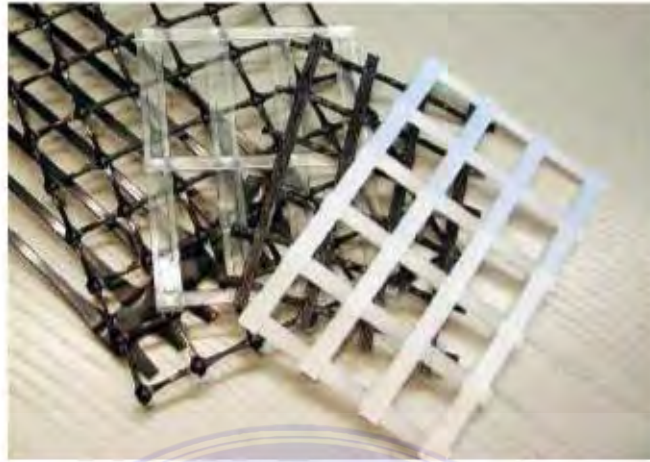


a. Geomembran



b. Geosynthetic Clay liner

Gambar 2.5 Geotekstil Kedap Air

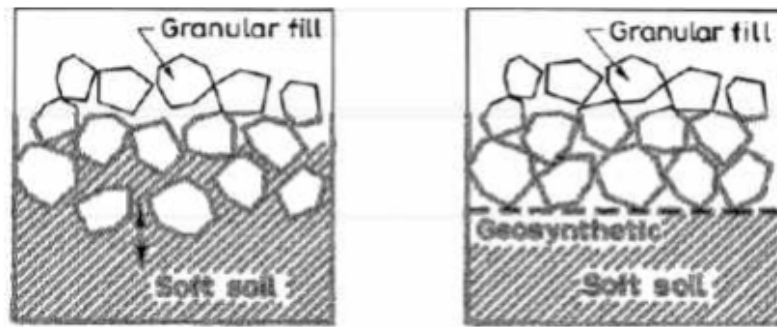


Gambar 2.6 Geogrid

2.9.4 Fungsi geosintetik

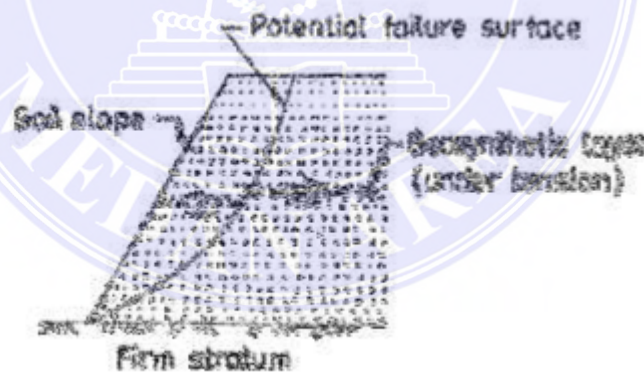
Geosintetik memiliki lima fungsi yaitu sebagai separator, perkuatan, Penyaring, drainase dan penahan.

1. Separator, yaitu pemisah material. Sebagai contoh, bahan ini digunakan untuk mencegah bercampurnya lapis pondasi jalan dengan tanah dasar yang lunak sehingga integritas dan tebal rencana struktur jalan dapat dipertahankan. Bahan geosintetik digunakan di antara dua material tanah yang tidak sejenis untuk mencegah terjadi.



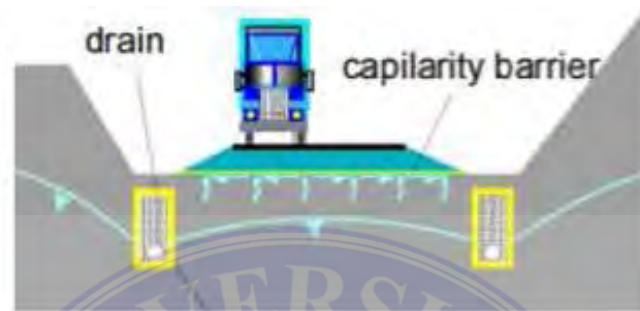
Gambar 2.7 Separator
 Sumber: Departemen P.U., 2009

2. Perkuatan, yaitu sifat tarik bahan geosintetik dimanfaatkan untuk menahan tegangan atau deformasi pada struktur tanah. Untuk fungsi ini, geosintetik banyak digunakan untuk perkuatan timbunan di atas tanah lunak, perkuatan lereng dan dinding tanah yang distabilisasi secara mekanis (*mechanically stabilized earth wall, MSEW*).



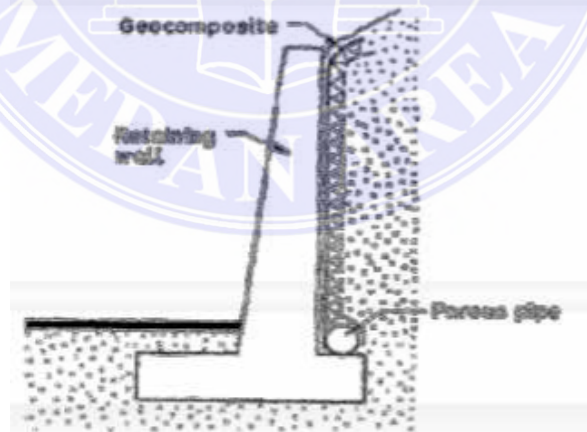
Gambar 2.8 Perkuatan
 Sumber: Departemen P.U., 2009

3. Penyaring (*filter*), yaitu bahan geosintetik digunakan untuk mengalirkan air ke dalam sistem drainase dan mencegah terjadinya migrasi partikel tanah melalui filter.



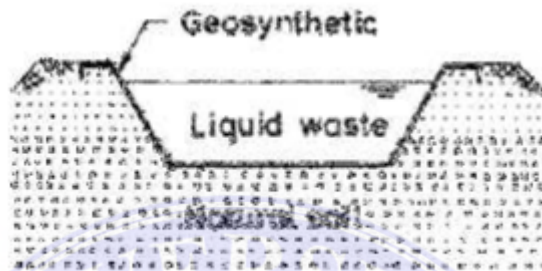
Gambar 2.9 Penyaring (*filter*)
Sumber: Departemen P.U., 2009

4. Drainase, yaitu bahan geosintetik digunakan untuk mengalirkan air dari dalam tanah.



Gambar 2.10 Drainase
Sumber: Departemen P.U., 2009

5. Penahan, yaitu bahan geosintetik digunakan untuk mencegah perpindahan zat cair atau gas. Ssebagai contoh, geomembran pada kolam penampang limbah berfungsi untuk mencegah pencemaran limbah cair pada tanah.



Gambar 2.11 Penahan
Sumber: Departemen P.U., 2009

2.10 Geotekstil

Sejak tahun 1960-an geotekstil telah banyak digunakan dalam proyek-proyek bangunan sipil, baik bangunan dibawah permukaan tanah maupun untuk aplikasi bangunan gedung.

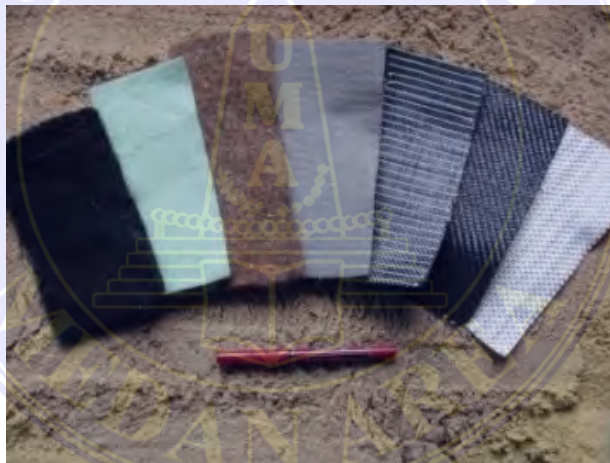
Geotekstil adalah material lembaran yang dibuat dari bahan tekstil polymerik, bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (non woven), rajutan atau anyaman (woven) yang digunakan dalam kontak dengan tanah/batu dan/atau material geoteknik yang lain di dalam aplikasi teknik sipil. Material yang digunakan untuk geosintetik, terutama berasal dari industry plastic, yaitu polymer, walaupun kadang-kadang karet, fiberglas dan material yang lain jugak digunakan. Di pasaran, geosintetik terdiri dalam berbagai bentuk geometrid dan komposisi polymer yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan yang sangat banyak. Semua geotekstil, umumnya dibuat dari bahan yang kuat, awet, yang bahan dasarnya

tahan terhadap reaksi kimia, pengaruh cuaca dan proses penuaan. Dalam penggunaan yang permanen, kinerja jangka panjang struktur bergantung pada keawetan atau daya tahan geosintetik. Bergantung pada penerapannya, geosintetik dapat mempunyai spesifikasi khusus, seperti ketahanan terhadap rayapan (*creep*), temperature atau sinar ultra violet. Keseluruhan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja geosintetik harus dipertimbangkan dalam perancangan guna pemilihan tipenya.

Berbagai macam tipe fiber dan corak mode geosintetik telah dikembangkan, baik untuk aplikasi secara umum, maupun secara khusus. Hingga kini telah terdapat beberapa macam tipe produk seperti : tipe polymer, tipe fiber dan corak mode seperti kain tenun. Perlu diketahui, geotekstil berwujud lembaran sintesis yang tipis, fleksibel, dan permeable. Biasanya geotekstil ini dimanfaatkan untuk membuat tanah menjadi lebih stabil. Kegunaannya yang lainnya, geotekstil kerap dipakai pula untuk memperkuat tanah yang lunak, menahan beban yang besar, memisahkan lapisan pelindung, dan meningkatkan kekuatan timbunan tanah. Kelebihan dari metode ini yaitu pengerjaannya yang memakan waktu relative singkat dan biaya yang harus dikeluarkan pun lebih murah dari pada penimbunan tanah secara konvensional.

Beberapa fungsi dari geotekstil antara lain untuk perkuatan tanah lunak, untuk konstruksi teknik sipil yang mempunyai umur rencana cukup lama dan mendukung beban yang besar seperti jalan rel dan dinding penahan tanah, sebagai lapangan pemisah, penyaring, drainase dan sebagai lapisan pelindung. Geotekstil umumnya berbentuk seperti kain dengan lebar 2 sampai 5 meter, dan panjang antara 50 sampai 200 meter, dikemas dalam bentuk rol atau bentuk-bentuk lain.

Bahan dasar geosintetis pada umumnya adalah serat sintetis dalam bentuk polimer seperti polyster, polyethylens, polyamide, nylon, dan polyvinilchlorida polimer sintetis tersebut terdiri dari molekul-molekul makro yang tersusun dari satuan-satuan kecil dan berbentuk seragam dalam jumlah besar (*monomers*) melalui suatu proses yang disebut polimerisasi. Serat-serat utama yang digunakan untuk pembuatan geotekstil adalah monofilament, multifilament, staple fibers, staple yarn, silt film monofilament dan silt film multifilament. Salah satu bahan geosintetis yaitu geotekstil.



Gambar 2.12 Geotekstil

Dalam penggunaannya, geotekstil memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Kenyataan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.7 dibawah ini.

Tabel 2.7 Kelebihan dan Kekurangan Geotekstil

Kelebihan	Kekurangan
1. Kekuatan tarik tinggi	1. Tidak atahan terhadap paparan sinar matahari
2. Aplikasi cepat dan mudah	2. Mudah rusak, terutama akibat tusukan benda tajam
3. Memungkinkan penggunaan material sekitar	3. Peka terhadap naik turunnya temperatur udara
4. Dapat dibangun lebih tinggi dan tegak	4. Mudah memuai seingga dapat mengurangi kuat tarik
5. Tambahan PVC sebagai pelindung terhadap ultraviolet	5. Mudah mengalami penurunan tingkat kemampuan
6. Lebih murah dibandingkan beton	penahan gaya tarik, khususnya pada geotekstil tanpa
7. Struktur fleksibel dan tahan terhadap gaya gempa	PVC
8. Tidak beresiko terhadap deformasi struktur	
9. Tipe elemen penutup lapisan luar dinding penahan dapat dimodifikasi	
10. Biasanya perbaikan tanah dengan perkuatan dilakukan secara horizontal artinya digelar karena lebih mudah pelaksanaannya ketimbang arah tegak vertikal. Perkuatan horizontal dapat menerima beban tekan dari permukaan atau tarik dari arah horizontal. sedangkan perbaikan tanah arah vertikal lebih utama menerima beban vertikal dari permukaannya tanpa mampu menerima beban horizontal.	

Pelaksanaan konstruksi jalan di atas lahan basah dengan perkuatan geotekstil dapat menghindarkan terjadinya keruntuhan local pada tanah lunak karena rendahnya daya dukung tanah. Keuntungan pemasangan geotekstil pada pelaksanaan jalan di atas tanah lunak adalah kecepatan dalam pelaksanaan dan biaya yang relative lebih murah di bandingkan dengan metoda penimbunan konvensional.

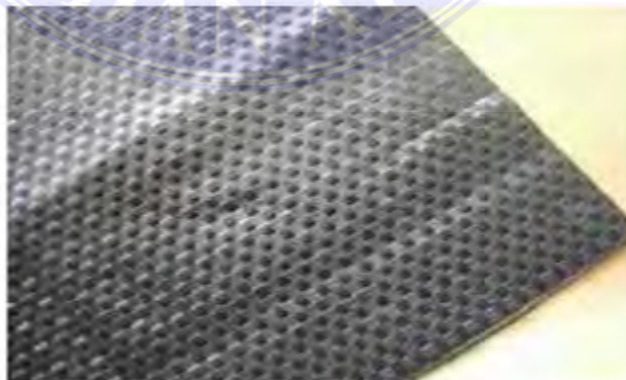
Geotekstil sendiri dibagi menjadi dua yaitu:

2.10.1 Geotekstil *Woven* (Anyaman)

Geotekstil *woven* adalah lembaran sintesis berwarna hitam yang berbentuk anyaman, bersifat tembus air (porous) dan terbuat dari bahan dasar polypropylene. (Patria, 2013)

Dimana geotekstil *woven* ini tidak mempunyai kemampuan drainase dan tidak dapat berlaku sebagai sarana drainase di antara tanah dengan material urugan. Sebagai tambahan geotekstil semacam ini mempunyai kecenderungan untuk membentuk lapisan kedap air dari butiran tanah halus dibawah beban lalu lintas dinamik. (Ministry of Transport, Germany, 1990)

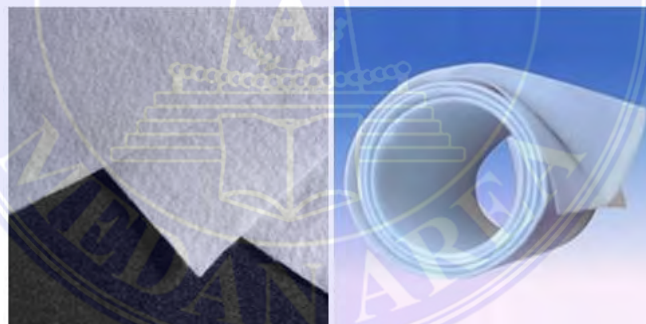
Fungsi Geotekstil *Woven* adalah sebagai bahan stabilitas tanah dasar (terutama tanah dasar lunak), karena Geotekstil jenis ini mempunyai *tensile strength* (kuat tarik) yang lebih tinggi dibandingkan dengan Geotekstil *Non Woven*. (Isparmo, 2010). Juga mempunyai nilai peresapan air (*permeability*), ketahanan terhadap kimia, organik dan sinar ultraviolet (*UV resistance*) (Patria, 2013)



Gambar 2.13 Geotekstil *Woven*

2.10.2 Geotekstil *Non Woven* (Nir-Anyam)

Geotekstil *Non Woven* berfungsi untuk mencegah tercampurnya lapisan material yang satu dengan material yang lainnya. Contoh penggunaan Geotekstil sebagai separator adalah pada proyek pembangunan jalan di atas tanah dasar lunak. Pada proyek ini, Geotekstil mencegah naiknya lumpur ke sistem perkerasan, sehingga tidak terjadi *pumping effect* yang akan mudah merusak perkerasan jalan. Selain itu keberadaan Geotekstil juga mempermudah proses pemadatan sistem perkerasan. Bisa jugak berfungsi pada timbunan atau embankment yang tinggi atau oprit, dimana tekanan tanah dari material pengisian cukup tinggi sehingga menyebabkan kelongsoran atau regangan lateral dalam material pengisi, geotekstil dapat memberikan perlawanan dalam arah horizontal untuk meningkatkan stabilitas timbunan tersebut.



Gambar 2.14 Geotekstil *Non Woven*

2.10.3 Kelebihan dan Kekurangan Geotekstil *Woven*

Ada beberapa keuntungan dari material geotekstil woven yaitu Bentuknya teratur dan teranyam sehingga memiliki kuat tarik yang besar dibandingkan geotekstil *nonwoven* sehingga sangat cocok sebagai lapis perkerasan. Permeable (tembus air) sehingga bisa digunakan sebagai lapisan penyaring

Adapun beberapa kekurangan yaitu Tidak tahan terhadap sinar matahari, hal ini dikarenakan sinar matahari mengandung sinar ultraviolet yang dapat menyebabkan degradasi yang cepat. Rentan terhadap tusukan benda tajam.

2.10.4 Kelebihan dan Kekurangan Geotekstil Non Woven

Ada beberapa kelebihan geotekstil *nonwoven* yaitu Memiliki permeabilitas yang cukup besar, sehingga cocok untuk aplikasi pada tanah dasar yang banyak mengandung sisa-sisa tanaman. Memiliki sifat property hidrolis yang lebih bagus sehingga bisa sekaligus berfungsi sebagai lapisan penyangga yang hanya melarutkan air tanpa membawa partikel tanah. Ketahanan terhadap tusukan benda tajam lebih baik dibandingkan dengan geotekstil *woven*.

Adapun beberapa kekurangan diantaranya yaitu Memiliki nilai kuat tarik yang lebih kecil dibandingkan dengan geotekstil *woven* sehingga kurang baik bila digunakan untuk stabilitas tanah dasar.

Beberapa keuntungan menggunakan geotekstil, diantaranya: Mencegah kontaminasi agregat subbase dan base oleh tanah dasar lunak dan mendistribusikan beban lalu lintas yang efektif melalui lapisan-lapisan timbunan, meniadakan kehilangan agregat timbunan ke dalam tanah dasar yang lunak dan memperkecil biaya dan kebutuhan tambahan lapisan agregat terbuang, mengurangi tebal galian stripping dan meminimalkan pekerjaan persiapan, meningkatkan ketahanan agregat timbunan terhadap keruntuhan setempat pada lokasi beban dengan memperkuat tanah timbunan, mengurangi penurunan dan deformasi yang tidak merata serta deformasi dari struktur jadi.

Dan yang menjadi pokok pembahasan secara khusus pada pembahasan ini adalah geotekstil polypropylene woven.

2.11 Geotekstil polypropylene woven

Salah satu bahan geosintetik yang banyak digunakan dalam pekerjaan tanah adalah geotekstil. Geotekstil merupakan material lolos air atau material tekstil bikinan pabrik yang dibuat dari bahan sintetik seperti, polypropylene ($\pm 92\%$), polyester ($\pm 5\%$), polyimide ($\pm 2\%$), polyethylene ($\pm 1\%$). Polyene dan polypropylene adalah polyolefins yang diantaranya mempunyai kerapatan kurang dari 1000 kg/m^3 . Seperti diterangkan bahwa geotekstil adalah bahan yang dihamparkan diatas tanah, adapun fungsi dari geotekstil dalam usaha perbaikan tanah dasar sebagai berikut: Pemisah (*Separation*) Dipakainya geotekstil maka dapat memisahkan antara tanah timbunan dan tanah dasar di bawahnya. Apabila tidak memakai geotekstil material timbunan akan turun ke bawah akibat beban dari atas dan juga akibat berat sendiri dari timbunan itu. Untuk mengatasi masalah ini digunakan geotekstil sebagai pemisah keuntungan yang didapat: Mempercepat tercapainya tegangan tanah timbunan ke dalam tanah dasar. Mencegah turunnya tanah timbunan ke dalam tanah dasar sehingga volume timbunan tidak berubah. Lebih mudah dilakukan pemadatan. Penyaring (*Filtration*) Terkait dengan fungsi filtrasi, maka geotekstil berfungsi sebagai filter mencegah masuknya air dan butiran halus dari tanah dasar kedalam lapisan dasar timbunan. Pada saat yang sama, geotekstil juga harus bisa menahan tanah timbunan agar material timbunan tidak ikut bersama aliran, sehingga susunan material timbunan dan tanah dasar dapat terjaga.

Perkuatan (*reinforcement*) Maksudnya adalah geotekstil sebagai tulangan bagi tanah dasar untuk menyerap beban sementara yang diakibatkan oleh beban kendaraan. Dengan demikian geotekstil akan membantu menaikkan ketahanan tanah dasar terhadap keruntuhan geser sehingga lapisan tanah pondasi tersebut berfungsi dengan baik dan terjadinya kelongsoran tidak terjadi.

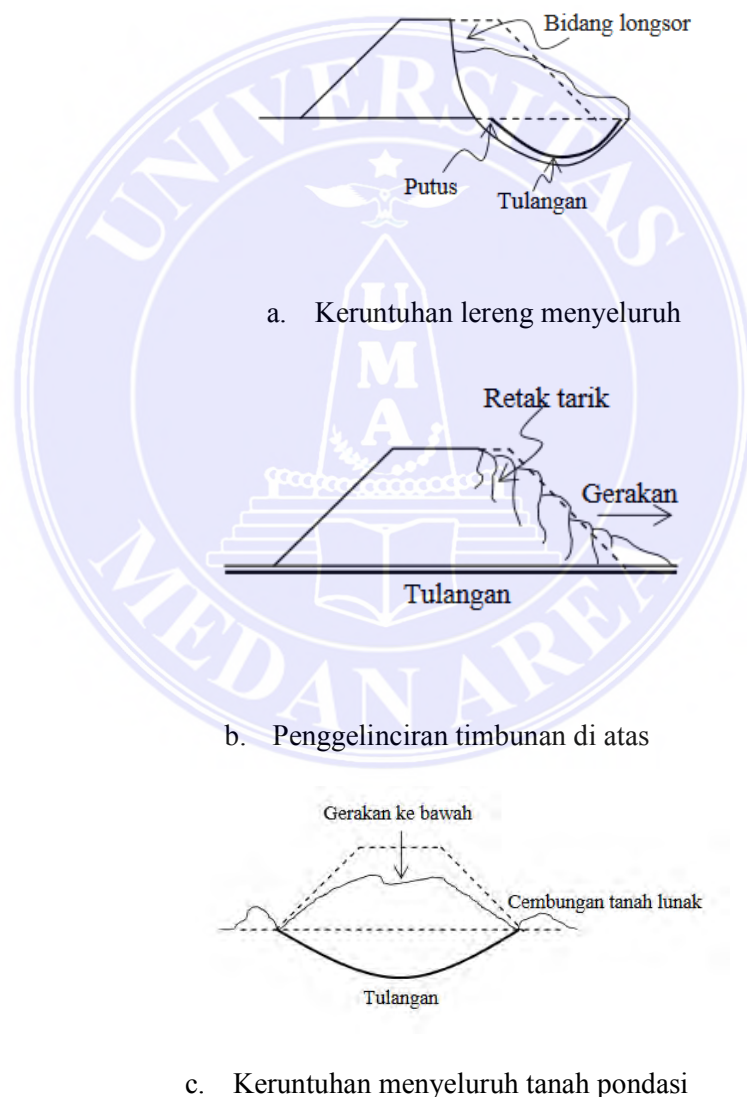
2.11.1 Stabilitas Timbunan Pada Tanah Lunak

Timbunan yang dibangun pada tanah lunak mempunyai kecenderungan bergerak ke arah lateral oleh akibat tekanan tanah horisontal yang bekerja pada timbunan tersebut. Tekanan horisontal ini menyebabkan timbulnya tegangan geser pada dasar timbunan, yang harus ditahan oleh tanah pondasi yang lunak tersebut. Jika tanah pondasi ini tidak menahan tegangan geser tersebut, maka timbunan dapat mengalami keruntuhan. Untuk mengatasi hal ini, maka pada dasar timbunan dapat dipasang geosintetik (geotekstil atau geogrid) dengan kuat tarik tinggi yang berguna untuk menambah stabilitas timbunan tersebut.

Geotekstil, bila berfungsi sebagai pemisah antara timbunan dan tanah dasar, maka geotekstil dianggap tidak memberikan perkuatan, tapi hanya berfungsi untuk menjaga integritas timbunan. Terdapat beberapa model keruntuhan yang telah dipakai sebagai analisis timbunan bertulangan geotekstil di atas tanah lunak.

Kelongsoran timbunan memotong tulangan pada dasar timbunan dan bidang longsor melalui tanah pondasi yang lunak pada Gambar 2.15a. Kasus ini terjadi bila tulangan putus atau tercabut. Gambar 2.15b menunjukkan model keruntuhan akibat penggelinciran pada dasar timbunan (model keruntuhan

sebaran lateral). Model keruntuhan seperti ini sering terjadi jika sudut gesek *interface* antara tanah timbunan dan geosintetik rendah (seperti pada geotekstil). Gambar 2.15c menunjukkan timbunan mengalami penurunan berlebihan akibat dari tulangan geotekstil mulur berlebihan. Model keruntuhan seperti ini terjadi jika regangan di dalam tulangan yang dibutuhkan untuk memobilisasi tahanan tarik geosintetik terlalu tinggi.



Gambar 2.15 Model keruntuhan potensial pada timbunan bertulangan geotekstil pada tanah lunak

2.11.2 Hitungan Stabilitas Timbunan

Terdapat beberapa cara hitungan stabilitas timbunan dengan metoda keseimbangan batas, dalam tugas akhir ini hitungan stabilitas timbunan di atas tanah lunak perlu ditinjau terhadap 3 kemungkinan tipe keruntuhan, yaitu: Keruntuhan kapasitas dukung tanah, Stabilitas internal (*internal stability*), Stabilitas tanah pondasi (*foundation stability*)

Faktor minimum dalam hitungan stabilitas struktur timbunan bertulang geosintetik di atas tanah lunak ditunjukkan dalam Tabel 2.8 berikut :

Tabel 2.8 Faktor aman untuk analisis stabilitas struktur timbunan bertulang

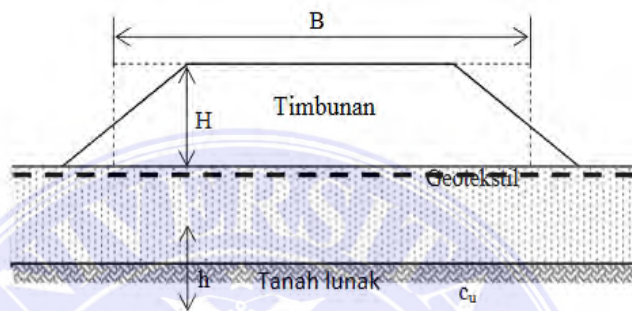
No	Tinjauan terhadap	Faktor aman (SF)
1	Keruntuhan kapasitas dukung tanah	1,5-2
2	Keruntuhan geser rotasional	1,3
3	Stabilitas geser internal (jangka panjang)	1,5
4	Sebaran lateral (penggelinciran)	1,5
5	Pembebanan dinamik	1,1

Sumber : Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya "Christady H" Edisi pertama Hal 174

Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah Pondasi

Timbunan menimbulkan beban pada tanah pondasi di bawahnya. Kapasitas dukung tanah yang umumnya rendah akan membatasi tinggi timbunan maksimum yang akan dibangun. Kapasitas dukung tanah pondasi, pada dasarnya tidak bergantung pada geotekstil. Zona keruntuhan umumnya berada di luar bagian timbunan yang dipasang geotekstil. Tanah timbunan dan geotekstil bergerak bersama-sama ketika terjadi keruntuhan.

Kondisi lapisan tanah pada timbunan yang terletak di atas tanah lunak, secara tipikal umumnya seperti dalam Gambar 2.16, yaitu tanah lunak didasari oleh lapisan yang lebih kuat di bawahnya. Tebal tanah lunak (h), akan mempengaruhi kapasitas dukung tanah, yang nilainya bergantung pada lebar pondasi timbunan (B).



Gambar 2.16 Lebar Timbunan dan Tebal Lapisan Tanah Lunak Terbatas untuk Hitungan Kapasitas Dukung Tanah Lunak.

Jika tebal lapisan tanah lunak sangat lebih tebal dibandingkan dengan lebar timbunan, atau B/h sangat besar (Gambar 2.15), kapasitas dukung tanah dapat dihitung dengan:

$$q_u = c_u N_c \dots\dots\dots 2.12$$

Dimana:

q_u = Kapasitas dukung ultimit (kN/m^2)

c_u = Kohesi underained (kN/m^2)

N_c = Faktor kapasitas dukung, nilainya dapat diambil 5,14

Tinggi timbunan ijin dinyatakan oleh:

$$H_a = \frac{c_u N_c}{\gamma(SF)} \dots\dots\dots 2.13$$

Dengan nilai SF = Faktor aman yang diambil antara 1,5 sampai 2.

Jika tebal tanah lunak sangat kecil dibandingkan dengan lebar timbunannya, nilai N_c akan bertambah. Tebal lapisan lunak yang terbatas ini memungkinkan terjadi “perasan” (*squeeze*) tanah pondasi ke arah lateral. Persamaan kapasitas dukung tanah sama dengan persamaan 2.12.

Untuk $B/h < 1,49$:

$$N_c = 5,14 \dots\dots\dots 2.14$$

Untuk $B/h > 1,49$:

$$N_c = 4,14 + 0,5 (B/h) \dots\dots\dots 2.15$$

Dimana:

γ = Berat volume timbunan

H = tinggi timbunan

C_u = Kohesi tak terdrainase

N_c = Faktor kapasitas dukung (fungsi dari B/h)

B = Lebar timbunan rata - rata

h = Tebal lapisan tanah lunak

Stabilitas Internal (*internal stability*)

Analisis dengan penyederhanaan untuk menghitung tulangan yang dibutuhkan guna membatasi gerakan lateral timbunan, diilustrasikan dalam Gambar 2.21 pada timbunan yang tanpa dan menggunakan tulangan, gaya – gaya bergerak berasal dari tekanan lateral di dalam timbunan. Untuk menjaga keseimbangan, gaya lateral ini ditrasnfer ke tanah pondasi oleh tegangan geser. Ketidakstabilan timbunan akan terjadi jika: Timbunan menggelincir di atas tulangan (Gambar 2.17a), tulangan putus oleh tarikan dan timbunan menggelincir pada tanah pondasi (Gambar 2.17b).

Dalam pernyataan ini, tahanan geser tanah pondasi di dekat dasar timbunan tidak cukup untuk menjaga keseimbangan. Jadi, tulangan harus mempunyai cukup gesekan untuk menahan penggelinciran timbunan di permukaannya dan kuat tarik geotekstil harus cukup tinggi sehingga mampu menahan runtuhnya timbunan akibat penggelinciran di atas permukaan tulangan.

Pengelinciran timbunan pada permukaan geotekstil

Dalam pernyataan ini diasumsikan bahwa kuat geser tak terdrainase (*undrained strength*) tanah pondasi yang lunak tidak cukup untuk menahan tekanan aktif dari urugan di atasnya. Akibatnya, timbunan cenderung bergerak secara horisontal. Adhesi antara tanah dan geotekstil (c_a) dianggap sama dengan nol untuk tanah sangat lunak dan tinggi timbunan yang rendah. Adhesi harus diperhitungkan pada penempatan timbunan selanjutnya, yaitu bila pembangunan

timbunan dilakukan secara bertahap maka, gaya tarik yang bekerja pada permukaan atas tulangan (T_1) diasumsikan sama dengan tekanan aktif di belakang bidang AB (gambar 2.17a). bila material timbunan dianggap tanah granuler ($c = 0$) maka:

$$T_1 = P_{a1} = 0,5H^2\gamma k_a \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana:

P_{a1} = Tekanan aktif dibelakang bidang bertikal AB (kN/m)

γ = Berat volume timbunan (kN/m³)

H = Tinggi timbunan dari permukaan tanah asli (m)

$K_a = \text{tg}^2 (45-\varphi/2)$ = koefisien tekana aktif

Faktor aman (SF) penggelinciran lereng terhadap tulangan geotekstil

(Gambar 2.6a):

$$SF = \frac{P_g}{P_{a1}} = \frac{L(0,5 H \gamma) \text{tg} \delta}{0,5 K_a H^2 \gamma} = \frac{L \text{tg} \delta}{K_a H} \dots\dots\dots 2.17$$

Dimana:

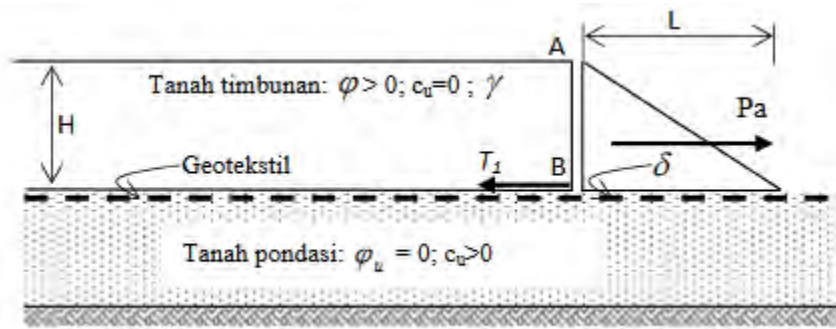
δ = Sudut gesek antara geotekstil dan tanah (derajat)

L = Panjang zona yang mengalami sebaran lateral (m)

H = Tinggi timbunan

$$\text{tg} \delta = E \text{tg} \varphi$$

Nilai efisien gerak dari geosintetik ke tanah (E), untuk geotekstil $E = 0,6 - 0,8$



Gambar 2.17a Penggelinciran di atas tulangan Geotekstil

Untuk kondisi keruntuhan dimana akibat tekanan aktif geotekstil putus dan timbunan menggelincir di atas tanah pondasi, maka factor aman terhadap penggelinciran lateral dinyatakan oleh:

$$SF = \frac{2(Lc_a + T_1)}{K_a \gamma H^2} \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana:

c_a = Adhesi antara tanah pondasi dan geotekstil (kN/m^2)

L = Panjang lereng yang mengalami penggelinciran (m)

H = Tinggi timbunan (m)

γ = Berat volume timbunan (kN/m^3)

T_1 = Kuat tarik geotekstil yang dibutuhkan untuk menahan sebaran lateral = $0,5$

$$H^2 \gamma K_a \text{ (kN/m)}$$

Untuk tanah pondasi lempung sangat lunak, adhesi antara tanah dan geotekstil (c_a) dapat dianggap sama dengan kohesi (c_u) tanahnya, jadi $c_a = c_u$

Stabilitas pondasi (*foundations stability*)

Kondisi ketidakstabilan pondasi tanah sebagai pondasi dapat terjadi bila terdapat lapisan horizontal tipis yang bersifat menerus dan mempunyai kuat geser *undrained* (c_u) yang sangat lebih kecil dibandingkan dengan lapisan di atas atau dibawahnya. Akibat beban timbunan, tanah lunak mengalami perasan kearah lateral, factor aman terhadap perasan perasan lateral:

$$SF = \frac{2C_u}{\gamma h \operatorname{tg}\beta} + \frac{4,14 C_u}{H\gamma} \dots\dots\dots 2.19$$

Dimana:

β = sudut lereng

γ = berat volume timbunan (kN/m^3)

h = tebal lapisan lunak di bawah lereng

c_u = kuat geser *undrained* tanah di bawah lereng

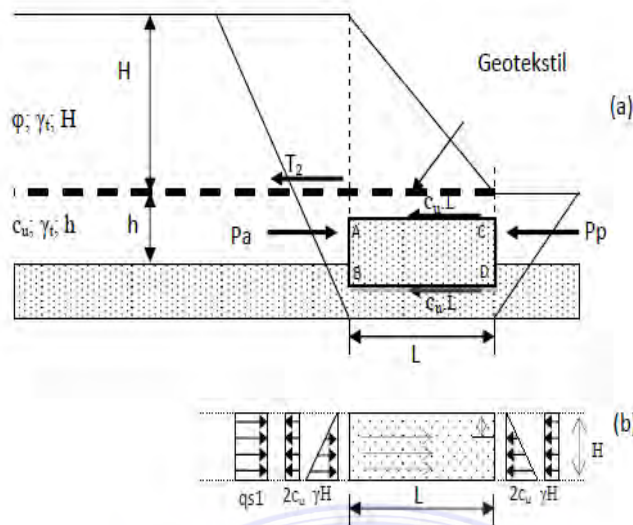
H = tinggi timbunan

Disarankan, jika $SF < 2$, maka perasan lateral akan terjadi,

$$H\gamma > 3c_u \dots\dots\dots 2.20$$

Dengan H = tinggi timbunan dan γ = berat volume tanah timbunan dengan c_u = kuat geser *undrained* tanah di bawah timbunan.

Dalam kasus ini terjadi perasan lateral, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.18. Keruntuhan lereng timbunan terjadi akibat dari gerakan tanah pondasi lunak di bagian bawah yang terperas keluar. Seperti ini juga dapat terjadi bila tanah pondasi lunak dengan tebal tanah yang terbatas. Dilakukan dalam tinjauan tegangan total, yaitu untuk tanah dasar lempung jenuh dengan $\varphi = 0$.



Gambar 2.18 (a) Stabilitas Pondasi
(b) Sabilitas internal pada tanah pondasi yang terperas keluar

Tekanan tanah aktif total pada bidang AB:

$$\begin{aligned}
 P_a &= P_w + P_{a1} + P_{qa} \\
 &= \frac{1}{2} \gamma w h^2 + \gamma' h^2 K_a - 2c_u h \sqrt{K_2} + q_{s1} h K_2 \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

2.21

Tekanan tanah pasif total pada bidang CD:

$$\begin{aligned}
 P_p &= P_w + P_{p1} + P_{qp} \\
 &= \frac{1}{2} \gamma w h^2 + \gamma' h^2 K_p + 2c_u h \sqrt{K_p} + q_{s2} h K_p \dots\dots\dots 2.22
 \end{aligned}$$

Dimana:

P_a = tekanan tanah aktif total (kN/m)

P_{a1} = tekanan tanah aktif total pada tanah setebal h (kN/m)

P_{qa} = tekanan tanah aktif total akibat beban timbunan (kN/m)

P_p = tekanan tanah pasif total (kN/m)

P_{qp} = tekanan tanah pasif total akibat timbunan di luar kaki timbunan (kN/m)

P_w = tekanan tanah air total (kN/m)

h = kedalaman lapisan lunak dari permukaan tanah asli (m)

γ_w = berat volume air (kN/m³)

c_u = kuat geser tak terdrainase (*kohesi undrained*) (kN/m²)

q_{s1} = beban terbagi rata akibat beban timbunan (kN/m²)

q_{s2} = beban terbagi rata pada tanah asli di luar kaki timbunan (kN/m²)

Untuk $\phi = 0$, $K_a = K_p = 1$, maka

$$\begin{aligned} P_a &= P_w + P_{a1} + P_{qa} \\ &= \frac{1}{2} \gamma_w h^2 + \left(\frac{1}{2} \gamma' h^2 - 2 C_u h \right) + q_{s1} h \dots\dots\dots 2.23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_a &= P_w + P_{a1} + P_{qp} \\ &= \frac{1}{2} \gamma_w h^2 + \left(\frac{1}{2} \gamma' h^2 + 2 C_u h \right) + q_{s2} h \dots\dots\dots 2.24 \end{aligned}$$

Agar tanah tidak tertekan keluar (terperas keluar), maka:

$$P_p + 2c_u \cdot L > P_a \dots\dots\dots 2.25$$

Gaya tarik yang bekerja pada tulangan geotekstil:

$$T_2 = c_u L \dots\dots\dots 2.26$$

Dengan L = panjang lereng timbun ke arah horizontal.

Stabilitas internal dari area yang diarsir juga harus diperiksa (lihat Gambar 2.18b).

Gaya horizontal yang bekerja pada area diarsir harus ditahan oleh gesek internal

dalam area yang diarsir ini:

$$q_{s1} \Delta h - 4c_u \Delta h \leq c_u L$$

..... 2.27

Jika geotekstil harus menahan sebaran lateral timbunan dan gerakan tanah pondasi, maka gaya tarik yang bekerja pada geotekstil:

$$T_{\text{total}} = T_1 + T_2$$

..... 2.28

Untuk menghitung kuat tarik ultimit geotekstil digunakan rumus:

$$T_{\text{total}} = T_u \left(\frac{1}{RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_D} \right) \dots\dots\dots 2.29$$

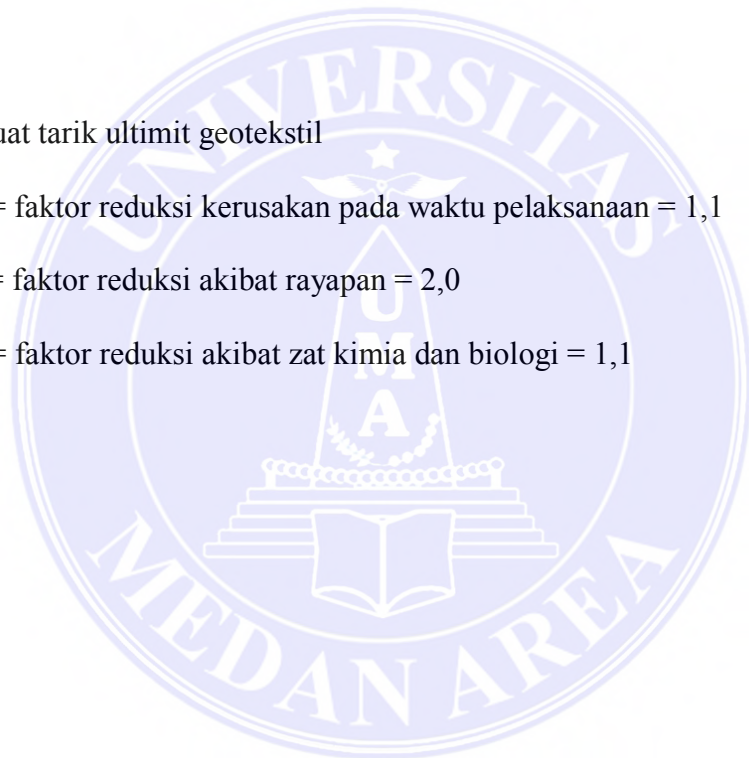
Dimana:

T_u = kuat tarik ultimit geotekstil

RF_{ID} = faktor reduksi kerusakan pada waktu pelaksanaan = 1,1

RF_{CR} = faktor reduksi akibat rayapan = 2,0

RF_D = faktor reduksi akibat zat kimia dan biologi = 1,1



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Proyek

Proyek Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi merupakan bagian dari Jalan Tol Trans-Sumatera. Pembangunan jalan akses Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi seksi 3 : Parbarakan-Lubuk Pakam. Dengan data-data sebagai berikut :

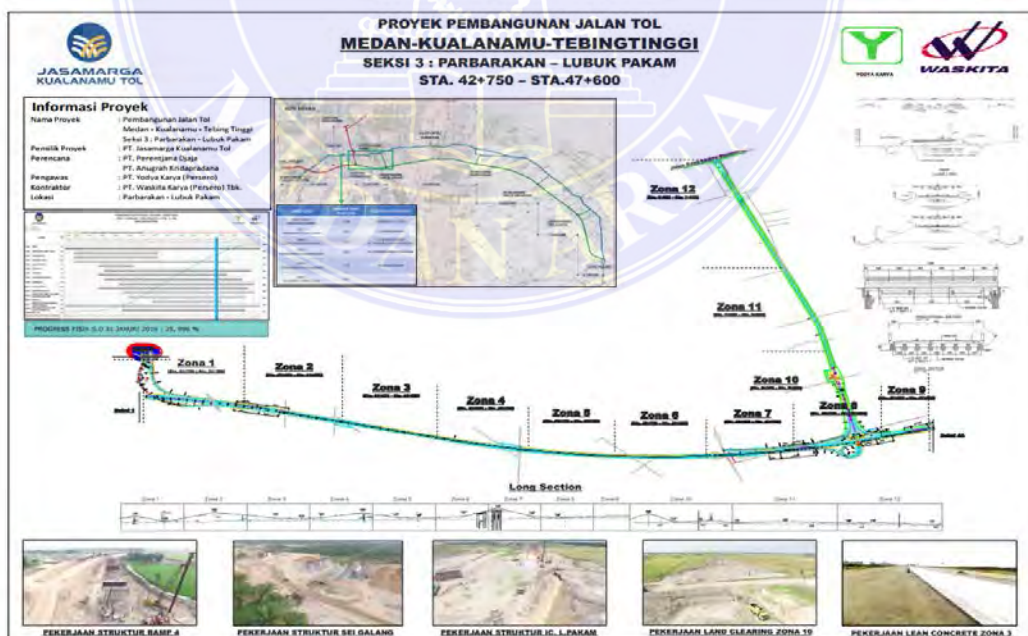
- Nama Proyek : Pembangunan Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi, Parbarakan-Lubuk Pakam Sta.42+750-Sta.47+600
- Pengguna Jasa : Jasa Marga Kualanamu Tol
- Kontraktor Pelaksana : PT. Waskita Karya
- Lokasi : Parbarakan-Lubuk Pakam
- Sumber Dana : RKAP PT.Jasamarga Kualanamu Tol
- Nilai Kontrak : Rp 468.431.172.941.05
- Waktu Pelaksanaan : 450 hari Kalender
- Waktu Pemeliharaan : 1095 hari Kalender

Kegiatan pelaksanaan proyek jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi ini melalui suatu proses yang panjang dan di dalamnya terdapat suatu rangkaian tahapan yang berurutan dan berkaitan. Tahap kegiatan dalam proyek ini sebagai berikut : Tahap studi kelayakan, tahap penjelasan (brifing), tahap perancangan (design), tahap pengadaan/pelelangan, tahap pelaksanaan, tahap pemeliharaan.

Pada Bab III ini penulis hanya membahas pada tahap kegiatan pelaksanaan proyek yang dilakukan organisasi proyek PT. Waskita Karya, yaitu pada kegiatan : mengevaluasi dan membandingkan stabilitas tanah dasar menggunakan geotekstil dengan geosintetik tipe geogrid, dan bagaimana hasil perhitungan untuk mendapatkan penggunaan geotekstil yang efisien.

3.2 Lokasi penelitian

PT. Waskita karya (persero) TBK telah ditunjuk oleh PT. Jasa Marga Kualanamu Tol untuk melaksanagn Pekerjaan Pembangunan Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi Seksi 3 : Parbarakan-Lubuk Pakam, Sta.42+750-sta.47+600 dan jalan aksesnya. Jalan akses ini menghubungkan jalan lintas sumatera dengan *mainroad* Jalan Tol. Selengkapnya layout rencana jalan tol ini disajikan Gambar 3.1 berikut.



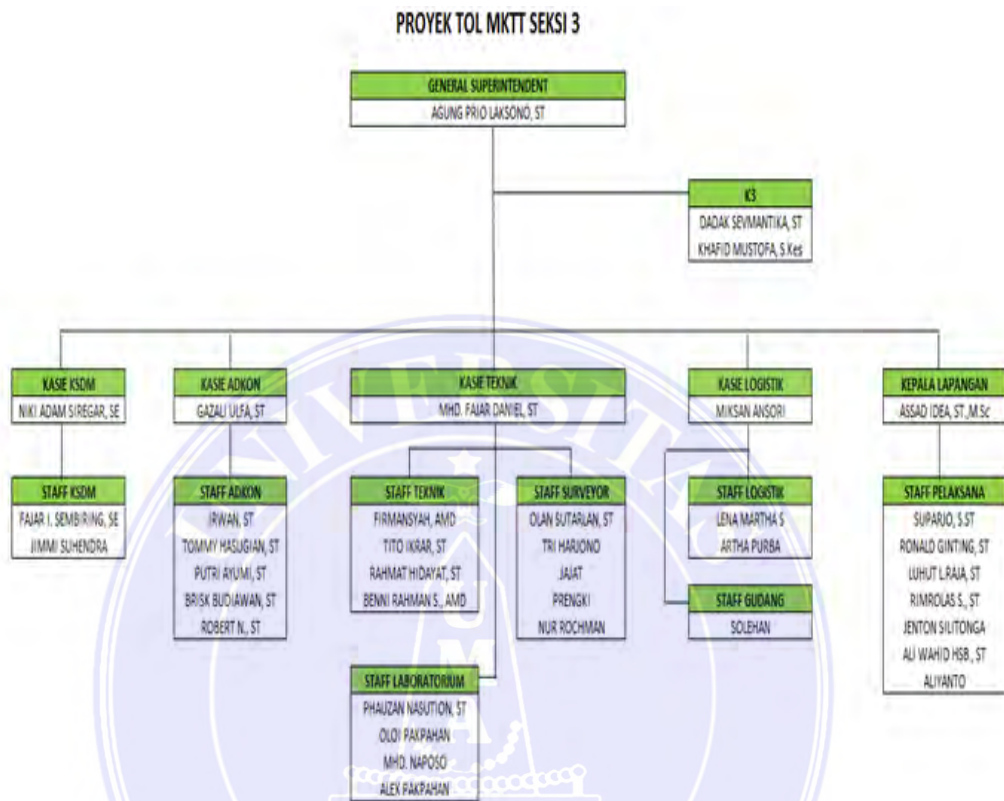
Gambar 3.1. Layout Jalan Tol Paket Seksi 3: Parbarakan-Lubuk Pakam dan jalan aksesnya

Sumber : PT. Waskita Karya

3.3 Organisasi Proyek kontraktor

Seperti Perusahaan-perusahaan Kontraktor yang ada pada umumnya, PT. Waskita Karya yang beralamat di Jl. Raya Galang Di Lubuk Pakam juga memiliki Struktur Organisasi. Organisasi perusahaan terdiri dari Organisasi Induk dan Organisasi Proyek. Struktur Organisasi yang digunakan dalam pelaksanaan Proyek ini menggunakan bentuk matriks. Para Personil tim proyek ditarik dari organisasi induk/diambil dari proyek yang sebelumnya. Jadi sifatnya sementara, personil yang masuk ke dalam Organisasi Proyek dipilih oleh Organisasi Induk bukan oleh Kepala Proyek.

Tujuan dari penyusunan struktur organisasi yang efektif dalam proyek ini adalah: Menentukan kedudukan/jabatan bagi setiap personilnya, memberikan dan menentukan pembagian tugas dan batas wewenang yang jelas sehingga tidak terjadi pelemparan tanggung jawab, menyesuaikan organisasi tersebut dengan jumlah orang-orang yang terlibat berdasarkan kemampuan dan kebutuhan, hubungan antar unit organisasi dan antar anggota organisasi itu sendiri, baik secara horisontal dan vertikal.



Tabel 3.1 Struktur Organisasi
(sumber: PT. Waskita Karya)

3.4 Penjadwalan Pelaksanaan Pekerjaan

Jadwal waktu proyek merupakan alat yang dapat menunjukkan kapan berlangsungnya setiap kegiatan, Sehingga dapat digunakan pada waktu merencanakan kegiatan-kegiatan maupun untuk perbaikan tanah dengan menggunakan geotekstil untuk meningkatkan daya dukung lapisan subgrade pada perkerasan jalan secara keseluruhan. Tersedia bermacam-macam cara penjadwalan proyek dan untuk proyek jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi ini pihak kontraktor menggunakan cara bagan balok (bar chart).

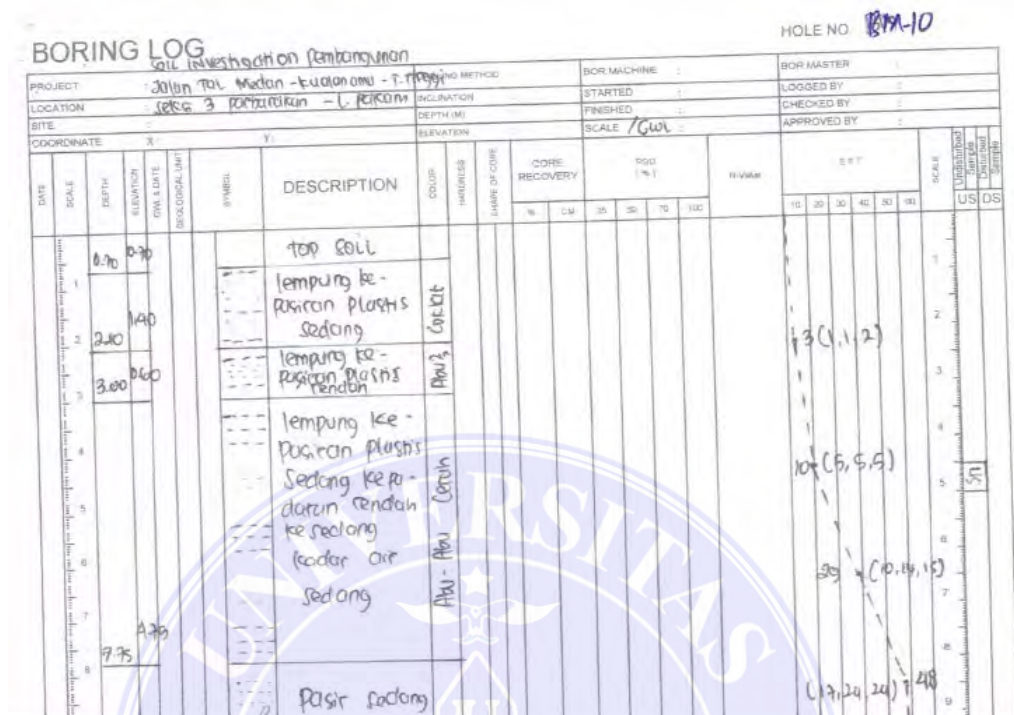
3.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini di dukung oleh data yang diperoleh dari berbagai sumber, antara lain : Studi literatur, merupakan pengumpulan data dari buku, makalah, jurnal dan catatan kuliah yang berkaitan dengan studi, data primer, merupakan data utama yang diperlukan dalam penelitian ini. Data primer berupa data perencanaan dan gambar rencana yang didapat dari PT. Waskita Karya, data sekunder, merupakan data pendukung yang dibutuhkan dalam penyusunan skripsi ini. Data sekunder ini berupa sasaran penelitian pada kegiatan keproyekan PT. Waskita Karya, mengadakan Tanya jawab dengan instansi terkait dan pihak-pihak yang paham akan skripsi ini.

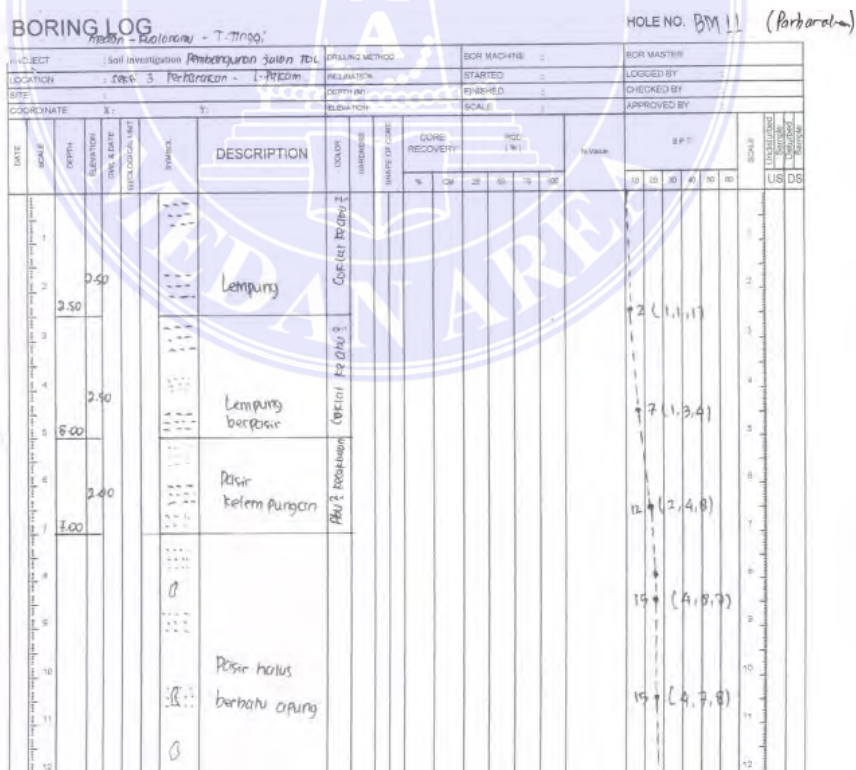
DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Diterjemahkan : Endah Noor, Indrasurya B Mochtar. Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M. 1993. *Mekanika Tanah 2 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Diterjemahkan : Endah Noor, Indrasurya B Mochtar. Erlangga. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina Teknik. *Perencanaan Dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Dengan Geosintetik*.
- Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah. *Panduan Geoteknik 4 Desain Dan Konstruksi*.
- G. Djatmiko Soedarmo, Ir & S.J. Edy Purnomo, Edisi 5, 1997. *Mekanika Tanah 1*, Penerbit kanisius, Jakarta.
- Hardiyatmo, Christady, Hary. Edisi 1, 2008. *Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya Perancangan Dan Aplikasi*, Penerbit Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Christady, Hary. Edisi 3, 2002. *Mekanika Tanah 1*, Penerbit Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Christady, 1992. *Mekanika Tanah 2*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Santosa, Budi dkk. 1995. *Dasar Mekanika Tanah*. Gunadharma. Jakarta.
- Sudana, W., 2011. *Geosintetik Untuk Perencanaan – Perencanaan Perkerasan Lentur di Atas Tanah Lunak di Gresik – Lamongan Sta 27+ 250 –32 + 550*, Universitas Pembangunan Nasional, Surabaya
- Suryolelono, K., Basah, 1988. *Geosintetik Geoteknik*, Penerbit Nafiri, Yogyakarta.
- Wesley, D. Laurence. Edisi 1, 2012. *Mekanika Tanah*, Penerbit Andi Yogyakarta, Yogyakarta.

LAMPIRAN



Gambar: Bore Hole Typical Tanah di BM-10 Sta. 42+ 825



Gambar: Bore Hole Typical Tanah di BM-11 Sta. 42+ 900

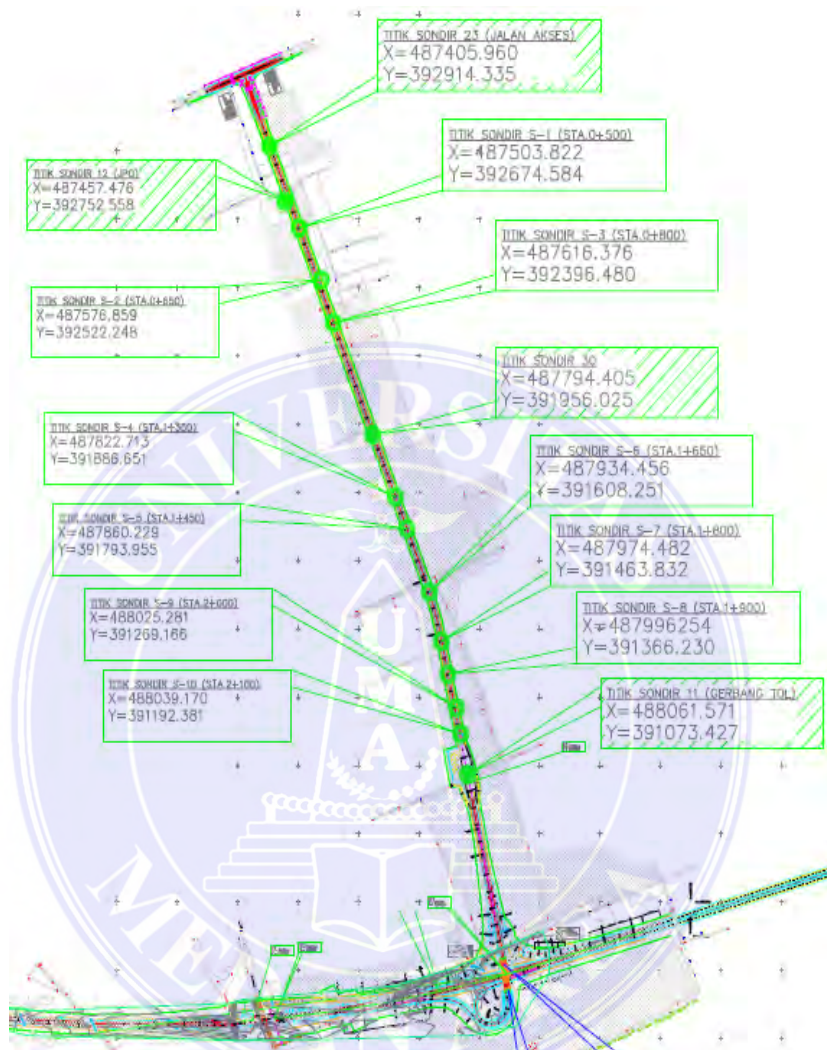
BORING LOG
Medan - Pekanbaru - Tripoli

HOLE NO. **BM12**

PROJECT		Soil Investigation		DRILLING METHOD		BOR MACHINE		BOR MASTER	
LOCATION		Pembangunan Jalan Tol		INCLINATION		STARTED		LOOKED BY	
SITE		Sekeloa Perkebunan - L. Pekanbaru		DEPTH (M)		FINISHED		CHECKED BY	
COORDINATE		ELEVATION		SCALE		7/60		APPROVED BY	

DEPTH (M)	DESCRIPTION	COLOR	HARDNESS	MOISTURE	CORRECTION	CORE RECOVERY (%)						TOTAL (%)	US (%)	OS (%)	
						10	20	30	40	50	60				
0-1.30	Lempung	MU 5	Enggiling												
1.30-3.20	Lempung kepasiran halus	MU 5	Rehberman										9	(11,3)	
3.20-4.50	Lempung	MU 5	Rehberman										8	(24,4)	
4.50-6.00	Lempung sedikit berpasir	MU 5	Rehberman										15	(9,7,6)	
6.00-7.70	Lempung berpasir	MU 5	Rehberman										7	(7,11,2)	31
7.70-8.13	Pasir halus												8	(8,13,22)	39
8.13-11.22	Bercampur Batu Apung														

Gambar: Bore Hole Typical Tanah di BM-12 Sta. 42+ 950



Gambar: Layout lokasi penyelidikan tanah jalan akses (Seksi 3)



Gambar: Penimbunan permukaan trase jalan tanpa menggunakan geotextile *sparator*



Gambar: Penimbunan permukaan trase jalan tanpa menggunakan geotextile *sparator*



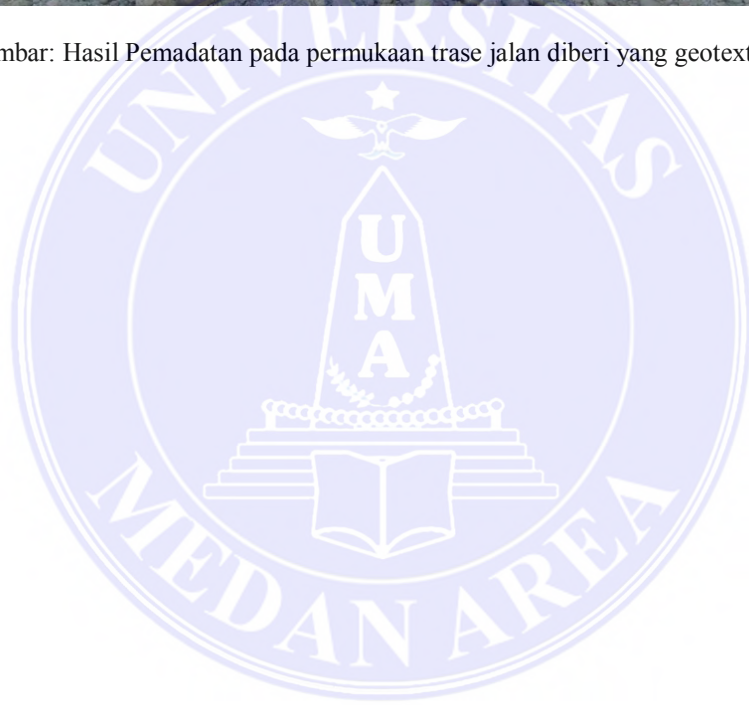
Gambar: Pemasangan permukaan trase jalan dengan lapisan geotextile sparator

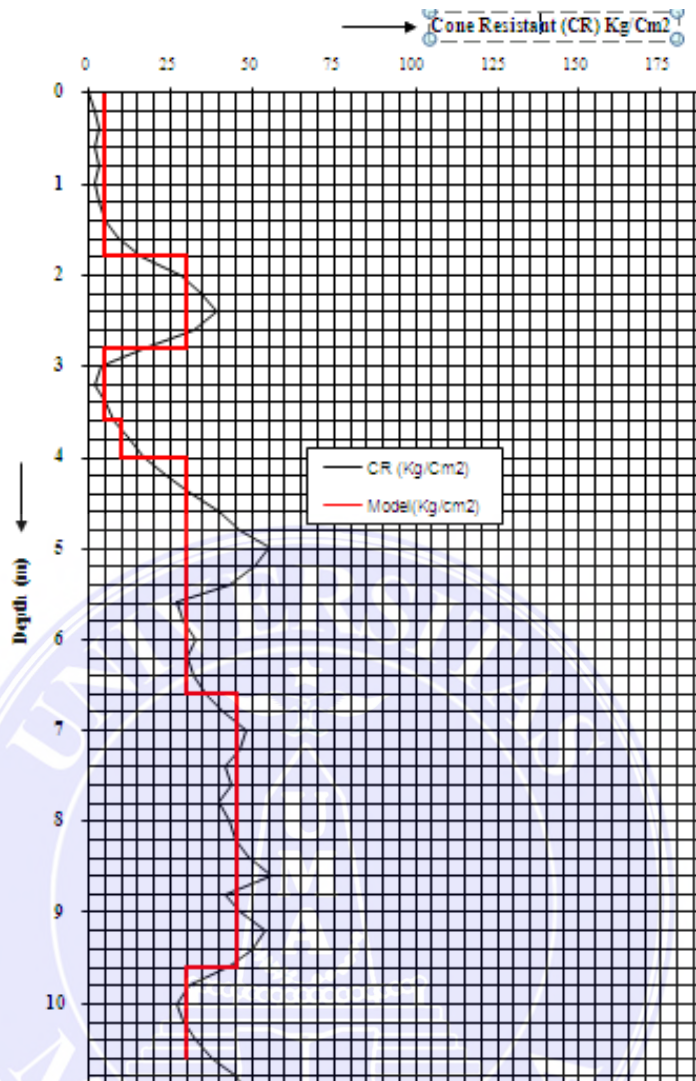


Gambar: Penghamparan material pada permukaan trase jalan yang diberi geotextile *sparator*

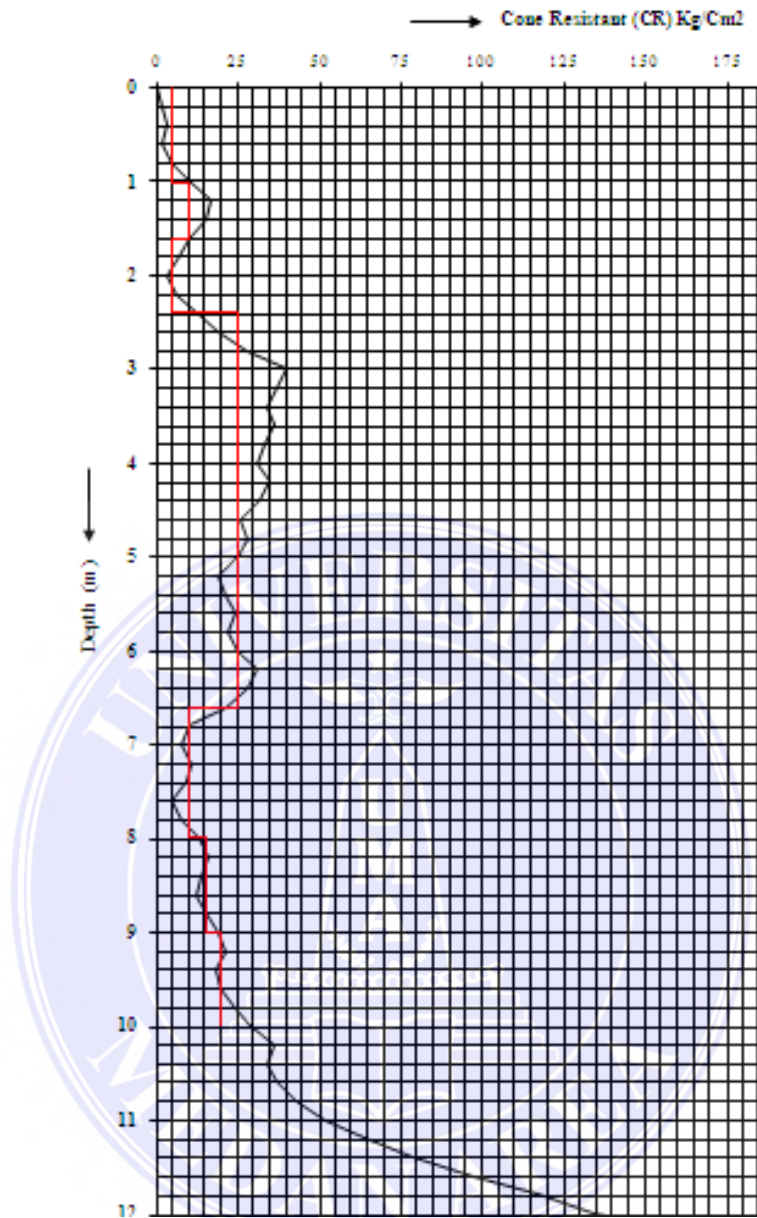


Gambar: Hasil Pematatan pada permukaan trase jalan diberi yang geotextile *sparator*

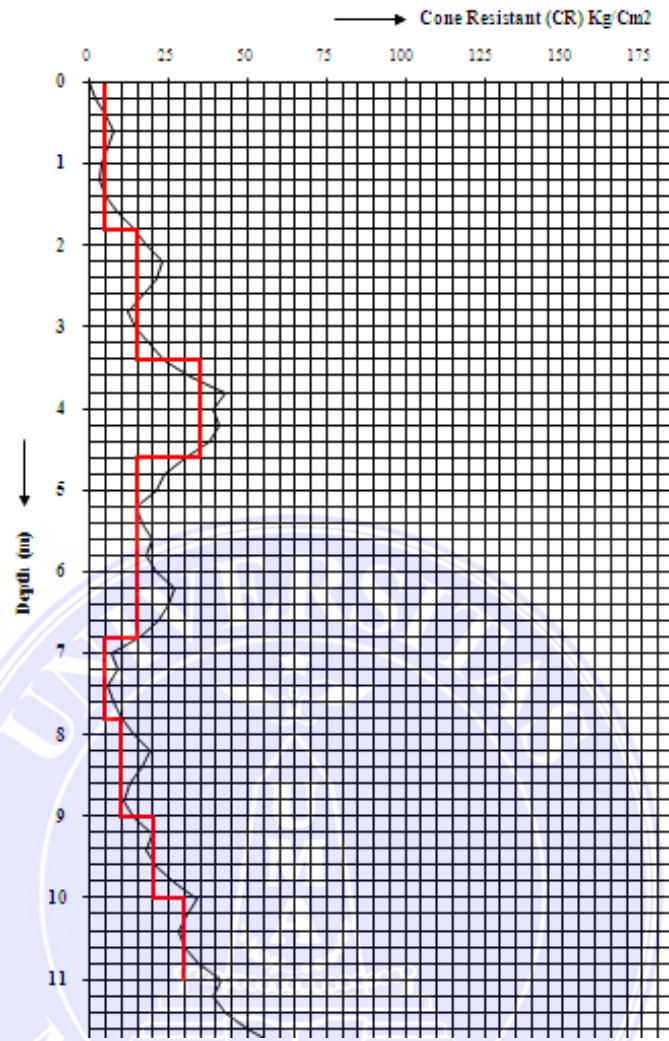




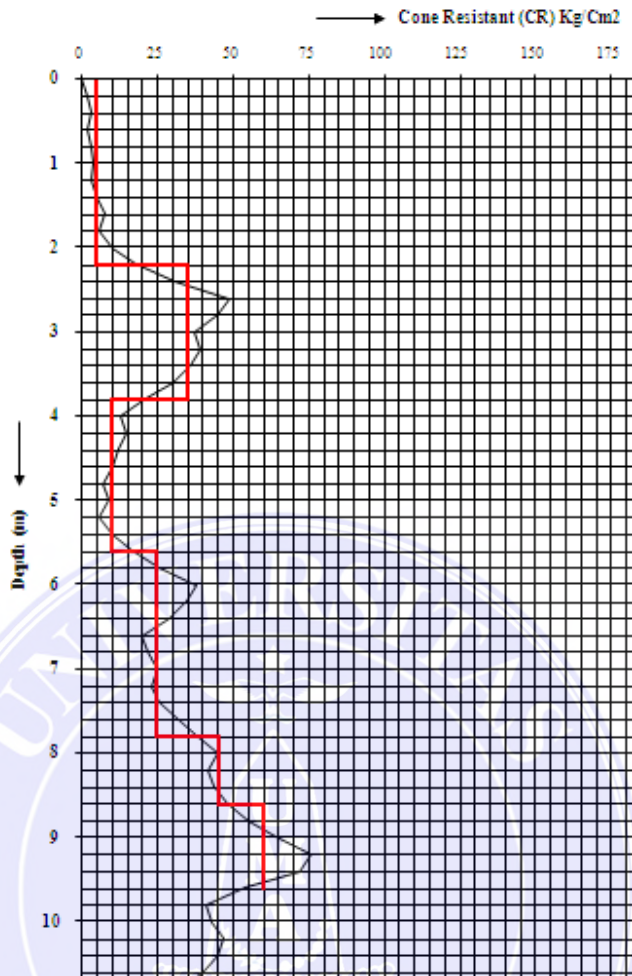
.Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 1, Sta 0+500



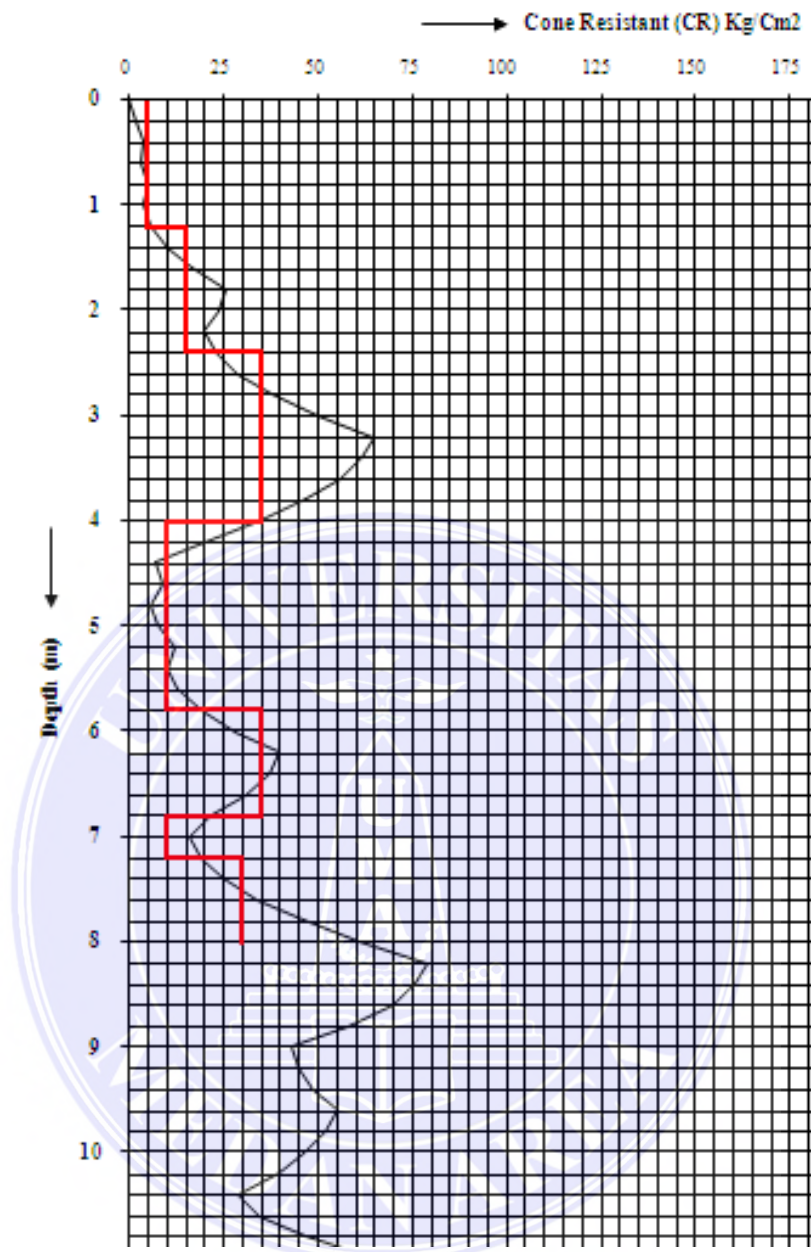
Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 2, Sta 0+650



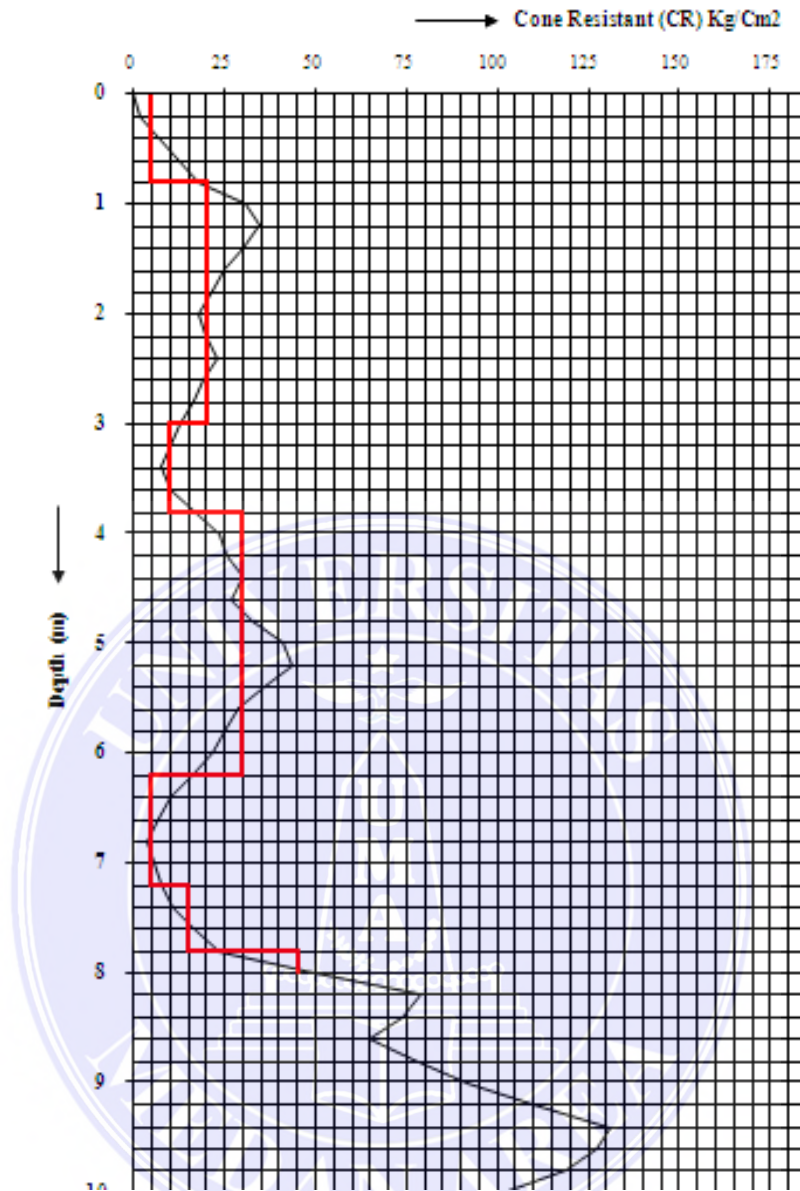
Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 3, Sta 0+800



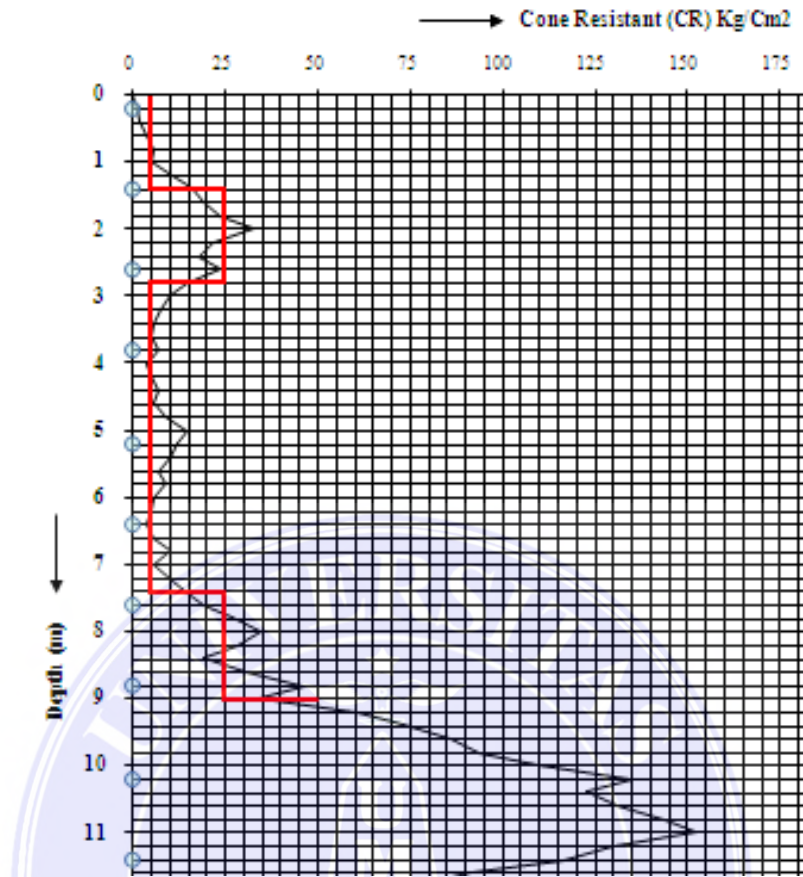
Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 4, Sta 1+350



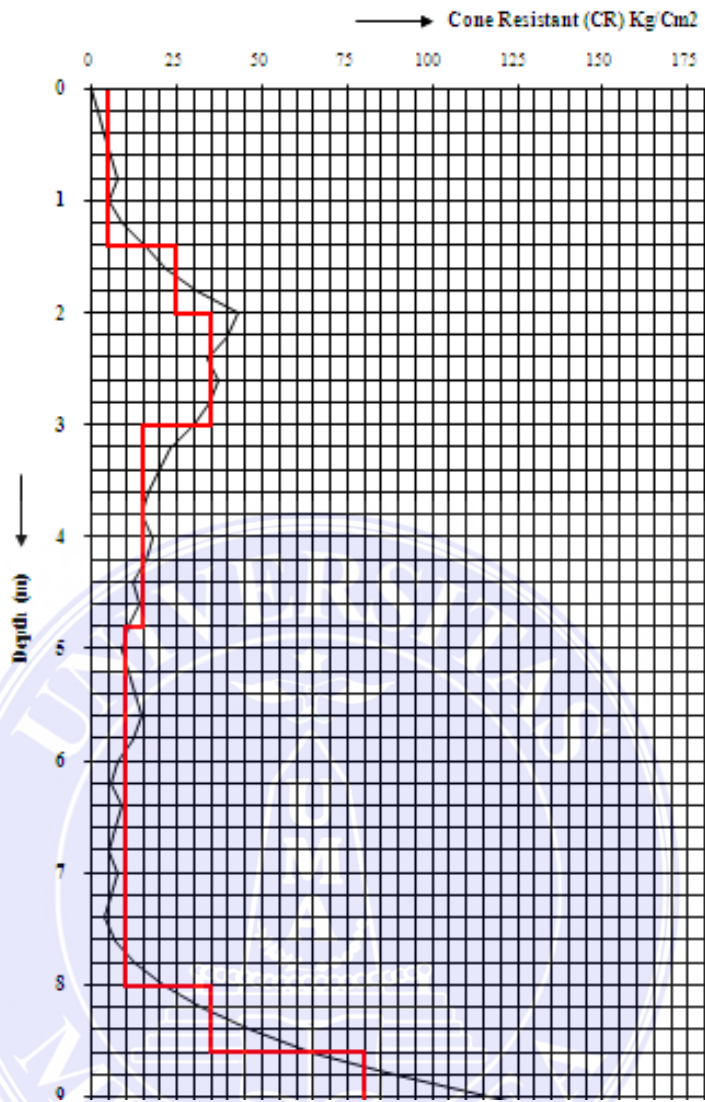
Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 5, Sta 1+450



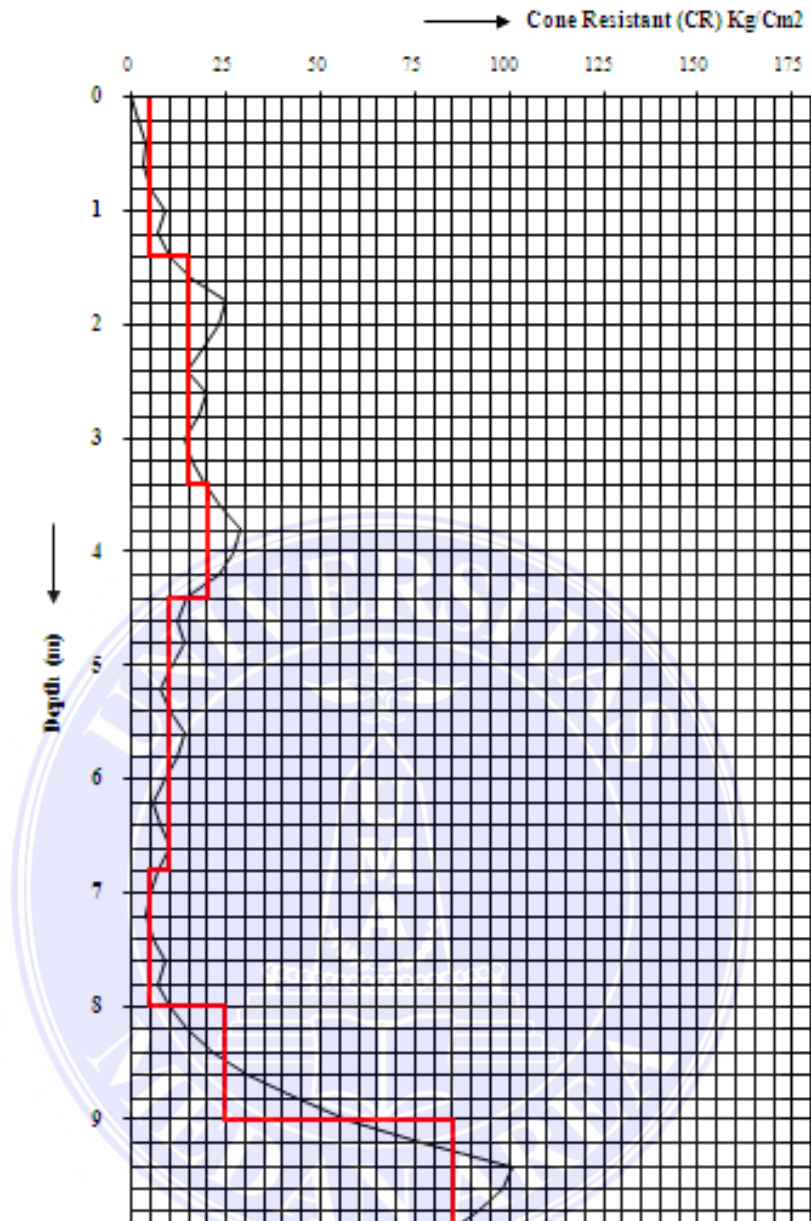
Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 6, Sta 1+650



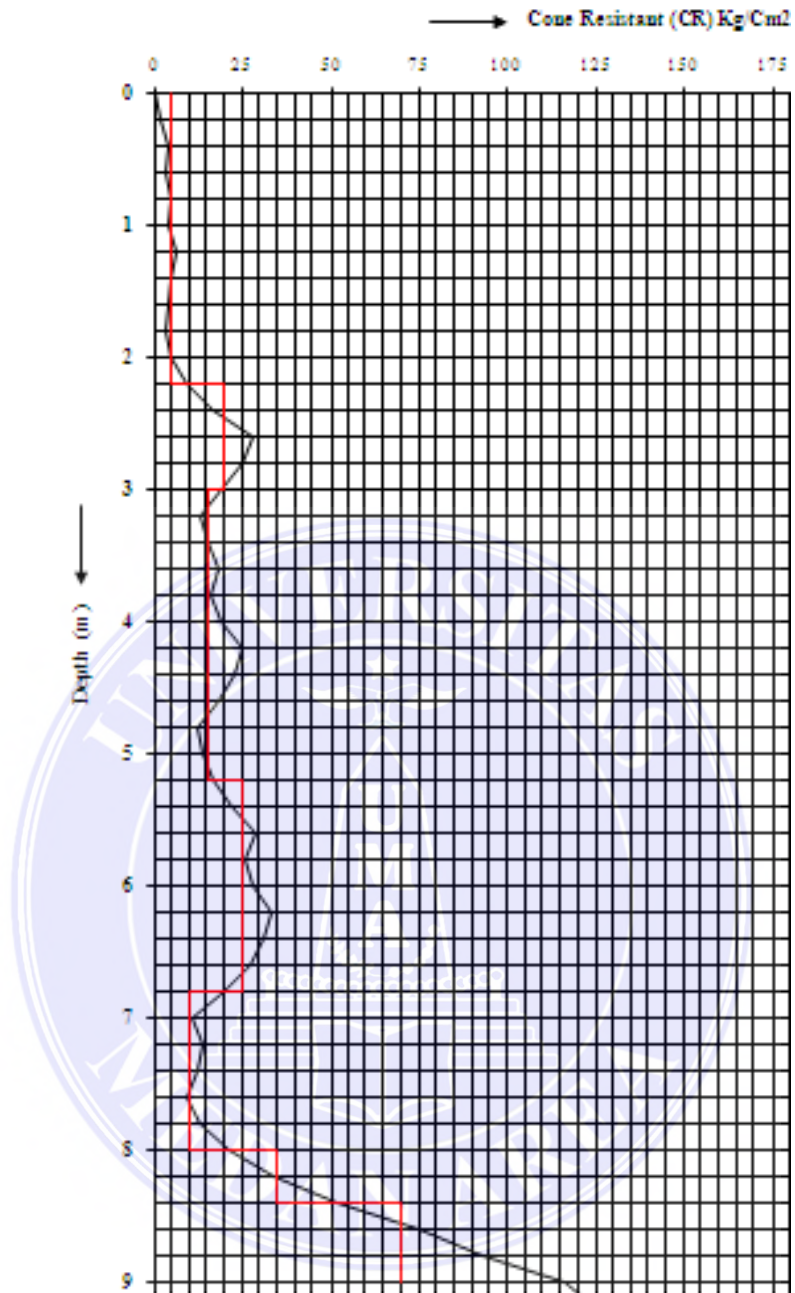
Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 30,Sta 1+700



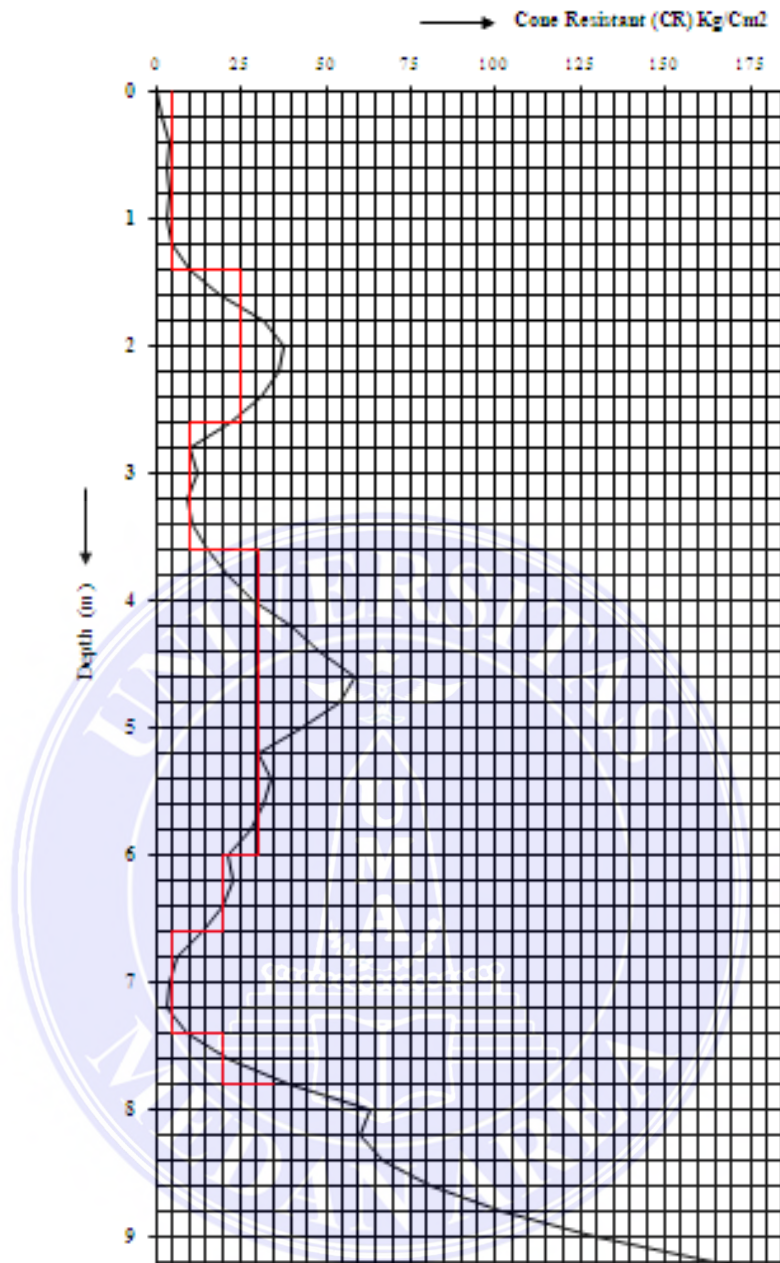
Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 7, Sta 1+800



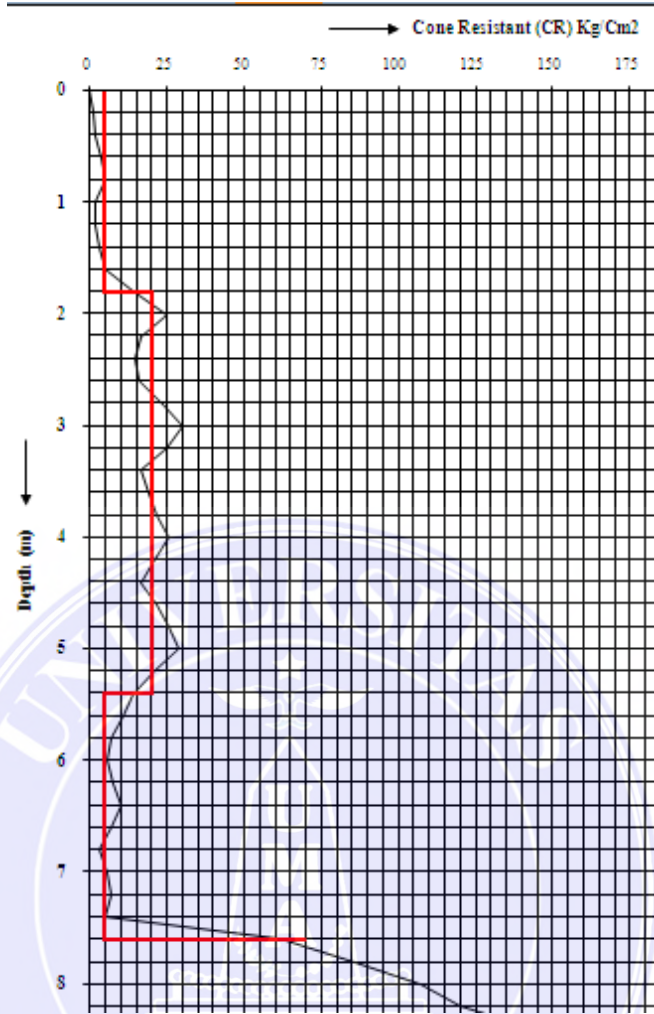
Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 8, Sta 1+900



Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 9,Sta 2+000



Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 10,Sta 2+100



Gambar: Kondisi lapisan tanah pada titik sondir 11,Sta 2+200