

TUGAS AKHIR

**PEMAKAIAN GEOTEKSTIL SEBAGAI
PERKUATAN TANAH LUNAK PADA
BADAN JALAN**



Disusun Oleh :

DIDIET ADHITYA MELLE
93 310 133
930051013114120130

POPO JATMIKO
93 310 137
930051013114120134

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999**

TUGAS AKHIR
PEMAKAIAN GEOTEKSTIL
SEBAGAI PERKUATAN TANAH LUNAK
PADA BADAN JALAN

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

Oleh :

DIDIET ADHITYA MELLE
93 310 133
930051013114120130

POPO JATMIKO
93 310 137
930051013114120134

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PEMAKAIAN GEOTEKSTIL SEBAGAI PERKUATAN TANAH LUNAK
PADA BADAN JALAN**

Disusun oleh :

DIDIET ADHITYA MELLE
93 310 133
930051013114120130

POPO JATMIKO
93 310 137
930051013114120134

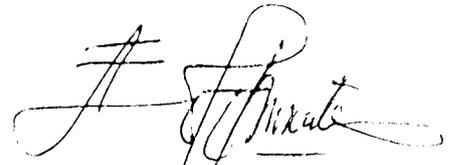
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

DR. IR. EDY PURWANTO, CES. DEA

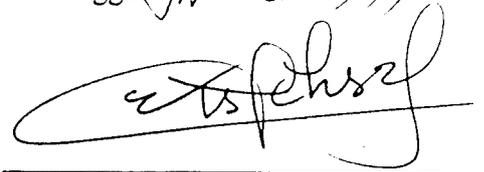
Dosen Pembimbing I

IR. H. BACHNAS, MSc

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 11 Mei 1999



Tanggal : 3 Mei 1999.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk

Bapak dan Ibu tercinta, Mas Wahyu, Mbak Ida, Ade, Ari, Puput, Wulan,
dan Puspita "amih" tersayang.

Terima kasih banyak untuk

Mas Iwan, Popon, Tito, Tondi, Pimpinan dan seluruh karyawan
PT. Geomat Indonesia, Sarita, Via, Darlin, Nehla, Narada 36 "okem",
Lempong Sari "gank", Mimi, Jeng Adhi, Ana, Dorry, Teman-teman
A¹ "93", Andi "gundul TI", Emmy, Fina, dan semua pihak yang
tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam
penyelesaian Tugas Akhir kami.

DIDIET ADHITYA MELLE

LEMBAR PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk
Bapak dan Ibu tercinta, Mbak Susi, Mas widodo, Yudi, Tiyas, dan
Putri "Dede" tersayang.

Terima kasih banyak untuk
Mas Iwan, Popon, Tito, Tondi, Pimpinan dan seluruh karyawan
PT. Geomat Indonesia, Sarita, Via, Darlin, Nehla, Narada 36 "okem",
Lempong Sari "gank", Mimi, Jeng Adhi, Ana, Dorry, Teman-teman
A¹ "93", Andi "gundul TI", Emmy, Fina, dan semua pihak yang
tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam
penyelesaian Tugas Akhir kami.

POPO JATMIKO

MOTTO

“Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga”

(HR. Muslim dan Abu Hurairah r.a)

“... sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan...”

(QS. Alam Nasyrah : 5-6)

“Orang bijak tak pernah ragu belajar bahkan dari kuda tua atau semut, tetapi orang yang ceroboh tak pernah terpikir untuk belajar dari orang bijak”

(Han Fei Zi)

“Kepedulian terhadap orang lain merupakan bekal yang lebih baik dalam kehidupan anda daripada gelar kesarjanaaan”

(Marian Wright Edelman)

“Kamu bisa mendapatkan hasil lebih banyak dengan kata-kata manis dan sepucuk senjata daripada hanya dengan kata-kata manis”

(Al Capone)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberi rahmat serta hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Adapun Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai syarat untuk memenuhi jenjang strata satu pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Permasalahan yang penyusun angkat dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah Pemakaian Geotekstil Sebagai Perkuatan Tanah Lunak Pada Badan Jalan. Dengan segala keterbatasan yang ada, penyusun berusaha menerapkan apa yang telah penyusun dapatkan untuk menyelesaikan masalah yang penyusun hadapi.

Selama melaksanakan Tugas Akhir ini, tentunya penyusun tidak lepas dari rintangan dan hambatan. Namun demikian berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya penyusun dapat mengatasi rintangan dan hambatan tersebut. Untuk itu pada kesempatan ini penyusun menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3. Bapak DR. Ir. Edy Purwanto, CES. DEA, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. H. Bachnas, MSC, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji, MS, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang dengan tulus dan ikhlas telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas semua amalnya. Penyusun berharap penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Wassalamu 'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Maret 1999

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	x
INTISARI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Umum.....	1
1.2 Latar Belakang Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penulisan	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Metodologi Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Geosintetik	8
2.1.1 Tinjauan Umum.....	8
2.1.2 Tinjauan Terhadap Jenis Geosintetik	10
2.1.3 Karakteristik Geosintetik Untuk Perencanaan	17
2.1.4 Penggunaan Geosintetik di Lapangan	26
2.2 Tinjauan Geotekstil	27
2.3 Fungsi Geotekstil.....	29

2.4 Metode Modifikasi AASHTO dan Metode Steward, dkk (1977)	31
2.5 Metoda Pelaksanaan	32
2.6 Keuntungan Penggunaan Geotekstil	33
BAB III LANDASAN TEORI	35
3.1 Tinjauan Terhadap Tinggi Timbunan	35
3.1.1 Metode Modifikasi AASHTO	35
3.1.2 Metode Steward dkk (1977)	41
3.2 Tinjauan Stabilitas Lereng Pada Tanah Timbunan	42
3.3 Geotekstil Sebagai Perkuatan Tanah Timbunan (<i>embankment</i>)	
Pada Badan Jalan	45
BAB IV HIPOTESIS	47
4.1 Tanah Dasar	47
4.2 Geotekstil	48
BAB V DATA DAN METODE PELAKSANAAN	49
5.1 Data Tanah	49
5.2 Data Lalu Lintas	50
5.3 Data Geotekstil	53
5.4 Metode Pelaksanaan	54
BAB VI ANALISIS DATA	55
6.1 Analisis Tinggi Timbunan	55
6.2 Analisis Stabilitas Lereng Pada Tanah Timbunan	60
6.3 Analisis Pengikatan Lembaran Geotekstil	64

BAB VII PEMBAHASAN	68
7.1 Tebal Lapis Pondasi Bawah dan Tinggi Timbunan Rencana	68
7.2 Analisis Stabilitas Lereng Pada Tanah Timbunan	70
7.3 Kebutuhan Geotekstil dan Cara Pengikatannya	70
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN	71
8.1 Kesimpulan	71
8.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rentang nilai dari beberapa nilai karakteristik teknis geosintetik yang ada di pasaran (Exxon,1990)	25
Tabel 2.2 Hubungan antara bentuk dan fungsi geosintetik (Exxon,1990).....	26
Tabel 3.1 Faktor regional (R).....	40
Tabel 3.2 Tipikal koefisien-koefisien lapisan material	40
Tabel 3.3 Faktor-faktor kapasitas daya dukung untuk berbagai bekas roda dan kondisi lalu lintas baik dengan maupun tanpa separasi geotekstil	42
Tabel 5.1 Data tanah dasar	49
Tabel 5.2 Data tanah timbunan (<i>embankment</i>)	49
Tabel 5.3 Perhitungan jumlah pengulangan beban sumbu standar perencanaan 80 kN	53
Tabel 5.4 Sifat dari Woven GM-150	53
Tabel 6.1 Perhitungan kemantapan lereng	62
Tabel 7.1 Tebal lapisan agregat dan tanah timbunan	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peranan dan fungsi geosintetik ditinjau dari segi teknik sipil.....	10
Gambar 2.2	Benang penyusun geotekstil.....	11
Gambar 2.3	Gabungan dua set benang-benang paralel yang membentuk struktur bidang.....	13
Gambar 2.4	(a) Geotekstil hasil penjaruman	14
	(b) Geotekstil hasil proses ikatan leleh	14
Gambar 2.5	Geosintetik tipe Geogrid	16
Gambar 2.6	Bermacam-macam tes tarik.....	20
Gambar 2.7	Beberapa kondisi penyebab kemungkinan “ <i>Burst</i> ” (pecah) dan “ <i>Puncture</i> ” (coblos) pada geotekstil.....	21
Gambar 2.8	Jenis benang sintetik	28
Gambar 3.1a	Diagram perancangan nilai SN untuk $pt = 2,0$	37
Gambar 3.1b	Diagram perancangan nilai SN untuk $pt = 2,5$	37
Gambar 3.2	Korelasi antara nilai CBR dan nilai daya dukung tanah	38
Gambar 3.3	Pengaruh <i>polyfelt</i> pada daya dukung tanah	39
Gambar 3.4	Pengaruh <i>polyfelt</i> pada umur rencana jalan	39
Gambar 3.5	Kurva perancangan ketebalan agregat untuk beban roda tunggal....	42
Gambar 3.6	Bentuk bidang gelincir tanpa geotekstil.....	44
Gambar 3.7	Tanah timbunan yang diperkuat geotekstil	45
Gambar 6.1	Ketebalan perkerasan tanpa geotekstil	57
Gambar 6.2	Ketebalan perkerasan dengan geotekstil	58

Gambar 6.3	Bidang gelincir dengan metode irisan.....	61
Gambar 6.4	Kebutuhan geotekstil pada stabilitas lereng.....	63
Gambar 6.5	Pendistribusian beban kendaraan.....	65
Gambar 6.6	Pengikatan geotekstil.....	67
Gambar 7.1	Ketebalan perkerasan jalan dengan dan tanpa geotekstil.....	69

DAFTAR NOTASI

$a_1, a_2 \dots$	= koefisien lapisan material
b	= lebar tanah timbunan pengikat geotekstil
c	= kohesi tanah
$D_1, D_2 \dots$	= ketebalan masing-masing lapisan material (mm)
E	= modulus geotekstil
FP	= faktor pertumbuhan
F_s	= faktor keamanan terhadap gelincir
h	= tinggi tanah timbunan pengikat geotekstil
i	= angka pertumbuhan
l	= panjang lengkungan lingkaran
L_{arc}	= panjang garis keruntuhan
L_e	= panjang geotekstil yang dibutuhkan
m	= massa per satuan luas (g/m^2)
n	= porositas
n	= umur rencana
p	= massa per satuan volume dari benang sintetis (g/m^3)
R	= jari-jari dari garis kelongsoran
SN	= nomor struktural
t	= tebal geosintetik (m)
T_i	= kuat tarik dari geotekstil
W	= berat segmen

X	= lengan momen dari titik berat beban segmen
Y_1	= lengan momen dari geotekstil
α_1	= sudut yang dibuat oleh jari-jari lengkungan lingkaran dan garis vertikal melalui pusat gaya berat tiap irisan
β	= sudut lereng
γ	= berat volume tanah
ϕ	= sudut geser dalam
σ	= kuat tarik

INTISARI

Pada perencanaan konstruksi jalan, biasanya geotekstil digunakan bila daya dukung lapis tanah dasarnya lemah. Fungsi utama penggunaan geotekstil di dalam konstruksi jalan sebagai lapis pemisah (*separation*), tetapi di dalam metode perancangannya geotekstil cenderung diasumsikan sebagai perkuatan (*reinforcement*). Kemungkinan terjadi longsor pada setiap lereng selalu ada. Jadi perlu dilakukan pemeriksaan atau penilaian terhadap lereng tersebut untuk mengetahui apakah longsor atau tidak.

Untuk tinggi rencana urugan mula-mula dan ketebalan lapisan jalan dapat dihitung dengan metode modifikasi AASHTO. Untuk metode Steward dkk (1977) mempertimbangkan jumlah bekas roda yang akan terjadi di bawah tekanan yang bekerja pada tanah dasar akibat beban lalu lintas, tanpa dan dengan separasi geotekstil. Untuk pemeriksaan lereng digunakan metode irisan dengan permukaan gelincir yang diasumsi sebagai lengkung lingkaran.

Dengan perencanaan metode modifikasi AASHTO dan metode Steward dkk (1977) tanpa dan dengan penggunaan geotekstil, didapat tebal lapisan pondasi bawah dan tebal tanah timbunan yang berbeda. Di mana tebal lapisan pondasi bawah tanpa penggunaan geotekstil sebesar 650 mm dan tebal tanah timbunan tanpa penggunaan geotekstil sebesar 525 mm, sedangkan tebal lapisan pondasi bawah dengan penggunaan geotekstil sebesar 620 mm dan tebal tanah timbunan dengan penggunaan geotekstil sebesar 300 mm. Setelah lereng yang ada didapatkan angka keamanannya maka kebutuhan geotekstil pada lereng dapat dihitung.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Umum

Berdasarkan dari asalnya, tanah dapat diklasifikasikan secara luas menjadi tanah organik dan anorganik. Tanah organik adalah campuran tanah yang mengandung bagian-bagian yang cukup berarti berasal dari pelapukan dan sisa tanaman dan kadang-kadang dari kumpulan kerangka dan kulit organisme kecil. Tanah anorganik berasal dari pelapukan batuan secara kimia ataupun fisis.

Tanah anorganik yang tetap berada pada tempat terbentuknya dinamakan tanah residual. Apabila tanah telah dipindahkan ke lokasi lain oleh gravitasi, air, ataupun angin, dinamakan tanah pindahan (*Transported soil*).

Pengetahuan tentang sejarah suatu deposit tanah, secara garis besar dapat banyak mengungkapkan sifat-sifat teknis tanah. Sifat-sifat teknis pada dasarnya merupakan fungsi dari sifat-sifat kimia dan fisis dari bahan induknya, tipe pelapukan yang telah membentuk tanah, apakah deposit berupa tanah residual atau tanah pindahan, cara kepindahan dan depositnya bagi tanah pindahan, sejarah tentang dari deposit tanah, sejarah kimia dari air pori, dan sejarah dari posisi permukaan air. Meskipun diperlukan persyaratan pengambilan sampel dan pengujian yang terinci guna evaluasi yang tepat dari sifat-sifat teknis tanah, banyak informasi yang dapat diperoleh dari pengetahuan tentang tipe tanah dan sejarahnya.

Tanah merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu pekerjaan konstruksi. Tanah merupakan pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan

konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, tembok atau dinding penahan tanah, konstruksi jalan kereta api, konstruksi jalan raya dan lain-lain. Mengingat hampir semua bangunan itu dibuat di atas atau di bawah permukaan tanah, maka harus dibuatkan pondasi yang dapat memikul beban bangunan itu atau gaya yang bekerja melalui bangunan tersebut. Pada konstruksi jalan, beban lalu lintas pada suatu konstruksi jalan akan diterima oleh bagian-bagian dari lapis perkerasan yang pada akhirnya akan disebarkan ke tanah dasar.

1.2 Latar Belakang Masalah

Transportasi jalan raya (*Highway Transport*) sangat berperan dalam perkembangan suatu daerah. Apalagi di jaman modern ini, transportasi jalan raya sangat dibutuhkan sebagai salah satu penghubung dari suatu daerah ke daerah lainnya, bahkan kemajuan dan perkembangan suatu daerah dipengaruhi oleh sistem transportasinya. Membuka jalan baru atau peningkatan jalan yang telah ada merupakan suatu alternatif untuk memperlancar dan memperbaiki sistem transportasi.

Permasalahan yang paling utama pada suatu bangunan jalan yang dilalui beban-beban berat adalah kecilnya nilai CBR atau daya dukung tanah dasar (*Subgrade*), sehingga jalan yang dibangun di atasnya mudah mengalami kerusakan. Kerusakan yang terjadi berupa retak-retaknya aspal jalan dan atau penurunan badan jalan secara tidak merata akibat beban-beban yang bekerja di atas jalan secara terus menerus.

Pada perencanaan konstruksi jalan di atas tanah lunak yang memiliki daya dukung rendah merupakan masalah yang cukup rumit. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah sebagai akibat perubahan kadar air yang dipengaruhi oleh cuaca, bercampurnya bahan pondasi atau agregat masuk ke tanah dasar merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi daya dukung konstruksi jalan. Dalam perencanaan suatu konstruksi jalan kadang-kadang ditemui dimana keadaan tanah dasarnya sangat jelek untuk dapat mendukung suatu konstruksi jalan. Hambatan tersebut dapat diatasi dengan membelokkan jalan tersebut agar melewati tanah dasar yang cukup baik. Akan tetapi jika tanah dasar di sekitar lokasi tidak dijumpai tanah dasar yang baik, alternatif lain adalah dengan cara menimbun tanah dasar tersebut dengan tanah yang memenuhi syarat-syarat konstruksi ataupun dengan cara menggali tanah tersebut sampai tanah dasar yang cukup keras. Dengan cara tersebut tentunya akan menambah biaya yang tidak sedikit. Apabila alternatif tersebut sangat sukar dilaksanakan, baik karena masalah teknis yang tidak memungkinkan ataupun penambahan biaya akan sangat relatif besar, sehingga diperlukan alternatif lain yang lebih memungkinkan baik dari segi teknis maupun biaya.

Mengingat kondisi tanah yang beraneka ragam dan banyaknya tanah di Indonesia yang terdiri dari tanah lunak, maka perlu menggunakan suatu metoda tertentu yang lebih efektif. Penerapan metoda dan jenis konstruksi jalan yang tepat sangat dibutuhkan agar didapat suatu konstruksi jalan yang memenuhi syarat baik dari segi keamanan dan kenyamanan. Cara-cara pelaksanaan pembuatan jalan di atas tanah yang lunak ini sebenarnya sudah ada sejak dahulu, walaupun dengan

cara-cara yang sangat sederhana sekali. Misalnya dengan menggunakan batang-batang bambu yang dipancang, bilik atau anyaman dari bambu yang digelar di atas tanah sebelum dilapisi agregat.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu metode yang dapat mencegah atau mengurangi kerusakan-kerusakan yang terjadi pada jalan, untuk memberikan kenyamanan kepada pengguna jalan serta mengurangi kecelakaan-kecelakaan yang terjadi akibat jalan rusak. Seiring dengan kemajuan teknologi yang ada pada saat ini, telah ditemukan suatu lapisan sintetis yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap proses pelapukan yang diletakkan di atas tanah dasar (*Subgrade*) sebelum dilakukan penimbunan tanah untuk badan jalan. Lapisan sintetis yang disebut geotekstil, ini akan mencegah bercampurnya material timbunan yang baik dengan material tanah dasar yang jelek, sehingga kuat daya dukung tanah dasar meningkat.

Berdasarkan data-data dari *North Java Transport Corridor Study Phase II, Final Engineering Design Part I Technical Report*, Link 28/042.0 pada proyek Lamongan – Gersik, maka proyek yang akan dikerjakan adalah berupa peningkatan jalan, tetapi tanah dasar untuk areal peningkatan jalan mempunyai nilai CBR yang rata-rata cukup rendah untuk syarat tanah dasar (*Subgrade*) jalan yaitu berkisar antara 1,35 % - 3,60 %, dan bahkan sebagian daerahnya terendam air. Dengan kondisi seperti ini dikhawatirkan akan terjadi penurunan yang berlebihan dan tidak merata pada bagian jalan tersebut, sehingga dapat mengakibatkan rusaknya struktur jalan secara keseluruhan. Ditambah lagi dengan

adanya beban berulang dari lalu-lintas kendaraan, maka kemungkinan seperti itu mudah sekali terjadi.

I.3 Tujuan Penulisan

Tujuan utama dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk merencanakan peningkatan jalan Lamongan-Gresik. Adapun tujuan khusus dari perencanaan ini adalah sebagai berikut.

1. Merencanakan tinggi timbunan badan jalan untuk menanggulangi penurunan tanah akibat beban timbunan (*embankment*) dan beban lalu-lintas sehingga dicapai ketinggian akhir yang diharapkan,
2. Menganalisis tinggi timbunan tanah urugan yang berfungsi sebagai lapisan tanah dasar tanpa diperkuat *geotextile* (konvensional),
3. Menganalisis tinggi timbunan tanah urugan yang berfungsi sebagai lapisan tanah dasar dengan diperkuat *geotextile woven* jenis GM-150,
4. Membandingkan hasil analisis tinggi timbunan tanah urugan tanpa dan dengan menggunakan *geotextile*,
5. Menganalisis stabilitas lereng tanah timbunan rencana.

I.4 Batasan Masalah

Untuk menghasilkan kesamaan pemahaman dalam masalah ini maka diperlukan adanya batasan-batasan masalah. Adapun batasan-batasan masalah dalam hal ini adalah sebagai berikut. Pelaksanaan pemakaian *geotextile* yang dibahas adalah pada proyek peningkatan jalan Lamongan-Gresik.

1. Perencanaan hanya untuk konstruksi badan jalan saja. Perencanaan tebal perkerasan tidak termasuk dalam lingkup pembahasan.
2. Tanah dasar asli merupakan tanah lempung (*clay*) yang mempunyai nilai CBR berkisar 1,35% - 3,60%.
3. Metode perbaikan tanah dasar dengan menggunakan lapisan *geotextile* jenis *woven* GM-150 yang mempunyai kuat tarik 26,20 kN/m¹ dengan berat 150 gr/m².
4. Lalu-lintas yang direncanakan pada jalan Lamongan-Gresik adalah lalu-lintas tingkat tinggi.
5. Perencanaan tinggi timbunan tanah urugan yang berfungsi sebagai *subgrade* jalan.
6. Perencanaan geometrik jalan tidak termasuk dalam lingkup pembahasan.
7. Pada tanah dasar diasumsikan tidak terjadi penurunan setelah dengan adanya penggunaan geotekstil.
8. Pengaruh faktor gempa pada konstruksi tidak diperhitungkan.
9. Pada perencanaan ini analisis biaya tidak dibahas.

1.5 Metodologi Penelitian

Definisi metodologi penelitian adalah suatu metoda untuk membantu atau memandu tentang urutan-urutan bagaimana penelitian dilakukan. Sedangkan prosedur penelitian memberikan urutan-urutan pekerjaan yang harus dilakukan dalam suatu penelitian. Melihat dari kedua definisi di atas sulit membedakan antara keduanya oleh karena itu banyak peneliti menggabungkan antara prosedur

dan metode penelitian. Secara garis besar metode penelitian yang kami lakukan adalah sebagai berikut ini.

1. Mengumpulkan buku-buku literatur yang berhubungan dengan masalah *geotextile* dan masalah tanah.
2. Mengumpulkan informasi yang berhubungan dengan metode pemakaian *geotextile* di lapangan dalam hal ini adalah pada Proyek Peningkatan Jalan Lamongan-Gresik.
3. Menganalisis dan membandingkan pelaksanaan secara konvensional dengan pemakaian *geotextile* sehingga mendapatkan suatu pembahasan dan kesimpulan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geosintetik

2.1.1 Tinjauan Umum

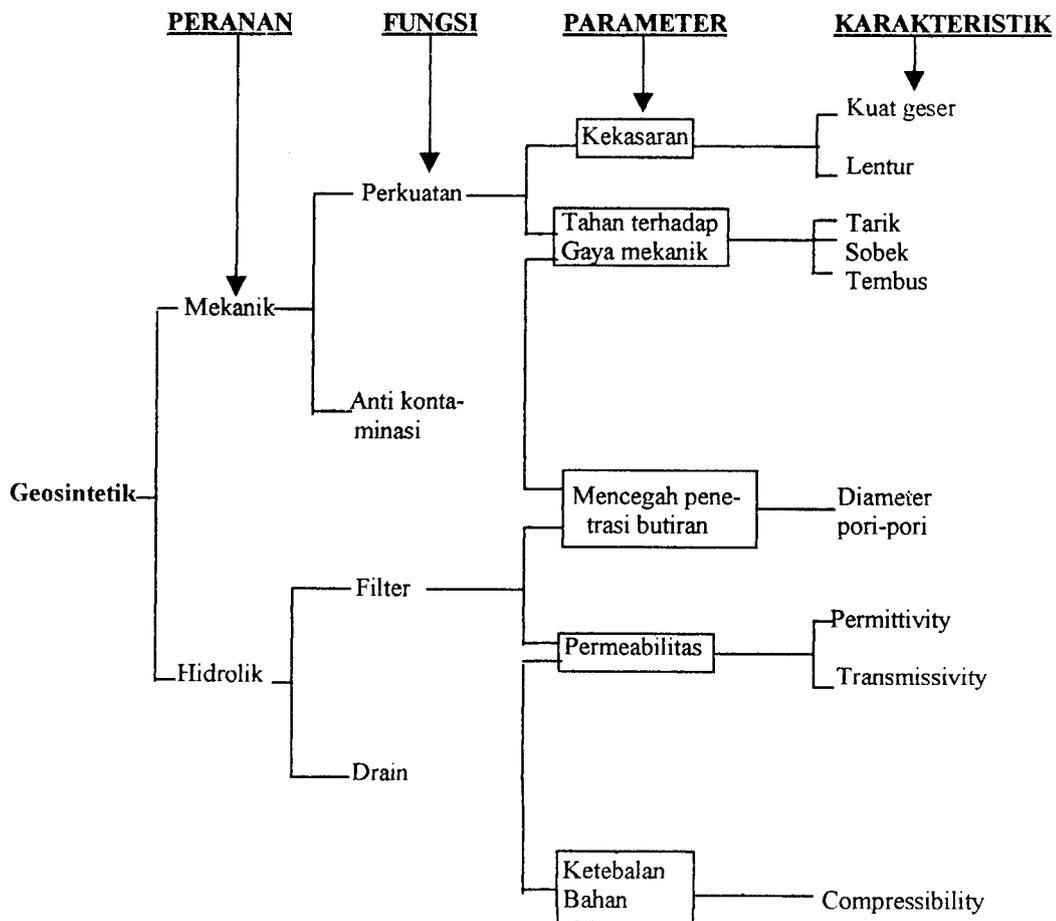
Kata geosintetik berasal dari kata “Geo” dan “Sintetik”. Awalan “Geo” diberikan karena bahan ini umumnya berhubungan dengan tanah (pengertian tanah juga mencakup air) dan batu di dalam penggunaannya, serta berperan besar di dalam bidang geoteknik dan konstruksi berat, sedangkan kata “Sintetik” berarti barang yang dibuat oleh manusia. Geosintetik adalah sebutan umum untuk bermacam jenis bahan yang digunakan dalam bidang geoteknik. Geosintetik dibuat dari serat sintesis seperti: *polyester*, *polyethylene*, *polypropylene*, *polyvinylorida*, *nylon*. Serat sintesis tersebut termasuk dalam serat non selulosa yang dibuat dari molekul-molekul yang terdiri dari bermacam-macam kombinasi karbon, hidrogen, nitrogen dan oksigen yang berasal dari minyak tanah, gas alam, udara dan air.

Geosintetik relatif merupakan produk moderen karena penggunaan bahan geosintetik baru mulai dirintis pada dekade tahun 1960-an. Pada tahun 1970-an penggunaan bahan-bahan geosintetik pada proyek-proyek sipil mulai dikembangkan. Perancis memperkenalkan geosintetik ke Afrika Barat dan Indo Cina. Inggris memulai pemasaran awalnya ke Malaysia dan Australia, yang kemudian Australia memasarkannya ke Indonesia. Pada tahun 1977 untuk pertama kalinya diadakan seminar mengenai geosintetik pada *International*

Conference on the Use of Fabrics in Geotechnics di Paris. Sejak saat itu penggunaan bahan geosintetik meluas ke seluruh dunia. Pada tahun 1983 awal dibentuknya *International Conference of Geotextile* di Las Vegas pada tahun 1982 yang diikuti oleh wakil-wakil dari 42 negara di dunia.

Ada beberapa klasifikasi yang dikemukakan dalam ASTM (1986), IFAI (1990), ICI Fibers (1986), Koerner (1985) dan Rankilot (1981). Di sini akan dikemukakan klasifikasi yang diusulkan oleh Koerner (1985) dan ICI Fibers (1986) mengenai *geosynthetics*, untuk istilah umum tekstil sintetis, yaitu semua bahan sintetis yang digunakan dalam pekerjaan proyek teknik sipil dan bahan tersebut berada dalam lingkup tanah.

Berdasarkan pekerjaan-pekerjaan teknik sipil, fungsi dan peranan geosintetik dibedakan berdasarkan jenis dan karakteristik yang dimilikinya. Diagram di bawah ini menggambarkan peran, serta fungsi geosintetik secara umum (**gambar 2.1**)



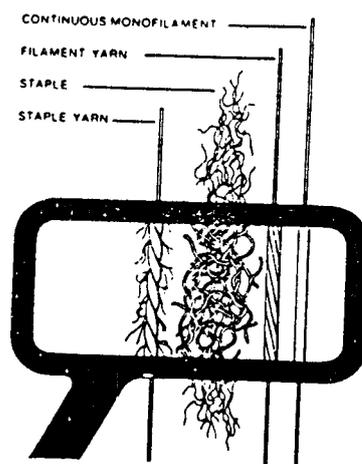
Gambar 2.1 Peranan dan fungsi geosintetik ditinjau dari segi teknik sipil (Suryolelono, 1991)

2.1.2 Tinjauan Terhadap Jenis Geosintetik

Dari berbagai macam bentuk geosintetik yang ada, dapat digolongkan beberapa bentuk dasar yaitu (ICI Fibers, 1986):

1. **Geotextile**, yaitu bahan geosintetik yang bentuknya menyerupai bahan tekstil pada umumnya, tetapi terdiri dari serat-serat sintetis sehingga selain lentur, juga tidak ada masalah penyusutan seperti pada material dari serat alam seperti: wol, katun ataupun sutera. Definisi yang diberikan ASTM menyatakan bahwa geotekstil merupakan bahan yang

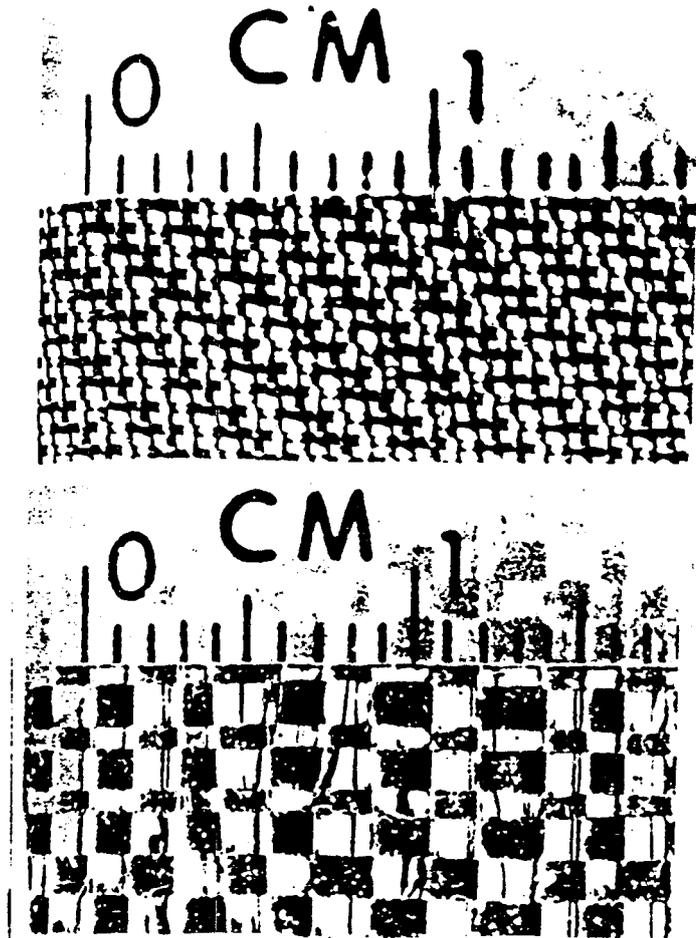
tidak kedap air. Dalam hal ini geotekstil berfungsi sebagai lapisan pemisah (*separation*), lapisan penyaring (*filtration*), penyalur air (*drainage*), perkuatan tanah (*reinforcement*), dan lapis pelindung (*moisture barrier*) bila terselimuti oleh bitumen. Beberapa jenis benang penyusun geotekstil dapat dilihat pada **gambar 2.2**. Menurut J.P. Giriod, berdasarkan cara pembuatannya, geotekstil digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu jenis geotekstil yang dianyam (*woven geotekstiles*) dan geotekstil yang tidak dianyam (*non woven geotekstile*).



Gambar 2.2 Benang penyusun geotekstil (Koerner, 1985)

a. **Geotekstil dianyam (*woven geotekstile*).**

Adalah geotekstil yang cara pembuatannya menggunakan mesin penenun geotekstil. Pembuatannya merupakan gabungan dua set benang-benang paralel yang dijalin secara sistimatis untuk dapat membentuk suatu struktur sebidang (**gambar 2.3**). Geotekstil yang ditenun dibuat dengan prinsip yang sederhana dari benang-benang hasil pintalan dalam proses persiapan (seperti: *monofilamen*, *multifilamen*, dan lain-lain), menjadi benang lungsin (*warp*/sejajar arah pembuatan geotekstil) dan benang pakan (*weft*/disisipkan tegak lurus *warp*) yang digabungkan secara sistematis memanjang dan melintang untuk dapat membentuk struktur sebidang. Geotekstil tipe *woven* mempunyai kuat tarik (*tensile strength*) yang cukup tinggi sehingga pada aplikasinya di lapangan geotekstil tipe *woven* lebih banyak digunakan sebagai perkuatan (*reinforcement*) dan sebagai lapisan pemisah (*separation*). Sebagai perkuatan, geotekstil berfungsi sebagai tulangan tanah, sedangkan sebagai separator geotekstil berfungsi memisahkan antara tanah lunak dengan tanah keras.



Gambar 2.3 Gabungan dua set benang-benang paralel yang membentuk struktur bidang (Koerner,1985)

b. Geotekstil tidak dianyam (*non woven geotekstile*).

Adalah geotekstil yang cara pembuatannya dengan cara penjaruman atau merekatkan serat-serat pembentuknya. Ada beberapa cara produksi dari geotekstil jenis *non woven*, antara lain:

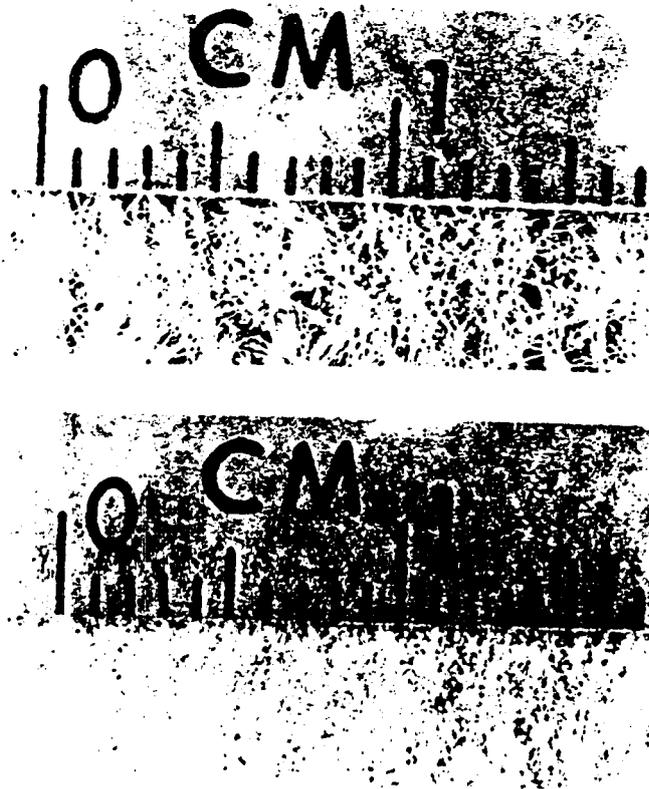
1. *Needle Punch Process* (proses penjaruman).

Geotekstil yang dihasilkan dari proses penjaruman, dibuat dari serat web yang diletakkan dalam mesin yang dilengkapi jarum-jarum yang dirancang khusus. Saat serat web terletak diantara plat yang ditanam dan plat mesin pengupas, maka jarum akan

menembus dan mengatur kembali arah serat sehingga terjadi ikatan mekanik pada serat-serat tersebut. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.4a.

2. *Melt (heat) Bonded* (proses ikatan leleh).

Geotekstil ini terdiri dari filamen-filamen menerus atau serat yang panjang dan terikat. Pengikatan dicapai dengan operasi kalendering temperatur tinggi dilakukan dengan melewati bahan tersebut diantara dua roller panas. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.4b.



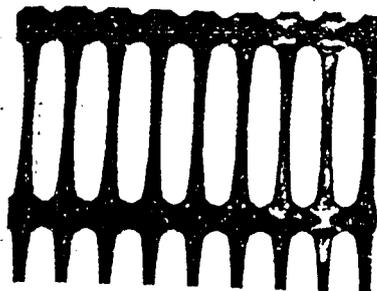
Gambar 2.4 (a) Geotekstil hasil penjaruman
(b) Geotekstil hasil proses ikatan leleh (Koerner, 1985)

Geotekstil tipe tidak dianyam (*non woven geotekstile*) ini kuat tariknya lebih kecil dibanding dengan geotekstil yang dianyam (*woven geotekstile*), tetapi geotekstil tidak dianyam mempunyai sifat permeabilitas yang baik. Sesuai dengan karakteristik fisiknya, maka geotekstil tidak dianyam lebih banyak digunakan sebagai penyaring (*filtration*) dan sebagai pengalir (*drainage*). Sebagai alat untuk memperlancar proses mengalirnya air, maka fungsi geotekstil jenis tidak dianyam akan berfungsi sebagai pengalir sekaligus penyaring, yaitu menyaring butiran tanah agar tidak ikut terbawa aliran air.

2. **Geomembrane**, yaitu berbentuk lapisan tipis yang kedap air dan berfungsi menyerupai membran. Umumnya terbuat dari lembaran-lembaran plastik atau karet, tetapi dapat juga dibuat dari bahan geotekstil yang dibungkus aspal. Fungsi utamanya sebagai lapis pelindung yang mencegah tembusnya air atau penguapan.
3. **Geo-linier Elements**, yaitu bentuknya yang berupa lajur-lajur tunggal berdiri sendiri, baik berwujud pipih maupun seperti pipa. Dibuat dari susunan serat *polyester* yang dilindungi oleh bahan *heavy duty polyethylene*.
4. **Geogrid**, yaitu yang berbentuk mirip anyaman dalam grid dengan ukuran yang cukup besar menyerupai bentuk jaring (net) dengan spasi yang lebar pada daun-daunnya. Daun-daun tersebut terdiri dari tiga variasi bentuk tergantung dari penggunaannya, yang terdiri dari:

- a. *Nondeformed nets*, fungsi utamanya berhubungan dengan drainasi.
- b. *Deformed grids*, digunakan sebagai aplikasi perkuatan dan sparator.
- c. *Polymeric strips*, digunakan sebagai aplikasi perkuatan.

Geogrid relatif lebih kaku dari pada geotekstil sehingga fungsi dan penggunaannya akan menyesuaikan dengan karakteristik dari masing-masing bahannya. *Geogrid* tidak dapat digunakan sebagai filter karena mempunyai lubang jaring yang relatif lebih besar-besar. Maka jika digunakan sebagai drainasi biasanya dilindungi/dilapisi dengan geotekstil yang berfungsi sebagai filter sehingga struktur tersebut menjadi susunan geokomposit. Bentuk dari *Geogrid* dapat dilihat pada **gambar 2.5**



Gambar 2.5 Geosintetik tipe Geogrid

5. **Geokomposit**, yaitu bahan sintetis yang terdiri dari susunan dua atau lebih kombinasi bahan-bahan geosintetik yang berbeda jenisnya. Karena terdiri dari kombinasi bahan-bahan geosintetik maka *geocomposite* mempunyai penggunaan yang lebih luas dari jenis bahan-bahan geosintetik yang lain, dalam bidang teknik sipil. Juga apabila terdapat bahan-bahan sintetis lain yang bentuknya tidak termasuk dalam empat bentuk geosintetik tersebut di atas, dikenal sebagai bentuk *hybrid*.

2.1.3 Karakteristik Geosintetik Untuk Perencanaan

Sebagai acuan dalam perencanaan perlu diketahui bagaimana cara memilih bahan geosintetik. Pilihan tersebut berdasarkan dari karakteristik teknik bahan geosintetik. Karakteristik teknik tersebut meliputi antara lain karakteristik fisik (*physical characteristics*), karakteristik mekanik (*mechanical characteristics*), dan hidrolis (*hydraulic characteristics*) dan ketahanan dari bahan yang ditinjau. Berbagai karakteristik tersebut antara lain:

1. Karakteristik fisik:

Karakteristik fisik yang pokok meliputi:

- a. **Massa per satuan volume (*specific gravity*)**, didefinisikan sebagai perbandingan antara massa bahan sintetis dengan volume bahan sintetis. Beberapa nilai massa per satuan volume polimer utama yang digunakan dalam pembuatan geotekstil adalah (Koerner, 1985):

Polypropylen : $0,91 \times 10^6 \text{ g/m}^3$

Polyester : $1,22 \times 10^6 \text{ g/m}^3$ s/d $1,38 \times 10^6 \text{ g/m}^3$

Nylon	: $1,05 \times 10^6$ s/d $1,14 \times 10^6$ g/m ³
Polyethylene	: $0,92 \times 10^6$ s/d $0,95 \times 10^6$ g/m ³
Polyvinyl alkohol	: $1,26 \times 10^6$ s/d $1,32 \times 10^6$ g/m ³
Galss	: $2,54$ g/m ³

- b. Massa per satuan luas** (*mass per unit area*), adalah massa dari lembaran geosintetik per satuan luas, dengan satuan yang digunakan adalah g/m². Massa per satuan luas geosintetik umumnya berkisar antara 50-70 g/m² untuk kelas ringan dan untuk yang lebih berat bisa mencapai 700-800 g/m². Untuk geomembran berkisar antara 600-3000 g/m², sedangkan untuk struktur geokomposit berkisar 400-3000 g/m², (Suryolelono, 1991).
- c. Tebal** (*thickness*), yaitu jarak antara permukaan sampai bagian bawah geosintetik yang diukur dengan tekanan tertentu. Geotekstil umumnya mempunyai ketebalan berkisar antara 10 sampai 300 mils (1mil = 0,001”), (Koerner,1985).

2. Karakteristik Mekanik

Karakteristik mekanik geosintetik merupakan tinjauan karakteristik yang sangat penting dalam perencanaan. Karakteristik mekanik meliputi:

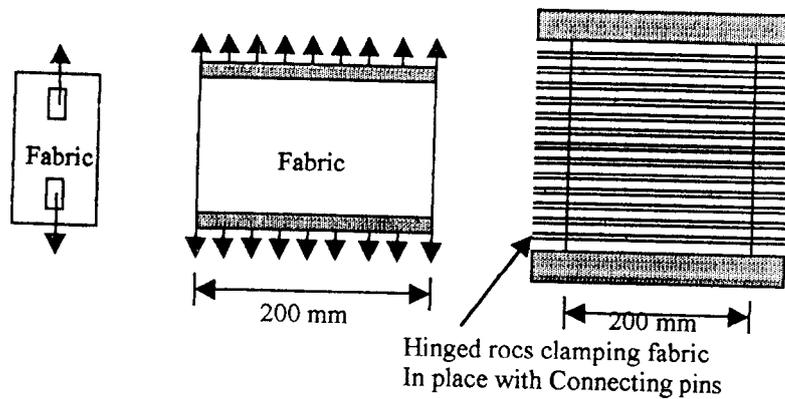
- a. Kompresibilitas** (*compressibility*), merupakan fungsi ketebalan pada berbagai tekanan normal. Kemiringan (*slope*) dari bagian utama kurva merupakan modulus kompresibilitas (Koerner,1986).
- b. Kuat tarik** (*tensile strength*), merupakan suatu sifat yang sangat penting per unit lebar (lb/m, t/m, kg/cm, dsb), sedangkan regangan (*strain*) adalah nilai deformasi dibagi dengan lebar awal.

Dari hubungan tegangan-regangan akan diperoleh:

- 1) Kuat tarik maksimum (*maximum tensile strength*), sebagai indikasi dari kekuatan bahan (*fabric's strength*).
- 2) Regangan runtuh, biasanya diberikan dalam data perpanjangan maksimum (*maximum elongation*).
- 3) *Toughness*, yaitu luas bagian di bawah kurva tegangan-regangan.
- 4) Modulus atau kekakuan (*modulus or stiffness*), yaitu kemiringan dari bagian awal kurva tegangan-regangan.

Karena aplikasi penggunaan geosintetik beraneka ragam di lapangan, bahan geosintetik disyaratkan dilengkapi dengan berbagai macam kekuatan tarik dari beberapa macam tes kekuatan tarik diantaranya (ICI Fibres, 1986) :

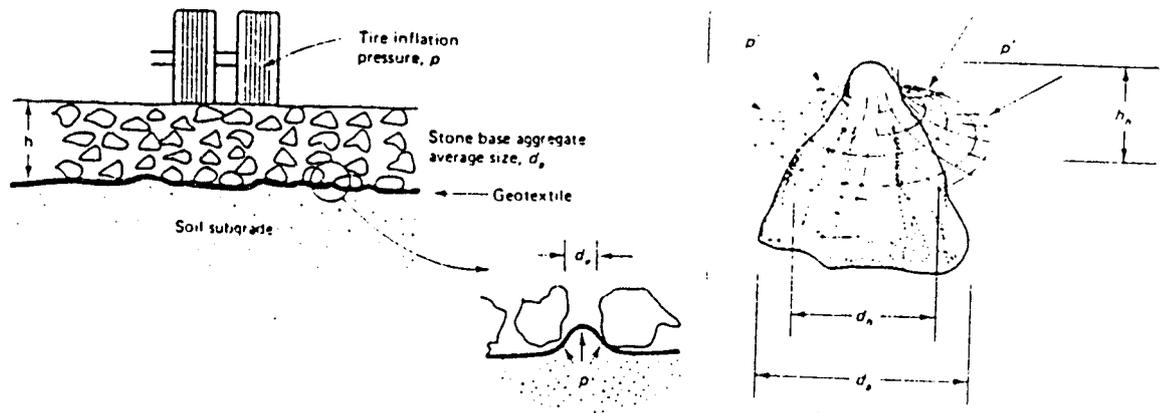
- 1) *Grab tensile strength*, untuk mengetahui kemampuan bahan geotekstil dalam menyebarkan muatan atau beban tarik terpusat dengan arah sejajar lembaran geotekstil.
- 2) *Wide width tensile strength*, memberikan kemampuan tarik bahan dengan deformasi lateral sekecil-kecilnya. Tes ini biasanya dilakukan pada lebar lembaran 200 mm sampai 1000 mm. Tes ini biasa juga disebut sebagai *Plain Strain Tensile Test*.



(a) Grab test (b) Wide-width tensile test (c) Plane strain tensile test

Gambar 2.6 Berbagai macam tes tarik (Hausmann, 1990)

- c. **Kuat pecah (*burst strength*)**, yaitu kekuatan bahan dalam menerima beban terpusat dalam arah tegak lurus lembaran geosintetik. Beban terpusat ini dapat berupa beban pecah (*bursting load*) atau beban coblos (*puncturing load*). Beban pecah terjadi bila geotekstil harus menerima beban terpusat pada luasan yang relatif sempit, arahnya tegak lurus lembaran geotekstil (lihat gambar 2.7). Kemungkinan *bursting* dapat terjadi pada lekukan-lekukan diantara batuan atau lubang kecil.



Gambar 2.7 Beberapa kondisi penyebab kemungkinan “*Burst*” (pecah) dan “*Puncture*” (coblos) pada geotekstil

Beban coblos (*puncturing load*) adalah beban tegak lurus pada lembaran geotekstil pada muatan yang sudut runcing yang cenderung mencoblos lembaran. Kondisi ini dapat timbul akibat sudut-sudut yang runcing dari batuan/agregat dimana bahan geotekstil itu berfungsi sebagai *separator*, *filler* atau *reinforce*. Oleh sebab itu kekuatan pecah dapat dicari dengan beberapa cara, antara lain:

- 1) *Mullen Bursting Test*, dilakukan dengan memaksa sebuah bola tertentu menekan permukaan geosintetik sampai bahan geosintetik pecah (*burst*).
- 2) *CBR Plunger Test*, dilakukan dengan cara menekan batang penetrasi CBR secara tegak lurus ke permukaan geosintetik yang dijepit kedua sisinya sampai bahan pecah dan batang penetrasi CBR (3 cm) menembus bahan.

d. **Kuat robek (*tear strength*)**, adalah ketahanan bahan terhadap menjalarnya robekan dalam kondisi menahan *tensile*. *Tear strength* juga diperlukan pada saat bahan geosintetik menerima beban coblos (*puncture*). Untuk maksud tersebut, kuat robek diberikan dari hasil:

1) *Trape Zoidal Test*, tes ini dilakukan dengan menarik bahan geosintetik yang sudah dirobek dengan pola tertentu. Kekuatan robek merupakan gaya dimana robekan mulai menjalar keseluruhan lembaran.

2) *Cone Drop Test*, tes ini dilakukan dengan menjatuhkan sebuah kerucut berujung runcing tegak lurus di atas lembaran bahan geosintetik yang dijepit kedua sisinya. Tes ini untuk mendapatkan kekuatan coblos (*puncturing strength*) dari bahan geosintetik, meniru kondisi coblosan batuan runcing di lapangan.

e. **Kuat geser terhadap bahan butiran**, yaitu pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui besarnya tahanan geser maksimum yang dapat terjadi antara bahan geosintetik dengan tanah. Biasanya yang diberikan adalah sudut geser dalam (ϕ) antara bahan geosintetik dengan tanah.

3) Karakteristik Hidrologis

Karakteristik hidrologis geosintetik dapat dibedakan sebagai berikut:

a) **Porositas (n)**, dari sekumpulan benang sintesis dapat ditentukan melalui persamaan sebagai berikut:

$$n = 1 - \frac{m}{p \times t} \quad (2.1)$$

Notasi :

n = porositas

m = massa per satuan luas (g/m^2)

t = tebal geosintetik (m)

p = massa per satuan volume dari benang sintesis (g/m^3)

Porositas geosintetik umumnya sangat tinggi dibanding dengan porositas tanah, tetapi akan cenderung menurun apabila diberikan tekanan yang tinggi yaitu tinggal 70% untuk tekanan mencapai 500 Kpa, 40% untuk tekanan mencapai 900 Kpa (Suryolelono, 1991).

- b) *Apparent Opening Size (AOS)*, adalah sebuah ukuran yang menunjukkan diameter tertentu pada lubang-lubang geosintetik. Bahan geosintetik yang berfungsi sebagai filter dan struktur drainasi umumnya berbentuk seperti penyaring dimana permukaan geosintetik tersebut mempunyai lubang-lubang dengan diameter yang kecil. Lubang-lubang tersebut besarnya sangat bervariasi mengingat pembuatannya dilakukan dengan mesin sehingga perlu dilakukan tes khusus untuk dapat mengetahui variasi dari diameter lubang pada permukaan geosintetik tersebut. AOS dinyatakan dalam simbol O_n , maka untuk AOS pada O_{95} artinya diameter tersebut merupakan diameter lubang yang relatif besar pada permukaan bahan geosintetik sedemikian rupa sehingga 95% dari lubang-lubang filter yang lain mempunyai diameter yang relatif kecil dari O_{95} tersebut (Koerner, 1991).

- c) **Percent Open Area (POA)**, yaitu perbandingan antara seluruh lubang/pori diantara benang (*total open area*) dengan seluruh permukaan bahan geosintetik (*total specimen area*). Penggunaan POA hanya berlaku untuk bahan geosintetik jenis *monofilamen woven geotekstile*.
 - d) **Permeability**, adalah koefisien rembesan air tanah arah normal bidang geosintetik (tegak lurus bidang geosintetik).
 - e) **Permittivity**, adalah harga koefisien *permeability* arah normal bidang untuk tiap satuan tebal geosintetik. Perlu diketahui bahwa semakin tebal bahan geosintetik maka makin semakin kecil permeabilitasnya. Besarnya harga *permittivity* relatif konstan.
 - f) **Transmissivity**, adalah koefisien rembesan air kearah sejajar bidang geosintetik, untuk ketebalan tertentu dan jenis geosintetik yang digunakan.
- Pada tabel 2.1 diberikan rentang harga-harga dari beberapa karakteristik geosintetik yang ada dipasaran (Exxon, 1990)

Tabel 2.1 Rentang nilai dari beberapa nilai karakteristik teknis geosintetik yang ada di pasaran (Exxon,1990)

Geosynthetic	Tensile Strength (kN/m)	Maximum Extension (%)	Apparent Opening Size (AOS) (mm)	Volume Water Permeability (liters/m ² /s)	Unit Weight (g/m ²)
GEOTEKSTILES					
Woven	8 – 800	5 – 35	0.05 – 2.50	5 – 2000	100 – 1300
Non-woven	3 – 90	20 – 80	0.01 – 0.35	20 – 300	70 – 2000
Knitteds	2 – 120	12 – 600	0.1 – 1.2	60 – 800	-
Stitch-bonded	15 – 800	15 – 30	0.04 – 0.4	30 – 80	250 – 1200
GEOMEMBRANES					
Nonreinforced	10 – 50	100 – 500	Zero	Zero	300 – 1500
Reinforced	20 – 200	10 – 30	Zero	Zero	600 – 1200
GEO-LINIER					
Elements	50 – 500	3 – 15	Zero	Zero	600 – 2000
GEOGRIDS					
	10 – 200	3 – 25	25 – 27	v. high	150 – 900

4) Karakteristik Ketahanan

Karakteristik ketahanan (*Endurance properties*), yaitu sifat yang dimaksudkan untuk mengetahui perilaku bahan geotekstil terhadap waktu selama pemakaian. Biasanya dilakukan beberapa pengujian antara lain: *creep test*, *long term flow test*, dan *gradient ratio test*.

Selain keempat karakteristik teknis di atas, diberikan juga hal-hal lain yang sering menjadi masalah pada penggunaan bahan polimer, diantaranya (Koerner, 1986) :

- a. ketahanan terhadap berbagai bahan-bahan kimia,
- b. ketahanan terhadap suhu tinggi,
- c. ketahanan terhadap cahaya dan iklim,
- d. ketahanan terhadap bakteri,
- e. ketahanan terhadap pelapukan dalam tanah.

2.1.4 Penggunaan Geosintetik di Lapangan

Pada pelaksanaannya, geosintetik hampir selalu digunakan untuk lebih dari satu fungsi, kecuali geolinier yang berfungsi sebagai perkuatan saja. Untuk hal tersebut dapat dijadikan pertimbangan bermacam-macam penggunaan geosintetik berdasarkan bentuk dan fungsinya, seperti (tabel 2.2). Pada proyek Lamongan-Gresik menggunakan geotekstil untuk meningkatkan daya dukung tanah pada lokasi tersebut.

Tabel 2.2 Hubungan antara bentuk dan fungsi geosintetik (Exxon, 1990)

BENTUK	FUNGSI
1. GEOTEKSTILE	<ul style="list-style-type: none"> a. Perkuatan Tanah (reinforcement) b. Penyaringan (filtration) c. Lapisan Pemisah (separator) d. Pengendali Erosi (erotion control) e. Penyalur Air (drainage)
2. GEOMEMBRAN	<ul style="list-style-type: none"> a. Lapisan Pemisah (separator) b. Perkuatan Tanah (reinforcement)
3. GEOGRID	<ul style="list-style-type: none"> a. Perkuatan Tanah (reinforcement) b. Pengendalian Erosi (erotion control)
4. GEOLINIER ELEMEN	<ul style="list-style-type: none"> a. Perkuatan Tanah (reinforcement)
5. GEOKOMPOSIT	<ul style="list-style-type: none"> a. Penyaluran Air (drainage) b. Pengendalian Erosi (erotion control) c. Penyaringan (filtration) d. Perkuatan Tanah (reinforcement)

2.2 Tinjauan Geotekstil

Geotekstil dibentuk oleh unsur-unsur buatan manusia yang kemudian diproses seperti pada pembuatan tekstil. Bahan dan komponen dasar geotekstil berupa polimer sintesis, yaitu : *polypropylene*, *polyester*, *polyethylene*, *polyamide* dan *nylon*. Bahan-bahan buatan manusia ini sangat tahan terhadap pengaruh lingkungan biologis dan degradasi kimia yang biasanya terjadi di dalam alam.

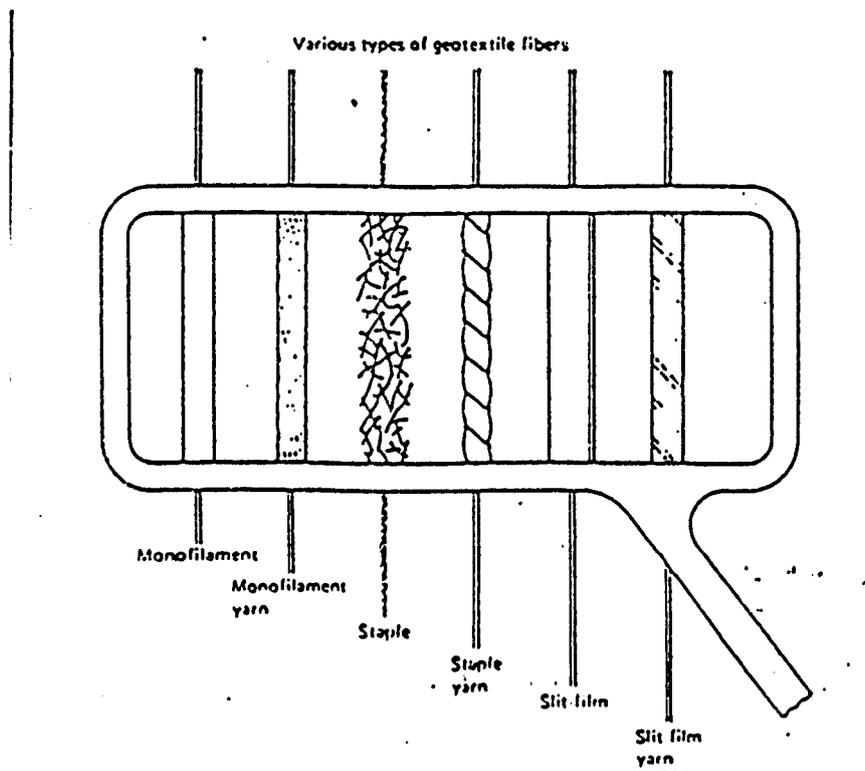
Proses produksi dari geotekstil dibagi atas dua langkah. Langkah yang pertama membentuk komponen dasar seperti serat (*fiber*) dan benang (*yarn*) sintesis. Langkah kedua adalah menggabungkan komponen-komponen tersebut menjadi satu struktur tertentu yang umumnya disebut tenunan atau kain.

Ada tiga jenis serat sintesis, yaitu :

- a. *Filaments*, yaitu serat sintesis yang terbentuk dengan mengeluarkan lelehan polimer melalui lubang-lubang kecil pada alat pintal. Setelah mengeras, kemudian *filaments* ditarik pada arah longitudinal, sehingga molekul-molekul dapat menyesuaikan diri pada arah yang sama.
- b. *Staple fibers*, didapat dari *filaments* yang dipotong-potong sehingga mempunyai panjang antara 2-10 cm.
- c. *Slit films*, berupa serat berbentuk pipih, tipis seperti pita kaset dengan lebar antara 1-3 mm, dibentuk dengan sayatan pada selaput plastik. Setelah disayat, serat-serat seperti pita tersebut ditarik. Penarikan tersebut akan membuat molekulnya menyesuaikan diri pada arah yang sama.

Benang sintetis dibuat dari satu atau gabungan beberapa serat sintetis. Jenis benang sintetis yang digunakan dalam konstruksi geotekstil dapat dilihat pada gambar 2.8 :

- a. *Monofilament yarn* : terbuat dari *filament* tunggal.
- b. *Multifilament yarn* : dibuat dari *filament-filament* halus yang saling dikaitkan.
- c. *Spun/staple yarn* : berupa *staple fiber* yang dijalin dan dipuntir bersama-sama.
- d. *Slit film yarn* : terdiri dari serat-serat *slit film* tunggal.



Gambar 2.8 Jenis Benang Sintetik (Robert m. Koerner, 1989)

2.3 Fungsi Geotekstil

Penggunaan geotekstil pada suatu konstruksi umumnya dirancang berdasarkan fungsinya yang berhubungan dengan sifat-sifat tertentu dari geotekstil, yaitu :

- a. Lapisan pemisah (*separation*) dibutuhkan pada saat geotekstil diletakkan diantara dua jenis material yang berbeda. Kegunaannya untuk menghindarkan terjadinya kontaminasi dan pencampuran yang mungkin terjadi diantara kedua material tersebut. Contohnya pada penggunaan geotekstil di dalam konstruksi jalan untuk memisahkan agregat dengan lapisan tanah dasar yang mempunyai daya dukung lemah. Sifat geotekstil yang perlu diperhatikan pada kondisi tersebut adalah: kekuatan terhadap pukulan (*puncture strength*), kekuatan terhadap sobek (*breaking strength*), tahan pecah (*burst resistance*), dan tembus air (*water permeability*).
- b. Lapisan penyaring (*filtration*) adalah kemampuan geotekstil untuk meloloskan air, tetapi menahan partikel tanah yang ikut terbawa aliran dari satu sisi permukaan ke sisi lainnya. Dalam beberapa kasus geotekstil juga dibutuhkan untuk meloloskan aliran tanpa rintangan, seperti dalam keadaan dimana tekanan air pori yang berlebihan tidak diijinkan. Contoh penggunaan dapat dilihat pada geotekstil yang digunakan untuk membungkus agregat batu drainasi pada konstruksi drainasi jalan. Sifat geotekstil hasil dari rancangan berdasarkan fungsi tersebut adalah *permeability* dan *Equivalent Opening Size* (EOS).

- c. Penyaluran air (*drainage*) pada saluran drainasi umumnya, terdapat butiran kasar dan halus yang mempunyai fungsi ganda, yaitu sebagai saringan dan sebagai saluran air. Dua fungsi tersebut sulit dipadukan, dimana untuk fungsi saringan berarti akan banyak lumpur atau bahan lain yang tersaring sehingga akan menghalangi aliran air. Biasanya masuknya tanah disekitar kedalaman saluran drainasi karena terbawa oleh air tanah yang menuju saluran air tersebut. Dengan kemampuan geotekstil yang tembus air dan mempunyai kemampuan menyaring maka bahan ini sangat tepat untuk berfungsi sebagai *filter*, yaitu menahan butiran tanah yang terbawa oleh air tanah agar tidak masuk ke saluran drainasi. Sedangkan untuk drainasi vertikal biasanya digunakan *geocomposite* yang terdiri dari geotekstil yang berfungsi sebagai *filter* dan rangka yang berfungsi sebagai saluran air. Sifat geotekstil hasil dari desain berdasarkan fungsinya adalah *transmissivity* dan harga ukuran bukaan *Equivalent Opening Size* (EOS).
- d. Perkuatan tanah (*reinforcement*). Pada umumnya tanah tidak mampu menahan tegangan tarik. Jika dijumpai kondisi tersebut di atas, maka akan dibuat suatu konstruksi geoteknik yang biasanya cukup mahal. Sebagai contoh adalah pembuatan lereng yang sangat curam, jika lereng tersebut terbuat alami dengan nilai kohesi tinggi, mungkin konstruksi masih aman. Tetapi jika dibuat dengan tanah urugan, maka biasanya diperkuat dengan tembok dinding penahan tanah (*retaining wall*). Tembok penahan tanah dari pasangan batu akan membutuhkan dimensi yang relatif besar sehingga membutuhkan areal yang cukup luas, jika dibuat dengan beton bertulang, membutuhkan waktu yang

lama, biaya yang mahal serta kecermatan penulangan. Dengan kemampuan geotekstil yang mampu menahan tarikan dan mampu menahan geser (karena gesekan tanah), maka bahan tersebut dapat digunakan sebagai perkuatan (penulangan) pada tanah. Sifat geotekstil hasil dari rancangan berdasarkan fungsi tersebut adalah kuat (*strength*), perpanjangan (*elongation*), tanah rangkak (*creep resistance*) dan modulus yang dibutuhkan.

- e. Pelindung air (*moisture barrier*), terjadi bila bahan tersebut diletakkan di atas aspal yang lama sebelum dihamparkan aspal yang baru. Contoh penggunaannya adalah sebagai lapisan pemisah yang berfungsi untuk mencegah terjadinya retak refleksi (*reflection cracking*) pada lapisan ulang aspal (*overlay*).

2.4 Metode Modifikasi AASHTO dan Metode Steward, dkk (1977)

Ketebalan lapisan jalan dihitung berdasarkan AASHTO sebagai fungsi dari nomor struktural (SN) dan koefisien lapisan material. Nomor struktural (SN) yang dibutuhkan di atas tanah dasar jalan untuk volume jalan yang rendah dan tinggi dapat dihitung sebagai fungsi dari daya dukung tanah (S), nomor dari beban berulang (W), faktor regional (R) dan kemampuan pelayanan sambungan (pt). Dengan menggunakan faktor regional dan koefisien material, ketebalan dari jalan tanpa perkuatan geotekstil dan dengan geotekstil dapat dihitung.

Metode Steward, dkk (1977) mempertimbangkan jumlah bekas roda yang akan terjadi di bawah tekanan yang bekerja pada tanah dasar akibat beban lalu lintas, dengan dan tanpa separasi geotekstil. Dari penentuan kedalaman bekas

roda, faktor kapasitas daya dukung (N_c) dan jenis beban roda yang diantisipasi selama pelaksanaan, ketebalan agregat yang dibutuhkan dengan dan tanpa separasi geotekstil dapat diperoleh.

2.5 Metoda Pelaksanaan

Urutan pelaksanaan pekerjaan pemasangan geotekstil dapat diurutkan sebagai berikut :

1. Untuk timbunan yang rendah (lereng stabil), pekerjaan diawali dengan pembersihan area dari akar-akar tanaman dan batu-batuan runcing yang dapat merobek geotekstil.
2. Selanjutnya geotekstil dapat digelar langsung di atas area badan jalan.
3. Tanah timbunan dapat ditempatkan di atas geotekstil, untuk dipadatkan dengan aturan pemadatan per 30 cm, terus-menerus hingga sampai tinggi timbunan yang direncanakan.
4. Untuk timbunan yang tinggi (lereng tidak stabil), metode pelaksanaan pekerjaan penggelaran geotekstil sama seperti langkah pada no.1,2 dan 3. Bedanya dalam hal ini terdapat tiga lapisan geotekstil, sehingga tanah timbunan yang telah digelar dipadatkan hingga setinggi lapisan geotekstil berikutnya, dengan tetap melakukan pemadatan per 30 cm.
5. Penggelaran geotekstil dilakukan di atas tanah dasar sesuai dengan arah melintang sumbu jalan. Dan penyambungan geotekstil dilakukan dengan penjahitan.

2.6 Keuntungan Penggunaan Geotekstil

Penggunaan geotekstil sebagai bahan pemisah (*separator*) antara material timbunan yang baik dengan tanah dasar yang jelek akan memberikan banyak keuntungan-keuntungan dibandingkan tanpa menggunakan geotekstil atau dengan menggunakan metode konvensional. Sebelum ditemukan geotekstil, awalnya untuk bahan pemisah digunakan anyaman bambu. Namun karena bambu merupakan bahan yang muda lapuk dan pori-pori anyamannya tidak teratur maka hasil yang dicapai tidak maksimum. Hal ini akan sangat berbeda jika dibandingkan penggunaan geotekstil. Selanjutnya keuntungan-keuntungan penggunaan geotekstil sebagai perkuatan badan jalan dapat dibedakan berdasarkan aspek-aspek berikut :

- Keuntungan dari Aspek Teknis

Geotekstil terbuat dari bahan sintetis yang tahan terhadap air, bahan-bahan kimia tanah, bakteri pembusukan, maupun sinar ultraviolet. Mempunyai kekuatan tarik, kekuatan coblos, kekuatan robek yang bermacam-macam sehingga mudah disesuaikan dengan permasalahan yang ada.

- Keuntungan dari Aspek Pekerjaan

Geotekstil dikemas dalam bentuk rol dan siap digelar pada lokasi proyek tanpa harus melakukan penggalian terlebih dahulu dan dapat memanfaatkan tanah setempat yang ada. Tidak diperlukan perakitan yang bermacam-macam, dan tidak memerlukan tenaga kerja serta peralatan kerja yang banyak.

- Keuntungan dari Aspek Waktu

Sebagai material perkuatan yang telah jadi, geotekstil siap diaplikasikan sesuai dengan permasalahan yang ada tanpa perlu persiapan yang bermacam-macam.

Geotekstil dapat digelar pada areal yang kering maupun basah tidak tergantung cuaca. Dengan jaminan stock bahan yang selalu ada dan mudah dalam instalasi, maka secara keseluruhan pekerjaan pelapisan jalan dengan geotekstil jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode lainnya.

- Keuntungan dari Aspek Biaya

Dengan kemudahan dan kecepatan waktu dalam pelaksanaan pekerjaan, dan harga geotekstil yang relatif tidak mahal, serta umur jalan yang menjadi lebih lama, maka dari segi biaya penggunaan geotekstil sebagai pelapis jalan akan sangat memberikan keuntungan dibanding tanpa diberi perkuatan geotekstil.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Terhadap Tinggi Timbunan

Tinggi timbunan yang ditinjau adalah timbunan tanah yang berfungsi sebagai tanah dasar (*subgrade*). Timbunan ini berfungsi untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar yang rendah, sehingga dengan adanya timbunan ini beban-beban yang ada di atasnya dapat didistribusikan dan tanah asli yang daya dukungnya rendah memperoleh pendistribusian beban yang kecil.

Dalam pelaksanaan struktur urugan dan jalan di atas tanah lunak dengan nilai CBR < 3 % yang merupakan tipikal tanah asia, lapisan urugan mula-mula dengan ketebalan rencana yang cukup di atas tanah dasar yang lemah dan geotekstil adalah perlu selama pelaksanaan ini memungkinkan kendaraan konstruksi memasuki lokasi sehingga operasi pengurugan berikut dapat dilaksanakan. Semua bekas roda yang terjadi pada tahap ini dapat diurug selama peletakan *sub base* berikutnya untuk mempertahankan tebal rencana yang dibutuhkan dan menjamin stabilitas.

Metoda perancangan penggunaan geotekstil pada konstruksi perkerasan jalan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah metoda modifikasi AASHTO dan metode Steward dkk (1977).

3.1.1 Metode Modifikasi AASHTO

Tinggi rencana urugan mula-mula untuk jalan dengan dan tanpa perkerasan dipengaruhi oleh CBR tanah dasar, kondisi lapangan, beban kendaraan

konstruksi dan beban berulang dan dapat dihitung dengan metode modifikasi AASHTO.

Metode analisis ini berdasarkan atas pengembangan data oleh *the American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 1972).

Ketebalan lapisan jalan dihitung berdasarkan AASHTO sebagai fungsi dari nomor struktural (SN) dan koefisien lapisan material (a_i) diberikan dalam persamaan :

$$SN < \sum a_i \cdot D_i \quad (3.1)$$

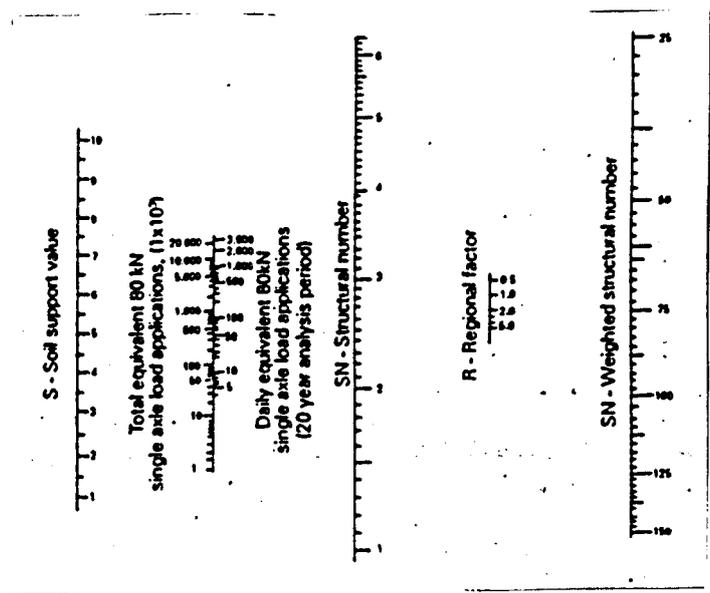
dimana :

SN = nomor struktural

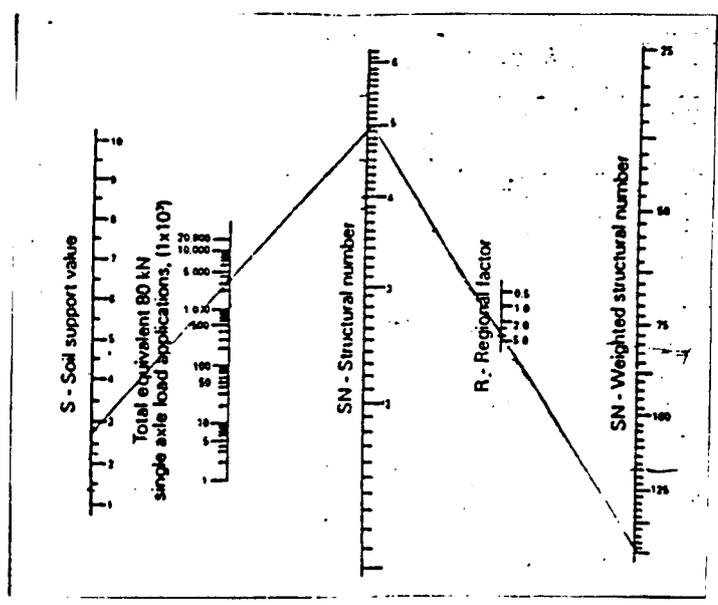
a_1, a_2, \dots = koefisien lapisan material

D_1, D_2, \dots = ketebalan masing-masing lapisan material (mm)

Nomor struktural (SN) yang dibutuhkan di atas tanah dasar jalan untuk volume jalan yang rendah dan tinggi dapat dihitung sebagai suatu fungsi dari daya dukung tanah (S), nomor dari beban berulang (W_{80kN}), faktor regional (R) dan kemampuan pelayanan sambungan (pt) dengan menggunakan **gambar 3.1a** dan **3.1b**.



Gambar 3.1a Diagram perancangan nilai SN untuk $pt = 2,0$ (volume lalu-lintas rendah)

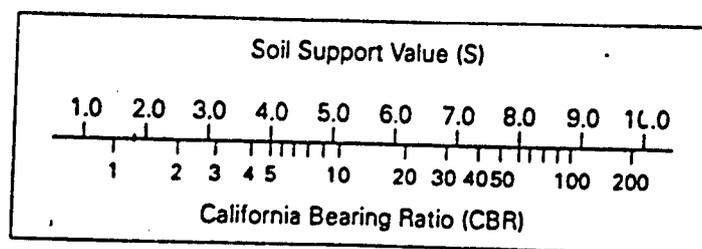


Gambar 3.1b Diagram perancangan SN untuk $pt = 2,5$ (volume lalu-lintas tinggi)

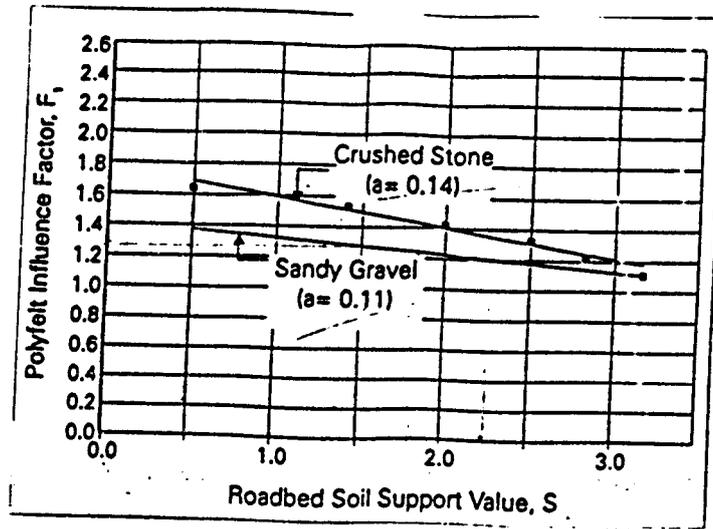
Untuk menghitung nilai SN, dibutuhkan nilai daya dukung tanah dasar ekuivalen dan jumlah atau beban berulang harian untuk periode guna menghitung nomor struktural tanpa beban. Nomor struktural tanpa beban digunakan

bersamaan dengan faktor regional terpilih untuk menghitung SN rencana yang dapat dipakai pada struktural secara keseluruhan. Ketebalan agregat di atas tanah dasar tanpa geotekstil dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.1).

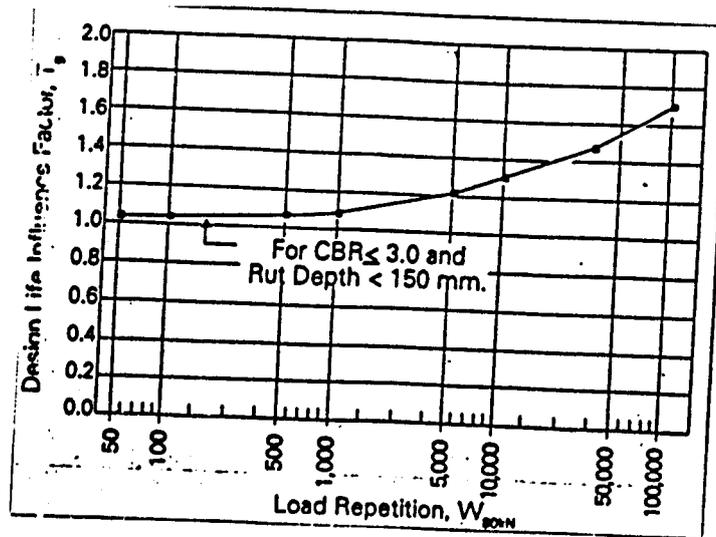
Gambar 3.2 memperlihatkan korelasi antara daya dukung tanah (S) dan nilai CBR dari tanah dasar yang diperoleh dari *Utah Department of Highways*. Faktor regional dapat diestimasi dari analisa kondisi iklim yang dapat mempengaruhi kekuatan tanah dasar. Berdasarkan keterangan tes jalan AASHTO, nilai-nilai yang dapat digunakan dalam analisa pendekatan untuk kondisi Asia diberikan dalam **tabel 3.1**. Koefisien tipikal lapisan material diberikan dalam **tabel 3.2**. Pengaruh geotekstil *polyfelt* dalam daya dukung tanah dan umur rencana struktur jalan biasa, diberikan dalam gambar 3.3 dan 3.4.



Gambar 3.2 Korelasi antara nilai CBR dan nilai daya dukung tanah (*Utah Dept of Highway*)



Gambar 3.3 Pengaruh *polyfelt* pada daya dukung tanah
 Daya dukung tanah modifikasi, $S_g = F_1 \times S$



Gambar 3.4 Pengaruh *polyfelt* pada umur rencana jalan
 Beban berulang yang disesuaikan, $W_{80kN(g)}$
 $= W_{80kN} / T_g$

Tabel 3.1 Faktor regional (R)

Climatic Condition	Regional factor (R)
Subgrade material (dry season)	0,2 - 1,5
Subgrade material (wet season)	4,0 - 5,0

Tabel 3.2 Tipikal koefisien-koefisien lapisan material

Material layer	a_i
Asphalt surface course	0,44
Crushed stone base course	0,14
Sandy gravel subbase course	0,11
Sand or sandy-clay	0,05-0,10

Dengan mendapatkan nilai daya dukung modifikasi (S_g) dan beban berulang beban lalu-lintas rencana ($W_{80kN(g)}$), nomor struktural modifikasi dapat diperoleh dengan cara yang sama dari **gambar 3.1a** atau **3.1b**. Dengan menggunakan faktor regional dan koefisien material yang diberikan di atas, ketebalan dari jalan tanpa perkuatan geotekstil dan dengan geotekstil dapat dihitung.

Perhitungan tebal perkerasan tanpa menggunakan geotekstil (metode modifikasi AASHTO)

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \quad (3.2)$$

dimana:

- SN = nomor struktural
- a_1, a_2, a_3 = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan
- D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing lapis perkerasan

3.1.2 Metode Steward dkk (1977)

Metode ini dikembangkan oleh Steward, Williamson dan Mohny (1977) untuk *U.S. Forest Service* (USFS), berdasarkan analisa teori dan tes empiris (laboratorium dan lapangan) serta sesuai untuk perancangan jalan tanpa perkerasan volume rendah.

Metode ini mempertimbangkan jumlah bekas roda yang akan terjadi di bawah tekanan yang bekerja pada tanah dasar akibat beban lalu lintas, dengan dan tanpa separasi geotekstil. Steward dkk (1977) memperkenalkan tekanan ini dalam hubungannya dengan faktor kapasitas dukung umum seperti yang diberikan dalam tabel 3.3. Metode ini dapat diaplikasikan untuk :

- jumlah kendaraan yang lewat sampai dengan 1000
- lapisan material tanpa kohesi yang dipadatkan samapai nilai CBR 80 %
- kuat geser tanah dasar dengan nilai CBR < 3 %

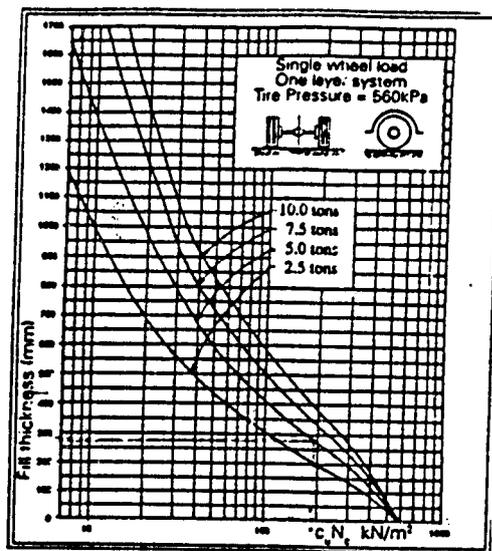
Kuat geser tanah tak terdrainasi, c dalam kN/m^2 dapat diperoleh dari tes CBR dengan menggunakan persamaan 3.3.

$$c \text{ dalam } \text{kN/m}^2 = 28 \times N_c \quad (3.3)$$

Dari penentuan kedalaman bekas roda, faktor kapasitas daya dukung (N_c) dan jenis beban roda yang diantisipasi selama pelaksanaan, ketebalan agregat yang dibutuhkan dengan dan tanpa separasi geotekstil dapat diperoleh dari gambar 3.5.

Tabel 3.3 Faktor-faktor kapasitas daya dukung untuk berbagai bekas roda dan kondisi lalu lintas baik dengan maupun tanpa separasi geotekstil

	Ruts (mm)	Traffic (Passes of 80 kN equiv. Axle)	Bearing Capacity factor, Nc
Without Geotextile	<50	>1000	2,8
	>100	<100	3,3
With Geotextile	<50	>1000	5,0
	>100	<100	6,0



Gambar 3.5 Kurva perancangan ketebalan agregat untuk beban roda tunggal (USFS)

3.2 Tinjauan Stabilitas Lereng Pada Tanah Timbunan

Pada setiap macam lereng kemungkinan terjadi longsor selalu ada. Jadi perlu dilakukan pemeriksaan atau penilaian terhadap lereng tersebut untuk mengetahui apakah longsor atau tidak. Biasanya tanah yang longsor itu bergerak pada suatu bidang tertentu. Bidang ini disebut bidang gelincir (*slip surface*) atau bidang geser (*shear surface*). Pada bentuk bidang gelincir ini sering mendekati

busur lingkaran. Apabila keruntuhan gelincir terjadi pada lereng maka, bentuk keruntuhan gelincir mendekati bentuk busur lingkaran pada lapisan tanah homogen dan bila beberapa lapisan data membentuk lapisan ganda, maka gelincir akan terjadi sepanjang permukaan gabungan termasuk lapisan lemah diantara lapisan-lapisan itu.

Karena itu, dalam analisa kemandapan lereng untuk menganalisa apakah suatu lereng mantap terhadap gelincir atau tidak. Dalam menganalisa kemandapan lereng dengan permukaan gelincir yang diasumsi sebagai lengkung lingkaran, maka gaya yang mendorong massa tanah diatas lengkungan lingkaran sehingga menggelincir harus dibandingkan dengan gaya geser sepanjang lengkungan lingkaran yang menahan longsoran itu.

Akibat gaya dorong dan gaya tahan yang berbeda sehubungan dengan kedudukan jari-jari lengkung lingkaran, maka harus dilakukan analisa kemandapan dengan mengubah-ubah kedudukan dari jari-jari lengkung lingkaran untuk beberapa harga dengan cara mencoba-coba. Berbagai metode diusulkan untuk pembandingan antara gaya dorong dengan gaya penahan, tetapi metode irisan yang biasanya digunakan akan diberikan berikut ini¹. Pada gambar 3.6 diperlihatkan contoh dari kelongsoran dan potongan-potongan dengan permukaan vertikal.

¹ (Sumber : Suyono Sosarodarsono, Ir. & Kazuto Nakazawa, (1983) "Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi" hal 35).

$$F_s = \frac{\text{Gaya penahan}}{\text{Gaya yang menggelincir}} \quad (3.4)$$

$$F_s = \frac{\sum (c * l + W_i * \cos \alpha_i * \tan \phi)}{\sum (W_i * \sin \alpha_i)} \quad (3.5)$$

Dimana :

F_s = faktor keamanan terhadap gelincir

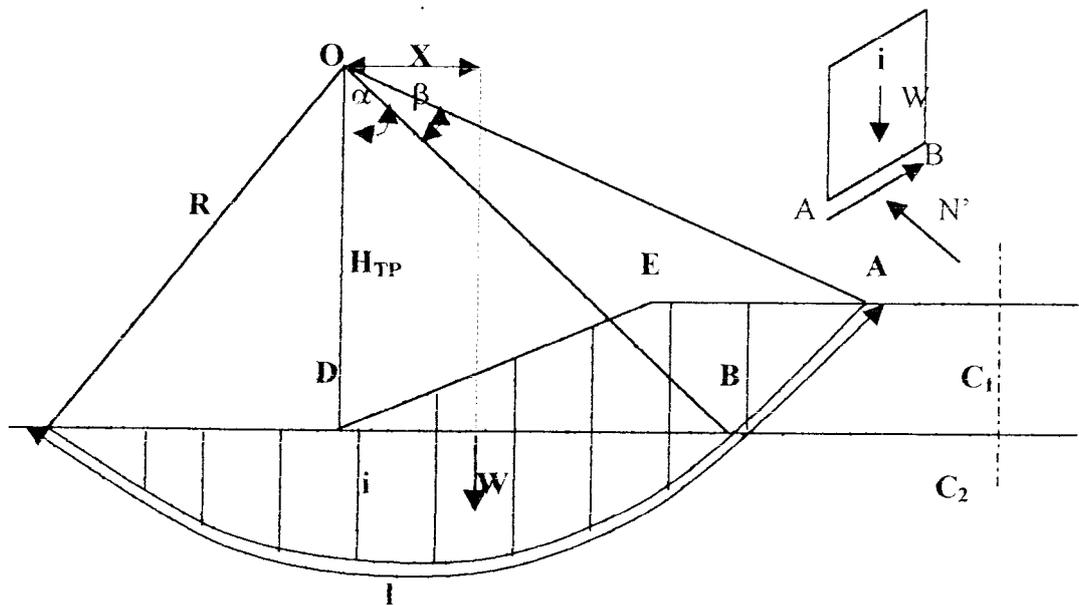
W = berat segmen

c = kohesi tanah

ϕ = sudut geser dalam

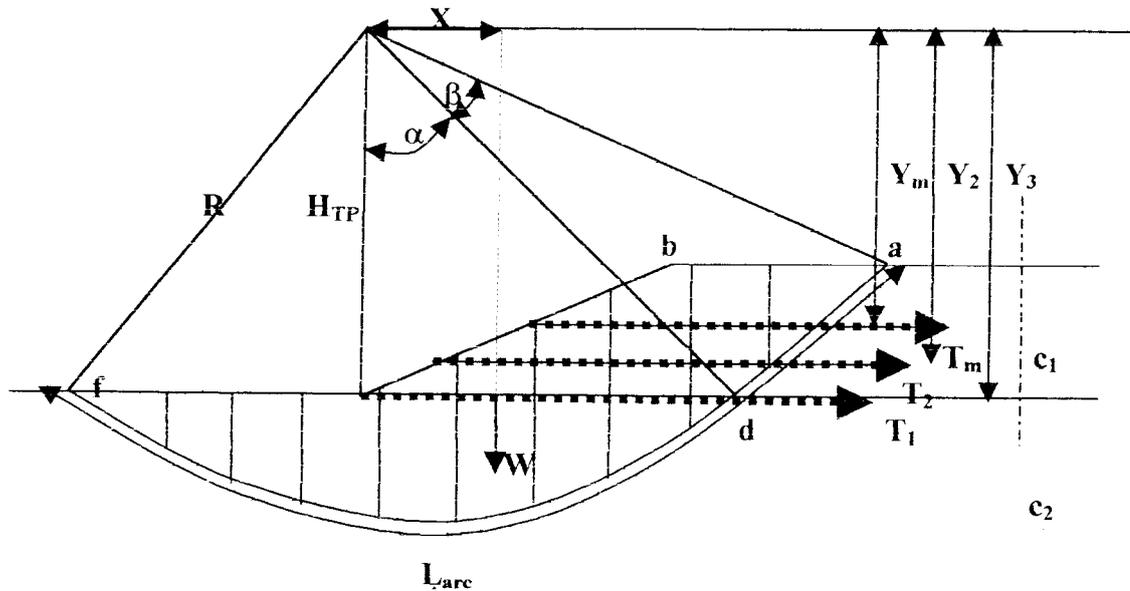
l = panjang lengkungan lingkaran

α_i = sudut yang dibuat oleh jari-jari lengkungan lingkaran dan garis vertikal melalui pusat gaya berat tiap irisan



Gambar 3.6 Bentuk Bidang Gelincir Tanpa Geotekstil

3.3 Geotekstil sebagai perkuatan tanah timbunan (*embankments*) pada badan jalan



Gambar 3.7 Tanah Timbunan Yang Diperkuat Geotekstil

Batas keseimbangan geotekstil yang berfungsi sebagai perkuatan (*reinforcement*), dengan menggunakan rumus sebagai berikut:²

$$FS = \frac{c \cdot R + \sum_{i=1}^m T_i \cdot Y_i}{W \cdot X} \quad (3.6)$$

dimana:

FS = faktor keamanan secara keseluruhan

c = kohesi tanah = $0,5 q_u$ (dimana q_u tidak terbatas pada kuat tekanan dari tanah saja)

² (sumber : Koerner, R.M. " *Designing with Geosynthetics*", *Second Edition*, hal 182)



- L_{arc} = panjang garis keruntuhan
 R = jari-jari dari garis kelongsoran
 T_i = kuat tarik dari geotekstil
 Y_i = lengan moment dari geotekstil
 W = berat segment
 X = lengan moment dari titik berat beban segment

Kebutuhan geotekstil :

$$\sum F_x = 0$$

$$2 \tau EL_e = T(FS) \quad (3.7)$$

L_e = (dapat dihitung)

dimana:

- E = modulus geotekstil
 L_e = panjang geotekstil yang dibutuhkan
 T = kuat tarik dari bahan geotekstil
 FS = faktor keamanan
 τ = tegangan geser tanah
-

BAB IV

HIPOTESIS

4.1 Tanah Dasar

Tanah dasar atau *subgrade* adalah merupakan bagian konstruksi yang terletak pada bagian lapis yang paling bawah. Tanah dasar atau *subgrade* sangat menentukan konstruksi yang ada pada bagian atas oleh karena itu tinjauan pada tanah dasar atau *subgrade* harus dilakukan dengan teliti.

Dalam perencanaan konstruksi jalan kadang-kadang ditemui di mana keadaan tanah dasarnya sangat jelek untuk dapat mendukung konstruksi jalan. Pada penulisan tugas akhir ini hambatan tersebut diatasi dengan cara menimbun tanah dasar tersebut dengan tanah yang memenuhi syarat-syarat konstruksi. Dengan cara tersebut tentunya akan menimbulkan penambahan biaya yang tidak sedikit, sehingga diperlukan alternatif tambahan yang memungkinkan baik dari segi teknis maupun biaya.

Penerapan metoda dan jenis konstruksi jalan yang tepat sangat dibutuhkan agar didapat suatu konstruksi jalan yang memenuhi syarat baik dari segi keamanan dan kenyamanan. Salah satu cara yang efektif adalah dengan menggunakan bahan-bahan sintetis, dalam hal ini menggunakan geotekstil.

4.2 Geotekstil

Geotekstil merupakan teknologi bahan buatan yang banyak digunakan untuk meningkatkan mutu suatu konstruksi jalan. Geotekstil adalah bahan geosintetik yang paling banyak digunakan manusia. Bentuknya seperti tekstil pada umumnya, tetapi terdiri dari serat-serat sintetis sehingga selain lentur, juga tidak ada masalah penyusutan seperti pada material dari serat alam seperti wol, katun ataupun sutera.

Perbaikan tanah lunak dengan cara penimbunan biasa tanpa menggunakan geotekstil pada tanah dasar akan memberikan tinggi timbunan tanah urug yang cukup tinggi dibandingkan dengan menggunakan geotekstil sebagai perkuatan tanah dasar, maka dengan menggunakan geotekstil tebal lapisan tanah urug yang berfungsi sebagai *subgrade* jalan akan menjadi lebih kecil.

BAB V

DATA DAN METODE PELAKSANAAN

5.1 Data Tanah

Untuk merencanakan tinggi timbunan dan perbaikan tanah pada proyek jalan Lamongan-Gresik, perlu terlebih dahulu diketahui karakteristik dan sifat-sifat umum tanah di lokasi proyek. Hal tersebut dapat diketahui dengan mengadakan tes di lapangan maupun tes di laboratorium.

Untuk memperoleh data tentang karakteristik tanah di lapangan, dilakukan penyelidikan tanah yang terdiri dari tes sondir dan boring. Untuk perhitungan daya dukung tanah dasar, tes lapangan yang diperlukan adalah tes boring.

Tujuan dilakukan tes boring adalah untuk mengetahui jenis tanah secara visual dan mendapatkan susunan lapisan tanah pada tiap-tiap kedalaman tertentu.

Pada analisa perencanaan ini diambil data tanah yang dianggap paling kritis pada proyek jalan Lamongan-Gresik. Data tanah tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Data Tanah Dasar (tanah asli)

Sudut Gesek (ϕ)	Berat Volme Tanah (γ)	Kohesi (c)	CBR
0°	15kN/m ³	16kN/m ²	1,35%

Sumber : PT. Geomat Indonesia

Tabel 5.2 Data Tanah Timbunan (*embankment*)

Sudut Gesek (ϕ)	Berat Volme Tanah (γ)	Kohesi (c)	Sudut Lereng
30°	17kN/m ³	30kN/m ²	45°

Sumber : PT. Geomat Indonesia

5.2 Data Lalu Lintas

Data perencanaan lalu lintas :

- Lebar jalur lalu lintas
1 jalur (1 lajur = 3,5 m) : 2 x 3,5 m = 7 m
- Lebar bahu jalan tidak diperkeras: 2 x 2 m = 4 m
- Umur rencana jalan 8 tahun.
- Masa pelaksanaan 2 tahun.
- Angka pertumbuhan lalu lintas :
 - Selama masa pelaksanaan : $i = 5\%$ per tahun
 - Sesudah jalan dibuka : $i = 8\%$ per tahun
- Data lalu lintas sekarang (lalu lintas tingkat tinggi) :
 - Mobil penumpang 2 ton = 2500 kend./ hr/ 2 jur.
 - Bus 8 ton = 1750 kend./ hr/ 2 jur.
 - Truk 2 as 10 ton = 1250 kend./ hr/ 2 jur.
 - Truk 3 as 20 ton = 500 kend./ hr/ 2 jur.
 - Truk 5 as 30 ton = 350 kend./ hr/ 2 jur.

Analisis perencanaan dengan metoda *The Asphalt Institute* untuk mencari nilai jumlah pengulangan beban sumbu standar pada akhir umur rencana. Sedangkan untuk mencari faktor pertumbuhan dipakai rumus:

$$FP = \frac{(i+1)^n - 1}{i} \quad (5.1)$$

dimana :

FP = faktor pertumbuhan

i = angka pertumbuhan

n = umur rencana

$$\text{Faktor pertumbuhan} = \frac{(0,05 + 1)^2 - 1}{0,05} = 2,05 \text{ (masa pelaksanaan)}$$

- Mobil penumpang 2 ton = 2500 x 2,05 = 5125 kend./ hr/ 2 jur
- Bus 8 ton = 1750 x 2,05 = 3588 kend./ hr/ 2 jur
- Truk 2 as 10 ton = 1250 x 2,05 = 2563 kend./ hr/ 2 jur
- Truk 3 as 20 ton = 500 x 2,05 = 1025 kend./ hr/ 2 jur
- Truk 5 as 30 ton = 350 x 2,05 = 718 kend./ hr/ 2 jur

Lalu lintas pada lintasan perancangan per tahun :

- Mobil penumpang 2 ton = 5125 x 365 x 0,5 = 935313 kend.
- Bus 8 ton = 3588 x 365 x 0,5 = 654810 kend.
- Truk 2 as 10 ton = 2563 x 365 x 0,5 = 467748 kend.
- Truk 3 as 20 ton = 1025 x 365 x 0,5 = 187063 kend.
- Truk 5 as 30 ton = 718 x 365 x 0,5 = 131035 kend.

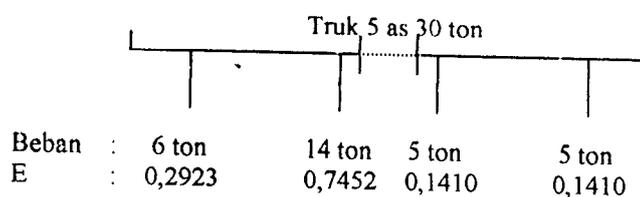
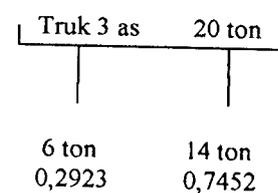
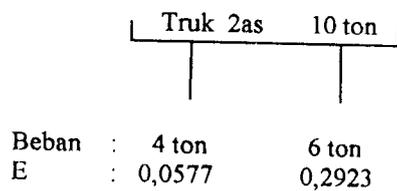
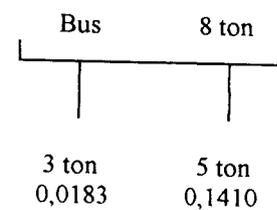
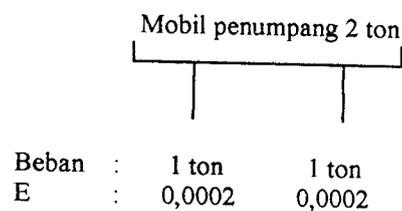
$$\text{Faktor pertumbuhan} = \frac{(0,08 + 1)^8 - 1}{0,08} = 10,64 \text{ (masa pelayanan)}$$

Faktor Ekuivalen (E) berdasarkan “Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode analisa Komponen” untuk :

$$E \text{ sumbu tunggal} = \left(\frac{\text{beban sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right)^4$$

$$E \text{ sumbu ganda} = \left(\frac{\text{beban sumbu ganda (kg)}}{8160} \right)^4 \cdot 0,086$$

- Mobil penumpang 2 ton (1 + 1) = 0,0004
- Bus 8 ton (3 + 5) = 0,1593
- Truk 2 as 10 ton (4 + 6) = 0,3500
- Truk 3 as 20 ton (6 + 14) = 1,0375
- Truk 5 as 30 ton (6 + 14 + 5 + 5) = 1,3195



Dengan perhitungan hasil perkalian dari jumlah kendaraan, faktor ekivalen dan faktor pertumbuhan dari tipe kendaraan didapatkan nilai beban ekivalen masing-masing tipe kendaraan.

Tabel 5.3 Perhitungan jumlah pengulangan beban sumbu standar perencanaan 80 kN

Tipe Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Faktor Ekivalen	Faktor Pertumbuhan	Beban Ekivalen
Mobil penumpang, 2 ton	935313	0,0004	10,64	3980
Bus 8 ton	654810	0,1593	10,64	1109872
Truk 2 as 10 ton	467748	0,3500	10,64	1741894
Truk 3 as 20 ton	187063	1,0375	10,64	2064988
Truk 5 as 30 ton	131035	1,3195	10,64	1839663
Beban sumbu ekivalen perencanaan				6760397

5.3 Data Geotekstil

Pada perencanaan proyek jalan Lamongan-Gresik sebagai lapisan perkuatan tanah dasar digunakan geotekstil jenis *woven GM-150*. Data dari geotekstil jenis *woven GM-150* dapat dilihat pada tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Sifat dari *Woven GM-150*

PROPERTIES	TEST METHOD	UNIT	GM-150
MECHANICAL PROPERTIES			
Ultimate Tensile Strength	ASTM D 5035-90		
• Length		kN/m	27,10
• Width		kN/m	26,20
Ultimate Elongation at Break	ASTM D 5035-90		
• Length		%	16,90
• Width		%	18,00
Ultimate Tear Strength	ASTM D 4533-85		
• Length		N	577,80
• Width		N	554,30
HIDRAULIC PROPERTIES			
Coeffisien Permeability at 100 mm Waterhead	ICI-Beban 10 kg		
Pore Size (O_{95})	ASTM D 4751-87	$l/m^2/sec$ u	64,10 150,00

PROPERTIES	TEST METHOD	UNIT	GM-150
PHYSICAL PROPERTIES			
Weight	ASTM D 3776-90	gr/m ²	150
Thickness	ASTM D 1777	mm	0,48
Width/roll	-	m	4,0/3,8
Length/roll	-	m	150/200
Material	-	-	Polypropylene
Colour	-	-	Black
CHEMICAL PROPERTIES			
Effect of Soil Natural Acidity	-	-	NIL
Effect on U.V. Light	-	-	U.V. Stabilized

5.4 Metode Pelaksanaan

Urutan pelaksanaan pekerjaan pemasangan geotekstil dapat diurutkan sebagai berikut :

1. Untuk timbunan yang rendah (lereng stabil), pekerjaan diawali dengan pembersihan area dari akar-akar tanaman dan batu-batuan runcing yang dapat merobek geotekstil.
2. Selanjutnya geotekstil dapat digelar langsung di atas area badan jalan.
3. Tanah timbunan dapat ditempatkan di atas geotekstil, untuk dipadatkan dengan aturan pemadatan per 30 cm, terus-menerus hingga tinggi timbunan yang direncanakan.
4. Untuk timbunan yang tinggi (lereng tidak stabil), metode pelaksanaan pekerjaan penggelaran geotekstil sama seperti langkah pada no.1,2 dan 3. Bedanya dalam hal ini terdapat tiga lapisan geotekstil, sehingga tanah timbunan yang telah digelar dipadatkan hingga setinggi lapisan geotekstil berikutnya, dengan tetap melakukan pemadatan per 30 cm.
5. Penggelaran geotekstil dilakukan di atas tanah dasar sesuai dengan arah melintang sumbu jalan. Dan penyambungan geotekstil dilakukan dengan penjahitan.

BAB VI

ANALISIS DATA

6.1 Analisis Tinggi Timbunan

Tinggi timbunan yang ditinjau adalah timbunan tanah yang berfungsi sebagai tanah dasar (*subgrade*). Metoda analisis tinggi timbunan tanpa geotekstil dan dengan geotekstil pada konstruksi perkerasan jalan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah metoda modifikasi AASHTO dan Steward dkk (1977).

1. Data perencanaan proyek jalan Lamongan-Gresik :

a. Tipe tanah dasar

- Lempung lunak jenuh air, nilai CBR = 1,35 %
- Tebal lapis permukaan jalan = 100 mm
- Tebal lapis pondasi atas (*base course*) = 250 mm
- Material lapis pondasi bawah (*sub base course*) :

Lempung kepasiran berbatu dengan diameter rata-rata 50 mm, koefisien keseragaman $C_u > 5$, berat volume 19 kN/m^3

b. Beban lalu lintas selama pelaksanaan

- Truk 3 gandar 20 ton (dibebani) di mana beban per gandar 7 ton
- Jumlah beban berulang (ekivalen beban gandar standar), $W_{80\text{kN}} = 1000$ kali (asumsi dalam perencanaan) selama pelaksanaan
- Kedalaman bekas roda yang diijinkan, $r < 100 \text{ mm}$
- Lebar bidang kontak roda yang diijinkan (roda ganda), $B = 0,4 \text{ m}$

c. Beban lalu lintas setelah pelaksanaan

- Intensitas lalu lintas jalan dengan perkerasan (beban ekuivalen standar),

$$W_{80kN} = 6,760397 \times 10^6 \text{ kali (umur rencana = 8 tahun)}$$

2. Menentukan tebal lapisan agregat

a. Tanpa menggunakan geotekstil

- Dari gambar 3.2 diperoleh daya dukung tanah, S

$$\text{Nilai CBR} = 1,35 \%$$

$$\text{Nilai daya dukung tanah, } S = 1,8 \text{ ton}$$

- Dari gambar 3.1b, tentukan nomor struktural, SN untuk volume lalu lintas yang tinggi, $pt = 2,5$

$$\text{Nilai daya dukung tanah, } S = 1,8 \text{ ton}$$

$$\text{Jumlah beban berulang, } W_{80kN} = 6,760397 \times 10^6 \text{ kali}$$

$$\text{Faktor regional, } R = 4,0 \text{ (tabel 3.1)}$$

$$\text{Nomor struktur, } SN = 150$$

- Menentukan koefisien material dari tabel 3.2

$$\text{Permukaan jalan, } D_1 = 100 \text{ mm} \quad a_1 = 0,44$$

$$\text{Lapis pondasi atas, } D_2 = 250 \text{ mm} \quad a_2 = 0,14$$

$$\text{Lapis pondasi bawah, } D_3 = \text{dicari} \quad a_3 = 0,11$$

100 mm Lap. permukaan
250 mm Lap. pondasi atas
$D_3 = ?$
Tanah timbunan = ?
Tanah dasar

Gambar 6.1 Ketebalan perkerasan tanpa geotekstil

Dengan menggunakan persamaan 3.2, hitung tebal lapis pondasi bawah, D_3

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

$$150 = 0,44 \cdot 100 + 0,14 \cdot 250 + 0,11 \cdot D_3$$

$$D_3 = 710 \text{ mm}$$

b. Dengan menggunakan geotekstil

Metode modifikasi AASHTO

- Dari gambar 3.3, tentukan nilai daya dukung tanah modifikasi, S_g dengan adanya geotekstil *polyfelt*

Nilai daya dukung tanah, $S = 1,8 \text{ ton}$

Faktor pengaruh *polyfelt*, $F_1 = 1,25$

Nilai daya dukung tanah modifikasi, $S_g = F_1 \cdot S = 1,25 \cdot 1,8 = 2,25 \text{ ton}$

- Dari gambar 3.4, tentukan beban berulang rencana yang disesuaikan,

$W_{80kN(g)}$ dengan adanya geotekstil *polyfelt*

Beban berulang, $W_{80kN} = 6,760397 \times 10^6 \text{ kali}$

Faktor pengaruh umur rencana, $T_g = 1,7$

$$\begin{aligned} \text{Beban berulang rencana yang disesuaikan, } W_{80kN(g)} &= \frac{W_{80kN}}{Tg} \\ &= \frac{6,760397 \times 10^6}{1,7} = 3,976704 \cdot 10^6 \text{ kali} \end{aligned}$$

- Dari gambar 3.1b, tentukan nomor struktural, SN untuk volume lalu lintas tinggi, $pt = 2,5$

Daya dukung tanah modifikasi, $S_g = 2,25$ ton

Beban berulang yang disesuaikan, $W_{80kN(g)} = 3,976704 \cdot 10^6$ kali

Faktor regional, $R = 4,0$ (tabel 3.1)

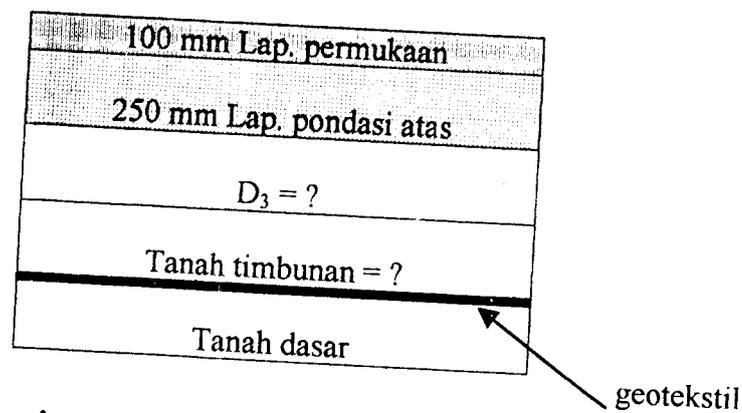
Nomor struktural, $SN = 150$

- Tentukan koefisien material dari tabel 3.2

Lapisan permukaan, $D_1 = 100$ mm $a_1 = 0,44$

Lapis pondasi atas, $D_2 = 250$ mm $a_2 = 0,14$

Lapis pondasi bawah, $D_3 = \text{dicari}$ $a_3 = 0,11$



Gambar 6.2 Ketebalan perkerasan dengan geotekstil

Dengan menggunakan persamaan 3.2, hitung tebal lapis pondasi bawah, D_3

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

$$150 = 0,44 \cdot 100 + 0,14 \cdot 250 + 0,11 \cdot D_3$$

$$D_3 = 645,5 \text{ mm (diambil 650 mm)}$$

3. Menentukan tebal lapisan stabilisasi mula-mula

a. Tanpa menggunakan geotekstil *polyfelt*

- Dari tabel 3.3, diperoleh faktor kapasitas daya dukung, N_c

Untuk kendaraan yang lewat 1000 kali dan bekas roda < 100 mm, $N_c = 3,0$

- Dengan menggunakan persamaan 3.3, diperoleh c dalam kN/m^2

$$c \text{ dalam } \text{kN/m}^2 = 28 \times N_c$$

$$\text{Jadi } cN_c = 28 \times 3 = 84 \text{ kN/m}^2$$

- Dari gambar 3.5, diperoleh tebal urugan stabilisasi

Beban per gandar = 7 ton

Jadi beban roda tunggal = 3,5 ton

$$cN_c = 84 \text{ kN/m}^2$$

Tebal urugan stabilisasi yang dibutuhkan = 375 mm

Pertambahan tebal lapisan stabilisasi akibat kontaminasi dari lapisan bawah *sub base* 150 mm.

Total tebal lapisan stabilisasi tanpa geotekstil *polyfelt*

$$D = 375 + 150 = 525 \text{ mm}$$

Tebal urugan stabilisasi mula-mula tanpa geotekstil *polyfelt* = 525 mm

b. Dengan menggunakan geotekstil *polyfelt*

Metode Steward dkk, 1977

- Dari tabel 3.3, diperoleh faktor kapasitas daya dukung N_c

Untuk kendaraan yang lewat 1000 kali dan bekas roda < 100 mm, $N_c = 5,5$

- Dengan menggunakan persamaan 3.3, diperoleh c dalam kN/m^2

$$c \text{ dalam } \text{kN/m}^2 = 28 \times N_c$$

$$\text{jadi } cN_c = 28 \times 5,5 = 154 \text{ kN/m}^2$$

- Dari gambar 3.5, diperoleh tebal urugan stabilisasi

$$\text{Beban per gandar} = 7 \text{ ton}$$

$$\text{Jadi beban roda tunggal} = 3,5 \text{ ton}$$

$$cN_c = 154 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tebal urugan stabilisasi yang dibutuhkan} = 300 \text{ mm}$$

Penghematan tebal urugan stabilisasi dengan menggunakan geotekstil *polyfelt* =

$$525 - 300 = 225 \text{ mm}$$

6.2 Analisa Stabilitas Lereng Pada Tanah Timbunan

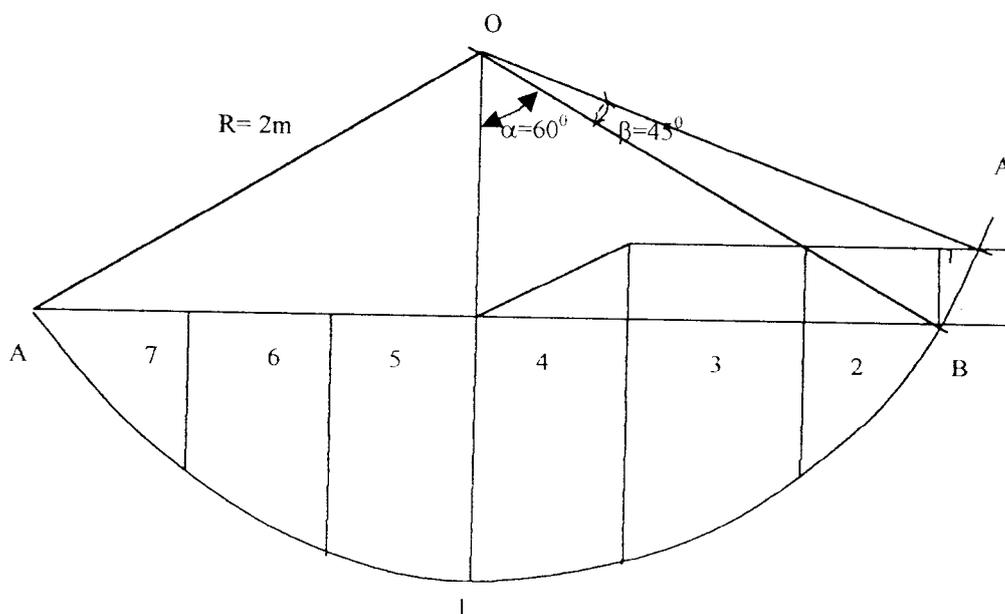
Pada analisa perencanaan ini diambil dari data tanah yang dianggap paling kritis pada proyek jalan Lamongan-Gresik. Data tanah tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tanah dasar

- Sudut gesek (ϕ) = 0^0
- Berat volume tanah (γ) = 15 kN/m^3
- Kohesi (c) = 16 kN/m^2
- Nilai CBR = $1,35\%$

2. Tanah timbunan (*embankment*)

- Sudut gesek (ϕ) = 30°
- Berat volume tanah (γ) = 17 kN/m^3
- Kohesi (c) = 30 kN/m^2
- Sudut lereng (β) = 45°



Gambar 6.3 Bidang gelincir dengan metode irisan

Seperti yang diperlihatkan pada gambar 6.3, anggaplah lengkung lingkaran melalui perbatasan antara kedua lapisan dan bagilah timbunan dan tanah dasar yang dibatasi oleh lengkungan menjadi tujuh irisan. Irisan No. 1 dan No. 7 dianggap sebagai segitiga dan irisan dari No. 2 sampai No. 6 dianggap sebagai trapesium. Beratnya dihitung dengan mempergunakan berat isi dari timbunan dan berat isi basah dari lapisan tanah lunak. Perhitungan dari stabilitas lereng pada tanah timbunan dapat dilihat pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Perhitungan kemandapan lereng tanpa geotekstil

No. Irisan	Lebar Irisan (m)	Tinggi Irisan (m)	Berat irisan (W _i) (kN)	Jarak mendatar dr pusat ling (x) (m)	W . x (kNm)	Jarak vertikal dr pusat ling (y) (m)	W . y tan φ (kNm)
1	0,150	0	0,5.0,15.0,3.17 = 0,383	1,78	0,68	0,9	0,20
		0,300					
2	0,481	0,875	0,3.0,48.17+0,5.0,48.0,48.15 = 4,176	1,49	6,22	-	-
		1,213					
3	0,650	1,000	0,3.0,65.17+0,5.0,65.0,65.15 = 6,484	0,93	6,03	-	-
		1,000					
4	0,600	0,925	0,3.0,60.17.0,5+0,6.(1+1,21)/2.15 = 11,475	0,30	3,44	-	-
		0,925					
5	0,577	0,625	0,58.(0,93+1)/2.15 = 8,396	-0,29	-2,43	-	-
		0,625					
6	0,577	0,625	0,58.(0,63+0,93)/2.15 = 6,786	-0,58	-3,94	-	-
		0,625					
7	0,577	0	0,5.0,58.0,63.15 = 2,741	-0,77	-2,11	-	-
		0					
					Σ = 7,89		Σ = 0,20

$$\text{Panjang busur BC} = 2\pi \times r \times \frac{2\alpha}{360^\circ}$$

$$BC = 2\pi \times 2 \times \frac{120^\circ}{360^\circ} = 4,2 \text{ m}$$

$$\text{Faktor keamanan : } F_s = \frac{\sum W \cdot y \cdot \tan \phi + c \cdot BC \cdot r}{\sum W \cdot x} \geq 1,5$$

$$F_s = \frac{0,20 + 30 \cdot 4,2 \cdot 2}{7,89} = 31,96 \geq 1,5 \quad \text{Ok}$$

Dengan mendapatkan angka keamanan maka geotekstil yang dibutuhkan pada bagian lereng dapat dihitung. Pada perencanaan proyek jalan Lamongan-Gresik ini menggunakan lapisan geotekstil jenis *Woven GM-150* yang mempunyai kuat tarik 26,20 kN/m² dengan berat 150 gr/m² dan modulus elastisitas 0,169.

Kebutuhan geotekstil :

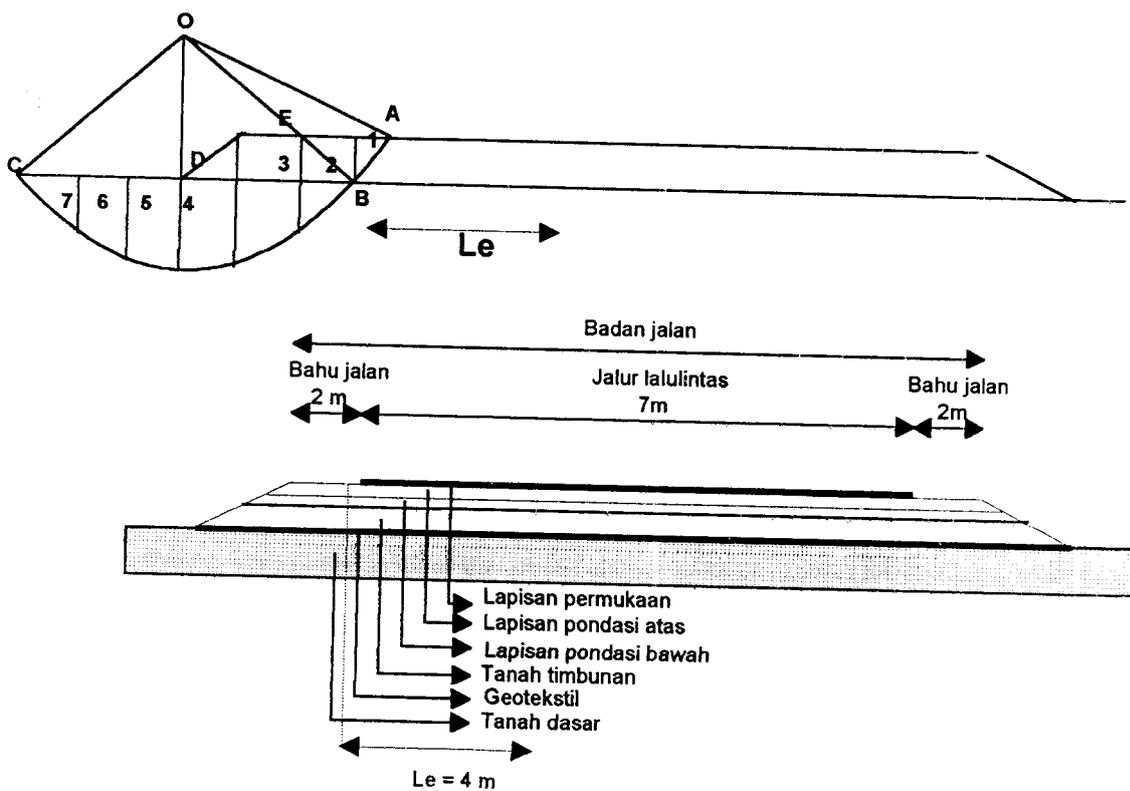
$$\sum F_x = 0$$

$$2\tau ELe = T (F_s)$$

$$2(c + \gamma.z \tan \delta).E.Le = T (F_s)$$

$$2(30 + 17.0,3 \tan 26). 0,169.Le = 26,20.(1,5)$$

$$Le = 3,6 \approx 4 \text{ m}$$



Gambar 6.4 Kebutuhan geotekstil pada stabilitas lereng

6.3 Analisis Pengikatan Lembaran Geotekstil

Pada analisis ini dibahas mengenai pengikatan geotekstil yang mempunyai pengaruh terhadap kestabilan geotekstil. Pengikat yang digunakan berupa timbunan tanah sebagai penahan geotekstil. Data tanah dari pengikat dan lapisan-lapisan badan jalan adalah sebagai berikut:

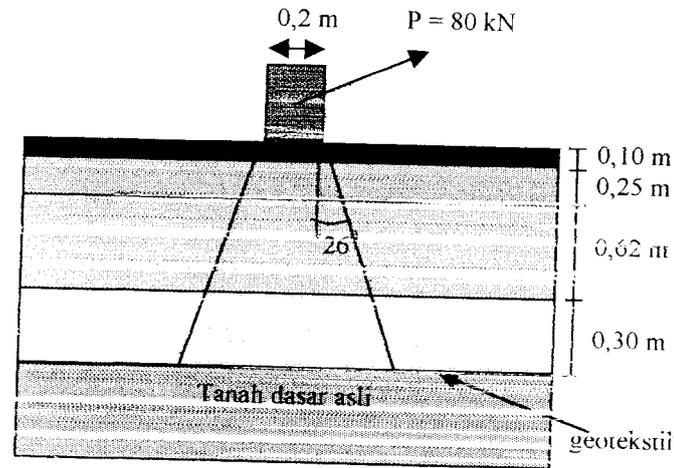
- Tanah timbunan (lempung berpasir)

Berat volume tanah timbunan	$(\gamma) = 17 \text{ kN/m}^3$
Tebal tanah timbunan	$(d_1) = 300 \text{ mm}$
Lebar tanah timbunan	$(l_1) = 13,40 \text{ m}$
- Lapisan pondasi bawah (*sandy gravel*)

Berat volume lapisan pondasi bawah	$(\gamma) = 18 \text{ kN/m}^3$
Tebal lapisan pondasi bawah	$(d_2) = 620 \text{ mm}$
Lebar lapisan pondasi bawah	$(l_2) = 12,8 \text{ m}$
- Lapisan pondasi atas (*crushed stone*)

Berat volume lapisan pondasi atas	$(\gamma) = 19 \text{ kN/m}^3$
Tebal lapisan pondasi atas	$(d_3) = 250 \text{ mm}$
Lebar lapisan pondasi atas	$(l_3) = 11,5 \text{ m}$
- Lapisan permukaan (*aspal surface*)

Berat volume aspal	$(\gamma) = 22 \text{ kN/m}^3$
Tebal lapisan aspal	$(d_4) = 100 \text{ mm}$
Lebar lapisan aspal	$(l_4) = 7,0 \text{ m}$



Gambar 6.5 Pendistribusian beban kendaraan

Sudut yang terbentuk akibat pengaruh pendistribusian beban kendaraan pada tiap lapisan diasumsikan mempunyai sudut yang sama.

Komponen tekanan arah vertikal di atas lembaran geotekstil :

$q = q$ akibat beban roda + q akibat berat sendiri lapisan perkerasan

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{P}{2(B + 2h \tan \alpha)(L + 2h \tan \alpha)} + \gamma h_n \\
 &= \frac{80}{2(0,2 + 2 \cdot 1,3 \tan 26^\circ)(0,25 + 2 \cdot 1,3 \tan 26^\circ)} + \{(0,3 \cdot 17) + (0,62 \cdot 18) + (0,25 \cdot 19) + (0,1 \cdot 22)\} \\
 &= 41,690 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Tegangan horisontal yang terjadi pada geotekstil akibat berat konstruksi badan jalan dan beban kendaraan adalah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_h &= q \cdot K_a \\
 &= q \cdot \tan^2(45^\circ - \phi/2) \\
 &= 41,690 \cdot \tan^2(45^\circ - 30/2) \\
 &= 13,897 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Kuat tarik yang terjadi selebar bidang kontak antara geotekstil dengan badan jalan adalah :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{tarik geotekstil}} &= \sigma_h \cdot b \\
 &= 13,897.13,4 \\
 &= 186,219 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Dengan SF = 1,5 maka kuat tarik yang terjadi selebar bidang kontak antara geotekstil dengan badan jalan :

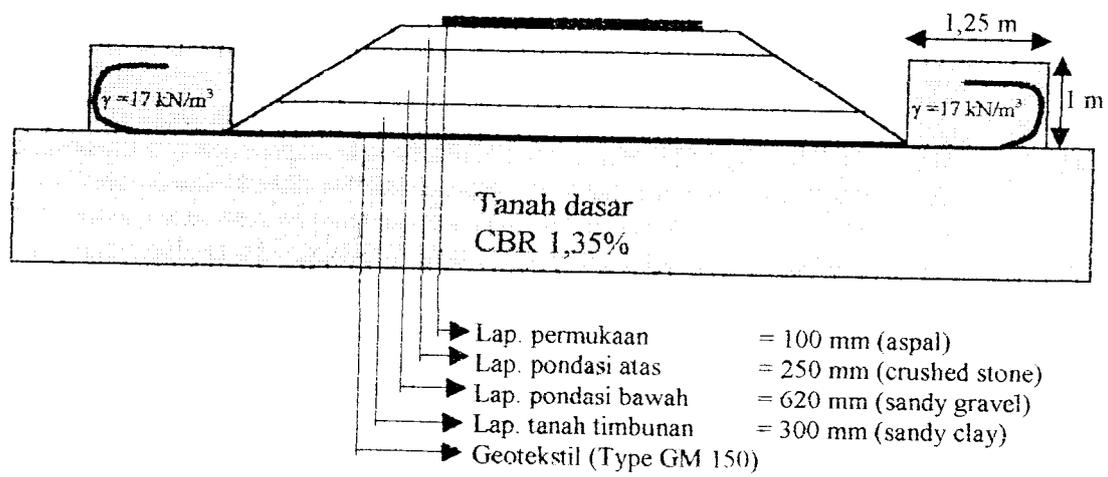
$$\begin{aligned}
 T_{\text{tarik geotekstil}} &= 1,5.186,219 \\
 &= 279,329 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Peninjauan kuat tarik geotekstil untuk 1 m lebar adalah :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{tarik geotekstil 1 m lebar}} &= \sigma_h \cdot b \cdot SF \\
 &= 13,897.1.1,5 \\
 &= 20,846 \text{ kN/m} < 26,20 \text{ kN/m} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi tanah timbunan yang berfungsi sebagai pengikat geotekstil ditinjau untuk 1 m panjang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{tanah pengikat}} &= \gamma \cdot b \cdot h \\
 &= 17.1,25.1 \\
 &= 21,25 \text{ kN/m}^1 > 20,846 \text{ kN/m}^1 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$



Gambar 6.6 Pengikatan geotekstil

BAB VII

PEMBAHASAN

Pembahasan yang akan dibahas meliputi perhitungan tebal pondasi bawah (*subbase*), tinggi timbunan rencana tanpa dan dengan menggunakan geotekstil, analisis stabilitas lereng serta kebutuhan geotekstil dan pengikatan geotekstil. Dalam perhitungan tebal pondasi bawah (*subbase*) digunakan metode modifikasi AASHTO sedangkan perhitungan tinggi timbunan rencana ditinjau dengan metode Steward, dkk (1977).

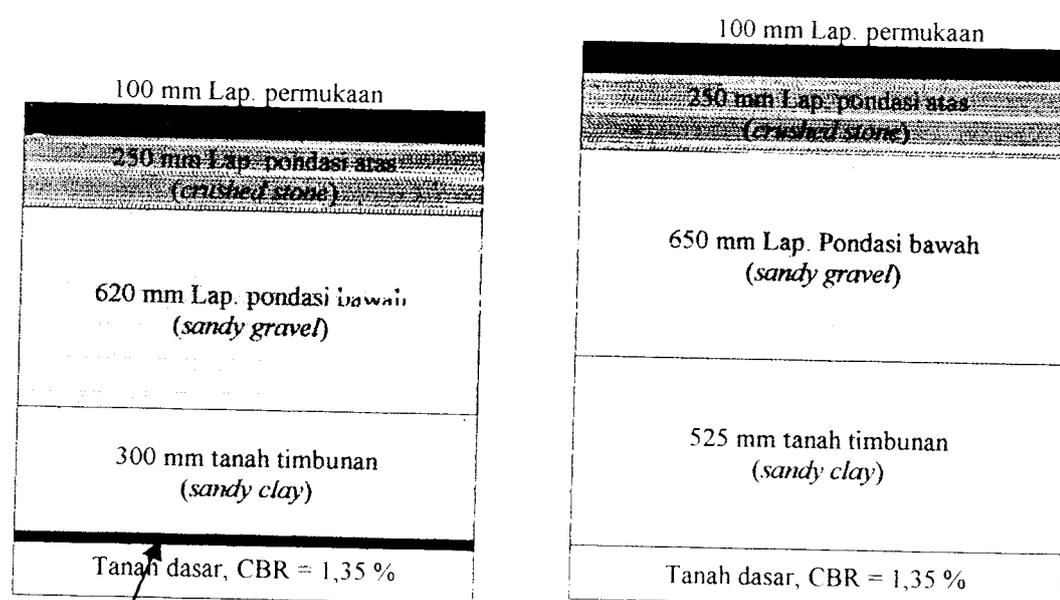
Dalam menganalisis stabilitas lereng dengan permukaan gelincir yang diasumsi sebagai lengkungan lingkaran maka gaya yang mendorong massa tanah di atas lengkungan lingkaran sehingga menggelincir harus dibandingkan dengan gaya geser sepanjang lengkungan lingkaran yang menahan longsorannya itu. Metode yang digunakan untuk perbandingan antara gaya dorong dan gaya penahan digunakan metode irisan. Sedangkan kebutuhan geotekstil dan cara pengikatannya dianalisis dengan menggunakan rumus dari buku Koerner R.M. (*Designing With Geosynthetics*).

7.1 Tebal Lapis Pondasi Bawah dan Tinggi Timbunan Rencana

Dari hasil perhitungan tebal lapis pondasi (*subbase*) dan tinggi timbunan dengan menggunakan metode modifikasi AASHTO dan metode Steward, dkk (1977), dapat dilihat adanya penghematan tebal lapis pondasi bawah (*subbase*) dan tinggi timbunan. Hal ini dapat dilihat pada tabel 7.1 dan gambar 7.1.

Tabel 7.1 Tebal lapisan agregat dan tanah timbunan

	AASHTO		Steward, dkk (1977)	
	Tanpa Geotekstil (mm)	Dengan Geotekstil (mm)	Tanpa Geotekstil (mm)	Dengan Geotekstil (mm)
1. Tebal lapisan agregat :				
• Lapis permukaan	100	100	-	-
• Lapis pondasi atas	250	250	-	-
• Lapis pondasi bawah	650	620	-	-
2. Tinggi tanah timbunan	-	-	525	300



Lapisan geotekstil

a. Perkerasan jalan dengan geotekstil

b. Perkerasan jalan tanpa geotekstil

Gambar 7.1 Ketebalan perkerasan jalan dengan dan tanpa geotekstil

7.2 Analisis Stabilitas Lereng Pada Tanah Timbunan

Dari hasil perhitungan didapat angka keamanan (F_s) = 31,96 jauh lebih besar dari angka keamanan (F_s) yang disyaratkan yaitu sebesar 1,5 (beban tetap). Oleh karena itu pada perencanaan proyek jalan Lamongan-Gresik diambil angka keamanan (F_s) adalah 1,5. Dari angka keamanan (F_s) yang didapat di atas bisa dikatakan bahwa pada timbunan tersebut kemungkinan terjadinya kelongsoran sangat kecil sekali. Hal ini disebabkan tinggi tanah timbunan rencana yang relatif sangat rendah.

7.3 Kebutuhan Geotekstil dan Cara Pengikatannya

Dengan mendapatkan angka keamanan (F_s) maka geotekstil yang dibutuhkan pada bagian lereng dapat dihitung. Dari perhitungan didapat kebutuhan geotekstil adalah 4 meter.

Geotekstil yang digelar akan dibebani oleh konstruksi jalan yang ada di atasnya sehingga geotekstil mengalami tegangan, yang mengakibatkan geotekstil akan mengalami lendutan dan terjadinya gaya tarik pada geotekstil. Untuk mencegah terjadinya lendutan pada geotekstil, maka ujung-ujung dari geotekstil dilakukan penekukan kemudian ditimbun dengan tanah timbunan yang berfungsi sebagai pengikat dari geotekstil. Dari hasil analisis hitungan tanah timbunan pengikat didapatkan lebar tanah timbunan 1,25 m dan tinggi 1 m.

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan terhadap perhitungan tanah dasar pada proyek jalan Lamongan – Gresik dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan geotekstil dapat memperkecil tebal lapisan pondasi bawah dan memperkecil tebal tanah timbunan.
2. Pada rencana pelebaran jalan dengan timbunan tanah yang tidak tinggi maka geotekstil hanya berfungsi sebagai *separator*, untuk mencegah pencampuran tanah dasar asli (tanah yang jelek) dengan tanah timbunan.
3. Penggunaan geotekstil berat 150 gr/m^2 dengan kuat tarik $26,20 \text{ kN/m}$ pada proyek jalan Lamongan - Gresik memenuhi persyaratan untuk fungsinya sebagai *separator* sekaligus sebagai perkuatan lereng (*reinforcement*).
4. Panjang geotekstil yang digelar untuk pelebaran jalan berdasarkan hitungan adalah 4 meter.
5. Lebar tanah timbunan yang berfungsi sebagai pengikat geotekstil adalah 1,25 m dan tinggi 1 m.

8.2 Saran

Dari hasil perhitungan ada beberapa saran yang perlu diperhatikan selama pelaksanaan yaitu :

1. Pemadatan tanah harus benar – benar sesuai aturan pemadatan sehingga didapatkan kepadatan maksimum yang direncanakan.
2. Besarnya beban pada alat pemadatan diperkecil dengan jumlah lintasan diperbanyak agar didapat kepadatan maksimum dan tidak terjadi kerusakan pada geotekstil di awal pekerjaan.
3. Dikarenakan tanah dasar (*subgrade*) cukup lunak, maka apabila terdapat sambungan antara geotekstil sebaiknya dilakukan dengan penggabungan secara *overlapping* dan dijahit.

DAFTAR PUSTAKA

1. _____, Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen, Jakarta, 1987.
2. _____, Departemen Pekerjaan Umum, Buku Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan (Flexible) Jalan Raya, Jakarta, 1974.
3. _____, P.T. Geomat Indonesia, Perancangan Stabilisasi Untuk Struktur Berbahan Tanah (Earth Structure) dengan Geotekstil di Atas Tanah Lunak, Jakarta.
4. _____, P.T. Geomat Indonesia, Polyfelt Malaysia Technical Service, Jakarta.
5. _____, The Asphalt Institute, Thickness Design Manual-manual Series I, 1982.
6. Clarkson H. Oglesby, R. Gary Hicks., Teknik Jalan Raya, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996.
7. Daruslan H, Ir, Mekanika Tanah II, Biro Penerbit KMTS UGM, Yogyakarta, 1994.
8. Dunn, I.S., Anderson, L.R., Kiefer, F.W., Dasar-dasar Analisis Geoteknik, IKIP Semarang Press, Semarang, 1980.
9. Koerner Robert M, Ph.D, P.E., Construction and Geotechnical Methods In Foundation Engineering, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1988.

10. Koerner Robert M, Ph.D, P.E., Designing With Geosynthetics (Second Edition), Prentice Hall Englewood Cliffs, N.J.07632, New Jersey 1989.
11. Mochtar Indrasurya B. Ir, M.Sc, Ph.D, Rekayasa Penanggulangan Masalah Pembangunan Pada Tanah-tanah yang “Sulit”, ITS, Surabaya, 1994.
12. Terzaghi Karl & Peck Ralph B, Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid-1, Erlangga, Surabaya, 1987.
13. Sosrodarsono Suyono Dr. Ir & Kazuto Nakazawa, Mekanika Tanah & Teknik Pondasi, Pradnya Paramita, Jakarta, 1994.
14. Sukirman Silvia, Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova, Bandung, 1994.
15. Sukirman Silvia, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung, Januari 1992.
16. Wesley L. D, Mekanika Tanah, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1985.

L A M P I R A N



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	Didiet Adhitya M.	93 310 133		TRANSPORTASI
2.	Popo Jatmiko	93 310 137		TRANSPORTASI

JUDUL TUGAS AKHIR : PEMAKAIAN..GEO TEKSTILE..SERAGAL..PEEKUATAN..TANAH..LUNAK...
PADA BADAN JAJAN

Dosen Pembimbing I : : DR. IR. EDY PURWANTO, CES.DEA
Dosen Pembimbing II : : IR. H. BACHNAS, M.Sc

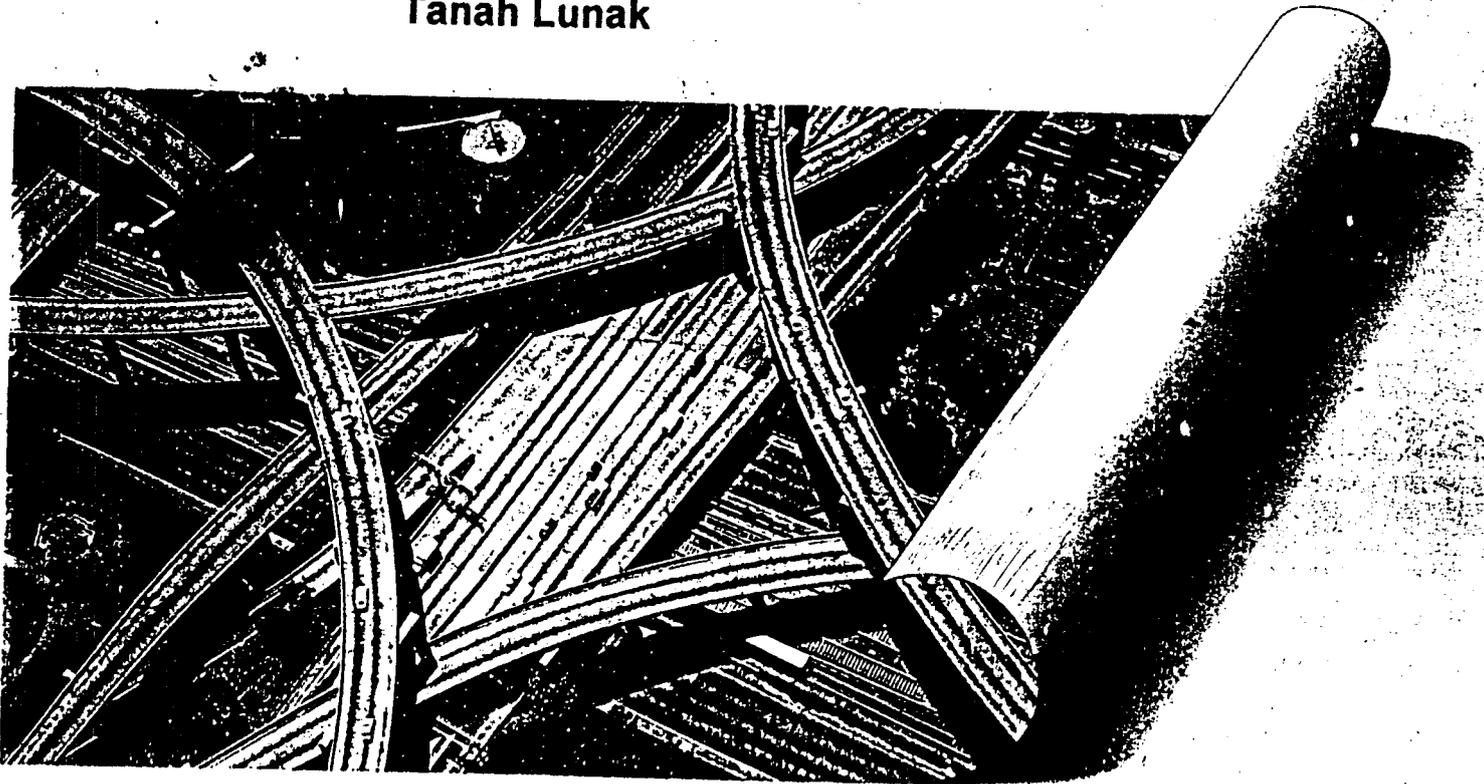
1 2



Yogyakarta, 24 September 1998
An. Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil.

IR. H. TADJUDDIN BMA., MS

**Perancangan Stabilisasi untuk Struktur Berbahan
Tanah (Earth Structure) dengan Geotekstil di atas
Tanah Lunak**



PT. GEOMAT INDONESIA

TRADING · ENGINEERING · CONTRACTOR

GEOSYNTHETIC SPECIALIST

Office : RUKAN BENTRA PEMUDA, Jl. Pemuda No. 81 Kav. 12, Jakarta Timur 13220
Phone : (82-21) 47860384, 47860386, 9106872, Fax. : (82-21) 4759449
Warehouse : Jl. Kebon Nanas Raya No. 3, Jakarta 13410, Phone : (82-21) 8195534

Metode Perancangan

Tinggi Minimum Urugan

Dalam pelaksanaan struktur urugan dan jalan di atas tanah lunak dengan CBR < 3 yang merupakan tipikal tanah Asia, lapisan urugan mula-mula dengan ketebalan rencana yang cukup di atas tanah dasar yang lemah dan geotekstil adalah perlu selama pelaksanaan. Ini memungkinkan kendaraan konstruksi memasuki lokasi sehingga operasi pengurangan berikut dapat dilaksanakan. Semua bekas roda yang terjadi pada tahap ini dapat diurug selama peletakan subbase berikutnya untuk mempertahankan tebal rencana yang dibutuhkan dan menjamin stabilitas.

Tinggi minimum rencana urugan mula-mula untuk jalan dengan dan tanpa perkerasan dipengaruhi oleh CBR tanah dasar, kondisi lapangan, beban kendaraan konstruksi dan beban berulang, dan dapat dihitung dengan menggunakan metode berikut :

- Metode modifikasi AASHTO - Polyfelt
- Metode Steward dkk. (1977)

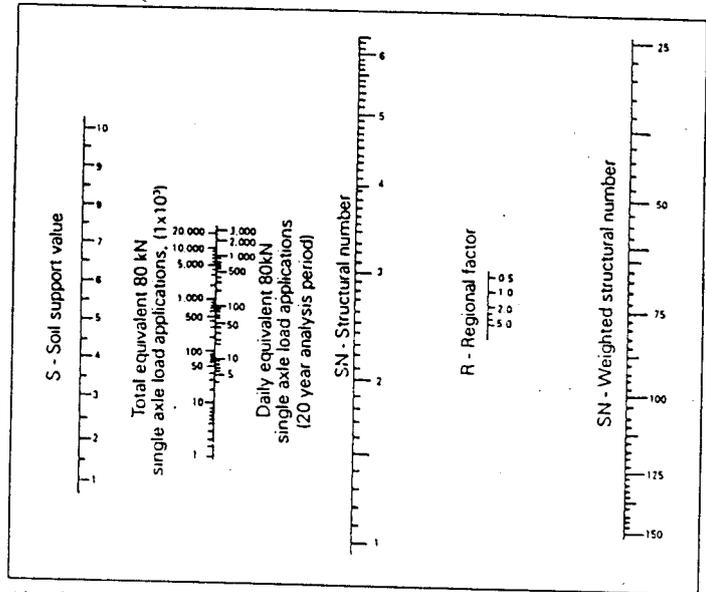
Seharusnya untuk kebutuhan kinerja jangka panjang yang berbeda, metode perancangan untuk jalan atau pekerjaan tanah dengan perkerasan tidak bisa memakai perancangan jalan tanpa perkerasan. Ini disebabkan untuk struktur dengan perkerasan, bekas roda tidak diijinkan. Bagaimanapun untuk struktur pekerjaan tanah tanpa perkerasan, beberapa bekas roda biasanya diperbolehkan terjadi melampaui umur rencana struktur yang diberikan sejauh tidak mengganggu pelayanan.

Untuk kekuatan tanah dasar lebih dari CBR 3, geotekstil jarang dibutuhkan untuk separasi, walaupun mereka menyediakan drainasi dan filtrasi. Korelasi untuk perhitungan CBR dan nilai kekuatan tanah disajikan dalam tabel 3.

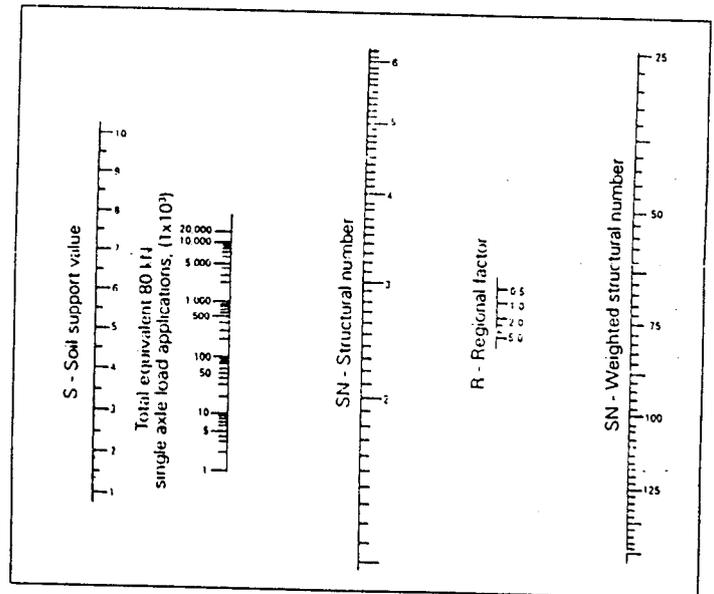
Metode 1 : metode modifikasi AASHTO - Polyfelt

Metode perancangan ini berdasarkan atas pengembangan data oleh the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1972), ditambah dan dimodifikasi oleh pengalaman lebih kurang 15 tahun dengan geotekstil Polyfelt dalam konstruksi jalan dan dilengkapi oleh hasil tes laboratorium yang mutakhir.

Ketebalan lapisan jalan dihitung berdasarkan AASHTO, sebagai fungsi dari nomor struktural (SN) dan koefisien



Gambar 11a. Diagram perancangan nilai SN untuk $pt = 2,0$ (volume lalu lintas rendah)



Gambar 11b. Diagram perancangan SN untuk $pt = 2,5$ (volume lalu lintas tinggi)

CBR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CBR
	Very Poor Subgrade		Poor Subgrade		Fair Subgrade		Medium Subgrade		Good Subgrade		
	14	28	42	56	81	110	147				
	Shear Strength, kg/m^2										
Approximate CBR						Identification Procedure					
Less than 2						Easily penetrated with thumb					
2-3						Moderate effort to penetrate with thumb					
3-6						Indented by thumb					
6-16						Indented by thumbnail					
Over 16						Difficult to indent with thumbnail					

Tabel 3. Diagram korelasi untuk menghitung CBR dan nilai kekuatan tanah (Koerner, 1986)

lapisan material (a_i) diberikan dalam persamaan 4.

$$SN < \sum a_i \cdot D_i$$

Persamaan 4

dimana,

- SN = nomor struktural
- $a_1, a_2 \dots$ = koefisien lapisan material
- $D_1, D_2 \dots$ = ketebalan masing-masing lapisan material (mm).

Nomor struktural, SN yang dibutuhkan di atas tanah dasar jalan untuk volume jalan yang rendah dan tinggi dapat dihitung sebagai suatu fungsi dari daya dukung tanah (S), nomor dari beban berulang (W_{80kN}), faktor regional (R) dan kemampuan pelayanan sambungan (pt) dengan menggunakan gambar 11a dan 11b.

Untuk menghitung nilai SN, dibutuhkan nilai daya dukung tanah dasar ekuivalen dan jumlah atau beban berulang harian untuk periode rencana guna menghitung nomor struktural tanpa beban. Nomor struktural tanpa beban digunakan bersama dengan faktor regional terpilih untuk menghitung SN rencana yang dapat dipakai pada struktur secara keseluruhan. Ketebalan agregat di atas tanah dasar tanpa geotekstil dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.

Gambar 12 memperlihatkan korelasi antara daya dukung tanah, S dan CBR dari tanah dasar yang diperoleh dari Utah Department of Highways. Faktor regional dapat diestimasi dari analisa kondisi iklim yang dapat mempengaruhi kekuatan tanah dasar. Berdasarkan keterangan tes jalan AASHO, nilai-nilai yang dapat digunakan dalam analisa pendekatan untuk kondisi Asia diberikan dalam tabel 4. Koefisien tipikal lapisan material diberikan dalam tabel 5.

Pengaruh geotekstil Polyfelt TS dalam daya dukung tanah dan umur rencana struktur jalan biasa, diberikan dalam gambar 13 dan 14.

Dengan mendapatkan nilai daya dukung modifikasi, S_g , dan beban berulang lalu lintas rencana, $W_{80kN(G)}$, nomor struktural modifikasi dapat diperoleh dengan cara yang sama dari gambar 11a atau 11b. Dengan menggunakan faktor regional dan koefisien material yang diberikan di atas, ketebalan dari jalan tanpa perkerasan dengan separasi geotekstil dapat dihitung.

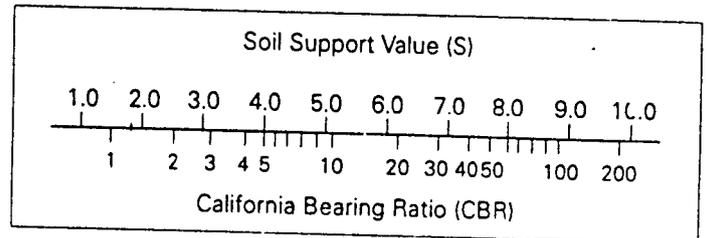
Perbandingan biaya secara langsung dapat dilakukan

Climatic condition	Regional factor, R
Subgrade material (dry season)	0.2-1.5
Subgrade material (wet season)	4.0-5.0

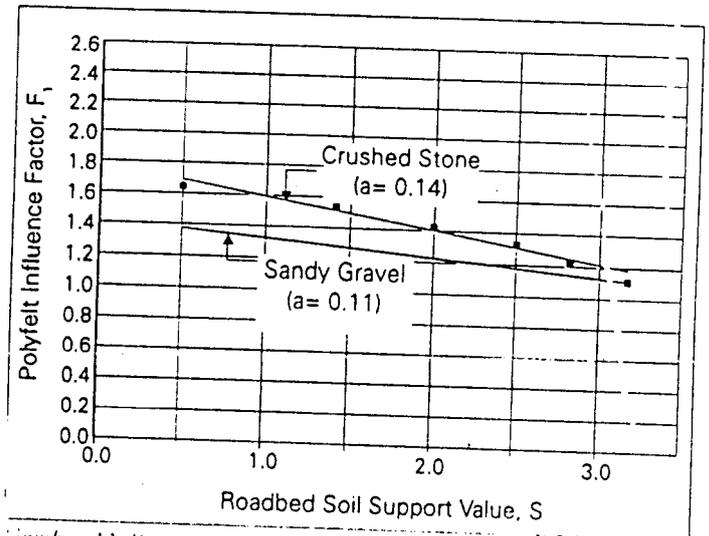
Tabel 4. Faktor regional, R

Material layer	a_i
Asphalt surface course	0.44
Crushed stone base course	0.14
Sandy gravel subbase course	0.11
Sand or sandy-clay	0.05-0.10

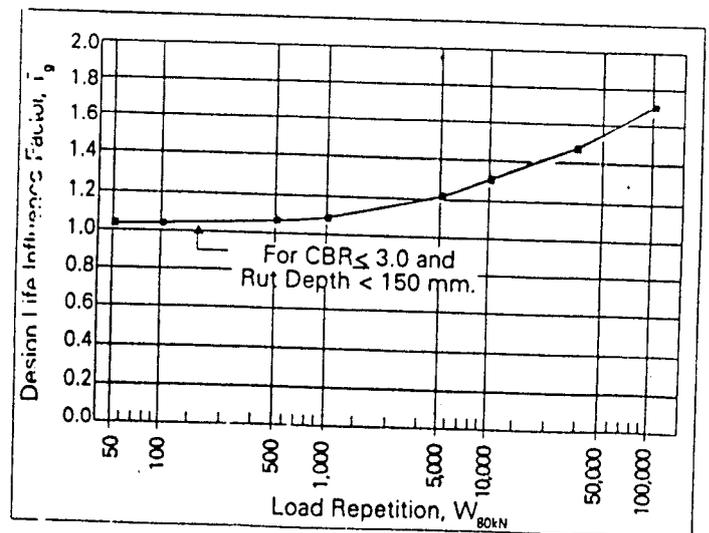
Tabel 5. Tipikal koefisien-koefisien lapisan material



Gambar 12. Korelasi antara CBR dan nilai daya dukung tanah (Utah Dept. of Highway)



Gambar 13. Pengaruh Polyfelt pada daya dukung tanah. Daya dukung tanah modifikasi, $S_g = F_1 \times S$



Gambar 14. Pengaruh Polyfelt pada umur rencana jalan. Bel. m berulang yang disesuaikan, $W_{80kN(G)} = W_{80kN} T_g$

alam pengurangan ketebalan agregat dengan dan tanpa geotekstil Polyfelt

Untuk jalan tanpa perkerasan disarankan untuk menambah ketebalan akhir kira-kira 75 mm untuk mengganti permukaan urugan yang hilang dalam jangka waktu panjang yang disebabkan oleh lalulintas dan aliran air permukaan. Pengalaman menunjukkan bahwa konstruksi jalan di atas tanah dasar yang sangat jelek (< CBR 1) seringkali tidak mungkin tanpa menggunakan geotekstil. Dalam hal demikian, kontaminasi dari lapisan bawah subbase berkisar 100 - 150 mm atau lebih besar.

Metode 2 : metode Steward dkk. (1977)

Metode ini dikembangkan oleh Steward, Williamson dan Mohney (1977) untuk U.S. Forest Service (USFS), berdasarkan analisa teori dan tes empiris (laboratorium dan lapangan) serta sesuai untuk perancangan jalan tanpa perkerasan volume rendah.

Metode ini mempertimbangkan jumlah bekas roda yang mungkin terjadi di bawah tekanan yang bekerja pada tanah dasar akibat beban lalulintas, dengan dan tanpa separasi geotekstil. Steward dkk. (1977) memperkenalkan persamaan ini dalam hubungannya dengan faktor kapasitas dukung umum seperti yang diberikan dalam tabel 6.

Metode ini dapat diaplikasikan untuk :

- Jumlah kendaraan yang lewat sampai dengan 10000
- lapisan material tanpa kohesi yang dipadatkan sampai CBR 80
- kuat geser tanah dasar dengan CBR < 3

Kuat geser tanah tak terdrainasi, c dalam kN/m^2 dapat diperoleh dari tes CBR dengan menggunakan persamaan 5.

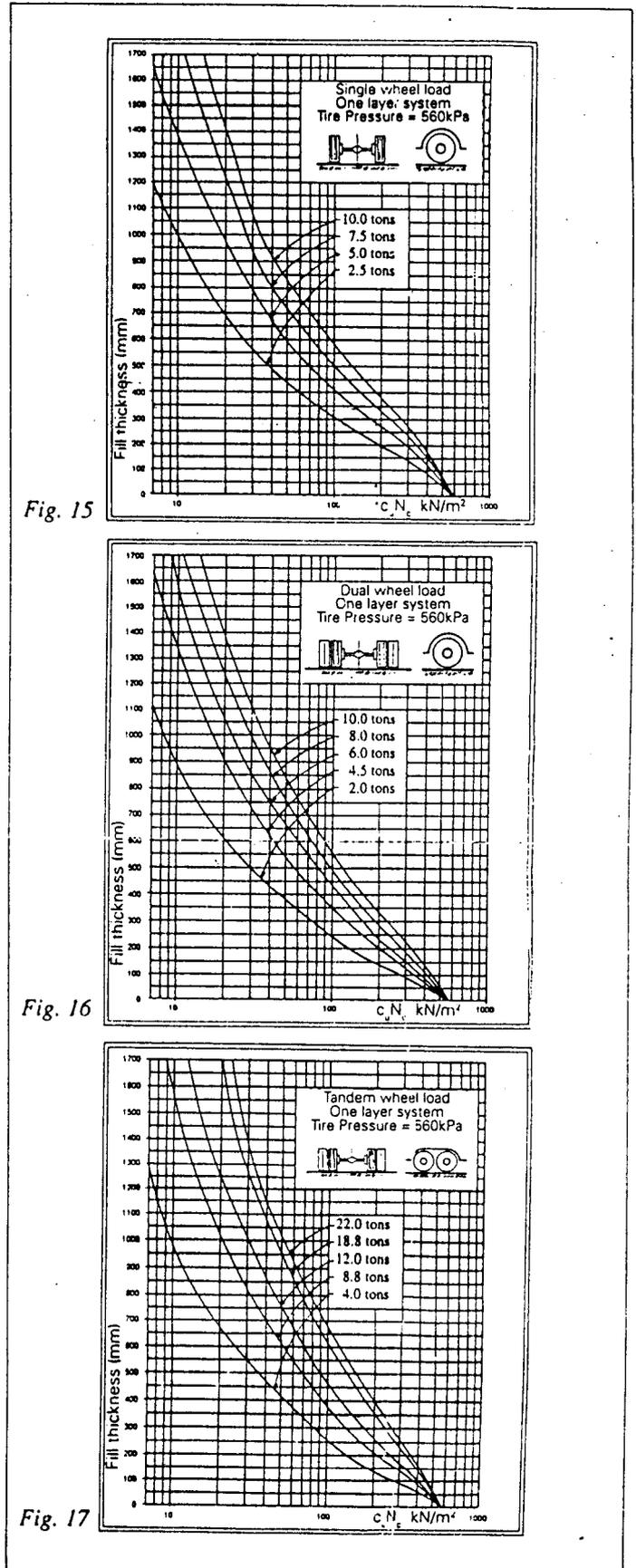
$$c \text{ dalam } \text{kN/m}^2 = 28 \times \text{CBR}$$

Persamaan 5

Dari penentuan kedalaman bekas roda, faktor kapasitas dukung (N_c) dan jenis beban roda yang diantisipasi selama pelaksanaan, ketebalan agregat yang dibutuhkan dengan dan tanpa separasi geotekstil dapat diperoleh dari gambar 15,16 atau 17.

	Ruts (mm)	Traffic (Passes of 80kN equiv. axle)	Bearing capacity factor, N_c
Without Geotextile	<50	>1000	2.8
	>100	<100	3.3
With Geotextile	<50	>1000	5.0
	>100	<100	6.0

Tabel 6. Faktor-faktor kapasitas daya dukung untuk berbagai bekas roda dan kondisi lalulintas baik dengan maupun tanpa separasi geotekstil Steward dkk., 1977)



Kurva perancangan ketebalan agregat untuk berbagai beban roda (USFS)

Perancangan Jalan dengan Perkerasan

Jalan dengan perkerasan mengharuskan tidak ada bekas roda pada urugan *base*. Christopher dan Holtz (1991) menyarankan asumsi batas berikut untuk mencegah bekas roda dalam pelaksanaan jalan dengan perkerasan yang menggunakan geotekstil di atas tanah sangat lunak dengan CBR < 3 :

- Asumsikan geotekstil tidak menyediakan dukungan struktural. Oleh karena itu tidak diperbolehkan adanya pengurangan dalam ketebalan agregat yang dibutuhkan (yakni permukaan, *base* dan *subbase* jalan).
- Penambahan agregat stabilisasi awal yang diperlukan di atas geotekstil untuk memperbolehkan kendaraan konstruksi masuk dan konstruksi berikutnya. Dengan adanya polyfelt, penghematan agregat dapat dicapai dengan berkurangnya ketebalan agregat stabilisasi yang tidak diperlukan untuk mendukung struktur.
- Evaluasi penurunan dan drainasi yang dibutuhkan harus dibuat, sama seperti perancangan konvensional.

Sebagai lapisan pertama, agregat yang akan ditonjolkan untuk dilewati peralatan konstruksi dengan volume yang relatif kecil selama pelaksanaan, pendekatan perancang dengan menggunakan geotekstil untuk jalan dengan perkerasan yang telah selesai (perbaikan) adalah sama seperti jalan tanpa perkerasan.

Berdasarkan asumsi di atas, diambil prosedur perancangan berikut :

- Perancangan ketebalan agregat masing-masing (yakni permukaan, *base* dan *subbase* jalan) dengan dan tanpa geotekstil dengan menggunakan metode AASHTO. Saat menjaga ketebalan yang sama untuk lapisan permukaan dan *base* dengan dan tanpa geotekstil, diperoleh penghematan pada lapisan *subbase* dengan adanya geotekstil.
- Perancangan ketebalan urugan stabilisasi mula-mula yang dibutuhkan selama pelaksanaan dengan geotekstil. Langkah perancangan ini sama seperti untuk jalan tanpa perkerasan menggunakan metode modifikasi AASHTO - Polyfelt (untuk jumlah beban gandar ekuivalen (ESAL) > 1000) atau metode Steward dkk. (untuk ESAL < 10000).
- Perbandingan tebal lapisan *subbase* dan tebal urugan stabilisasi mula-mula dengan geotekstil. Nilai terbesar dari kedua tebal inilah yang digunakan untuk tebal lapisan *subbase* yang dibutuhkan untuk jalan dengan perkerasan menggunakan geotekstil.
- Penentuan ketahanan jebol geotekstil yang dibutuhkan.
- Pemeriksaan kriteria filtrasi geotekstil.
- Pemilihan geotekstil dan spesifikasi properti yang dibutuhkan untuk fungsi kinerja.

Contoh Perancangan

Menentukan tebal agregat *subbase* dengan dan tanpa geotekstil untuk konstruksi jalan dengan perkerasan di atas lempung lunak. Menentukan tipe geotekstil Polyfelt yang dibutuhkan dan mengevaluasi penghematan pengurangan ketebalan urugan dengan adanya geotekstil.

Tipe tanah dasar

Lempung lunak jenuh air, CBR = 1, $k_s = 4 \times 10^{-5}$ cm/s
125mm permukaan jalan (50mm w.c., 75mm b.c.)
285mm lapisan *base*
material *subbase*:
lempung kepasiran berbatu dengan diameter rata-rata 50 mm; koefisien keseragaman, $C_u > 5$; berat volume 19 kN/m³

Beban lalu lintas selama pelaksanaan

truk 3 gandar 30 ton (dibebani) - beban gandar 10 ton
Jumlah beban berulang (ekivalen beban gandar standar), $W_{80kN} = 1000$ selama pelaksanaan
kedalaman bekas roda yang diijinkan, $r < 100$ mm (4 inci)
Lebar bidang kontak roda (roda ganda), $B = 0,4$ m

Beban lalu lintas setelah pelaksanaan

Intensitas lalu lintas jalan dengan perkerasan (beban ekuivalen standar), $W_{80kN} = 1,1 \times 10^5$ (umur rencana = 7 tahun)

Langkah 1 : Menentukan tebal lapisan agregat tanpa geotekstil

Dari gambar 12, diperoleh nilai daya dukung tanah, S

CBR = 1
Nilai daya dukung tanah, S = 1,4

Dari gambar 11b, tentukan nomor struktural, SN untuk volume lalu lintas yang tinggi, $pt = 2,5$

Nilai daya dukung tanah, S = 1,4
Jumlah beban berulang, W_{80KN} = $1,1 \times 10^6$
Faktor regional, R = 4,0 (tabel 4)
Nomor struktur, SN = 150

Menentukan koefisien material dari tabel 5

permukaan jalan, D_1 = 125 mm $a_1 = 0,44$
base jalan, D_2 = 285 mm $a_2 = 0,14$
subbase jalan, D_3 $a_3 = 0,10$

Dengan menggunakan persamaan 4, hitung tebal subbase, D_3

$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$
 $D_3 = 551$ mm
Pertambahan tebal subbase, D_3 akibat kontaminasi lapisan bawah 150mm
Total tebal subbase yang dibutuhkan tanpa geotekstil
 $D = 551 + 150 = 701$ mm (ambil 700mm)

Catatan : Pengalaman membuktikan bahwa konstruksi jalan di atas tanah dasar dengan kapasitas daya dukung yang sangat rendah adalah tidak mungkin tanpa mempergunakan geotekstil yang sesuai untuk fungsi separasi.

Langkah 2 : Menentukan tebal lapisan agregat dengan menggunakan Polyfelt

Metode modifikasi AASHTO - Polyfelt

Dari gambar 13, tentukan nilai daya dukung tanah modifikasi, S_g dengan adanya geotekstil Polyfelt

Nilai daya dukung tanah, S = 1,4
Faktor pengaruh Polyfelt = 1,25
Nilai daya dukung tanah modifikasi,
 $S_g = F_1 \times S = 1,5 \times 1,4 = 1,75$

Dari gambar 14, tentukan beban berulang rencana yang disesuaikan, $W_{80KN(g)}$ dengan adanya geotekstil Polyfelt

Beban berulang, W_{80KN} = $1,1 \times 10^6$
Faktor pengaruh umur rencana, $T_g = 1,7$
Beban berulang rencana yang disesuaikan,
 $W_{80KN(g)} = W_{80KN}/T_g = 1,1 \times 10^6/1,7 = 650 \times 10^3$

Dari gambar 11b, tentukan nomor struktural, SN untuk volume lalu lintas tinggi, $pt = 2,5$

Daya dukung tanah modifikasi, $S_g = 1,75$
Beban berulang yang disesuaikan, $W_{80KN(g)} = 650 \times 10^3$
Faktor regional, R = 4,0 (tabel 4)
Nomor Struktural, SN = 132,6

Tentukan koefisien material dari gambar 5

Lapisan permukaan, D_1 = 125mm $a_1 = 0,44$
Lapisan base, D_2 = 285mm $a_2 = 0,14$
Lapisan subbase, D_3 $a_3 = 0,10$

Gunakan persamaan 4, hitung tebal subbase, D_3

$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$
 $D_3 = 376$ mm (ambil 380mm)

Langkah 3 : Penentuan tebal lapisan stabilisasi mula-mula dengan Polyfelt

Metode Steward dkk., 1977

Dari tabel 6, diperoleh faktor kapasitas daya dukung, N_c

Untuk kendaraan yang lewat 1000 kali dan bekas roda < 100mm, $N_c = 5,5$

Gunakan persamaan 5, diperoleh c dalam kN/m^2

c dalam kN/m^2 = $28 \times \text{CBR}$
jadi, cN_c = $28 \times 5,5 = 154 \text{kN/m}^2$

Dari gambar 15, diperoleh tebal urugan stabilisasi

Beban per gandar = 10ton
jadi, beban roda tunggal = 5ton
 cN_c = 154kN/m^2
Tebal urugan stabilisasi yang dibutuhkan = 330mm

Tebal urugan stabilisasi mula-mula dengan Polyfelt = 330mm

Oleh karena itu tebal *subbase*, D_3 dengan Polyfelt haruslah 380mm

Penghematan tebal *subbase* dengan Polyfelt = $700 - 380 = 320\text{mm}$

Langkah 4 : Perhitungan kuat tahan jebol Polyfelt yang dibutuhkan

Untuk kendaraan konstruksi berat

Panjang kontak ban = $0,5B$
jadi, L = $0,5 \times 0,4 = 0,2\text{m}$

Gunakan persamaan 2, diperoleh tekanan pada elevasi permukaan *subgrade*, P

Untuk beban gandar, p_a = 10ton (100kN)
sehingga, P = 112kPa

Gunakan persamaan 3b, diperoleh kuat tahan jebol geotekstil yang dibutuhkan

misalkan $d_h = d_{50}$ (agregat berat) = 50mm
tebal lapangan, h = 330mm
diameter jebol CBR alat "plunger test", d_p = 50mm (DIN54307)
faktor bentuk batu = 2,0
F.K. jalan tanpa perkerasan = 1,5 (tabel 1)
kuat tahan jebol geotekstil yang dibutuhkan,
 $F_g = 2640\text{N}$

Pilih Polyfelt TS650

Kuat jebol CBR = 2700N

Langkah 5 : Perhitungan filter yang dibutuhkan Polyfelt

Dari tabel 2, diperoleh kriteria permeabilitas dan penahan tanah (*soil retention*) geotekstil Polyfelt

Untuk material urugan kategori 'b' dan tekanan lalulintas sedang (selama pelaksanaan),
 Ukuran bukaan geotekstil yang dibutuhkan $O_{90} (D_w) < 0,15\text{mm}$
 Permeabilitas geotekstil yang dibutuhkan, $k_g > 100k_s$

Pilih Polyfelt TS 650

Ukuran bukaan $O_{90} (D_w) = 0,10\text{mm}$
 (menurut institut Franzius)
 Permeabilitas vertikal = $0,4\text{cm/detik}$
 (menurut institut Franzius)

Sehingga Polyfelt TS 650 adalah sesuai

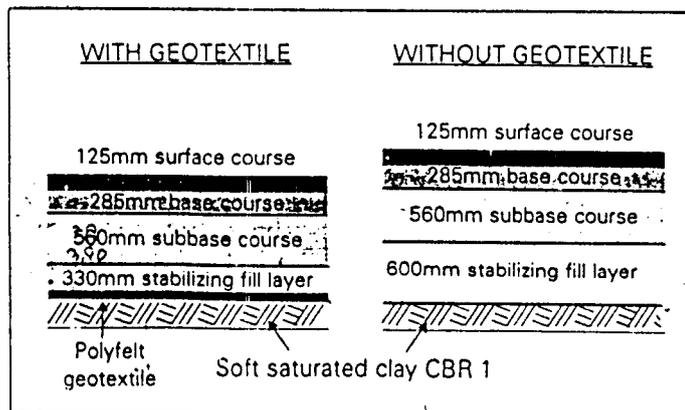
Langkah 6 : Perkiraan keuntungan biaya dengan menggunakan Polyfelt

Berdasarkan analisa di atas, berikut ini penghematan biaya langsung dengan menggunakan geotekstil yang dapat dihitung :

Asumsi biaya urugan (suplai, kirim dan pematatan)	misalkan	US\$10,00/m ³
Penghematan dalam <i>subbase</i> , US\$10 x 0,32m	misalkan	US\$ 3,20/m ²
Biaya geotekstil (pemasangan)	misalkan	US\$ 1,70/m ²
Penghematan biaya bersih	kira-kira	US\$ 1,50/m ²

Sebagai tambahan, penghematan biaya tidak langsung lebih lanjut seperti pengangkutan, bahan bakar, biaya perawatan kendaraan dan lain-lain dapat dicapai.

Perbandingan ketebalan jalan dengan dan tanpa perkerasan ditunjukkan dalam gambar 18.



Gambar 18. Tebal jalan dengan perkerasan dengan dan tanpa geotekstil Polyfelt

Catatan : Tebal urugan mula-mula dengan geotekstil adalah 330mm, yang merupakan tebal stabilisasi minimum selama pelaksanaan

APLIKASI GEOTEXTILE PADA PROYEK PELEBARAN JALAN PACKAGE AP - 15 WIDANG - GRESIK III, JAWA TIMUR

I. PENDAHULUAN

Permasalahan yang paling utama pada suatu bangunan jalan yang dilalui beban-beban berat adalah kecilnya CBR atau daya dukung subgrade / tanah dasar, sehingga jalan yang dibangun di atasnya mudah mengalami kerusakan. Kerusakan yang kerap terjadi berupa retak-retaknya aspal jalan dan / atau penurunan jalan secara tidak merata akibat beban-beban yang bekerja di atas jalan secara terus menerus. Kerusakan seperti ini tentu sangat mengganggu kenyamanan pemakai jalan, bahkan dapat mengakibatkan kecelakaan hingga menimbulkan korban jiwa.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu metode yang dapat mencegah atau mengurangi kerusakan-kerusakan yang terjadi pada jalan, untuk memberikan kenyamanan pemakai jalan serta mengurangi kecelakaan-kecelakaan yang terjadi akibat jalan rusak. Seiring dengan kemajuan teknologi yang ada pada saat ini, telah ditemukan suatu lapisan sintetis yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap pelapukan yang ditempatkan di atas tanah dasar (*subgrade*) sebelum dilakukan penimbunan tanah untuk badan jalan. Lapisan sintetis yang disebut geotextile ini akan mencegah bercampurnya material timbunan yang baik dengan tanah dasar yang buruk, sehingga kuat dukung tanah dasar meningkat. Sejalan dengan hal tersebut kami memperkenalkan geotextile dengan berat 150 gr/m² yang mempunyai kuat tarik 20 kN/m yang cukup relevan untuk digunakan dalam mengatasi permasalahan yang ada pada Proyek Pelebaran Jalan Widang - Gresik III.

II. GEOTEXTILE

Geotextile adalah salah satu dari bagian geosintetik yang pemanfaatannya telah cukup luas di Indonesia. Sebagai bahan sintetis, geotextile umumnya terbuat dari polymer yaitu polypropilene dan polyester. Dimana dari kedua polymer tersebut dihasilkanlah geotextile yang mempunyai sifat kuat tarik, dan sifat tembus air yang baik (bersifat *porous*). Sebagai mana umumnya bahan plastik yang menjadi musuh tanah, maka geotextile mempunyai sifat yang lebih baik lagi dibandingkan bahan plastik umum. Dari bahan pembentuknya, geotextile mempunyai sifat ketahanan yang tinggi terhadap pengaruh bahan-bahan kimia tanah, bakteri-bakteri pembusukan dan pengaruh sinar ultra violet sehingga sangat tepat untuk diaplikasikan pada tanah.

Menurut cara pembuatannya, geotextile digolongkan menjadi 2 macam, yaitu geotextile yang dianyam (*woven*) dan geotextile yang tidak dianyam (*non woven*).

a. Geotextile dianyam (*woven geotextile*)

Adalah geotextile yang cara pembuatannya menggunakan mesin penenun geotextile. Geotextile tipe non woven mempunyai kuat tarik (*tensile strength*) yang cukup tinggi sehingga pada aplikasinya di lapangan geotextile non woven lebih banyak digunakan sebagai perkuatan (*reinforcement*) dan sebagai lapisan pemisah (*separator*). Sebagai perkuatan, geotextile berfungsi sebagai tulangan tanah (seperti besi tulangan pada konstruksi beton bertulang), sedangkan sebagai separator geotextile berfungsi memisahkan antara tanah lunak dengan tanah keras.

b. Geotextile tidak dianyam (*non woven geotextile*)

Adalah geotextile yang metode pembuatannya dengan cara penjaruman atau merekatkan serat-serat pembentuknya. Geotextile jenis tidak dianyam ini kuat tariknya lebih kecil dibandingkan dengan geotextile yang dianyam, tetapi mempunyai sifat permeabilitas yang baik. Sesuai dengan karakteristik fisiknya, maka geotextile tidak dianyam lebih banyak digunakan sebagai bahan penyaring (*filtration*) dan sebagai pengalir (*drainage*). Sebagai alat untuk memperlancar proses mengalirnya air, maka fungsi geotextile jenis tidak dianyam akan berfungsi sebagai pengalir sekaligus penyaring, yaitu menyaring butiran tanah agar tidak ikut terbawa aliran air.

III. KEUNTUNGAN PENGGUNAAN GEOTEXTILE

Penggunaan geotextile sebagai bahan pemisah (*separator*) antara material timbunan yang baik dengan tanah dasar yang jelek akan memberikan banyak keuntungan-keuntungan dibandingkan tanpa adanya geotextile atau dengan menggunakan metode konvensional. Sebelum ditemukan geotextile, awalnya untuk bahan pemisah digunakan anyaman bambu. Namun karena bambu merupakan bahan yang mudah lapuk dan pori-pori anyamannya tidak teratur maka hasil yang dicapai tidak maksimum. Hal ini akan sangat berbeda jika dibandingkan penggunaan geotextile. Selanjutnya keuntungan-keuntungan penggunaan geotextile sebagai perkuatan lereng dapat dibedakan berdasarkan aspek-aspek berikut :

Keuntungan dari Aspek Teknis

Geotextile terbuat dari bahan sintesis yang tahan terhadap air, bahan-bahan kimia tanah, bakteri pembusukan, maupun sinar ultraviolet. Mempunyai kekuatan tarik, kekuatan sobek, kekuatan robek yang bermacam-macam sehingga mudah disesuaikan dengan permasalahan yang ada.

Keuntungan dari Aspek Pekerjaan

Dikemas dalam bentuk roll yang dan siap digelar pada lokasi proyek tanpa harus melakukan penggalian terlebih dahulu dan dapat memanfaatkan tanah setempat yang ada. Tidak diperlukan perakitan yang bermacam-macam, dan tidak memerlukan tenaga kerja serta peralatan kerja yang banyak.

Keuntungan dari Aspek Waktu

Sebagai material perkuatan yang telah jadi, geotextile siap diaplikasikan sesuai dengan permasalahan yang ada tanpa perlu persiapan yang bermacam-macam. Dapat digelar pada areal yang kering maupun basah tidak tergantung cuaca. Dengan Jaminan stock bahan yang selalu ada dan mudah dalam instalasi, maka secara keseluruhan pekerjaan pelapisan jalan dengan geotextile jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode lainnya.

Keuntungan dari Aspek Biaya

Dengan kemudahan dan kecepatan waktu dalam pelaksanaan pekerjaan, dan harga geotextile yang relatif tidak mahal, serta umur jalan yang menjadi lebih lama, maka dari segi biaya penggunaan geotextile sebagai bahan pelapis jalan akan sangat memberikan keuntungan dibandingkan tanpa diberi perkuatan geotextile.

IV. LATAR BELAKANG PERMASALAHAN DAN SOLUSINYA

Berdasarkan data-data dari NORTH JAVA TRANSPORT CORRIDOR STUDY PHASE II, FINAL ENGINEERING DESIGN PART I TECHNICAL REPORT, Link 28/042.0 Lamongan - Gresik, maka proyek yang akan dikerjakan adalah berupa pelebaran jalan. Tetapi tanah dasar untuk areal pelebaran jalan mempunyai CBR yang rata-rata cukup rendah untuk syarat *sub grade* jalan yaitu berkisar antara 1.35 % s.d 3.60%, dan bahkan sebagian daerahnya terendam air. Dengan kondisi seperti ini dikuatirkan akan terjadi penurunan yang berlebihan dan tidak merata pada bagian pelebaran tersebut, sehingga dapat merusak struktur jalan secara keseluruhan. Ditambah lagi dengan adanya beban cerulang dan lalu lintas kendaraan, maka kemungkinan seperti itu mudah sekali terjadi.

Dari keadaan diatas maka diperlukan suatu solusi yang dapat meningkatkan CBR tanah, sehingga penurunan yang terjadi dapat diminimalkan. Berdasarkan analisa teknis maka penggunaan solusi geotextile sebagai separator merupakan salah-satu solusi yang cukup tepat untuk permasalahan tersebut. Dengan adanya geotextile, maka lapisan tanah lunak tidak akan bercampur dengan lapisan tanah timbunan yang baik dan dengan kuat tarik (*tensile strength*) yang dimiliki geotextile maka beban-beban yang bekerja diatasnya akan tersebar secara merata pada lapisan geotextile.

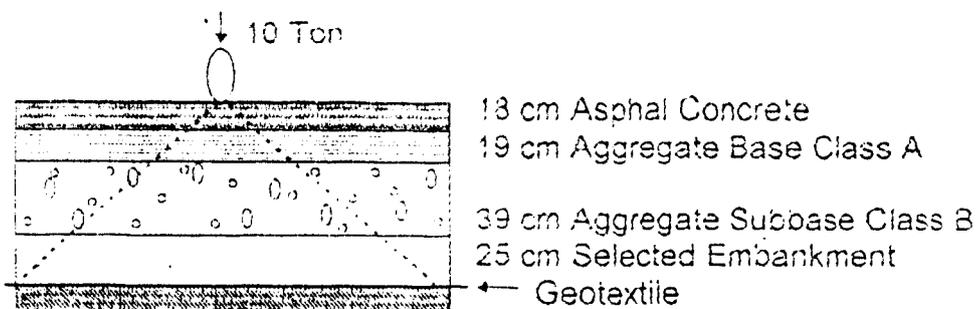
V. APLIKASI GEOTEXTILE SEBAGAI SEPARATOR DAN REINFORCEMENT

Sesuai dengan data-data tanah yang digunakan pada Proyek Pelebaran Jalan Widang - Gresik III, maka geotextile yang diaplikasikan dalam hal ini akan berfungsi sebagai *separator* dan juga sebagai *reinforcement*. Untuk *separator*, geotextile akan memisahkan lapisan tanah lunak dengan tanah timbunan yang baik. Saat terjadi tekanan pada lapisan geotextile akibat beban-beban di atasnya, air akan masuk kedalam timbunan tanah yang baik (proses *pumping*) tetapi butiran tanah lunak tidak ikut terbawa karena tersaring oleh pori-pori dari geotextile. Dengan demikian kuat dukung dari tanah timbunan tidak menurun akibat pengaruh bercampurnya air dari tanah lunak. Pada awal pelaksanaan umumnya akan terjadi *rutting* yaitu alur deformasi bekas roda yang bersifat plastis. Namun dengan kuat tarik yang dimiliki geotextile dan jika elongation yang terjadi sudah maksimal, maka pada penimbunan lapisan selanjutnya tidak akan terjadi deformasi lagi. Dengan kata lain beban-beban yang membebani geotextile telah ditahan bersama oleh kuat tarik yang dimiliki lapisan geotextile, sehingga jika terjadi penurunan akan sangat kecil sekali dan secara bersamaan.

Untuk timbunan yang cukup tinggi, selain harus menjaga kestabilan dari kuat dukung tanah dasar (*sub grade*) juga perlu dijaga kestabilan lereng embankment dari bahaya kelongsoran. Dalam hal ini geotextile lebih berfungsi sebagai perkuatan (*reinforcement*). Kelongsoran terjadi akibat pertahanan geser tanah tidak mampu menahan gaya-gaya penyebab kelongsoran dari berat sendiri tanah maupun berat beban kendaraan disepanjang garis kelongsoran. Dengan adanya geotextile maka kuat tarik geotextile pada garis kelongsoran akan berfungsi sebagai tulangan tarik (seperti baja tulangan pada beton), sehingga kuat geser tanah meningkat. Semakin besar kuat tarik geotextile yang digunakan atau semakin banyak lapisan geotextile yang digunakan maka semakin meningkat pula kekuatan geser tanah lereng untuk menahan kelongsoran.

5.1. Hitungan Geotextile Sebagai Separator

Untuk perhitungan ini diambil tinggi timbunan yang paling minimum, karena semakin kecil ketebalan tanah timbunan maka semakin besar beban yang diterima geotextile. Tebal lapisan perkerasan jalan berdasarkan perencanaan dari NORTH JAVA TRANSPORT CORRIDOR STUDY PHASE II, FINAL ENGINEERING DESIGN PART I TECHNICAL REPORT, Link 28/042.0 Lamongan - Gresik, halaman 2.10, 2.20 dan 2.21 adalah sebagai berikut :



Dengan asumsi bahwa kontak area antara roda dengan jalan adalah 20 cm, maka tekanan dalam arah vertikal diatas lembaran geotextile akibat beban kendaraan dan berat material perkerasan dapat dihitung sebagai berikut :

$q = q$ akibat beban roda kendaraan + q akibat berat sendiri lapisan perkerasan

$$q = \frac{10}{(2.22 \times 2.22)} + ((0.37 \times 2) + (0.39 \times 1.5) + (0.25 \times 1.7)) = 3.55 \text{ Ton/m}^2$$

Beban horisontal (desakan kesamping) yang harus dipikul geotextile

$$1.11 \text{ m} \times 3.55 \times \frac{1 - \sin 45^\circ}{1 + \sin 45^\circ} = 0.6760 \text{ Ton / m'}$$

Dengan Safety Faktor (SF) = 2, maka :

$$P = 2 \times 0.6760 = 1.352 \text{ Ton / m' } = 13.22 \text{ kN/m'}$$

Digunakan geotextile dengan berat 150 gr/m² yang mempunyai kuat tarik 25 kN/m', dan untuk perencanaan diambil 75% x 25 kN/m' = 18.75 kN/m. Dari perhitungan diatas maka kuat tarik geotextile 18.75 kN/m' > 13.22 kN/m', sehingga geotextile berat 150 gr/m² dan kuat tarik 25 kN/m' memenuhi persyaratan.

5.2. Hitungan Geotextile Sebagai Reinforcement

Berdasarkan gambar potongan melintang jalan yang ada, maka pada beberapa section jalan terdapat timbunan tanah embakment yang cukup tinggi hingga 4 meter. Dengan demikian terdapat lereng-lereng jalan yang rawan terhadap kelongsoran akibat kondisi tanah dasar yang lunak. Dengan menggunakan parameter tanah yang ada maka faktor keamanan lereng dapat dihitung sebagai berikut :

Tanah dasar (diambil yang paling kritis dari data yang ada) :

$$\begin{aligned} \phi \text{ (sudut gesek)} &= 0^\circ \\ \gamma \text{ (berat volume)} &= 15 \text{ kN/m}^3 \\ C \text{ (kohesi)} &= 16 \text{ kN/ m}^2 \end{aligned}$$

Tanah timbunan embakment :

$$\begin{aligned} \phi \text{ (sudut gesek)} &= 30^\circ \\ \gamma \text{ (berat volume)} &= 17 \text{ kN/m}^3 \\ C \text{ (kohesi)} &= 30 \text{ kN/ m}^2 \\ \beta \text{ (sudut lereng)} &= 45^\circ \end{aligned}$$

Dengan menggunakan program komputer *Mirafi Reinforcement Stability Slope* (MRSS) ver 2.1, dari data-data diatas maka dapat diketahui faktor keamanan lereng yaitu :

Tanpa perkuatan geotextile

$SF = 1.212 < 1,5$tidak aman !!!

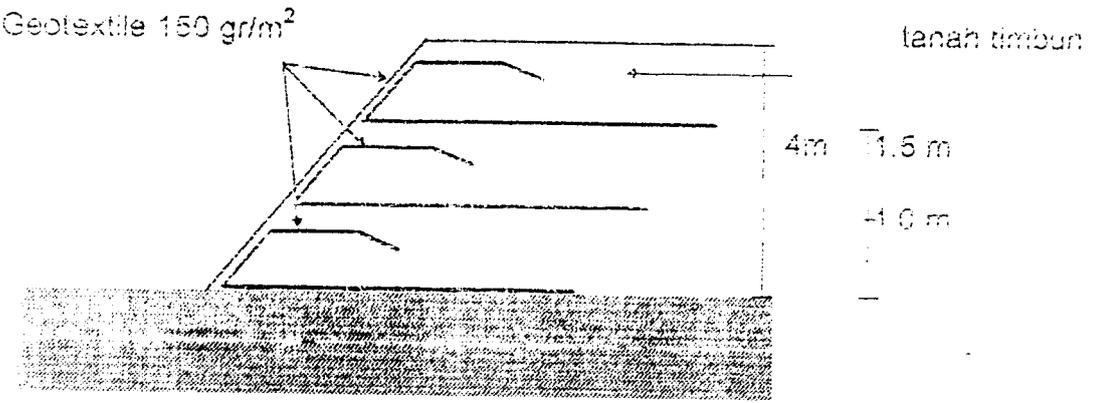
Analisa hitungan pada lampiran 1

Dengan perkuatan geotextile

Digunakan geotextile tipe GM-150 yang mempunyai kuat tarik (*tensile strength*) 25 kN/m' sebanyak 3 lapisan. Faktor keamanan lereng meningkat menjadi :

$SF = 1,516 > 1,5$ aman !!!

Analisa hitungan pada lampiran 2

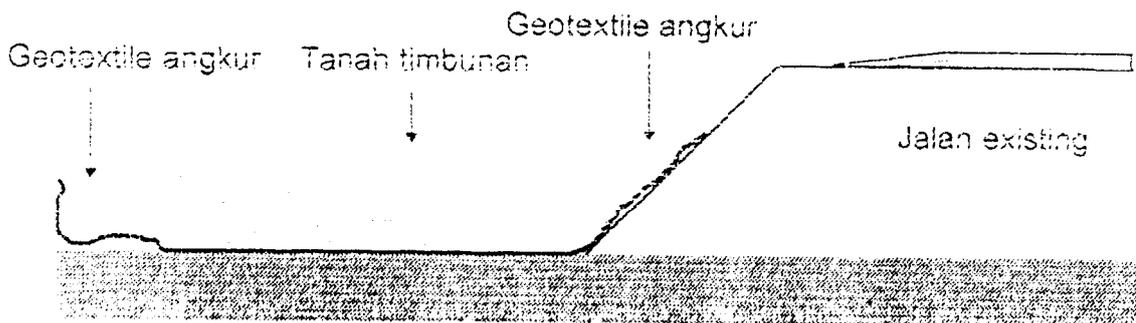


Berdasarkan analisa hitungan, panjang geotextile yang masuk bagian lereng adalah 5,5 meter. Tetapi karena lereng jalan yang ada sudah cukup stabil, maka panjang geotextile dapat disesuaikan dengan lebar perencanaan yang ada dengan pemberian sisa geotextile sebagai angkur pada sisi lereng jalan awal dan pemadatan harus tetap berdasarkan peraturan pemadatan yang ada. Untuk beberapa variasi timbunan lereng dan jumlah lapisan geotextile yang digunakan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

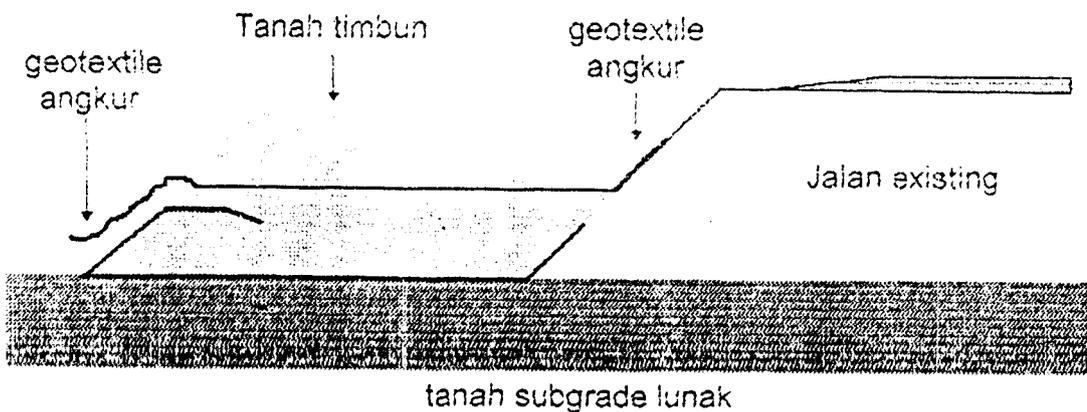
VI. METODE PELAKSANAAN

Urutan pelaksanaan pekerjaan dapat diurutkan sebagai berikut .

1. Untuk timbunan yang rendah (lereng stabil), pekerjaan diawali dengan pembersihan area dari akar-akar tanaman dan batu-batuan runcing yang dapat merobek geotextile.
2. Selanjutnya geotextile dapat digelar langsung diatas area pelebaran jalan. Untuk memberikan ikatan antara geotextile dengan lereng jalan awal, maka perlu diberi panjang sisa geotextile yang akan berfungsi sebagai ankur terhadap lereng jalan yang ada.
3. Tanah timbun dapat ditempatkan diatas geotextile, untuk dipadatkan dengan aturan pemadatan per 30 cm, terus menerus hingga sampai tinggi timbunan yang direncanakan.



4. Untuk timbunan yang tinggi (lereng tidak stabil) metode pelaksanaan pekerjaan penggelaran geotextile sama seperti langkah pada no 1, 2 dan 3. Bedanya dalam hal ini terdapat 3 lapisan geotextile, sehingga tanah timbunan yang telah digelar dipadatkan hingga setinggi lapisan geotextile berikutnya, dengan tetap melakukan pemadatan per 30 cm.



5. Demikian seterusnya hingga tergelar 3 lapisan geotextile dengan tinggi yang sesuai perencanaan.

PROPERTIES	TEST METHOD	GM 150	GM 200	GM 250
MECHANICAL PROPERTIES				
Ultimate Tensile Strength	ASTM D 5035-90			
● Length	kN/m	27,10	40,22	50,18
● Width	kN/m	26,20	41,10	43,20
Ultimate Elongation at Break	ASTM D 5035-90			
● Length	%	16,90	17,50	18,30
● Width	%	18,00	20,50	23,10
Ultimate Tear Strength	ASTM D 4533-85			
● Length	N	577,80	690,00	750,50
● Width	N	554,30	800,80	843,70
HIDRAULIC PROPERTIES				
Coeffisien Permeability at 100 mm				
Waterhead	ICI-Beban 10 kg	64,10	100,00	130,00
Pore Size (Obs)	ASTM D 4751-87	150,00	130,00	125,00
PHYSICAL PROPERTIES				
Weight	ASTM D 3776-90	150	200	225
Thickness	ASTM D 1777	0,48	0,60	0,85
Width / roll	-	4,0 / 3,8	4,0 / 3,8	4,0 / 3,8
Length / roll	-	150 / 200	150 / 200	150 / 200
Material	-	Polypropylene	Polypropylene	Polypropylene
Colour	-	Black	Black	Black
CHEMICAL PROPERTIES				
Effect of Soil Natural Acidity or Alkainity	-	NIL	NIL	NIL
Effect on U.V. Light	-	U.V. Stabilized	U.V. Stabilized	U.V. Stabilized



