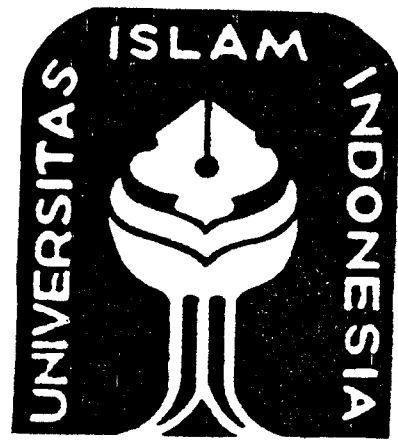


PERPUSTAKAAN FTB
 HADIAH/BELI
 TGL. TERIMA : 15 Juni 2006
 NO. JUDUL : 009 33
 NO. INV. : 5120000 19 33001
 NO. INDIK. :

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS TANAH TIMBUNAN DIATAS
 TANAH LUNAK DENGAN PERKUATAN GEOMEMBRAN
 (STUDI KASUS PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN SEMARANG-
 GODONG-PURWODADI-WIROSARI, GROBOGAN-JAWA TENGAH)**



الجامعة الإسلامية
 الاندونيسية

Disusun Oleh :
 M. Arif Kurnia Rahman 99 511 460

Erlangga Aninditya 00 511 121

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 JOGJAKARTA**

2005



LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
ANALISIS STABILITAS TANAH TIMBUNAN DIATAS
TANAH LUNAK DENGAN PERKUATAN GEOMEMBRAN
(STUDI KASUS PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN SEMARANG-GODONG-
PURWODADI-WIROSARI, GROBOGAN-JAWA TENGAH
Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian
persyaratan memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun oleh :

M. ARIF KURNIA RAHMAN

No. Mhs : 99 511 160

ERLANGGA ANINDITYA

No. Mhs : 00 511 121

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

DR. Ir. Edy Purwanto, Ces, DEA

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Ibnu Sudarmadji, MT

Dosen Pembimbing II

Tanggal :

14-Nov-05

Tanggal :

14/11/05

3. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, Ces, DEA, selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan serta saran dalam penyelesaian Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. H. Ibnu Sudarmadji, MT, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta saran dalam penyelesaian Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, MT, selaku dosen tamu yang telah memberikan bimbingan serta saran dalam penyelesaian Tugas Akhir.
6. Kedua orang tua peneliti yang telah memberikan dorongan berupa moral maupun materil, serta saudara selalu membantu peneliti hingga penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Semua sahabat dan kawan seperjuangan yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu
8. Kepada bapak Susantoro dan bapak Tri Heri Murtopo atas segala bantuan yang telah diberikan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir peneliti.
9. Pihak – pihak yang secara tidak langsung turut membantu hingga selesainya penyusunan Tugas Akhir yang peneliti lakukan.

Atas segala bantuan yang telah diberikan oleh pihak – pihak yang peneliti sebutkan maupun yang tidak peneliti sebutkan, semoga Allah SWT membalas segala amal serta perbuatan baik yang telah diberikan dan pada akhirnya semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi orang lain.

Wassallamu'alaikum Wr. Wb

Jogjakarta, Oktober 2005

Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
DAFTAR NOTASI.....	xxii
INTISARI.....	xxvi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan masalah	4
1.3. Tujuan penelitian	4
1.4. Batasan masalah.....	5
1.5. Manfaat penelitian	6

BAB II.	TINJAUAN PUSTAKA	
2.1.	Umum	7
2.2.	Penelitian terdahulu	8
BAB III.	LANDASAN TEORI	
3.1.	Tanah	12
3.1.1.	Pengertian Tanah.....	12
3.2.	Tanah Ekspansif.....	14
3.2.1.	Pengaruh lingkungan.....	15
3.2.2.	Klasifikasi Tanah Ekspansif.....	16
3.3.	Geosintetik.....	19
3.3.1.	Pengertian Geosintetik.....	19
3.3.2.	Tinjauan terhadap Jenis Geosintetik.....	21
3.3.3.	Karakteristik Geosintetik Untuk Perencanaan	22
3.3.4.	Penggunaan Geosintetik di Lapangan	24
3.4.	Tinjauan Geomembran	26
3.5.	Fungsi Geomembran	29
3.6.	Pemasangan Geomembran di proyek	30
3.6.1.	Letak Geomembran.....	30
3.6.2.	Dimensi Parit (<i>trench</i>).....	31
3.6.3.	Material Pengisi Parit.....	32
3.6.4.	Kondisi Instalasi	33
3.6.5.	Sambungan (<i>seam</i>)	33

3.6.6. Penempatan dan Pemadatan Agregat	33
3.7. Keuntungan Penggunaan geomembran.....	34
3.8. Tinjauan terhadap Tinggi Timbunan.....	36
3.8.1. Lintas Harian Rerata.....	36
3.8.2. Metode Modifikasi <i>AASHTO</i>	38
3.8.3. Metoda Steward dkk, (1977)	42
3.9. Desain Bangunan Penahan.....	44
3.9.1. Konstruksi <i>Retaining Wall</i>	45
3.10. Perkuatan Tanah	52
3.10.1. Kekuatan pondasi tiang	53
3.10.2. Distribusi Tekanan Pada Kelompok Tiang.....	55
3.10.3. Kapasitas dukung tiang	57
3.10.3.1. Tiang tunggal.....	57
3.10.3.1. Tiang kelompok.....	60
3.10.4. Penurunan tiang.....	62
3.10.4.1. Tahanan ujung.....	62
3.10.4.2. Tahanan geser.....	64
3.11. Tinjauan Stabilitas Lereng Pada Tanah Timbunan	64
3.11.1. Analisis perkuatan tanah timbunan di atas lapisan tanah lunak tipis	66

BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1. Umum	73
-----------------	----

4.1.1. Metode Penentuan Subyek	73
4.1.2. Metode Inventarisasi Data.....	74
4.1.3. Metode Analisis Data	74
4.1.4. Bagan Alir Penelitian	74
4.2. Lokasi penelitian.....	75

BAB V. DATA DAN ANALISIS TIMBUNAN JALAN

5.1. Data Tanah.....	77
5.2. Hitungan Lalu Lintas	78
5.2.1. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas	79
5.2.2. Lalu Lintas Rencana	80
5.3. Data geomembran.....	82
5.4. Analisis Tinggi Timbunan	83
5.5. Analisis Dinding Penahan.....	92
5.5.1. Perkuatan Tiang Pancang dibawah Tanah Timbunan (Km 71+275-71+355)	92
5.5.2. Konstruksi Retaining Wall di atas Tiang Pancang (Pasangan Batt. Kali Km 71+275-71+355).....	108
5.5.3. Perkuatan Tiang Pancang di atas Tanah Lunak (Km 20+150-20+250)	115
5.5.4. Konstruksi Retaining Wall di atas Tiang Pancang (Beton Bertulang Km 20+150-20+250).....	131
5.6. Konstruksi Tiang Pancang (Km 44+280-55+250).....	138

5.7. Design Requirements for Geomembrane Properties	156
5.7.1. Elongation at Failure for Geomembrane	156
5.7.2. Puncture Resistance.....	157
5.7.3. Tensile Strength.....	158
5.8. Menentukan Perkuatan tanah Timbunan dengan Geomembran (Km 40+600-44+400)	160

BAB VI. PEMBAHASAN

6.1. Umum	167
6.2. Jenis dan Klasifikasi Tanah.....	169
6.3. Lalu Lintas.....	170
6.4. Tinggi Timbunan	171
6.5. Analisa Dinding Penahan Tanah	172
6.4. Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang... ..	174
6.5. Perkuatan Tanah Timbunan dengan Geomembran	175

BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan	176
7.2. Saran	176

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Karakteristik Dari Mineral Lempung (Expansive soil, 1988).....	15
Tabel 3.2. Kondisi Lingkungan yang Mempengaruhi Kembang Susut (Nelson and Miller, 1992).....	16
Tabel 3.3. Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasarkan SL (Nelson and Miller, 1992).....	17
Tabel 3.4. Klasifikasi Tanah Ekspansif yang lolos ayakan no. 200 (Nelson and Miller, 1992).....	18
Tabel 3.5. Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasarkan Tingkat Keaktifan (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah,2002).....	18
Tabel 3.6. Harga-Harga Karakteristik Geosintetik (ICI Fibres, 1986).....	24
Tabel 3.7. Hubungan Antara Bentuk dan Fungsi Geosintetik (Kabul Basah, 2002).....	26
Tabel 3.8. Faktor Pemilihan Geomembran (Bina Marga JATENG, 2003).....	27
Tabel 3.9. Faktor Regional ® (PT Geomat Indonesia, 2004).....	41

Tabel 3.10. Tipikal Koefisien –Koefisien Lapisan Material (PT Geomat Indonesia, 2004).....	41
Tabel 3.11. Faktor Kapasitas Daya Dukung Untuk Berbagai Bekas Roda dan Kondisi lalu Lintas Baik Dengan Maupun Tanpa Separasi Geomembran, (PT Geomat Indonesia, 2004).....	43
Tabel 3.12. Parameter Bangunan Penahan (Laporan Perencanaan Peningkatan Jalan, 2005).....	44
Tabel 3.13. Koefisien Tekanan Tanah (Edy Purwanto, 2005).....	59
Tabel 3.14. Sudut Gesek Permukaan (Edy Purwanto, 2005).....	59
Tabel 5.1. Resume Hasil Penyelidikan Tanah (P3JJ Bina Marga JATENG, 2005).....	78
Tabel 5.2. Sifat Dari Geomembran HDPE (P3JJ Bina Marga JATENG, 2005).....	82
Tabel 5.3. Data Parameter Tanah (Km 71+275-71+355).....	93
Tabel 5.4. Koeflesien Tekanan Tanah (Km 71+275-71+355).....	109
Tabel 5.5. Tekanan Tanah (Km 71+275-71+355).....	110
Tabel 5.6. Gaya Aktif (Km 71+275-71+355).....	110
Tabel 5.7. Gaya pasif (Km 71+275-71+355).....	111
Tabel 5.8. Berat Konstruksi (Km 71+275-71+355).....	111
Tabel 5.9. Momen Pasif (Km 71+275-71+355).....	111
Tabel 5.10.. Momen Aktif (Km 71+275-71+355).....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Hubungan, Fungsi, Peranan, Jenis, Karakteristik Geosintetik (Edy Purwanto, 2005).....	20
Gambar 3.2. Penempatan Tipikal Geomembran (Bina Marga JATENG, 2005).....	30
Gambar 3.3 Letak Geomembran (Bina Marga JATENG, 2005).....	31
Gambar 3.4. Penempatan Geomembran (Bina Marga JATENG, 2005).....	32
Gambar 3.5. Korelasi Antara CBR dan Nilai Daya Dukung Tanah (PT Geomat Indonesia, 2004).....	39
Gambar 3.6. Diagram Perancangan SN untuk $PT = 2,50$ (PT Geomat Indonesia, 2004).....	39
Gambar 3.7. Pengaruh Polyefelt Pada Daya Dukung Tanah (PT Geomat Indonesia, 2004).....	40
Gambar 3.8. Pengaruh Polyefelt Pada Umur Rencana Jalan (PT Geomat Indonesia, 2004).....	41
Gambar 3.9. Kurva Perancangan Ketebalan Agregat Untuk Beban Roda Tunggal (PT Geomat Indonesia, 2004).....	43

Gambar 3.10. Tipikal Struktur Gabion	
(Laporan Perencanaan Peningkatan Jalan, 2001).....	46
Gambar 3.11. Dinding Penahan Tanah Akibat Air	
(Halim Hasmar, 2001).....	47
Gambar 3.12. Dinding Penahan Tanah Akibat Tanah	
(Halim Hasmar, 2001).....	48
Gambar 3.13. Dinding Penahan Tanah Akibat Beban Terbagi Merata	
(Halim Hasmar, 2001).....	49
Gambar 3.14. Dinding Penahan Tanah Akibat Kohesi	
(Halim Hasmar, 2001).....	49
Gambar 3.15. Dinding Penahan Tanah Akibat Beban Titik	
(Halim Hasmar, 2001).....	50
Gambar 3.16. Beban Normal Sentris	
(Sarjono HS, 1988).....	55
Gambar 3.17. Beban Normal Sentris dan Momen	
(Sarjono HS, 1988).....	56
Gambar 3.18. Mekanisme Pengalihan Beban Pada Tanah	
(Edy Purwanto, 2005).....	57
Gambar 3.19. Nilai N_c	
(Skempton).....	62
Gambar 3.20. Penurunan Pada Tahanan Geser Tiang	
(Sardjono, 1988).....	64

Gambar 3.21. Mekanisme Keruntuhan Yang Terjadi Pada Timbunan Diatas Lapisan Tanah LunakTipis (Kabul Basah, 2005)...	65
Gambar 3.22. Bentuk Bidang Longsor, dan Dengan Beban Terbagi Merata di Puncak Timbunan, Tanpa Perkuatan Tanah (Kabul Basah, 2005)....	66
Gambar 3.23. Keruntuhan Yang Terjadi Dengan Bidang Gelincir Memotong Perkuatan Tanah (Kabul Basah, 2005)...	68
Gambar 3.24. Mekanisme Keruntuhan Timbunan Diatas Perkuatan (Kabul Basah, 2005)...	69
Gambar 3.25. Mekanisme Keruntuhan Yang Terjadi Pada Tanah Lunak Akibat Tekanan Horisontal (Kabul Basah, 2005)...	71
Gambar 4.1. Peta Lokasi Ruas Jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari, Grobogan-JATENG (Bina Marga JATENG, 2005)...	75
Gambar 4.2. Bagan Alir Penelitian	76
Gambar 5.1. Korelasi Antara CBR dan Nilai Daya Dukung Tanah (PT Geomat Indonesia, 2004).....	84
Gambar 5.2. Diagram Perancangan SN untuk PT = 2,50 (PT Geomat Indonesia, 2004).....	85
Gambar 5.3. Pengaruh Polyefelt Pada Daya Dukung Tanah (PT Geomat Indonesia, 2004).....	86
Gambar 5.4. Pengaruh Polyefelt Pada Umur Rencana Jalan (PT Geomat Indonesia, 2004).....	87
Gambar 5.5. Diagram Perancangan SN untuk PT = 2,50 (PT Geomat Indonesia, 2004).....	88

Gambar 5.26. Penempatan Tipikal Geomembran	
(Bina Marga JATENG, 2005).....	156
Gambar 5.27. Letak Geomembran	
(Bina Marga JATENG, 2005).	158
Gambar 5.28. Penampang jalan.....	160
Gambar 5.29. Tinjauan bidang gelincir terjadi di atas perkuatan	164
Gambar 5.30. Tinjauan analisa tekanan tanah lunak di bawah timbunan.....	165

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I : Perancangan Stabilisasi untuk Struktur Berbahan Tanah (*Earth Structure*) dengan Geotekstile di atas Tanah Lunak

Lampiran II : Hasil Penyelidikan Tanah

Lampiran III : Distribusi Beban Sumbu Dari Berbagai Jenis Sumbu Kendaraan

Lampiran IV : Koefisien Distribusi Kendaraan © untuk Kendaraan Ringan dan Berat Yang Lewat Pada Lajur Rencana

Lampiran V : Undrained Shear Strength

Lampiran VI : Laporan Perencanaan Peningkatan Jalan

Lampiran VII : Surat Pengantar

DAFTAR NOTASI

Λ_i : Jumlah kendaraan untuk 1 jenis kendaraan, dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan tanpa median dan kendaraan/hari/21 arah untuk jalan dengan median.

E_i : Angka ekivalen beban sumbu untuk satu jenis kendaraan.

C_i : Koefisien distribusi kendaraan pada lajur rencana.

a : Faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan dari survey lalu lintas dilakukan sampai saat jalan tersebut dibuka.

LEP : Lintas Ekivalen Permulaan

i : Faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana (...%)

SN : nomor struktural

a_1, a_2 : koefisien lapisan material

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

γ_w : Berat volume / jenis air = 1 Ton/m³

K_a : Koefisien tekanan tanah aktif

K_p : Koefisien tekanan tanah pasif

ϕ : Sudut geser dalam tanah (...°)

p_a : Tekanan tanah aktif akibat air dalam tanah

p_p : Tekanan tanah pasif akibat air

K : faktor panjang tekuk,

- i : momen inersia (m),
 A : luas tiang (m²),
 B : panjang poer (m),
 L : lebar poer (m),
 t : tebal sheet pile (m),
 I : kekakuan tiang (m⁴)
 E : modulus elastis tiang (Kn/m²)
 F'_c : mutu beton (Mpa)
 Q_{ult} : daya dukung ultimit (Ton)
 Q_p : tahanan ujung (*end bearing*) pada tanah lempung (Ton)
 Q_s : tahanan gesek (*friction resistance*) pada tanah pasir (Ton)
 W_p : berat tiang (Ton)
 C_u : undrained cohesion (T/m²)
 Q_{pg} : kapasitas dukung kelompok tiang (*pile group*) (Ton)
 Q_s : kapasitas dukung tiang yang berdiri sendiri (Ton)
 n : banyaknya tiang pancang.
 Q_t : kapasitas dukung keseimbangan pada kelompok tiang (Ton)
 N_c : faktor kapasitas dukung yang dapat diperoleh dari grafik menurut Skempton
 A : luas kelompok tiang BxL (m²)
 L : lebar kelompok tiang pancang (m)
 B : panjang kelompok tiang pancang (m)
 I : kedalaman tiang pancang (m)
 S : settlement/penurunan (cm)

- h : tebal tanah untuk percobaan konsolidasi (m)
 H : tebal lapisan yang ditinjau (m)
 SF : faktor aman
 P_p : total gaya yang melawan (Ton)
 P_A : total gaya yang mendorong (Ton)
 τ_B : tegangan geser antara tanah lunak dan tanah keras (Ton/m^2)
 A : luas tampang pada bidang geser antara tanah lunak dan tanah keras (m^2)
 T_T : kuat tarik bahan perkuatan (Ton/m)
 I_s : panjang lereng timbunan (m)
 C : kohesi tanah
 σ_v : tegangan vertikal rerata di daerah runtuh sepanjang I_s (Ton/m^2)
 ϕ : sudut gesek internal tanah ($^\circ$)
 F_B : gaya perlawanan geser (Ton)
 γ : berat volume tanah (Ton/m^3)
 I_c : panjang pengaruh muatan terbagi rata terhadap tanah timbunan (q/γ dalam m)
 T_{μ} : koefisien friksi antara tanah timbunan dengan perkuatan
 C_G : kohesi antara tanah timbunan dengan lembaran geosintetik (Kn/m^2)
 τ_B : tegangan geser sepanjang I_s di dasar tanah lunak yang terletak di daerah runtuh (Ton/m^2)
 T_B : gaya perlawanan gesek tanah lunak dengan tanah keras ($= \tau_B \cdot I_s \cdot 1\text{m}$)
 T_T : gaya perlawanan gesek tanah lunak dengan perkuatan ($= \tau_T \cdot I_s \cdot 1\text{m}$)
 P_{\max} : beban maksimum yang diterima tiang pancang (Ton)
 $\sum V$: jumlah total beban-beban vertical (Ton)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi jalan raya (*Highway Transport*) sangat berperan dalam perkembangan suatu daerah. Di jaman modern ini, transportasi jalan raya sangat dibutuhkan sebagai salah satu penghubung dari suatu daerah ke daerah lain, melayani kegiatan dalam mewujudkan pertumbuhan ekonomi yang tinggi, bahkan kemajuan dan perkembangan suatu daerah dipengaruhi oleh sistem transportasinya.

Tingginya pertumbuhan penduduk seiring dengan bertambahnya waktu, dapat menyebabkan perkembangan dalam bidang sosial, ekonomi, politik dan peningkatan mobilitas penduduk sehingga menyebabkan volume lalu-lintas bertambah padat. Peningkatan jalan merupakan suatu alternatif untuk memperlancar dan memperbaiki sistem transportasi tersebut.

Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah adalah aparat dari Pemerintah Indonesia yang mempunyai wewenang dan bertanggung jawab dalam pembinaan sarana transportasi jalan darat baik yang berstatus lokal, propinsi maupun nasional.

Melalui sumber dana APBN murni tahun anggaran 2005 beberapa ruas jalan yang tersebar di Propinsi Jawa Tengah akan mendapatkan penanganan untuk peningkatan jalan dan rehabilitasi/pemeliharaan jalan, termasuk ruas jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari (Bina Marga Propinsi JATENG) .

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang diatas dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar pengaruh penggunaan geomembran terhadap tinggi timbunan tanah,
2. Seberapa besar pengaruh penggunaan bangunan penahan terhadap stabilitas tanah timbunan dengan perkuatan tiang pancang pada tanah lunak,
3. Seberapa besar pengaruh geomembran terhadap stabilitas tanah timbunan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk merencanakan peningkatan jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari. Adapun tujuan khusus dari perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui tinggi timbunan tanah urugan yang berfungsi sebagai lapisan tanah dasar tanpa dan diperkuat geomembran HDPE (*High Density Polyethylene*),
2. Mengetahui stabilitas tanah timbunan menggunakan dinding penahan tanah yang diperkuat dengan tiang pancang,
3. Mengetahui angka aman tanah timbunan tanpa dan menggunakan geomembran.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat hasil analisis ini antara lain :

- Keilmuan : diversifikasi di bidang Geoteknik khususnya pemakaian geomembran, tiang pancang dan dinding penahan tanah untuk perkuatan tanah timbunan jalan,
- Pribadi : memberikan pengetahuan bagi peneliti pada khususnya tentang penanggulangan tanah ekspansif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tanah dasar (*sub grade*) adalah bagian konstruksi perkerasan jalan yang terletak pada lapisan yang paling bawah. Kemampuan tanah untuk mendukung beban adalah 0,5-1,5 kg/cm², sehingga diperlukan konstruksi perkerasan jalan agar beban roda dapat disebarakan lebih luas di atas permukaan tanah, sehingga tegangan yang timbul lebih kecil dari kemampuan tanah.

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*sub grade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*), selain dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*composite pavement*), yaitu perpaduan antara perkerasan lentur dan kaku. (Sukirman, 1999).

Dalam pembangunan konstruksi jalan sering ditemui hambatan di lokasi proyek. Salah satunya adalah masalah kembang susut tanah di lokasi proyek. Potensial kembang susut tanah ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu : sifat kembang susut tanah, kondisi lingkungan terhadap perubahan kelembapan tanah.

2. Kuat Dukung Tanah Lempung Dengan Menggunakan Geotekstil.

Topik yang diambil oleh Fauzi C dan Wisnu C.H (2004) adalah “Peningkatan Kuat Dukung Pada Perkuatan Tanah lempung Dengan Menggunakan Geotekstil”.

Hasil penelitian ini menunjukkan :

- a. Pada uji CBR (*California Bearing Ratio*), tanah asli yang telah mengalami perkuatan dengan geotekstil, mengalami peningkatan nilai CBR tanah sebesar 21,92 % dari tanah asli.
- b. Pada uji tekan bebas, tanah asli yang telah mengalami perkuatan dengan menggunakan geotekstil mengalami kenaikan nilai kohesi tanah dari 0,723 kg/cm² menjadi 0,774 kg/cm² pada perkuatan dengan 1 lapis geotekstil atau meningkat sebesar 7,05 % dari tanah asli. Kemudian meningkat lagi pada perkuatan dengan 2 lapis geotekstil menjadi 0,867 kg/cm² atau meningkat sebesar 19,92 % dari tanah asli. Pada perkuatan dengan 3 lapis geotekstil nilai kohesi meningkat lagi menjadi 0,944 kg/cm² atau meningkat 30,56 % dari tanah asli. Sedangkan untuk nilai sudut geser dalamnya juga mengalami peningkatan dari 25,34 % menjadi 30,67 % untuk perkuatan dengan 1 lapis geotekstil atau meningkat sebesar 21,032 % dari tanah asli. Untuk perkuatan dengan 2 dan 3 lapis geotekstil masing-masing juga mengalami peningkatan sebesar 34 % dan 38,34 % atau meningkat sebesar 34,18 % dan 51,31 % dari tanah asli. Dari meningkatnya nilai kohesi dan sudut gesek dalam maka meningkat pula nilai q_u dari 2,29 kg/cm² menjadi 2,72 kg/cm² atau sebesar 18,78 % dari tanah asli, kemudian meningkat lagi menjadi 3,27 kg/cm² atau meningkat sebesar 42,79 % dan meningkat lagi menjadi 3,91 kg/cm² atau meningkat sebesar 70,74 % dari tanah asli untuk perkuatan dengan menggunakan 1,2,3 lapis geotekstil.

3. Kerusakan Jalan Sepanjang Jalan Karang Nongko-Nagung Wates.

Topik yang diambil oleh Agus S dan Wiji U adalah “Studi Kasus Kerusakan Jalan Sepanjang Jalan Karang Nongko-Nagung Wates Kabupaten Kulon Progo Dengan Metoda Core Drill”. Pokok permasalahan bahwa jalan tersebut mengalami kerusakan meskipun baru beberapa bulan dilapis ulang (*overlay*). Prosedur penelitiannya dengan melakukan *core drill* dan pemeriksaan properties tanah. Kesimpulan penyebab kerusakannya yaitu pengausan agregat kasar selama masa layan dan penggunaan kadar aspal yang kurang dari kadar optimum.

4. Tanah Ekspansif dan Penanggulangannya.

Topik yang diambil oleh Adyawati PTZ pada seminar penyebarluasan dan sosialisasi standar bidang teknologi prasarana jalan di Semarang ini mengambil topik “Permasalahan Tanah Ekspansif dan Penanggulangannya”. Pokok permasalahan ini adalah kondisi tanah di Indonesia kebanyakan tanah lempung. Dilihat dari mineral pembentuknya tanah lempung dibagi menjadi tanah lempung ekspansif yang mempunyai karakter kembang susut besar bila terjadi perubahan kadar air, karena hal ini banyak terjadi kerusakan jalan yang membutuhkan biaya mahal untuk perbaikan. Pengambilan lokasi dilakukan pada ruas-ruas jalan di daerah Semarang. Proses penyelidikan dilakukan dengan dua tahap yaitu tahap identifikasi dengan pengumpulan data dilanjutkan dengan pengujian hasil untuk mengidentifikasi bahwa tanah tersebut mempunyai kembang susut yang besar, dan tahap pengujian lanjutan dengan pengambilan sampel. Kesimpulan yang dapat diambil yaitu prinsip penanganan kerusakan jalan pada tanah ekspansif dengan penggantian material, perubahan sifat fisik kimiawi, pembebanan serta pemasangan membran.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

3.1.1 Pengertian Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). (Hardiyatmo, 2002). Sedangkan Das (1988) mendefinisikan tanah sebagai bahan yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia antara satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok pemakaiannya. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. (Braja M. Das, 1988). Sistem klasifikasi tanah tersebut ada bermacam-macam, dan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan sudut pandangan teknis (LD. Wesley, 1977) :

- a. Batu kerikil (*gravel*),
- b. Pasir (*sand*),
- c. Lanau (*silt*),

d. Lempung (*clay*).

2. Berdasarkan ukuran butir :

- a. Berakal (*boulder*) : > 8inchi (20 cm),
- b. Kerakal (*Cobblestone*) : 3 inchi-8 inchi (8cm-20 cm),
- c. Batu kerikil (*gravel*) : 2 cm- 8 cm,
- d. Pasir kasar (*course sand*) : 0.6 mm-2 mm,
- e. Pasir sedang (*med sand*) : 0.2 mm-0.6 mm,
- f. Pasir halus (*fine sand*) : 0.06 mm-0.2 mm,
- g. Lanau (*silt*) : 0.002mm-0.06 mm,
- h. Lempung (*clay*) : <0.002 mm.

3. Berdasarkan tekstur :

Sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA), didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah, yaitu :

- a. Pasir : butiran dengan diameter 2.0 sampai dengan 0.05 mm
- b. Lanau : butiran dengan diameter 2.0 sampai dengan 0.05 mm
- c. Lempung : butiran dengan diameter 2.0 sampai dengan 0.05 mm

4. Berdasarkan Unified Soil Clasification System (USCS) :

Sistem ini diperkenalkan oleh Casagrande tahun 1942 yang kemudian disempurnakan oleh *United States Bureau of Reclamation* (USBR) tahun 1952.

Sistem ini mengelompokkan tanah dalam dua kelompok besar, yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*), yaitu : tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50 % berat total,
- b. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50 % berat total.

3.2 Tanah Ekspansif

Istilah tanah ekspansif digunakan untuk tanah atau batuan lempungan yang mengalami perubahan volume yang besar sebagai respon langsung terhadap perubahan kadar air. Tanah ekspansif memiliki kecenderungan untuk mengembang apabila kadar air pada tanah bertambah dan sebaliknya akan menyusut apabila kadar air berkurang. Meskipun potensi pengembangan (*expansion potential*), dipengaruhi oleh berbagai faktor (struktur tanah dan pabrik, kondisi lingkungan dan lain-lain), mineral lempung merupakan faktor utama yang menentukan perilaku tersebut. Tanah yang mengandung kaolinit berplastisitas rendah akan cenderung memperlihatkan potensi kembang susut yang lebih kecil dibandingkan tanah yang mengandung monmorilonit berplastisitas tinggi.

Perubahan musim dari hujan ke kemarau dan sebaliknya akan menimbulkan siklus basah-kering. Pada periode kering, bagian tanah di sekitar permukaan akan mengalami pengeringan yang intensif sehingga timbul retakan-retakan akibat proses desikasi (*desiccation*). Selama masa presipitasi yang besar, air akan masuk ke dalam retakan-retakan tersebut yang mengakibatkan tanah akan mengembang. Proses yang berlawanan akan terjadi selama masa kering yaitu tanah akan menyusut. Siklus pengembangan-penyusutan seperti ini biasa merusak performa perkerasan, pelat di atas tanah dan dinding penahan tanah.

Sifat-sifat fisik tanah ekspansif ini ditentukan oleh batas-batas konsistensi tanah yang menggunakan *tes Atterberg Limit*. Tes ini banyak digunakan untuk mengetahui potensial ekspansif. Sifat-sifat ini dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Mempunyai kadar lempung tinggi yang termasuk dalam kategori CH menurut sistem klasifikasi tanah yang berdasarkan USCS,

2. Mempunyai Index Plastisitas yang lebih besar dari 20 % sehingga memiliki potensial pengembangan yang tinggi,
3. Dengan potensial pengembangan yang tinggi maka dapat diketahui bahwa tanah ini memiliki $LL > 50$, tanah yang lolos ayakan no 200 $> 60\%$, $SL > 10$. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 : Karakteristik dari mineral lempung (Expansive soil, 1988)

Mineral Group	Atteberg Limit		
	LL	PL	SL
Kaolinit	30-100	25-40	25-29
Illite	60-120	35-60	15-17
Montmorillonite	100-900	50-100	8.5-15

3.2.1 Pengaruh Lingkungan

Kadar air awal mempengaruhi pada kembang susut tanah ekspansif. Kadar air ini akan sangat mempengaruhi besarnya *swelling pressure* untuk tanah dengan kadar air rendah, ada kecenderungan *swelling pressure* yang tinggi. Faktor kondisi lingkungan sangat mempengaruhi kadar air awal tanah ekspansif. Fenomena utama dari lempung adalah bahwa masanya yang telah mengering dari suatu kadar air awal mempunyai kekuatan yang cukup besar. Apabila bongkahan ini dipecah-pecah menjadi partikel-partikel kecil, bahan tersebut akan berperilaku sebagai bahan yang tidak kohesif. Apabila air ditambahkan kembali bahan tersebut akan menjadi plastis dengan kekuatan yang lebih kecil dibandingkan kekuatan bongkahan yang kering. Apabila lempung basah ini dikeringkan lagi, akan terbentuk bongkahan yang keras dan kuat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 3.2** tentang pengaruh lingkungan terhadap tanah ekspansif.

Tabel 3.2 : Kondisi lingkungan yang mempengaruhi kembang susut**(Sumber : Nelson and Miller,1992)**

Faktor	Keterangan
Kondisi kelembapan awal	Bila pada kondisi awal tanah ekspansif dalam keadaan kering akan mempunyai daya serap yang besar dibandingkan dengan tanah dalam keadaan basah, sehingga daya serap akhir untuk tanah dipengaruhi oleh kondisi awal kelembapan
Iklm	Jumlah dan variasi dari presipitasi dan evaporasi sangat mempengaruhi kelembapan
Tumbuhan	Pepohonan, semak dan rumput mempengaruhi daripada transpirasi tanah
Permeabilitas	Tanah dengan permeabilitas tinggi sangat mempengaruhi perpindahan air secara lebih cepat dan mempercepat pengembangan
Muka air tanah	Muka air tanah yang rendah dapat menimbulkan kelembapan
Profil tanah	Ketebalan dan lokasi lapisan ekspansif pada profil tanah mempengaruhi potensial gerakan. Lapisan ekspansif yang tebal akan mengakibatkan pengembangan yang besar. Gerakan yang kecil akan terjadi bila lapisan ekspansif berada di bawah lapisan non ekspansif

3.2.2 Klasifikasi Tanah Ekspansif

Pengidentifikasi tanah ekspansif perlu dilakukan untuk memastikan apakah lokasi tersebut memang terdapat tanah ekspansif atau tidak. Cara yang paling sederhana adalah melakukan pengamatan visual dengan melihat langsung kerusakan yang terjadi di lapangan, contohnya : lantai rumah penduduk sekitar yang terangkat, jalan yang menjadi cembung dan retak-retak pada musim hujan dan pada musim kemarau menimbulkan retak-retak yang besar.

Selain dengan menggunakan pengamatan visual dapat dilakukan penyelidikan-penyelidikan untuk mengidentifikasi apakah lokasi tersebut terdapat tanah ekspansif atau tidak, antara lain : menyelidiki kembang susut tanah di lokasi. Penyelidikan ini mengambil sampel dan melakukan pengtesan di laboratorium yang kemudian dilakukan analisa hasil laboratorium sehingga dapat diketahui secara pasti potensial kembang susut tanah tersebut.

- **Klasifikasi tanah ekspansif menggunakan teknik index properties**

Dalam memprediksi *swelling potensial* suatu tanah ekspansif, beberapa peneliti dalam pengembangannya menggunakan bermacam-macam teknik index properties yang ada seperti : PI, SL, LL dan lain-lain. Altmeyer (1995) dalam melakukan pengtesan dengan berdasarkan pada hasil tes SL yang ditunjukkan dengan **Tabel 3.3** sebagai berikut :

Tabel 3.3 : Klasifikasi tanah ekspansif berdasarkan SL

(Sumber : Nelson and Miller,1992)

SL (%)	Pengembangan	Tingkat pengembangan
> 12	0,5	Tidak kritis
10-12	0.5-1,5	Sedang
10	> 1,5	Kritis

Chen (1965) memprediksi swelling potensial dengan menggabungkan antara tanah yang lolos ayakan no. 200, batas cair (LL), dan perhitungan standar penekanan blow seperti pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 : Klasifikasi tanah ekspansif yang lolos ayakan no.200**(Sumber : Nelson and Miller,1992)**

Data Laboratorium dan lapangan			Besarnya pengembangan (% perubahan volume total)	Tingkat pengembangan
% lolos saringan no.200	Liquid Limit (%)	Standart penetration resistance (Blows/ft)		
> 95	> 60	> 30	> 10	Sangat tinggi
60-95	40-60	20-30	3-10	Tinggi
30-60	30-40	10-20	< 1	Sedang
< 30	< 30	< 10	< 1	Rendah

- **Klasifikasi tanah ekspansif menurut tingkat keaktifannya**

Tes ini dilakukan oleh Skempton (1953), dimana Skempton menyatakan bahwa untuk suatu jenis lempung tertentu, PI bergantung pada prosentase partikel yang lebih halus dari 0,002 mm (C). Tingkat keaktifan relatif tanah biasa diklasifikasikan sebagai berikut :

$$AC = \frac{I_{elasticityIndex}}{C}$$

Dimana C adalah kadar lempung (persen lebih halus dari 0,002 mm)

Tabel 3.5 : Klasifikasi tanah ekspansif berdasarkan tingkat keaktifan**(Sumber : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah,2002)**

Tingkat keaktifan	Klasifikasi
< 0,75	Lempung tidak aktif
0,75-1,25	Lempung normal
1,25-2,00	Lempung aktif
> 2,00	Lempung sangat aktif

3.3 Geosintetik

3.3.1 Pengertian Geosintetik

Geosintetik terdiri dari dua suku kata yaitu “Geo” dan “Sintetik. Geo berarti bahan yang berhubungan dengan tanah (pengertian tanah juga mencakup air) dan batu didalam penggunaannya, serta berperan besar dalam bidang geoteknik dan konstruksi berat, sedangkan kata “Sintetik” berarti barang yang dibuat oleh manusia. Geosintetik adalah salah satu hasil produk industri tekstile yang menggunakan teknologi tinggi. Geosintetik dibuat dari bahan-bahan dasar yang biasa digunakan dalam bidang pertekstilan (bahan sintesis atau *polimer*). Bahan-bahan dasar tersebut berupa fiber pendek, panjang 3-5 cm, dan fiber panjang atau menerus.

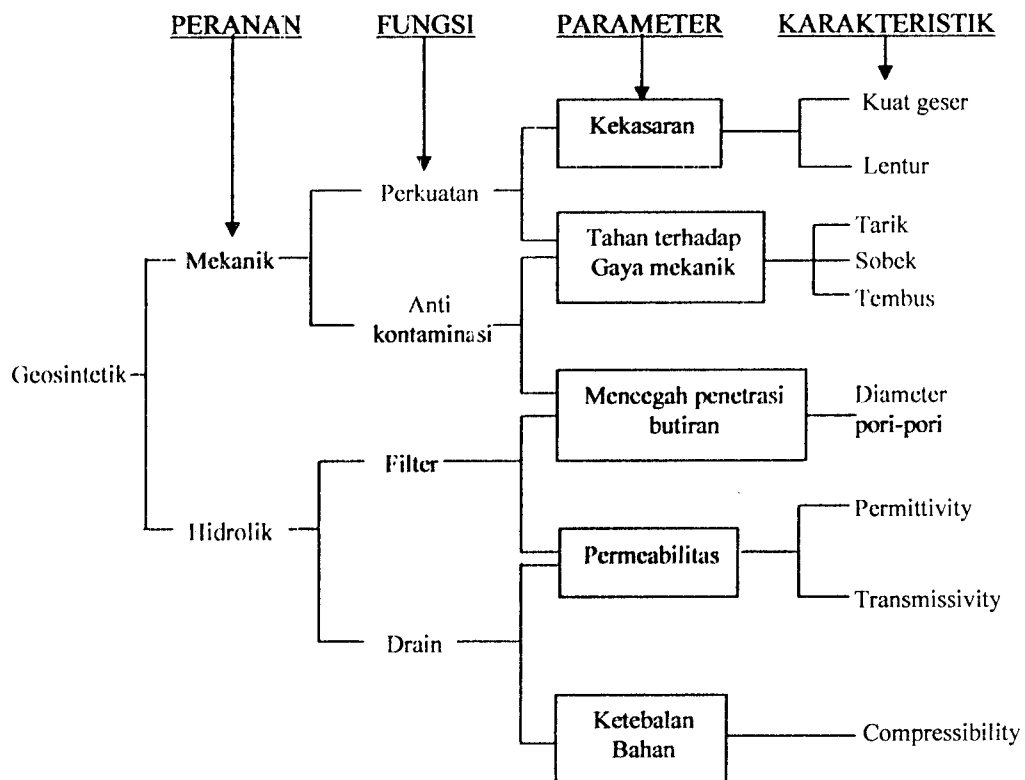
Secara garis besar, geosintetik mempunyai daya tahan yang baik terhadap unsur-unsur kimia yang terkandung di dalam tanah. Namun menurut C.F.G.G. (*Le Comite Francais des Geotextiles et des Geomembranes*), mempunyai kelemahan tidak tahan terhadap sinar Ultraviolet yang menembus langsung. Kecuali apabila geosintetik tersebut telah dilapisi dengan bahan anti ultra violet, seperti jenis geomembran HDPE, geomembran PVC, dan lain-lain.

Bahan dasar geosintetik pada umumnya adalah serat sintesis seperti : *polypropylene*, *polyethylene*, *polyester*, dan *polyamide*, namun demikian serat buatan seperti *cellulose* dan *rayon* juga banyak digunakan. Sebagian bahan serat alami seperti kapas dan jute (bahan karung goni) sebagai bahan campuran serat. Keunggulan penggunaan bahan serat sintesis dibanding bahan-bahan yang lain ialah terutama ketahanannya terhadap pelapukan/umur merupakan syarat utama bagi bahan-bahan konstruksi dalam tanah (harus tahan lama).

Dari fungsinya, bahan geosintetik umumnya digunakan untuk lima tujuan dasar, yaitu untuk fungsi :

1. *Drainase*, sebagai pengalir air tanah yang baik.
2. *Filtration*, sebagai penyaring dan penahan partikel tanah halus supaya tidak terbawa oleh aliran rembesan air tanah.
3. *Separation*, sebagai pemisah dua lapisan (tanah dengan tanah, atau tanah dengan cairan) supaya tidak tercampur.
4. *Protection and erosion control*, sebagai pencegah erosi dan gerusan.
5. *Reinforcement*, sebagai penguat dan pemegang tanah.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3.1** : tentang hubungan fungsi,peranan,jenis,karakteristik geosintetik.



Gambar 3.1 : Hubungan ,fungsi, peranan, jenis, karakteristik geosintetik,
(Sumber : Edy Purwanto,2005)

3.3.2 Tinjauan Terhadap Jenis Geosintetik

Pada perkembangannya timbul berbagai macam bentuk geosintetik sesuai dengan fungsi dan penggunaannya. Dari berbagai variasi bentuk geosintetik tersebut, dapat digolongkan beberapa bentuk dasar yaitu (*ICI Fibres, 1986*) :

1. Geotekstile, yaitu lembaran sintesis yang mempunyai sifat mudah tembus air. Dalam hal ini geotekstile berfungsi sebagai lapisan pemisah (*separation*), perkuatan tanah (*reinforcement*), lapisan penyaring (*filtration*), dan lapis pelindung (*moisture barrier*) bila terselimuti oleh bitumen. Ada dua macam geotekstile :

- Geotekstile teranyam (*Woven Geotekstile*) yaitu berupa serat polimer berbentuk benang atau elemen-elemen pipih yang dianyam menjadi lembaran.
- Geotekstile tak dianyam (*Non Woven Geotekstile*) yaitu serat-serat dijadikan lembaran dengan cara mekanis dengan tekanan pada temperature tinggi atau pemanasan (serat pendek).

2. Geomembran, yaitu lembaran sintesis yang bersifat kedap air sehingga dapat digunakan untuk struktur-struktur yang difungsikan untuk mencegah rembesan air. Umumnya terbuat dari lembaran-lembaran plastik atau karet, tetapi dapat juga dibuat dari bahan geotekstil yang dibungkus aspal. Ada beberapa jenis geomembran yaitu :

- Geomembran HDPE (*High Density Polyethylene*)
- Geomembran PVC
- Geomembran Bituminous

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 lembaran sintesis yang berbentuk net (jaringan) yang terbuat dari bahan polimer HDPE, sehingga mempunyai karakteristik kuat tarik yang tinggi. Ada dua macam geogrid :
 - Geogrid Uniaxial
 - Geogrid Biaxial
5. **Geokomposite**, yaitu bahan gabungan dua atau lebih bahan geosintetik tersebut diatas dengan bahan sintesis yang lain. Karena terdiri dari komposisi bahan-bahan geosintetik mempunyai penggunaan yang lebih luas dari jenis bahan-bahan geosintetik yang lain.

3.3.3 Karakteristik Geosintetik Untuk Perencanaan

Untuk perencanaan, perlu diketahui bagaimana memilih bahan geosintetik. Pilihan tersebut umumnya berdasarkan karakteristik teknik bahan geosintetik. Karakteristik teknik tersebut meliputi antara lain karakteristik fisis (*physical characteristic*), mekanis (*mechanical characteristic*), dan hidrolis (*hydraulic characteristic*).

Berbagai karakteristik tersebut antara lain :

1. Karakteristik fisik

Karakteristik Fisik yang pokok meliputi :

- a. berat,
- b. ketebalan, dan
- c. berat satuan atau juga berat jenis,

2. Karakteristik mekanis

Karakteristik mekanik merupakan karakteristik yang sangat penting untuk perencanaan. Karakteristik mekanis meliputi :

- A. Kekuatan tarik (*Tensile Strength*),
- B. Kekuatan pecah (*Burst Strength*),
- C. Kekuatan geser terhadap bahan butiran (*granular*) tanah,
- D. Kekuatan robek (*Tear strength*).

3. Karakteristik hidrolis

Bilamana bahan geosintetik diperlukan sebagai filter dan drainase perlu diketahui karakteristik hidrolisnya terlebih dahulu. Yang termasuk dalam karakteristik hidrolis adalah :

- A. *Porositas* (n),
- B. *Apparent Opening Size* (AOS)
- C. *Permeability* arah normal bidang geosintetik
- D. *Transmissivity*
- E. *Permittivity*
- F. *Percent Open Area* (POA).

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 3.6** tentang harga-harga karakteristik geosintetik.

Tabel 3.6 : Harga-harga karakteristik geosintetik

(Sumber : ICI Fibres, 1986)

Geosynthetic	Tensile Strength (Kn/m)	Maximum Extension	Apparent Opening Size (AOS) mm	Volume Water Permeability (litres/m ³ /s)	Unit Weight (g/m ²)
Geotextile					
Wovens	8-800	5-35	0,05-2,50	5-2000	100
Nonwovens	3-90	20-80	0,01-0,35	20-300	1300
Knited	2-120	12-600	1,1-1,2	60-800	70-200
Stitch-Bonded	15-800	15-30	0,04-0,4	30-80	250-1200
Geomembranes					
Non reinforced	10-50	100-500	zero	zero	300-1500
Reinforced	20-200	10-30	zero	zero	600-2000
Geo Linear Elements					
Geo Linear Elements	50-500	3-15	zero	zero	NA
Geogrids	10-200	3-25	25-75	v. high	150-900

3.3.4 Penggunaan Geosintetik di Lapangan

Geosintetik telah digunakan secara luas di lapangan. Berikut ini diberikan beberapa contoh penggunaan bahan geosintetik (ICI Fibres, 1985) sebagai berikut

1. Penggunaan geotekstile

Geotekstile merupakan bahan geosintetik yang paling luas penggunaannya dalam bidang teknik sipil. Penggunaan geotekstile yang paling umum adalah sebagai berikut :

- a. pada perkerasan jalan tanah/JAPAT (sementara),
- b. pada perkerasan jalan permanent,
- c. pada lapis ulang perkerasan aspal,
- d. pada jalan kereta api,

- e. pada reklamasi pengurugan diatas tanah lunak.
- f. pada *embankment* tanah.
- g. pada lereng/talud yang diperkuat (*reinforced slope*),
- h. pada pencegahan tanah erosi,
- i. pada drainase bawah tanah.

2. Penggunaan geomembran

Geomembran pada umumnya dipakai untuk :

- a. pada penampungan limbah cair,
- b. pada jalan raya.

3. Penggunaan geo-linear elements

Geo-Linear elements dipakai untuk :

- a. pada sistem tembok penahan tanah dengan *soil reinforcement*,
- b. pada sistem angker (penjangkar).

4. Penggunaan geo grid

Geo Grid dipakai untuk :

- a. pada sistem tembok penahan tanah dengan *soil reinforcement*,
- b. pada lereng/talud yang diperkuat,
- c. pada sistem pondasi *Geocell*,
- d. pada perkerasan jalan raya, jalan ka, landasan udara,
- e. pada perkerasan jalan lapis ulang,
- f. pada sistem pencegah erosi permukaan,
- g. pada sistem *Gabion*.

5. Penggunaan geo komposit

Geo komposit digunakan untuk :

- a. pada sistem drainase,

b. pada proteksi permukaan tanah.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 3.7** tentang hubungan antara bentuk dan fungsi geosintetik

Tabel 3.7 : Hubungan antara bentuk dan fungsi geosintetik

(Sumber : Kabul Basah, 2000)

BENTUK	FUNGSI
1. Geotekstile	a. Perkuatan Tanah (<i>reinforcement</i>) b. Penyaringan (<i>filtration</i>) c. Lapisan Pemisah (<i>separator</i>) d. Pengendali Erosi (<i>erotion control</i>) e. Penyalur Air (<i>drainage</i>)
2. Geomembran	a. Lapisan Pemisah (<i>separator</i>) b. Perkuatan Tanah (<i>reinforcement</i>)
3. Geogrid	a. Perkuatan Tanah (<i>reinforcement</i>) b. Pengendalian Erosi (<i>erotion control</i>)
4. Geolinier Elemen	a. Perkuatan Tanah (<i>reinforcement</i>)
5. Geokomposit	a. Penyaluran Air (<i>drainage</i>) b. Pengendalian Erosi (<i>erotion control</i>) c. Penyaringan (<i>filtration</i>) d. Perkuatan Tanah (<i>reinforcement</i>)

3.4 Tinjauan Geomembran

Geomembran adalah *polimer* plastik/karet yang berupa membran yang tidak tembus zat cair dan mempunyai fungsi utama sebagai lapis kedap air. Polimer geomembran tidak selalu kedap air, tapi secara keseluruhan merupakan bahan yang kedap air jika dibandingkan dengan geotekstile atau tanah bahkan dengan tanah lempung (Koerner 1994). Beberapa jenis geomembran yang sering digunakan adalah *Polyvinil Chloride* (PVC), *Chlorosulfonated reinforced* (CSPE-R), dan *Very Low-density Polyethylene* (VLDPE).

Geomembran yang direncanakan pada proyek peningkatan jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari menggunakan Geomembran jenis HDPE (*High Density Polyethylene*). Geomembran tersebut diproduksi oleh PT. Tetrasa Geosinindo.

Menurut Bina Marga (2003) untuk perhitungan geomembran data-data yang dibutuhkan adalah : *swelling pressure, swelling index, initial void ratio, axle load, average diameter of cover layer, thickness of cover, strength of underlying soil*. Dari parameter-parameter tersebut didapatkan kesimpulan berapa besar nilai *elongation at break, puncture resistance dan tensile strength*. Ketiga faktor ini yang kemudian dipakai sebagai acuan pemilihan geomembran dari pabrik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 3.8** tentang faktor pemilihan geomembran.

Tabel 3.8. Faktor pemilihan geomembran

(Sumber : Bina Marga JATENG,2005)

Sifat	Persyaratan	Metoda Pengujian
Lebar, m (feet)	2,74 (9)	-
Tebal, mm (mils)	0,36 (14)	ASTM D5199
Grab tensile strength, kn (lbs), pada saat putus atau perpanjangan 100 % (tergantung mana yang terjadi lebih dulu)	756,16 (170)	ASTM D4632
Grab elongation putus, %	20	ASTM D4632
Kuat tusuk, Kn, (lbs)	311,36 (70)	ASTM D4833
Kuat pecah, Kn (lbs)	1722,5 (250)	ASTM D3786
Sobekan trapezoid, Kn, (lbs)	177,92 (40)	ASTM D4533
Permittivity	0 max	ASTM D4491

✓ Ada beberapa cara dalam penggunaan membran antara lain :

- **Membran lateral**

Membran dipasang sedemikian rupa sehingga menutupi lebar daerah jalan yang dapat menimbulkan kerusakan pada permukaan jalan akibat fluktuasi kadar air. Zona lebar ini sangat dipengaruhi oleh situasi dan kondisi lingkungan dan sulit untuk diestimasi.

- **Membran vertikal**

Pada umumnya membran vertikal dianggap lebih efektif dibanding membran lateral. Membran vertikal harus dipasang minimal sedalam $2/3$ kedalaman zona aktif (Nelson and Miller, 1992) dan tidak boleh kurang dari 1m kedalaman (Snethen, 1997).

- **Sistem MESC (*Membrane Encopyulate Soil Layer*)**

Pada bagian ini tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan pondasi (*subbase*) yang dipadatkan kembali dan terbungkus dengan membran di bagian atas atau bawah.

Penggunaan teknologi geosintetik ini dimaksudkan untuk menanggulangi masalah perubahan kadar air yang besar. Perubahan kadar air ini perlu dikendalikan karena jenis tanah pada badan jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari adalah tanah lempung yang mempunyai sifat ekspansif, sehingga perubahan kadar air yang terjadi pada musim hujan dan kemarau dapat mengakibatkan terjadinya kembang susut besar.

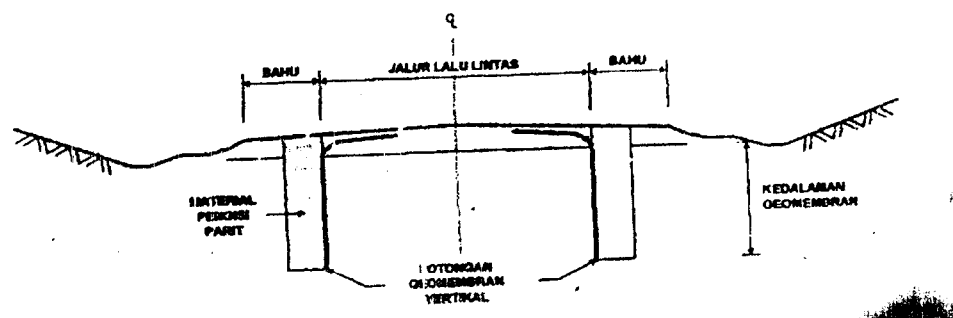
Untuk menghadapi masalah ini ruas jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari menggunakan membran vertikal dengan berbagai pertimbangan bahwa badan jalan yang diperbaiki terletak dibawah jalan lama. Pemasangan membran vertikal ini dilaksanakan tanpa menutup jalan secara total dan arus lalu lintas tetap lancar walau hanya menggunakan $1/2$ lebar jalan.

minimum length of embedment (jarak minimum masuknya geomembran kedalam tanah yang stabil) dari bahan geomembran tersebut tidak akan tercabut keluar dari tanah akibat tegangan tarik yang bekerja.

3.6 Pemasangan Geomembran Pada Proyek Peningkatan Jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari, Grobogan-JATENG

3.6.1 Letak Geomembran

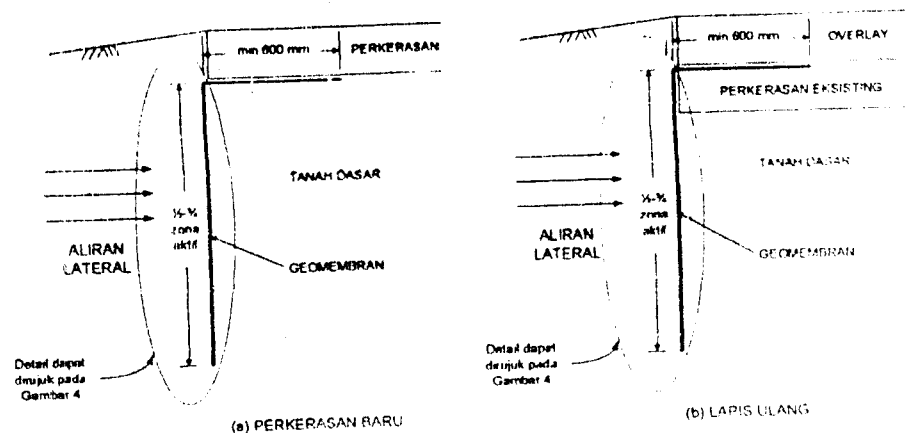
Penempatan tipikal suatu sistem penghalang kelembaban vertikal pada konstruksi jalan baru maupun jalan lama diperlihatkan pada **Gambar 3.2**. Kedalaman geomembran disyaratkan antara $\frac{1}{2}$ sampai dengan $\frac{3}{4}$ dari kedalaman zona aktif. Tingkat kedalaman geomembran harus diperhitungkan dalam penentuan tebal perkerasan. Apabila secara praktis pelaksanaan kedalaman yang dibutuhkan sulit tercapai maka kekurangan kedalaman vertikal dapat dikompensasikan ke arah horizontal (ke arah luar perkerasan) dengan kesetaraan lebar geomembran arah horizontal 2 kali kebutuhan kedalaman geomembran yang kurang dihitung dari tepi perkerasan.



Gambar 3.2 Penempatan tipikal geomembran

(Sumber : Bina Marga JATENG, 2005)

Panjang horizontal geomembran yang terletak dibawah perkerasaan jalan baru atau antara lapis perkerasaan jalan lama dan lapis ulang adalah minimum 600 mm, dengan batasan tidak perlu diperpanjang sampai dengan keseluruhan lebar perkerasaan. Detail letak geomembran pada suatu sistem penghalang kelembaban vertikal diperlihatkan pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3. Letak geomembran

(Sumber : Bina Marga JATENG, 2005)

Geomembran yang terulur sampai permukaan horizontal lapisan tanah dasar harus ditahan dengan kayu, paku atau metoda lain yang disetujui oleh perekraya untuk menjamin geomembran berada pada tempatnya selama penimbunan berlangsung.

3.6.2 Dimensi Parit (*trench*)

Pada lokasi yang membutuhkan penempatan geomembran, parit digali terlebih dahulu sampai mencapai dimensi minimum seperti yang diperlihatkan **Gambar 3.4**. Material geomembran harus diletakkan pada dinding sebelah dalam parit smpi dengan dasar parit. Parit harus segera ditimbun dan dipadatkan segera setelah geomembran terpasang pada tempatnya.

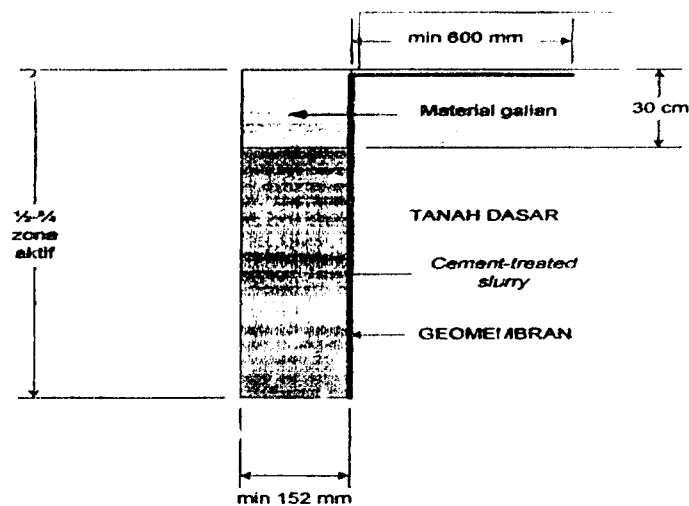
3.6.3 Material Pengisi Parit

Material pengisi parit terdiri atas :

- Campuran semen (*cement treated slurry*) yang terdiri atas pasir bergradasi medium, kandungan semen rendah, proporsi abu terbang yang tinggi dan air.
- Material galian (material yang digali untuk membentuk parit).

Segera setelah penempatan geomembran, parit vertikal tersebut di isi oleh campuran semen hingga 30 cm dari permukaan parit. Penimbunan di atas campuran semen tidak boleh dilakukan sebelum usia campuran mencapai 24 jam. Sisa kedalaman parit sebesar 30 cm ini kemudian ditimbun lagi dengan material galian yang telah diproses hingga memiliki kadar air optimum $\pm 2\%$. Timbunan ini dipadatkan sampai mencapai kepadatan maksimum 95% (SNI 03-2832-1992).

Apabila campuran semen tidak tersedia maka material galian dapat digunakan sebagai material pengisi keseluruhan parit. Material pengisi berupa pasir harus dihindarkan karena akan bisa menimbulkan kubangan air pada parit.



Gambar 3.4. Penempatan geomembran

(Sumber : Bina Marga JATENG, 2005)

3.6.4 Kondisi Instalasi

Geomembran tidak boleh dipasang pada saat kondisi cuaca, yang tidak memungkinkan dimana terjadi hujan lebat atau cuaca/udara yang sangat panas. Pemasangan geomembran termasuk penyambungan/penjahitan (*seaming*) harus dilakukan pada suhu antara 4⁰ C (104⁰ F). Instalasi juga tidak boleh dilakukan pada saat udara sangat lembab dan angin bertiup sangat kencang.

3.6.5 Sambungan (*seam*)

Sambungan berupa overlap harus setidaknya selebar 61 cm (24 inci). Geomembran yang terentang dari parit vertikal sampai tanah dasar harus juga di overlap minimum 61 cm (24 inci). Sambungan berupa jahitan tidak diperkenankan kecuali jika sambungan tersebut dilakukan di pabrik dan telah terbukti kedap air.

3.6.6 Penempatan dan Pematatan Agregat

Yang dimaksud agregat disini adalah material yang merupakan bagian dari lapisan perkerasan jalan. Material agregat ditempatkan dengan menuangkan agregat secara *back dumping* sedemikian rupa sehingga tidak merusak geomembran. Material agregat dengan ketebalan minimum 20 cm (8 inci) harus dihamparkan pada geomembran dalam arah yang konstan.

Lalu lintas maupun peralatan konstruksi tidak diperbolehkan melewati geomembran secara langsung, kecuali bila disetujui perekayasa atau dalam keadaan darurat. Semua peralatan tidak boleh dibiarkan berada di atas lokasi geomembran pada jangka waktu yang lama. Tumpukan agregat dapat dipergunakan untuk menahan geomembran pada tempatnya pada saat penghamparan.

Pembebanan tanah dasar yang berlebihan harus dihindari dengan menggunakan peralatan penghampar dan penuang (*dumping*) yang memberikan tekanan kecil pada tanah. Jika alur sedalam 5 cm (2 inci) atau lebih muncul pada

agregat, kontraktor harus menggunakan peralatan yang lebih ringan agar memberikan tekanan yang lebih kecil. Alur yang muncul selama penghamparan dan pemadatan agregat dapat dipertahankan. Peralatan konstruksi tidak diperbolehkan berputar atau berhenti tiba-tiba diatas agregat yang berada diatas geomembran. Lapis agregat harus dipadatkan hingga kepadatannya tidak kurang dari 95 % dari kepadatan maksimum.

Material dasar agregat tidak boleh dicampur atau diproses diatas geomembran. Agregat harus dicampur pada areal penimbunan atau lokasi lain sebagaimana disetujui perekayasa. Kontaminasi dan pemisahan agregat sebelum atau selama penempatan harus diminimalisasi.

Setiap kerusakan yang terjadi selama penempatan agregat perlu segera diperbaiki. Agregat harus dipindahkan dari areal yang rusak agar dapat dilakukan penambalan geomembran dengan cara menutup area yang rusak 91 cm (3 feet) lebih pada semua sisi, dilanjutkan dengan penempatan kembali agregat.

3.7 Keuntungan Penggunaan Geomembran

Penggunaan geomembran sebagai bahan pemisah (*separator*) antara material timbunan yang baik dengan tanah dasar yang jelek akan memberikan banyak keuntungan dibandingkan tanpa menggunakan geomembran atau dengan metoda konvensional. Sebelum ditemukan geomembran, sebagai bahan pemisah menggunakan anyaman bambu. Karena bambu merupakan bahan yang mudah lapuk dan pori-pori anyaman tidak teratur maka hasil yang dicapai tidak maksimum. Hal ini sangat berbeda jika dibandingkan penggunaan geomembran.

3.8. 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, lapisan urugan mula-mula dengan ketebalan rencana yang cukup di atas tanah dasar yang lemah dengan geomembran sangat 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 geomembran pada konstruksi perkerasan jalan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah metoda modifikasi *AASHTO* dan *Steward*.

3.8.1. Lalu Lintas Harian Rerata (LHR) (Sumber : Bina Marga)

Kerusakan perkerasan jalan raya pada umumnya disebabkan oleh terkumpulnya air di bagian perkerasan jalan, dan karena repetisi dari lintasan kendaraan. Oleh karena itu perlulah ditentukan berapa jumlah repetisi beban yang akan memakai jalan tersebut. Repetisi beban dinyatakan dalam lintasan sumbu standar, dikenal dengan nama lintas ekuivalen.

Lintas Ekuivalen dapat dibedakan atas :

- a. LEP (Lintas ekuivalen Permulaan)
- b. LEA (Lintas Ekuivalen Akhir)
- c. LET (Lintas Ekuivalen Tengah)

a : Faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan dari survey lalu lintas dilakukan sampai saat jalan tersebut dibuka.

n : Jumlah tahun dari saat diadakan pengamatan sampai jalan tersebut dibuka.

7. Lintas Ekivalen pada akhir umur rencana (LEA) diperoleh dari :

$$LEA = LEP \times (1 + i)^n \quad (3.5)$$

dimana :

LEP : Lintas Ekivalen Per nulaan

i : Faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana

n : Umur rencana jalan tersebut

8. Lintas Ekivalen Tengah (LET) :

$$LET = \frac{1}{2} \cdot (LEP + LEA) \quad (3.6)$$

9. Lintas Ekivalen Rencana (LER) :

$$LER = LET \times \frac{UR}{10} \quad (3.7)$$

3.8.2 Metode Modifikasi AASHTO (Sumber : PT Geomat Indonesia)

Ketebalan lapisan jalan dihitung berdasarkan AASTHO 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 geomembran dan dengan geomembran dapat dihitung

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

Ketebalan lapisan jalan tersebut diberikan dalam persamaan sebagai berikut

$$SN < a_i \cdot D_i \quad (3.8)$$

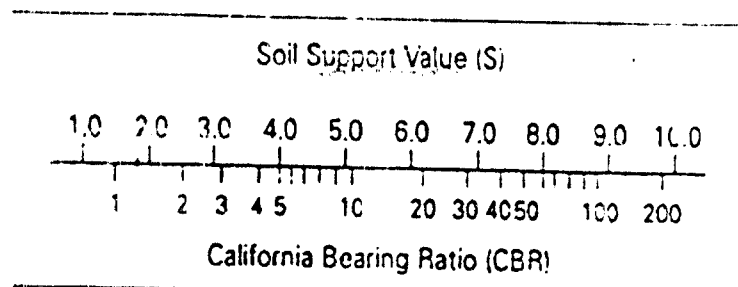
dimana :

SN : nomor struktural

a_1, a_2, \dots : koefisien lapisan material

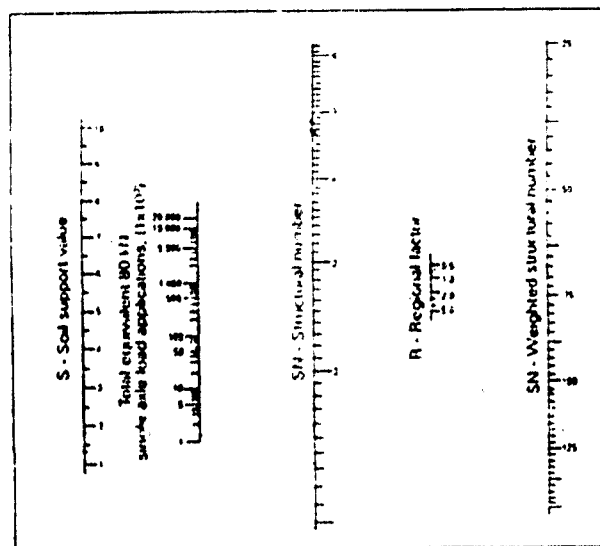
D_1, D_2, \dots : ketebalan masing-masing lapisan material (mm)

Nomor struktural (SN) yang dibutuhkan diatas 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 3.5** dan **3.6**



Gambar 3.5 Korrelasi antara CBR dan nilai daya dukung tanah

(Sumber : PT Geomat Indonesia)



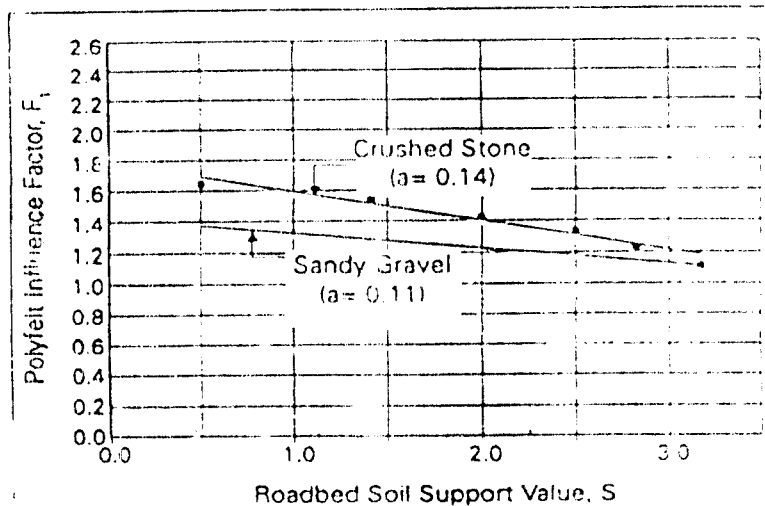
Gambar 3.6 Diagram perancangan SN untuk PT = 2,5

(volume lalu lintas tinggi), (Sumber : PT Geomat Indonesia)

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 dipakai pada struktural secara keseluruhan. Ketebalan agregat diatas tanah dasar tanpa geomembran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.8).

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 3.9. Koefisien tipikal lapisan material diberikan dalam Tabel 3.10 .

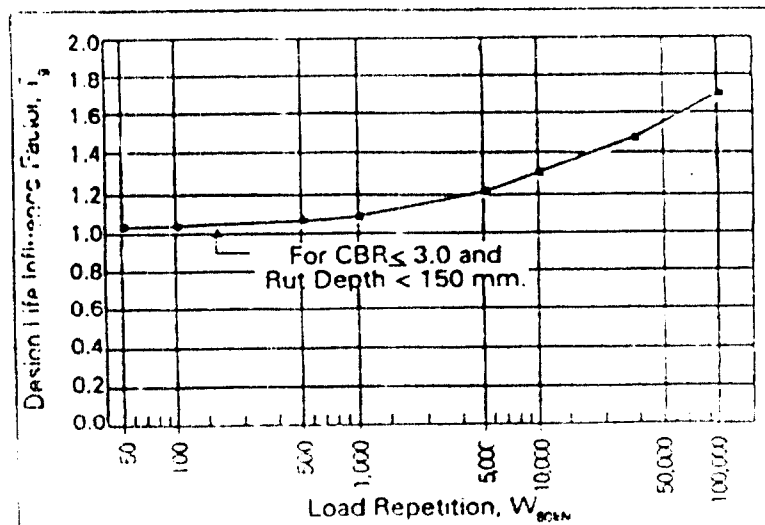
Pengaruh geomembran dalam daya dukung tanah dan umur rencana struktur jalan biasa, diberikan dalam Gambar 3.7 dan 3.8.



Gambar 3.7. Pengaruh polyfelt pada daya dukung tanah.

$$\text{Daya dukung tanah modifikasi, } S_g = F_1 \times S$$

(Sumber : PT Geomat Indonesia)



Gambar 3.8 Pengaruh polyefelt pada umur rencana jalan.

Beban berulang yang disesuaikan, $W_{80KN (g)} = W_{80KN}$

(Sumber : PT Geomat Indonesia)

Tabel 3.9 Faktor regional (R), (Sumber : PT Geomat Indonesia)

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

Tabel 3.10 Tipikal koefisien-koefisien lapisan material

(Sumber : PT Geomat Indonesia)

Material Layer	a_1
Asphalt surface course	0,44
Cruhed 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 ($W_{80 kn}$), nomor struktural modifikasi dapat diperoleh dengan cara yang sama dari **Gambar 3.7** atau **3.8**. Dengan menggunakan faktor regional dan koefisien material yang diberikan diatas, ketebalan dari jalan tanpa perkuatan geomembran dan dengan geomembran dapat dihitung.

Perhitungan tebal perkerasan tanpa menggunakan geomembran (metoda modifikasi AASHTO).

$$SN = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3 \quad (3.9)$$

dimana :

SN : nomor struktural

A_1, A_2, \dots : koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

D_1, D_2, \dots : ketebalan masing-masing lapisan perkerasan (mm)

3.8.3 Metoda Steward dkk, (1977) (Sumber : PT Geomat Indonesia)

Metoda 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.

Metoda ini mempertimbangkan jumlah bekas roda yang akan terjadi di bawah tekanan yang bekerja pada tanah dasar akibat beban lalu lintas, dengan dan tanpa separasi geomembran. Steward dkk memperkenalkan tekanan ini dalam hubungannya dengan faktor kapasitas dukung umum seperti yang diberikan dalam **Tabel 3.11**. Metoda ini dapat diaplikasikan untuk :

- Jumlah kendaraan yang lewat sampai dengan 1000
- Lapisan material tanpa kohesi yang dipadatkan sampai nilai CBR 80 %
- Kuat geser tanah dasar dengan nilai CBR < 3 %

3.9 Desain Bangunan Penahan

Beberapa metoda yang umum digunakan untuk mengatasi longsoran antara lain:

- Metoda geometris (dengan memperkecil sudut lereng atau mengurangi tinggi lereng)
- Soil anchor
- Bangunan penahan
- Beban kontra
- Grouting

Dengan mempertimbangkan efektifitas, biaya, pelaksanaan dan tersedianya lahan proyek jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari menggunakan bangunan penahan untuk meningkatkan kemantapan lereng timbunan yang ada. Dua tipe bangunan penahan yang dipilih yaitu Gravity wall (pasangan batu) untuk tinggi lereng kurang dari 2,5 m dan tiang pancang untuk tinggi lereng yang lebih dari 2,5 m.

Parameter yang digunakan untuk mendesain bangunan penahan dapat dilihat pada Tabel 3.12 di bawah ini.

Tabel 3.12 : Parameter bangunan penahan

(Sumber : Laporan perencanaan peningkatan jalan)

No	Pekerjaan	Parameter
1	Faktor keamanan	
	- Geser lateral	1,5
	- Kedalaman tiang	2,0
	- Guling	2,0
	- Longsoran	1,4
2	Galian parit / pekerjaan sementara	$C_u = 11 \text{ Kn/m}^2$
3	Bangunan penahan	
	- Jangka panjang	$C_u = 11 \text{ Kn/m}^2, \phi = 12^\circ$
	- Jangka pendek	$C_u = 20 \text{ Kn/m}^2, \phi = 0^\circ$
4	Urugan tanah (granular)	$C_u = 0 \text{ Kn/m}^2, \phi = 30^\circ$
5	Kemantapan lereng	$C_u = 11 \text{ Kn/m}^2, \phi = 12^\circ$

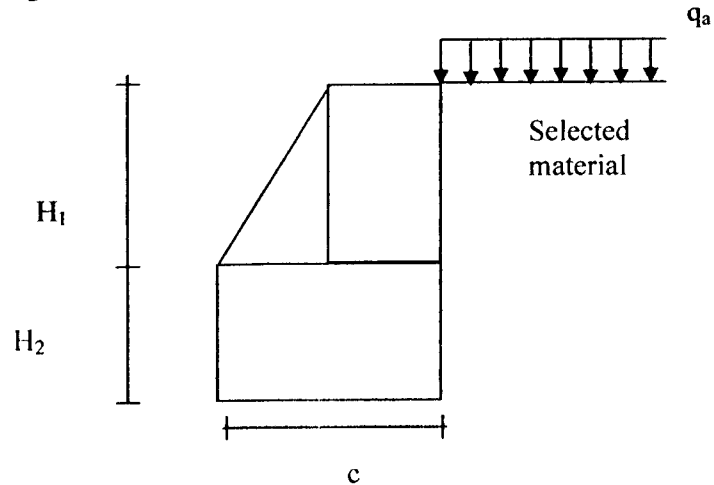
**3.9.1 Konstruksi *Retaining Wall* (pasangan batu kali dan beton bertulang),
(Sumber : Laporan perencanaan peningkatan jalan).**

Untuk menangani permasalahan longsor yang terjadi, mengingat kondisi lapangan dan jenis tanah yang ada maka struktur gravity ditambah struktur mini pile (beton). Mini pile berfungsi sebagai penambah tahanan lateral dan daya dukung tanah karena struktur ini terdiri atas tanah ekspansif yang mempunyai daya dukung dan daya tahanan sliding yang sangat rendah jika ada rembesan air/pembasahan. Ketentuan dan asumsi yang diambil dalam analisis dan desain struktur *gravity wall* ini sesuai dengan ketentuan :

- Berat jenis pasangan batu kali = $2,20 \text{ T/m}^3$
- Berat jenis beton bertulang = $2,50 \text{ T/m}^3$
- Beban lalu lintas dan perkerasan diasumsikan diganti oleh tinggi timbunan ekivalensi setinggi 0,6 m
- Harga c tanah asli = $1,1 \text{ T/m}^2$
- Harga ϕ tanah asli = 12°
- Harga c tanah timbunan (fill) = 0 T/m^2 (selected material)
- Harga ϕ tanah timbunan (fill) = 30°
- Berat jenis γ_t timbunan (fill) = $1,7 \text{ T/m}^3$
- Berat jenis γ_t tanah asli = $1,65 \text{ T/m}^3$
- Sudut δ dan ϵ dianggap = 0°



Secara umum tipikal struktur gravity wall yang dipakai untuk proyek jalan Semarang-Godong adalah sebagai berikut :



Gambar 3.10 Tipikal stuktur gabion

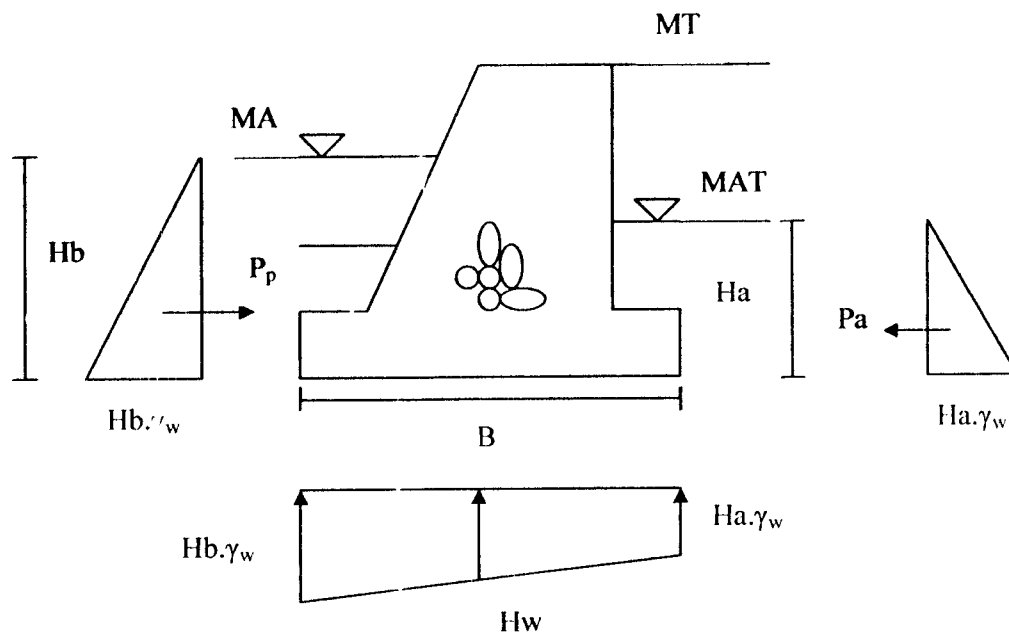
(Sumber : Laporan perencanaan peningkatan jalan)

Ada 4 tipikal gravity wall yaitu : $H = 1,50 \text{ m}$; $2,0 \text{ m}$; $2,50 \text{ m}$; $3,0 \text{ m}$;; dari analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa bilamana tanah ekspansif masih tetap digunakan maka *gravity wall* tidak aman terhadap eksentrisitas (e), guling dan geser, untuk hal tersebut maka semua tanah didepan konstruksi *gravity wall* harus diganti dengan tanah granular (selected material).

Analisa gravity wall dilakukan dengan metoda manual keseimbangan batas sesuai dengan teori yang diterangkan diatas juga menggunakan elemen hingga untuk menghitung stabilitas lereng (*overall stability*).Tipikal struktur *gravity wall* ditentukan berdasarkan ketinggian timbunan dan digunakan pada kondisi tidak ada pilihan untuk melebarkan badan jalan, seperti : terbatasnya lahan adanya saluran drainase atau oprit jembatan yang tidak dapat dihindari.

A. Tekanan tanah lateral dinding penahan tanah

1. Akibat air



Gambar 3.11 : Dinding penahan tanah akibat air

Dimana :

P : Lebar dinding penahan tanah

H_a : Tinggi muka air tanah di sisi dalam dinding

H_b : Tinggi muka air tanah di sisi luar dinding

γ_w : Berat volume / jenis air = 1 Ton/m^3

K_a : Koefisien tekanan tanah aktif

$$: Tg^2 (45^\circ - \varphi/2) \quad (3.12)$$

K_p : Koefisien tekanan tanah pasif

$$: Tg^2 (45^\circ + \varphi/2) \quad (3.13)$$

φ : Sudut geser dalam tanah

P_a : Tekanan tanah aktif akibat air dalam tanah

$$: 0,5 \cdot H_a^2 \cdot \gamma_w \quad (3.14)$$

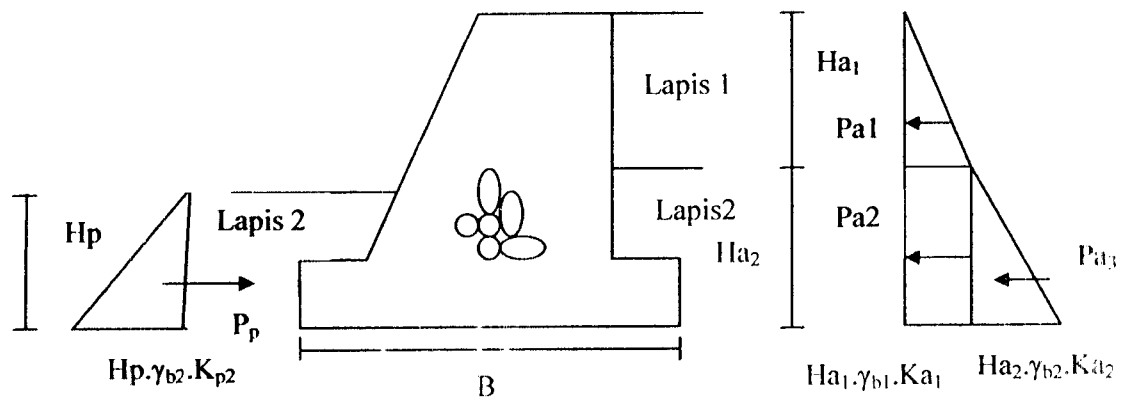
P_p : Tekanan tanah pasif akibat air

$$: 0,5.H_p^2.\gamma_w \quad (3.15)$$

H_w : Tekanan hidrostatik dibawah alas dinding

$$: \frac{(H_a + H_p).\gamma_w B}{2} \quad (3.16)$$

2. Akibat tanah



Gambar 3.12 : Dinding penahan tanah akibat tanah

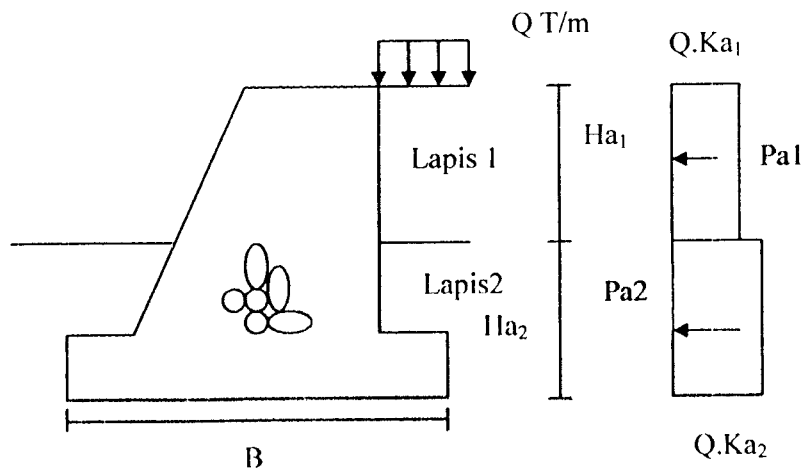
$$P_{a1} : 0,5.H_{a1}^2.\gamma_{b1}.K_{a1} \quad (3.17)$$

$$P_{a2} : (H_{a1}.\gamma_{b1}.K_{a1}).H_{a2} \quad (3.18)$$

$$P_{a3} : 0,5.H_{a2}^2.\gamma_{b2}.K_{a2} \quad (3.19)$$

$$P_p : 0,5.H_p^2.\gamma_{b2}.K_{p2} \quad (3.20)$$

3. Akibat beban terbagi rata



Gambar 3.13 : Dinding penahan tanah akibat beban terbagi rata

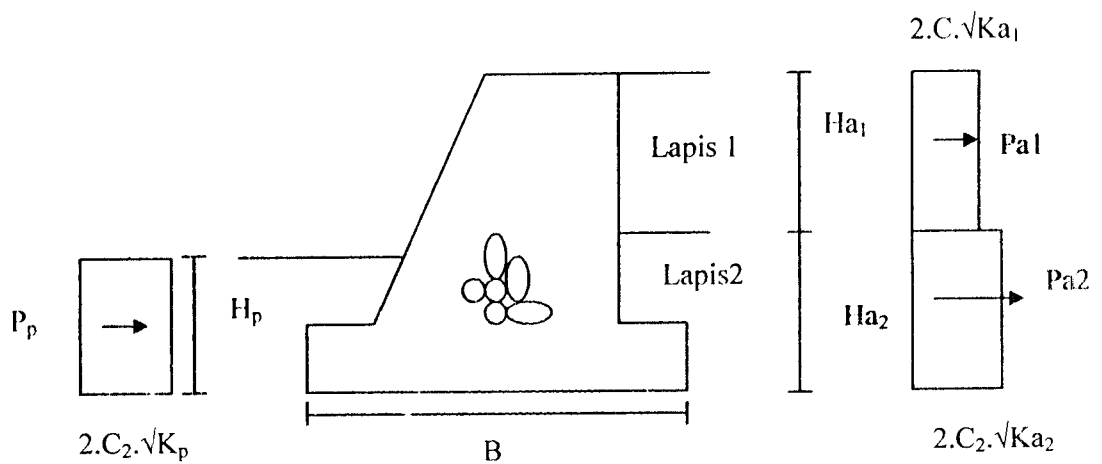
$$Pa_1 : Q.Ha_1.Ka_1 \tag{3.21}$$

$$Pa_2 : Q.Ha_2.Ka_2 \tag{3.22}$$

Tanah lapis 1 dengan data : $C_1, \varphi_1, Ka_1, Ha_1$

Tanah lapis 2 dengan data : $C_2, \varphi_2, Ka_2, Ha_2$

4. Akibat kohesi tanah



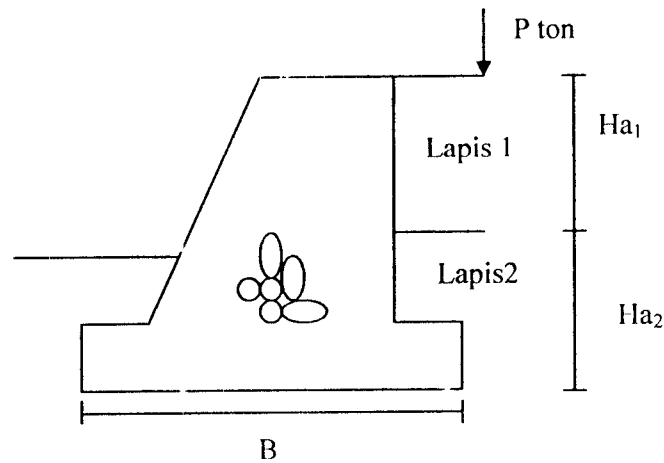
Gambar 3.14 : Dinding penahan tanah akibat kohesi

$$Pa_1 : 2.C_1.Ha_1.\sqrt{Ka_1} \quad (3.23)$$

$$Pa_2 : 2.C_2.Ha_2.\sqrt{Ka_2} \quad (3.24)$$

$$Pp : 2.C_2.Hp.\sqrt{Kp} \quad (3.25)$$

5. Akibat beban titik, garis



Gambar 3.15 : Dinding penahan tanah akibat titik

Kondisi 1 : $m \leq 0,4$

$$\sigma_c = \frac{0,28.Q.n^2}{H^2(0,16+n^2)^3} \quad (3.26)$$

Kondisi 1 : $m > 0,4$

$$c_c = \frac{1,77.Q.n^2.m^2}{H^2.(m^2+n^2)^3} \quad (3.27)$$

B. Stabilitas dinding penahan tanah

1. Stabilitas eksternal

Merupakan stabilitas antara dinding dengan tanah :

a. Guling

$$SF : \frac{\sum Mp}{\sum Ma} \geq 1,5 - 2,0 \quad (3.28)$$

b. Geser

Ada 4 rumus yang digunakan :

$$a. SF : \frac{A.2/3.C + Pb}{Pa} \geq 2 \quad (3.29)$$

$$b. SF : \frac{(W1 + W2).Tg\phi'}{Pa} \geq 1,50 \quad (3.30)$$

$$c. SF : \frac{A.2/3C + \sum W.Tg\phi' + Pp}{Pa} \geq 1,50 \quad (3.31)$$

$$d. SF : \frac{(W1 + W2 - Hw).Tg\phi'}{Pa} \geq 1,50 \quad (3.32)$$

dimana :

A : luas alas : b. l m²

C : Kohesi tanah dimana alas pondasi terletak (T/m²)

ϕ : Sudut geser dalam tanah (..⁰)

$$\phi' : 2/3. \Phi \quad (3.33)$$

Keterangan :

a. rumus pertama dipakai jika alas pondasi terletak pada tanah lempung, SF \geq 1,50-2,00

b. rumus kedua dipakai jika alas pondasi terletak pada tanah pasir.

c. rumus ketiga dipakai jika alas pondasi terletak pada tanah lempung campur pasir (ada C dan ϕ)

d. rumus keempat dipakai jika konstruksi tergenang air terletak pada tanah pasir.

c. Daya dukung tanah

$$e \leq \frac{1}{6} b \quad (3.34)$$

$$e = x - \frac{b}{2} \quad (3.35)$$

$$X = \frac{\sum M_{total}}{\sum W_{total}} \quad (3.36)$$

$$\sigma_{maks} = \frac{W}{b \cdot l} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{b}\right) < \sigma_{ijin} \quad (3.37)$$

$$\sigma_{min} = \frac{W}{b \cdot l} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{b}\right) > 0 \quad (3.38)$$

2. Stabilitas internal

Merupakan stabilitas didalam dinding, pada badan dan ekor dinding .

- A. tinjauan terhadap pengaruh desak,
- B. tinjauan terhadap pengaruh geser,
- C. tinjauan terhadap patahnya kaki/tumit belakang/depan.

3.10 Perkuatan Tanah

Perkuatan tanah yang digunakan pada proyek peningkatan jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari, Grobogan-JATENG menggunakan konstruksi tiang pancang. Konstruksi tiang pancang dipasang pada 2 tinggi timbunan.

1. Tinggi timbunan < 2,5 m, tiang pancang dipasang dibawah dinding penahan tanah,
2. Tinggi timbunan > 2,5 m, konstruksi menggunakan tiang pancang.

Untuk ketinggian timbunan lebih dari 2,5 meter penggunaan gravity wall tidak efektif lagi. Ketidak efektifan ini ditunjukkan oleh terlalu lebarnya pondasi dibanding dengan kondisi tanah yang tersedia sangat terbatas. Tiang pancang yang dipakai adalah pondasi tiang beton.

Berdasarkan pekerjaannya pondasi tiang beton dibedakan menjadi 2 :

a. Tiang beton pracetak (*precast concret pile*)

Tiang jenis ini dibentuk di tempat pengecoran tertentu atau di pabrik dan kemudian dibawa ke lokasi proyek. Penampang dari tiang beton pracetak biasanya berbentuk bulat atau prisma. Pada saat pemancangan tiang beton pracetak ke dalam tanah akan menimbulkan getaran yang sangat kuat yang menyebabkan deformasi pada lapisan tanah sekitarnya.

b. Tiang beton cetak di tempat (*cast in place pile*)

Tiang beton ini dicetak langsung di tempat dengan terlebih dahulu membuat lubang di dalam tanah, diisi dengan tulangan kemudian dicor beton. Untuk menghindari keruntuhan tanah pada lubang bor biasanya dipakai casing. Pengeboran harus dilaksanakan dengan seksama guna menghindari pengisian beton yang tidak merata dan berakibat mempengaruhi kapasitas daya dukungnya.

3.10.1 Kekuatan Pondasi Tiang

Kekuatan pondasi tiang didasarkan pada PPBI (1987). Menurut PPBI (1987) batang tekan digolongkan menjadi 3 yaitu :

- a. kolom pendek,
- b. kolom sedang,
- c. kolom langsung.

Angka kelangsingan kolom dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{L.K}{i} \quad (3.39)$$

$$A = s^2 \quad (3.40)$$

$$t = \frac{A}{l} \quad (3.41)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot t^3 \quad (3.42)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (3.43)$$

dimana :

L : panjang tiang (m)

K : faktor panjang tekuk,

i : momen inersia (m),

A : luas tiang (m²),

t : tebal sheet pile (m),

I : kekakuan tiang (m⁴)

Sedangkan angka kelangsingan batas kolom (λ_s) adalah :

$$\lambda_g = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,70 \cdot f'c}} \quad (3.44)$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g} \quad (3.45)$$

dimana :

π : 3,14

E : modulus elastis tiang (T/m²)

f'c : mutu beton (T/m²)

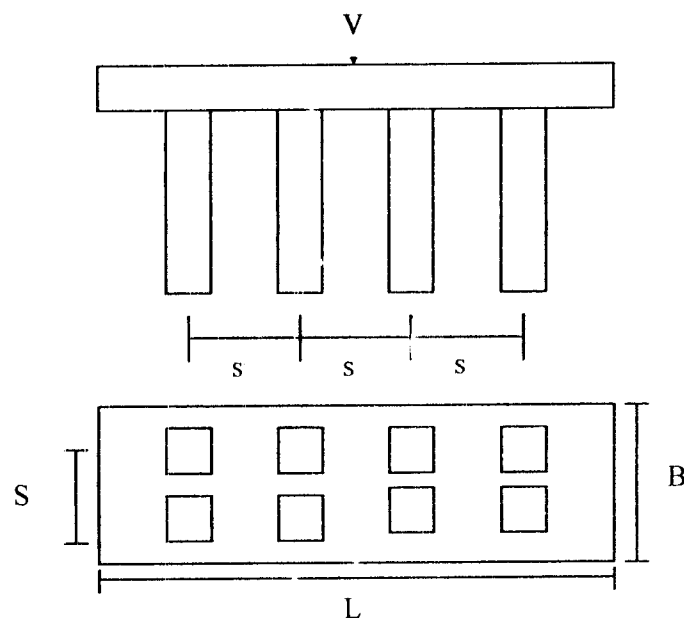
Untuk menentukan jenis kolom berdasarkan kelangsingan kolom (λ_s) dan factor tekuk kolom (K), yaitu :

- a. kolom pendek: $K=1 \rightarrow \lambda_s \leq 0,183$
- b. kolom sedang: $0,183 < \lambda_s < 1,00$
- c. kolom langsing : $\lambda_s \geq 1,00$

3.10.2 Distribusi Tekanan Pada Kelompok Tiang Pancang

Konsep perencanaan stabilitas pondasi tiang dilakukan dengan cara menganalisis besarnya gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tiang baik dalam arah vertikal maupun horizontal. Dalam hal ini secara garis besar analisis tegangan/beban dilakukan dengan cara membandingkan antara besarnya tegangan yang terjadi oleh satu buah tiang dengan daya dukung tiang individu. Untuk menghitung besarnya tekanan yang terjadi pada kelompok tiang dapat dijelaskan sebagai berikut .

1. Beban normal sentris



Gambar 3.16 : Beban normal sentries

Beban yang diterima oleh tiap-tiap tiang adalah :

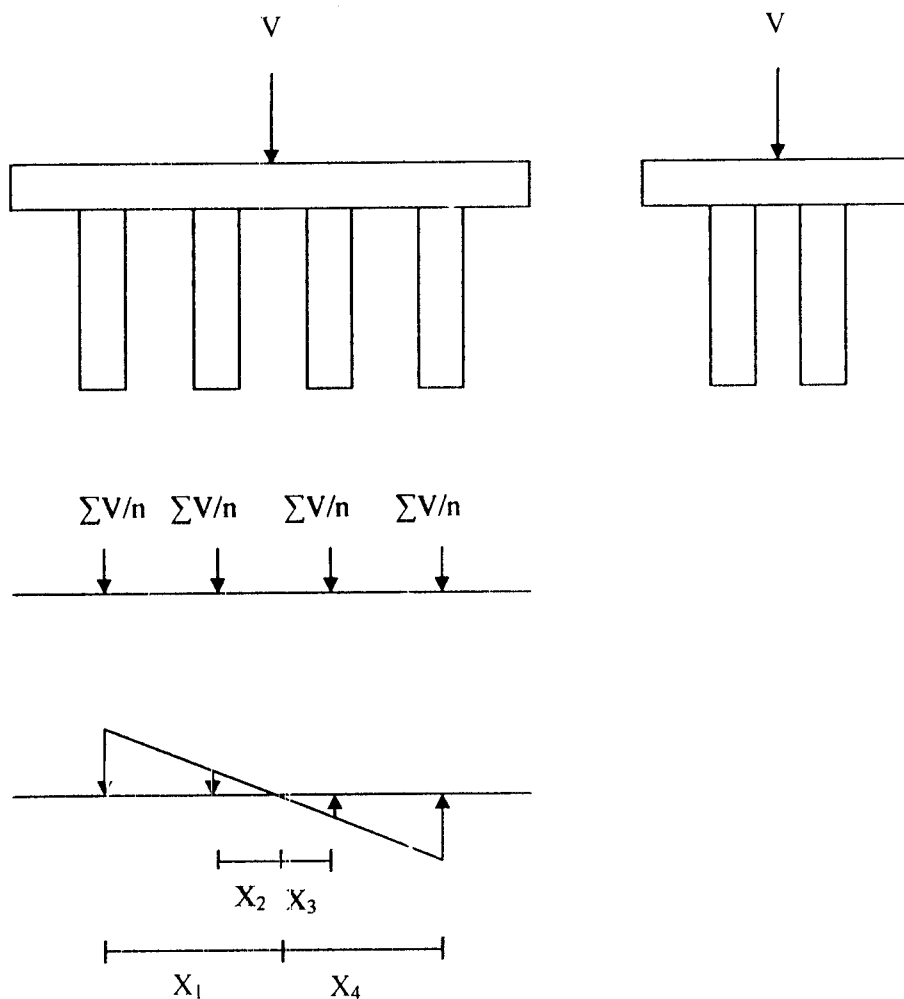
$$N = \frac{\sum V}{n} \quad (3.46)$$

dimana :

$\sum V$: resultan gaya-gaya normal yang bekerja sentris (Ton)

n : banyaknya tiang pancang

2. Beban normal sentris dan momen



Gambar 3.17 : Beban normal sentris dan momen

$$M_y = P_1 \cdot X_1 + P_2 \cdot X_2 + P_3 \cdot X_3 + P_4 \cdot X_4 \quad (3.47)$$

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\max}}{n y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{n x \cdot \sum y^2} \quad (3.48)$$

dimana :

P_{max} : beban maksimum yang diterima oleh tiap tiang (Ton)

$\sum V$: jumlah total beban normal (Ton)

n : banyaknya tiang pancang

X_{max} : jarak terjauh tiang ke pusat kelompok tiang arah x (m)

Y_{max} : jarak terjauh tiang ke pusat kelompok tiang arah y (m)

$M_{x,y}$: momen yang bekerja pada kelompok tiang (Tm)

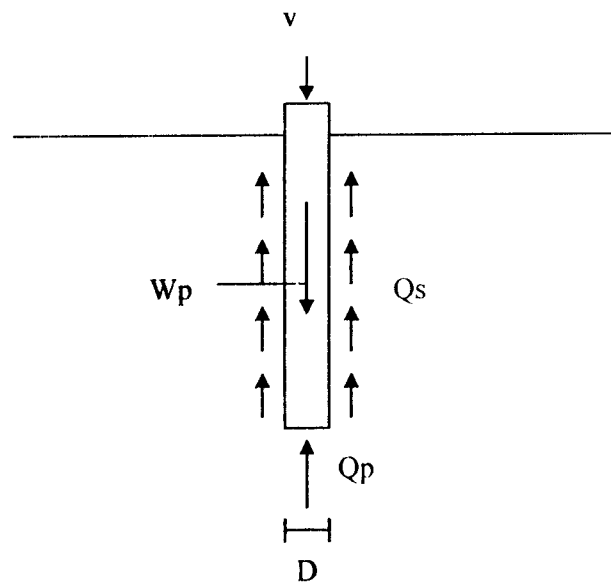
N_x, n_y : banyaknya tiang dalam satu baris dalam arah sumbu x,y

$\sum X^2$: jumlah kwadrat jarak tiang-tiang ke pusat berat kelompok tiang (m)

3.10.3 Kapasitas Dukung Tiang

Daya dukung tiang terdiri dari daya dukung ujung tiang (Q_p) dan daya dukung selimut tiang (Q_s). Penentuan daya dukung pondasi tiang menggunakan metoda statik.

3.10.3.1. Tiang Tunggal



Gambar 3.18 : Mekanisme pengalihan beban pada tanah

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s - W_p \quad (3.49)$$

➤ **Tanah Lempung**

1. Tahanan ujung (Q_p)

$$\begin{aligned} Q_p &= A_p \cdot q_p \\ &= A_p \cdot (c \cdot N_c + q \cdot N_q) \end{aligned} \quad (3.50)$$

$$\Phi = 0 \rightarrow Q_p = A_p \cdot 9 \cdot C_u \quad (3.51)$$

2. Tahanan gesek (Q_s)

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f_s \quad (3.52)$$

• **Metoda Alpha (α) : Thomlinson**

$$f_s = \alpha \cdot C_u = \alpha \cdot S_u \quad (3.53)$$

dimana :

α : konstanta (faktor adhesi)

C_u : kohesi pada undrained (T/m^2)

S_u : undrained strength

• **Metoda Lambda (λ)**

$$F_{s_{average}} = \lambda \cdot (\sigma_{average} + 2 \cdot C_{u_{average}}) \quad (3.54)$$

• **Metoda Betha (β)**

$$F_{s_{average}} = \beta \cdot \sigma \quad (3.55)$$

➤ **Tanah Pasir**

1. Tahanan ujung (Q_p)

$$\begin{aligned} C = 0 \rightarrow Q_p &= A_p \cdot q_p \\ &= A_p \cdot q \cdot N_q \\ &= A_p \cdot 5 \cdot \text{tg} \Phi \cdot N_q \end{aligned} \quad (3.56)$$

2. Tahanan gesek (Qs)

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \sum p \cdot \Delta L \cdot f_s \\
 &= \sum p \cdot \Delta L \cdot K \cdot \sigma_v \cdot \tan \delta
 \end{aligned}
 \tag{3.57}$$

dimana :

Qult : daya dukung ultimit (Ton),

Qp : tahanan ujung (*end bearing*) pada tanah lempung (Ton),

Qs : tahanan gesek (*friction resistance*) pada tanah pasir (Ton),

Wp : berat tiang (Ton),

Cu : undrained cohesion (T/m²),

σ_v : tegangan efektif vertikal tanah

δ : sudut gesek permukaan

$$K_o = 1 - \sin \phi \tag{3.58}$$

Tabel 3.13 : Koefisien tekanan tanah (K)

Displacement	Koefisien tekanan tanah
Besar	(1 s/d 2).K _o
Kecil	(0,75 s/d 1,75).K _o
Bored pile	(0,75-1)K _o

Tabel 3.14 : Sudut gesek permukaan (δ)

Bahan tiang	Sudut gesek permukaan
Beton	(0,80-1). ϕ
Kayu	2/3 ϕ
Baja	(0,50-0,090). ϕ
Cor tempat	ϕ

3.10.3.2 Tiang Kelompok

Dalam menentukan kapasitas dukung kelompok tiang tidak cukup hanya dengan meninjau kapasitas dukung satu tiang yang berdiri sendiri (*single pile*) dikalikan dengan banyaknya tiang dalam kelompok tiang tersebut, sebab kapasitas dukung kelompok tiang (*pile group*) belum tentu sama dengan kapasitas dukung satu tiang (*single pile*) dikalikan dengan jumlah tiang.

Seperti halnya pada tiang pancang yang berdiri sendiri (*single pile*), maka tiang pancang dalam kelompok (*pile group*) menurut cara pemindahan beban ke tanah dapat di bagi dalam 2 bagian :

a. Kelompok tiang yang terdiri dari “*point bearing pile*”

Tiang-tiang pancang dalam kelompok ini dipancang sampai mencapai tanah keras sehingga perhitungan kapasitas dukung tiang ini berdasarkan pada tahanan ujung (*end bearing*).

Dalam hal seperti ini maka kemampuan tiang kelompok tiang adalah sama dengan kemampuan tiang yang berdiri sendiri dikalikan dengan banyaknya tiang.

$$Q_{pg} = n \cdot Q_s \quad (3.59)$$

dimana :

Q_{pg} : kapasitas dukung kelompok tiang (*pile group*) (Ton),

Q_s : kapasitas dukung tiang yang berdiri sendiri (Ton)

n : banyaknya tiang pancang.

b. Kelompok tiang yang terdiri dari “*friction pile*”

Tiang-tiang pancang dalam kelompok ini tidak dipancang sampai mencapai tanah keras oleh karena lapisan tanah keras letaknya terlalu dalam sehingga pemancangan tiang sampai lapisan tanah keras tersebut tidak mungkin atau sukar pelaksanaannya. Jika kelompok tiang pancang ini dipancang dalam lapisan lempung

atau lanau yang aman kemungkinan harga konusnya = 0, maka kapasitas dukung kelompok tiang pancang dihitung berdasarkan *cleef* dan *konus*. Dalam hal ini ada kemungkinan terjadi keruntuhan secara keseluruhan termasuk diantara tiang-tiang tersebut yang mana harus ditinjau dalam memperhitungkan kapasitas dukung tiang. Untuk menghitung kapasitas dukung kelompok tiang (*pile group*) berdasarkan *cleef* dan *konus* digunakan perumusan sebagai berikut :

1. Tekanan maksimum yang dapat ditahan pada dasar kelompok tiang,
2. Perlawanan geser (*shear resistance*) pada permukaan luar keliling kelompok tiang tersebut.

Kapasitas dukung keseimbangan :

$$Q_t = c \cdot N_c \cdot A + 2 \cdot (B + Y) \cdot l \cdot c \quad (3.60)$$

Kapasitas dukung kelompok tiang yang diijinkan :

$$Q_{pg} = \frac{Q_t}{n} = \frac{1}{n} \{c \cdot N_c \cdot A + 2 \cdot (B + Y) \cdot l \cdot c\} \quad (3.61)$$

dimana :

Q_{pg} : kapasitas dukung yang diijinkan pada kelompok tiang (Ton)

Q_t : kapasitas dukung keseimbangan pada kelompok tiang (Ton)

n : faktor keamanan

C : kekuatan geser tanah (T/m^2)

N_c : faktor kapasitas dukung yang dapat diperoleh dari grafik menurut Skempton

A : luas kelompok tiang $B \times L$ (m^2)

B : lebar kelompok tiang pancang (m)

L : panjang kelompok tiang pancang (m)

l : kedalaman tiang pancang (m)

B. Kemudian dihitung penurunan untuk tiap-tiap lapisan dengan cara sebagai berikut :

Dihitung P_0 dan p potongan masing-masing lapisan.

dimana :

P_0 : tegangan tanah semula sebelum ada bangunan

p : penambahan tegangan setelah ada bangunan

$$P_{oz} = \gamma_1 \cdot h_n + \gamma_2 \cdot (h_m - h_n) \text{ kg/cm}^2 \quad (3.62)$$

$$q = \frac{Pt}{B \cdot L} \quad (3.63)$$

dimana :

B : lebar kelompok tiang (m)

L : panjang kelompok tiang (m)

$$\Delta p = \frac{(B \times L) \cdot q}{(B + 1/2 \text{htg} 30^\circ) \cdot (L + 1/2 \text{htg} 30^\circ)} \text{ T/m}^2 \quad (3.64)$$

$$\text{Tegangan tanah setelah bangunan selesai : } P_1 = P_0 + \Delta p \quad (3.65)$$

$$\text{Penurunan lapisan dapat dihitung : } S = \frac{\Delta h}{h} \cdot H \quad (3.66)$$

dimana :

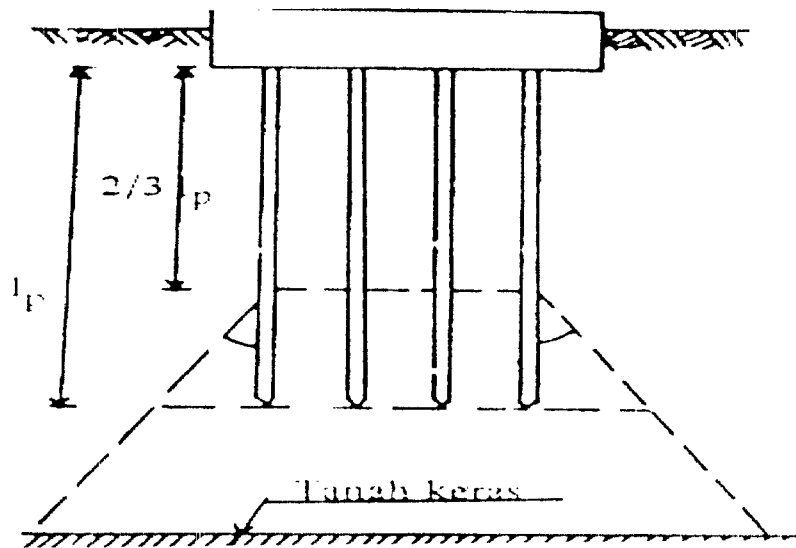
S : settlement (m)

Δh : penurunan (m)

h : tebal tanah untuk percobaan konsolidasi (m)

H : tebal lapisan yang ditinjau (m)

3.10.4.2. Penurunan Pada Tahanan Geser Tiang



Gambar 3.20 : Penurunan pada tahanan geser tiang

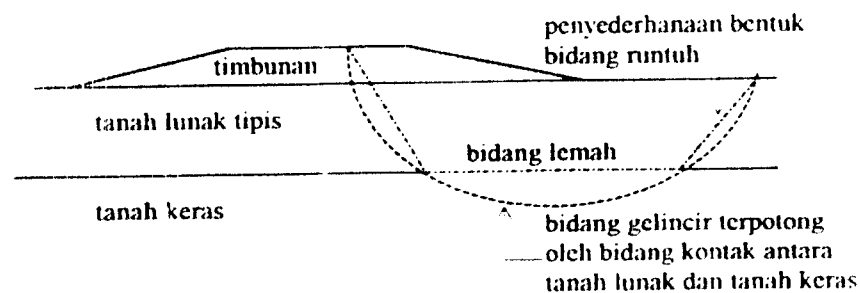
Untuk kelompok tiang pancang yang kapasitas dukungnya didasarkan atas geseran antara tiang dengan tanah (*friction pile*) perlu diadakan perhitungan *settlement*. Tegangan pada tanah akibat berat bangunan dan muatannya dapat diperhitungkan merata pada kedalaman $2/3 L_p$ (panjang tiang pancang) dan disebarakan dengan sudut penyebaran 30° .

3.11. Stabilitas Lereng Pada Tanah Timbunan

Apabila kedalaman tanah lunak dibawah timbunan adalah dangkal dibandingkan dengan lebar timbunan, maka model bidang longsor tidak menyerupai bentuk-bentuk umum seperti bentuk lingkaran, tetapi :

- Tanah lunak di bawah lereng timbunan tergelincir dengan bidang gelincirnya adalah bidang kontak antara tanah lunak dan tanah keras dibawahnya.
- Tanah lunak di bawah timbunan mendorong kearah horizontal.

Untuk mengatasi hal tersebut, umumnya dilakukan cara menggali/memindahkan tanah lunak tersebut, dan menggantikannya dengan tanah timbunan yang baik. Cara ini kadang-kadang memberikan suatu penyelesaian lebih baik, biaya murah, apalagi muka air tanah cukup dalam. Jika muka air tanah dangkal, dan bahkan lebih tinggi dari muka tanah setempat, penyelesaian dengan cara ini menjadi lebih sulit. Dalam kondisi seperti ini, pemanfaatan bahan geosintetik memberikan salah satu alternatif terbaik. **Gambar 3.21** memperlihatkan mekanisme keruntuhan yang terjadi pada timbunan di atas lapisan tanah lunak tipis.



Gambar 3.21 Mekanisme keruntuhan yang terjadi pada timbunan diatas lapisan tanah lunak tipis (Sumber : Kabul Basah, 2000)

Dalam analisa perkuatan tanah timbunan dibedakan sesuai dengan tebal lapisan tanah lunak yaitu

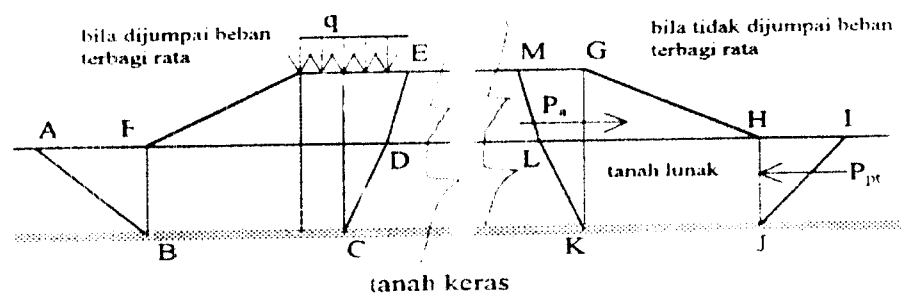
- Analisis perkuatan tanah timbunan di atas lapisan tanah lunak dengan ketebalan tipis,
- Analisis perkuatan tanah timbunan di atas lapisan tanah lunak dengan ketebalan tebal.

3.11.1 Analisis Perkuatan Tanah Timbunan di Atas Lapisan Tanah Lunak Tipis

Untuk melakukan analisis perkuatan tanah timbunan di atas lapisan tanah lunak tipis, perlu ditinjau mekanisme kelongsoran yang terjadi.

a. Analisis timbunan di atas lapisan tanah lunak tipis

Dalam analisis ini diambil lebar 1 m tegak lurus bidang gambar. Keruntuhan yang terjadi akan membentuk suatu bidang longsor dengan bentuk lingkaran yang terpotong oleh lapisan tanah keras. Di bagian ini bidang longsor akan berada pada bidang kontak antar tanah lunak dan lapisan tanah keras. **Gambar 3.22** memperlihatkan mekanisme kelongsoran yang terjadi pada timbunan di atas tanah lunak dengan ketebalan tipis tanpa memanfaatkan perkuatan tanah.



Gambar 3.22 : Bentuk bidang longsor tanpa, dan dengan beban terbagi merata di puncak timbunan, tanpa perkuatan tanah

(Sumber : Kabul Basah, 2000)

Dalam analisis umumnya dicari besarnya angka aman (SF) yang diperoleh, berupa rasio antara gaya yang melawan terjadinya bidang longsor (P_p), dan gaya yang mendorong terjadinya kelongsoran (P_a), dan dapat ditulis :

$$SF = \frac{P_p}{P_a} = \frac{P_{pt} + (\tau_B \cdot A)}{P_a} \quad (3.67)$$

dimana :

SF : faktor aman

P_p : total gaya yang melawan (Ton)

P_A : total gaya yang mendorong (Ton)

P_{pt} : gaya pasif pada lapisan tanah lunak (Ton)

P_a : gaya aktif yang terjadi pada tanah lunak dan timbunan tanah (Ton)

τ_B : tegangan geser antara tanah lunak dan tanah keras (T/m^2)

A : luas tampang pada bidang geser antara tanah lunak dan tanah keras (m^2)

b. Analisis timbunan di atas lapisan tanah lunak tipis dengan perkuatan

Tiga tinjauan diperlukan di dalam analisis timbunan di atas lapisan tanah lunak tipis dengan perkuatan, yaitu :

- bidang gelincir memotong perkuatan timbunan,
- bidang gelincir terjadi di atas perkuatan,
- perkembangan tekanan horizontal dalam lapisan tanah lunak akibat tanah timbunan.

1) Bidang gelincir memotong perkuatan

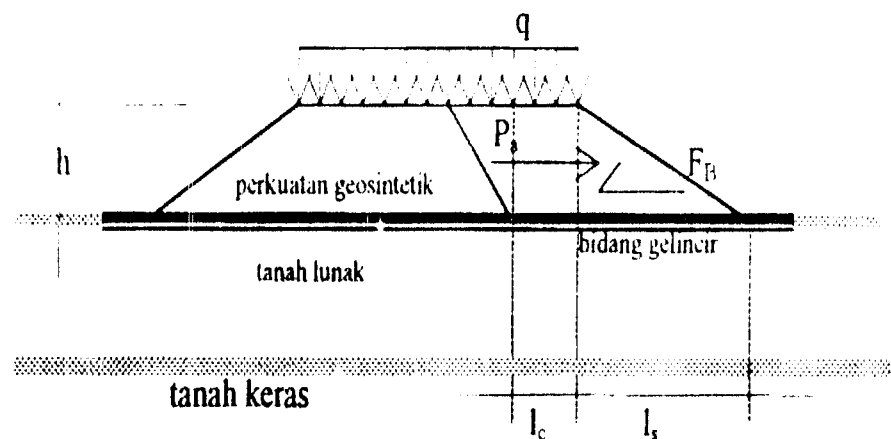
Bidang gelincir memotong perkuatan seperti halnya pada tinjauan analisis timbunan di atas lapisan tanah lunak tipis. Pada tinjauan ini diambil 1 m tegak lurus bidang gambar. **Gambar 3.23** memperlihatkan mekanisme keruntuhan dari timbunan tanah dengan perkuatan di atas lapisan tanah lunak tipis dengan bidang gelincir memotong perkuatan tanah.

σ_v : tegangan vertikal rerata di daerah runtuh sepanjang l_s (Kn/m^2)

ϕ : sudut gesek internal tanah lunak ($^\circ$)

2) Bidang gelincir terjadi di atas bahan perkuatan

Keruntuhan dapat terjadi pada timbunan itu sendiri, sehingga bidang gelincir terjadi di atas perkuatan. Hal ini dapat dimungkinkan apabila tegangan geser yang terjadi antara tanah timbunan dan perkuatan melebihi tegangan geser ijin antara kedua bahan tersebut (Garbukwski, 1990). Mekanisme keruntuhan ini dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 3.24 Mekanisme keruntuhan timbunan terjadi di atas perkuatan

(Sumber : Kabul Basah, 2000)

Tipe bahan perkuatan dapat berupa lembaran geosintetik menerus, seperti geotekstile, geogrid dan geomembran. Apabila digunakan tanah timbunan berupa tanah berbutir kasar, dan dipergunakan tipe perkuatan berbentuk geosintetik menerus maka

$$F_B = \gamma \cdot h \cdot (\frac{1}{2} \cdot l_s + l_c) \cdot \text{tg} \mu \quad (3.69)$$

dimana :

F_B : gaya perlawanan geser (Ton)

γ : berat volume tanah timbunan (Ton/m³)

h : tinggi timbunan (m)

I_s : panjang lereng timbunan (m)

I_c : panjang pengaruh muatan terbagi rata terhadap tanah timbunan (q/γ dalam m)

$Tg\mu$: koefisien friksi antara tanah timbunan dengan perkuatan

Besarnya nilai F_B ini tidak melebihi atau minimal sama dengan kemampuan tarik bahan geosintetik yang digunakan sebagai bahan perkuatan, sedangkan bidang gelincir yang terjadi hanya di atas perkuatan, maka friksi yang terjadi hanya pada satu sisi (bagian atas). Bilamana tanah timbunan berupa tanah kohesif, berada di atas lembaran perkuatan geosintetik maka

$$F_B = (I_s + I_c) \cdot c_G \quad (3.70)$$

dimana :

C_G : kohesi antara tanah timbunan dengan lembaran geosintetik (Ton/m²)

Besarnya $tg\mu$ dan C_G sebenarnya diperoleh dari hasil uji di laboratorium, tetapi dalam perencanaan umumnya diambil

$$Tg\mu \approx 0,67-0,75 \, tg\phi \quad (3.71)$$

$$C_G \approx 0,67-0,75 \, C \quad (3.72)$$

Dengan :

ϕ : sudut gesek internal tanah (°)

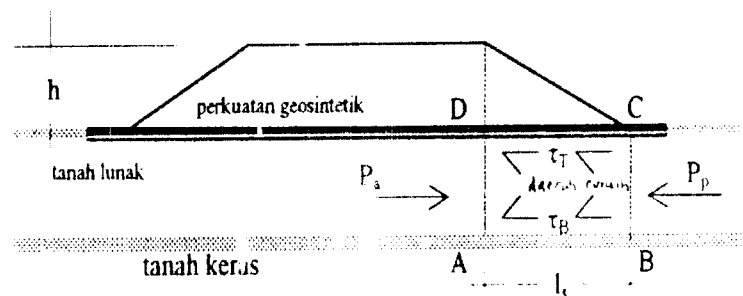
C : kohesi tanah (Ton/m²)

Dalam analisis ini, umumnya dicari angka aman (SF), dan besarnya angka aman tersebut

$$SF = F_B/P_A \geq 1,50-2,00 \quad (3.73)$$

2) Analisis gaya tekan pada lapis tanah lunak di bawah timbunan

Keruntuhan yang terjadi pada lapisan tanah lunak akibat tekanan di atas lapisan tanah lunak, disebabkan oleh tekanan horizontal tanah yang berkembang akibat adanya timbunan. Gaya dorong yang terjadi akibat beban timbunan, seolah-olah tanah berbentuk blok ABCD yang bergeser, sehingga gerakan tanah lunak ini, menimbulkan terjadinya perlawanan di bagian atas antara tanah lunak dengan perkuatan geosintetik, dan di bagian bawah antara tanah lunak dengan tanah keras. Mekanisme yang muncul dapat digambarkan sebagai berikut ini.



Gambar 3.25 Mekanisme keruntuhan yang terjadi pada tanah lunak akibat tekanan horizontal (Sumber : Kabul Basah, 2000)

Tegangan geser di bagian bawah (tanah lunak dan tanah keras) besarnya adalah

$$\tau_B = I_s \cdot (C + \sigma_v \cdot \text{tg}\varphi) \quad (3.74)$$

dimana :

τ_B : tegangan geser sepanjang I_s di dasar tanah lunak yang terletak di daerah runtuh

(Ton/m²)

σ_v : tegangan vertikal rerata di daerah runtuh sepanjang I_s (Ton/m²)

C : kohesi tanah lunak (Ton/m²)

φ : sudut gesek internal tanah (..^o)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Penelitian terhadap ruas jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari Kabupaten Grobogan adalah menganalisis pemakaian geomembran sebagai perkuatan tanah ekspansif dan pemakaian bangunan penahan pada ruas jalan tersebut. Metode yang dipakai pada penelitian ini sebagai berikut :

4.1.1 Metode Penentuan Subyek

Maksud penentuan subyek adalah mencari variabel atau hal yang dapat dijadikan sasaran dan perbandingan dalam penelitian ini. Beberapa hal yang dapat dijadikan sasaran dalam penelitian ini adalah yang berkaitan dengan

- fungsi geomembran sebagai perkuatan tanah diantaranya tinggi timbunan dan stabilitas tanah timbunan,
- fungsi bangunan penahan terhadap stabilitas tanah timbunan.

4.1.2 Metode Inventarisasi Data

Inventarisasi data pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu sebagai berikut :

1. Data Primer

Data primer didapat dengan cara observasi atau pengamatan dan perencanaan di lapangan yang meliputi :

- a. Survei pendahuluan, yaitu pengamatan terhadap kondisi penampang melintang jalan.
- b. Wawancara dengan pelaksana proyek jalan tersebut.

2. Data Sekunder

Data sekunder didapat dengan menginventaris data yang merujuk pada data dari instansi yang terkait misalnya Dinas Bina Marga Propinsi JATENG, P3JJ Bina Marga Propinsi JATENG. Data sekunder dalam penelitian ini digunakan sebagai pendukung data primer. Data sekunder tersebut antara lain :

- a. data penyelidikan tanah,
- b. data LHR,
- c. peta lokasi,
- d. gambar penampang melintang jalan,
- e. laporan perencanaan.

4.1.3 Metode Analisis Data

1. analisis tinggi timbunan menggunakan metode *AASHTO* dan *Steward* yang ditinjau dari pemakaian geomembran dan tanpa geomembran.
2. analisis stabilitas tanah timbunan yang ditinjau dari pemakaian geomembran dan tanpa geomembran.
3. analisis stabilitas tanah timbunan yang ditinjau dari pemakaian bangunan penahan tanah.

4.1.4 Bagan Alir Penelitian

Pada penelitian ini urutan jalannya penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mencari, mengumpulkan data lapangan dan survei di lokasi penelitian untuk mendapatkan informasi data.

2. Mencari data dari instansi-instansi yang terkait dengan pelaksanaan proyek tersebut.
3. Mengolah data dari survei di lapangan dan data dari instansi terkait untuk mendapatkan hasil yang baik.

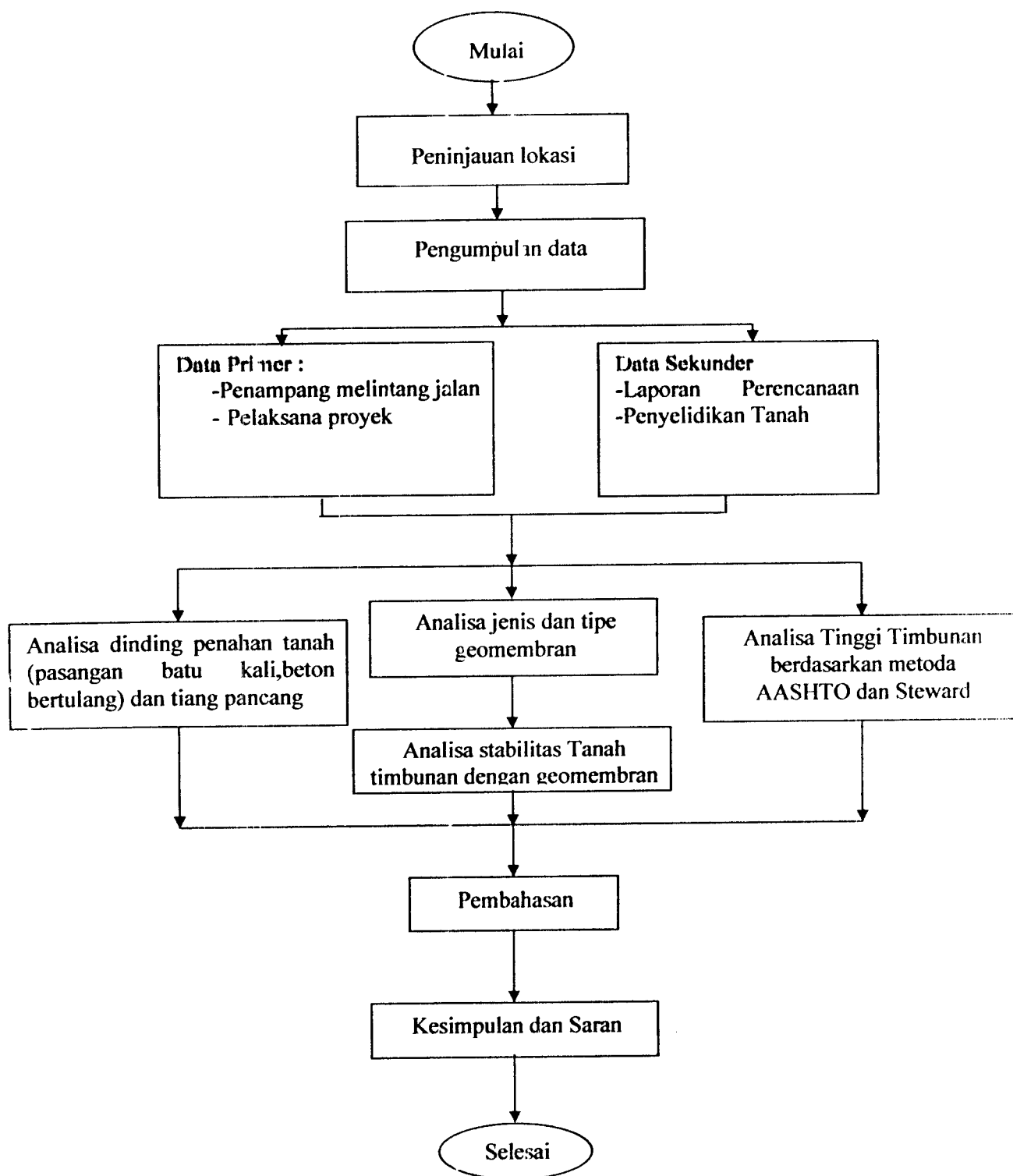
4.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Kabupaten Grobogan, Propinsi Jawa Tengah, tepatnya pada ruas jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari



Gambar 4.1. Peta lokasi ruas jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari

(Sumber : Bina Marga JATENG)



Gambar 4.2 Bagan alir penelitian

BAB V

DATA DAN ANALISIS TIMBUNAN JALAN

5.1 Data Tanah

Untuk merencanakan tinggi timbunan dan perbaikan tanah pada proyek jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari, perlu terlebih dahulu mengetahui karakteristik dan sifat-sifat umum tanah di lokasi proyek. Hal ini dapat diketahui dengan mengadakan test di lapangan maupun di test laboratorium.

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

Tujuan dilakukan *test boring* adalah untuk mengetahui jenis tanah secara visual dan mendapatkan susunan lapisan tanah pada tiap-tiap kedalaman tertentu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 5.1** tentang resume hasil penyelidikan tanah yang dilakukan oleh Bina Marga JATENG.

Tabel 5.1 Resume Hasil Penyelidikan Tanah**(Sumber : P3JJ Bina Marga JATENG)**

NO	Sifat	Jumlah contoh	Kisaran	Harga rata-rata
1	PL %	111	31-69	48
2	% Clay	111	18-60	35
3	Activity	111	1,02-5,01	1,37
4	Swelling Pressure, kN/m ²	34	28-380	125
5	CBR insitu (DCP),%	17	0,9-3,6	1,50
6	CBR Lab, %	17	1,35-3	1,50
7	S _{uv}	51	17-40	2
8	S _{eff} , peak strength, kN/m ² (c')	34	15-30	25
	(degree)(Φ')	34	7-8	23
9	S _{eff} , residual strength, kN/m ² (c' _r)	34	10-22	13
	(degree)(Φ' _r)	34	9-18	13
10	Kedalaman zona aktif (m)	5	4-6	12
11	Kandungan mineral	7		5
	Monmorilonite (%)		13-36	29,4
	Ca O (%)		4,5-11,22	7,8

5.2 Hitungan Lalu Lintas

Data perencanaan lalu lintas Tahun 2004 :

- Lebar jalur lalu lintas

$$1 \text{ jalur (1 lajur = 3,00 m)} : 2 \times 3 \text{ m} = 6 \text{ m}$$

- Lebar bahu jalan : $2 \times 2,25 \text{ m} = 4,50 \text{ m}$

- Umur rencana jalan 10 tahun

- Masa pelaksanaan 2 tahun

- Angka pertumbuhan lalu lintas :
 - Selama masa pelaksanaan : $i = 5\%$ per tahun
 - Sesudah jalan dibuka : $i = 6\%$ per tahun
- Data lalu lintas sekarang (lalu lintas tingkat tinggi) :
 - Mobil penumpang 2 ton : 3151 kend./ hr / 2 jur.
 - Bus 8 ton : 397 kend./ hr / 2 jur.
 - Truk 2 as 13 ton : 971 kend./ hr / 2 jur.
 - Truk 3 as 20 ton : 155 kend./ hr / 2 jur.

Analisis perencanaan dengan metoda BINA MARGA untuk mencari nilai jumlah pengulangan beban sumbu standart pada akhir umur rencana.

5.2.1 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Sedangkan untuk mencari faktor pertumbuhan dipakai rumus :

$$FP = (1 + i)^n$$

dimana :

FP : faktor pertumbuhan

i : angka pertumbuhan

n : umur rencana

A. LHR Pada Tahun 2006 (awal umur rencana)

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

- Mobil penumpang 2 ton : $3151 \times 1,1 = 3473,97$ kend./hr/ 2 jur
- Bus 8 ton : $397 \times 1,1 = 436,7$ kend./hr/ 2 jur
- Truk 2 as 13 ton : $971 \times 1,1 = 1068,1$ kend./hr/ 2 jur
- Truk 3 as 20 ton : $155 \times 1,1 = 170,5$ kend./hr/ 2 jur

$$\Sigma = 5149 \text{ kend/hr/2 jur}$$

B. Menghitung Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) :

$$LEP = \sum LHR \times C_j \times E_j$$

Dimana :

C_j : koefisien distribusi kendaraan → kendaraan berat 2 lajur 2 arah = 0,50

- Mobil penumpang 2 ton : $3473,97 \times 0,5 \times 0,0004 = 0,694$

- Bus 8 ton : $436,70 \times 0,5 \times 0,192 = 41,92$

- Truk 2 as 13 ton : $1068,10 \times 0,5 \times 1,308 = 698,53$

- Truk 3 as 20 ton : $170,5 \times 0,5 \times 1,121 = 95,56$

$$\sum LEP = 837 \text{ kend./hr/ 2 jur}$$

C. Menghitung Lintas Ekivalen Akhir (LEA) :

$$LEA = \sum LHR (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

Dimana :

C_j : koefisien distribusi kendaraan → kendaraan berat 2 lajur 2 arah = 0,50

- Mobil penumpang 2 ton : $6218,40 \times 0,5 \times 0,0004 = 1,24$

- Bus 8 ton : $781,69 \times 0,5 \times 0,192 = 75,04$

- Truk 2 as 13 ton : $1911,89 \times 0,5 \times 1,308 = 1250,37$

- Truk 3 as 20 ton : $305,19 \times 0,5 \times 1,121 = 171,05$

$$\sum LEA = 1498 \text{ kend./hr/ 2 jur}$$

D. Menghitung Lintas Ekivalen Tengah (LET) :

$$LET = \frac{1}{2} \cdot (LEP + LEA)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (837 + 1498)$$

$$= 1168 \text{ kend./hr/ 2 jur}$$

E. Menghitung Lintas Ekuivalen Rencana (LER) :

$$\begin{aligned} \text{LER} &= \text{LET} \times \frac{\text{UR}}{10} \\ &= 1168 \times \frac{10}{10} \\ &= 1168 \text{ kend./hr/ 2 jur} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LER per tahun} &= 1168 \times 365 \\ &= 426320 \text{ kendaraan/th/2 jur} \\ &= 4,26320 \times 10^5 \text{ kendaraan/th/2 jur} \end{aligned}$$

Jadi total ekuivalen 80 Kn = $4,26320 \times 10^5$ kendaraan/th/2 jur

5.3 Data geomembran

Pada perencanaan proyek Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari sebagai lapisan perkuatan tanah dasar menggunakan geomembran jenis HDPE. Data dari geomembran jenis HDPE dapat dilihat pada **Tabel 5.2** berikut.

Tabel 5.2 : Sifat Dari Geomembran HDPE**(Sumber : Bina Marga JATENG)**

Sifat-Sifat	Metoda Pengujian	Persyaratan
Ketebalan (mm)	ASTM D 1593	Min 0,50
Kepadatan (g/cc)	ASTM D 1505	Min 0,94
Index Lebur (g/10 menit)	ASTM D 1238	Maks 1,0
Kadar Karbon Hitam (%)	ASTM D 1603	2-3
Dispersi Karbon Hitam	ASTM D 3015	A-1,A-2,B-1
Pengujian Regangan	ASTM D 638	
Regangan saat leleh	ASTM D 638	Min 8
Regangan saat putus	ASTM D 638	Min 14
Mulur saat leleh	ASTM D 638	Min 13
Mulur saat pecah	ASTM D 638	Min 700
Kekuatan sobek	ASTM D 1004	Min 65
Ketahanan tusukan	FTMS 101 C 2065	Min 100

5.4 Analisis Tinggi Timbunan

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

1. Data perencanaan proyek jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari :

a. Tipe tanah dasar

- Lempung lunak jenuh air, nilai CBR = 1,50 %
- Tebal lapis permukaan jalan = 130 mm
- Tebal lapis pondasi atas (base course) = 300 mm

b. Beban lalu lintas selama pelaksanaan

- Truk 3 gandar 20 ton (dibebani) dimana beban per gandar 7 ton
- Jumlah beban berulang (ekivalen beban gandar standar), $W_{80Kn} = 1000$ kali (asumsi dalam perencanaan) selama pelaksanaan, (Sumber = PT.Geomat Indonesia)
- Kedalaman bekas roda yang diijinkan, $r < 100$ mm

c. Beban lalu lintas setelah pelaksanaan

- Intensitas lalu lintas jalan dengan perkerasan (beban ekivalen standar), $W_{80Kn} = 4,26320 \times 10^5$ kali (umur rencana = 10 tahun)

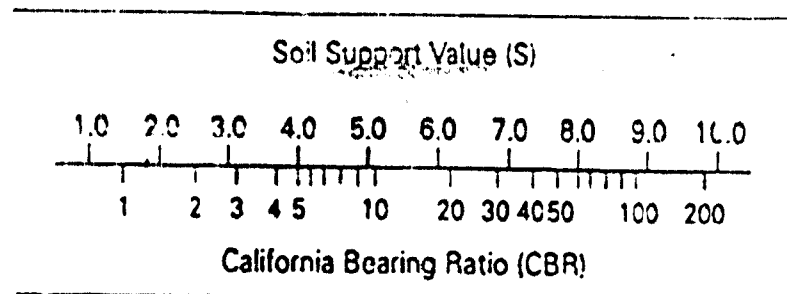
2. Menentukan tebal lapisan agregat

A. Tanpa menggunakan geomembran

A.1. Daya Dukung Tanah

- Dari **Gambar 5.1**, diperoleh nilai daya dukung tanah, $S \rightarrow \text{CBR} = 1,50\%$

$$S = 2,00$$



Gambar 5.1 : Korelasi antara CBR dan Nilai Daya Dukung Tanah

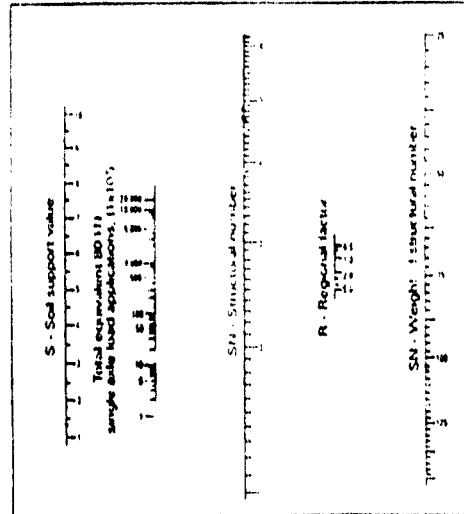
A.2. Nomor Struktural

- Dari **Gambar 5.2**, tentukan nomor struktural, SN untuk volume lalu lintas yang tinggi, $pt = 2,5 \rightarrow$ nilai daya dukung tanah, $S = 2,00$

$$\text{Jumlah beban berulang, } W_{80Kn} = 4,26320 \times 10^5$$

$$\text{Faktor regional, } R = 4,0 \text{ (tabel 3.10)}$$

$$\text{Nomor struktural, } SN = 125$$



Gambar 5.2 : Diagram Perancangan SN untuk PT = 2,5

A.3. Koefisien Material (a_3)

- Menentukan koefisien material dari **Tabel 3.10**

→ Lapis permukaan, $D_1 = 130 \text{ mm}$ $a_1 = 0,44$

Lapis base, $D_2 = 300 \text{ mm}$ $a_2 = 0,14$

Lapisan subbase, $a_3 = 0,11$

A.4. Tebal Subbase (D_3)

- Dengan menggunakan **Persamaan 3.8**, hitung tebal subbase (D_3)

→ $SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$

$$125 = 0,44 \cdot 130 + 0,14 \cdot 300 + 0,11 \cdot D_3$$

$$125 = 57,20 + 42 + 0,11 \cdot D_3$$

$$125 = 99,20 + 0,11 \cdot D_3$$

$$D_3 = 235 \text{ mm}$$

→ Pertambahan tebal subbase, D_3 akibat kontaminasi lapisan bawah 150 mm.

Total tebal subbase yang dibutuhkan tanpa geomembran (D).

$$D = 235 + 150 = 385 \text{ mm}$$

B. Dengan menggunakan geomembran (Metoda modifikasi AASHTO-Polyfelt)

B.1. Daya Dukung Tanah Modifikasi (Sg)

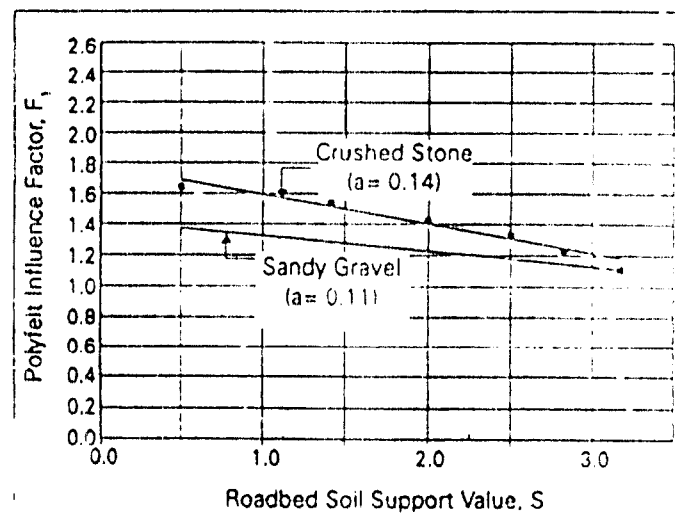
- Dari Gambar 5.3, tentukan nilai daya dukung tanah modifikasi, Sg dengan adanya geomembran Polyfelt.

→ Nilai daya dukung tanah, S = 2,00

Faktor pengaruh polyfelt = 1,21

Nilai daya dukung tanah modifikasi (Sg)

$$S_g = F_1 \times S = 2,00 \times 1,21 = 2,42$$



Gambar 5.3 : Pengaruh Polyfelt pada Daya Dukung Tanah

B.2. Beban Berulang Rencana (W_{80Kn})

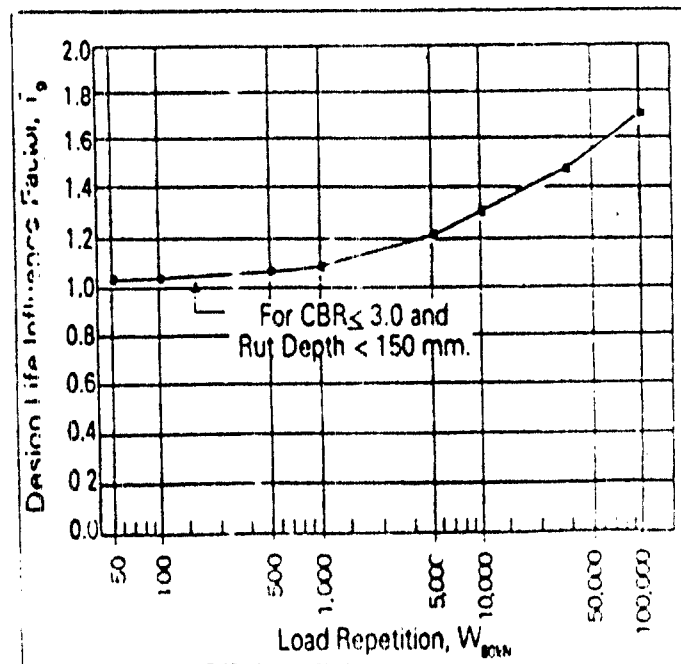
- Dari **Gambar 5.4**, tentukan beban berulang rencana yang disesuaikan, W_{80Kn} dengan adanya geomembran Polyefelt

$$\rightarrow \text{Beban berulang, } W_{80Kn} = 4,26320 \times 10^5$$

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

Beban berulang rencana yang disesuaikan ($W_{80Kn(g)}$)

$$\begin{aligned} W_{80Kn(g)} &= W_{80Kn} / T_g \\ &= 4,26320 \times 10^5 / 1,7 \\ &= 251 \times 10^3 \end{aligned}$$



Gambar 5.4 : Pengaruh Polyefelt pada Umur Rencana Jalan

B.3. Nomor Struktural (SN)

- Dari **Gambar 5.5**, tentukan nomor struktural, SN untuk volume lalu lintas yang tinggi, $pt = 2,5$

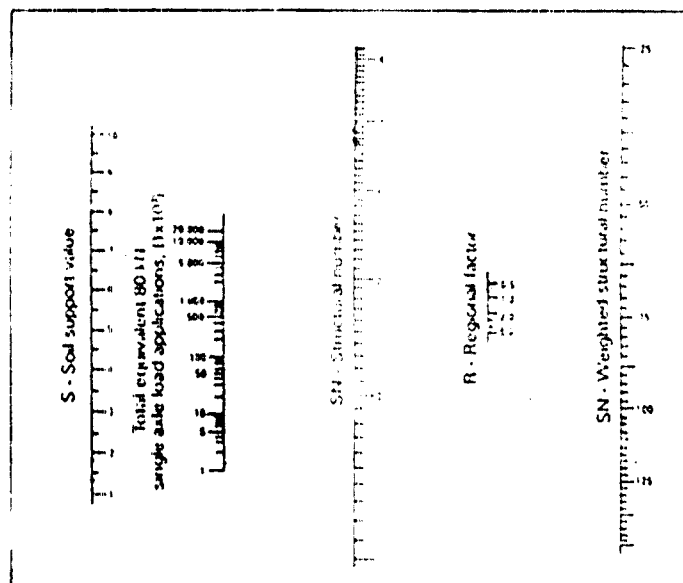
→ Daya dukung tanah modifikasi, $S_g = 2,42$

Beban berulang yang disesuaikan ($W_{80Kn(g)}$)

$$W_{80Kn(g)} = 251 \times 10^3$$

Faktor regional, $R = 4,0$ (tabel 3.10)

Nomor struktural, $SN = 113$



Gambar 5.5 : Diagram Perancangan SN untuk PT = 2,5

B.4. Koefisien Material (a_3)

- Tentukan koefisien material dari **Tabel 3.8**

→ Lapis permukaan, $D_1 = 130 \text{ mm}$ $a_1 = 0,44$

Lapis base, $D_2 = 300 \text{ mm}$ $a_2 = 0,14$

Lapisan subbase, $a_3 = 0,11$

B.5. Tebal Subbase (D_3)

- Dengan menggunakan **Persamaan 3.9**, hitung tebal subbase (D_3)

$$\rightarrow SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

$$113 = 0,44 \cdot 130 + 0,14 \cdot 300 + 0,11 \cdot D_3$$

$$113 = 57,20 + 42 + 0,11 \cdot D_3$$

$$113 = 99,20 + 0,11 \cdot D_3$$

$$D_3 = 125 \text{ mm}$$

Jadi dengan menggunakan metoda AASHTO penghematan tebal urugan stabilisasi menggunakan geomembran polyefelt = $385 - 125 = 260 \text{ mm}$

3. Menentukan tebal lapisan agregat (Metoda Steward dkk, 1977)

A. Tanpa menggunakan geomembran polyefelt

A.1. Nilai Kohesi (C)

- Dari persamaan 3.10 $\rightarrow C = 28 \times \text{CBR}$
 $= 28 \times 1,5$
 $= 42$

A.2. Faktor Kapasitas Daya Dukung (N_c)

- Dari tabel 3.11, Untuk kendaraan yang lewat 1000 kali dan bekas roda < 100 mm, diperoleh faktor kapasitas daya dukung $N_c = 3,0$

A.3. Kapasitas Dukung

- Dari persamaan 3.11, diperoleh kaapasitas dukung $(C \cdot N_c) = 42 \cdot 3 = 126$

A.4. Tebal Urugan Stabilisasi

- Dari Gambar 5.6, diperoleh tebal urugan stabilisasi

→ Beban per gandar = 7 ton

jadi beban roda tunggal = 3,5 ton

C.Nc = 126 Kn/m²

Tebal urugan stabilisasi yang dibutuhkan = 350 mm

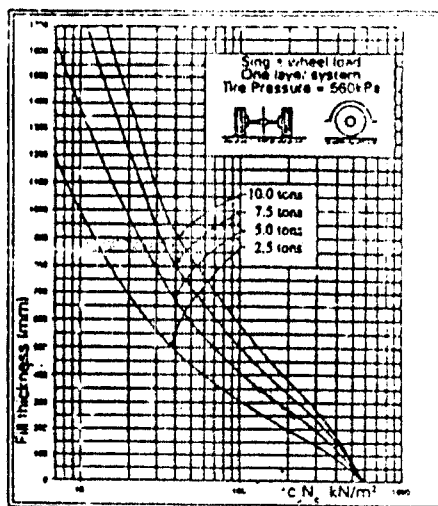


Fig. 15

Gambar 5.6 : Kurva Perancangan Ketebalan Agregat Untuk Beban Roda Tunggal

B. Dengan menggunakan geomembran Polyefelt

B.1. Nilai Kohesi (C)

- Dari Persamaan 3.10 → $C = 28 \times \text{CBR}$

$$= 28 \times 1,5$$

$$= 42$$

B.2. Faktor Kapasitas Daya Dukung (N_c)

- Dari Tabel 3.11, untuk kendaraan yang lewat 1000 kali dan bekas roda < 100 mm, diperoleh faktor kapasitas daya dukung $N_c = 5,50$

B.3. Kapasitas Dukung

- Dari Persamaan 3.11, diperoleh kapasitas dukung $C.N_c = 42.5,5 = 231$

B.4. Tebal urugan Stabilisasi

- Dari Gambar 5.7, diperoleh tebal urugan stabilisasi

→ Beban per gandar = 7 ton

jadi beban roda tunggal = 3,5 ton

$C.N_c = 231 \text{ Kn/m}^2$

Tebal urugan stabilitasi yang dibutuhkan = 250 mm

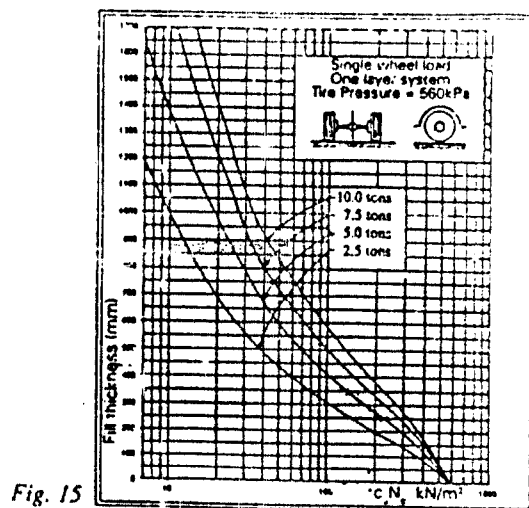


Fig. 15

Gambar 5.7 : Kurva Perancangan Ketebalan Agregat Untuk Beban Roda Tunggal

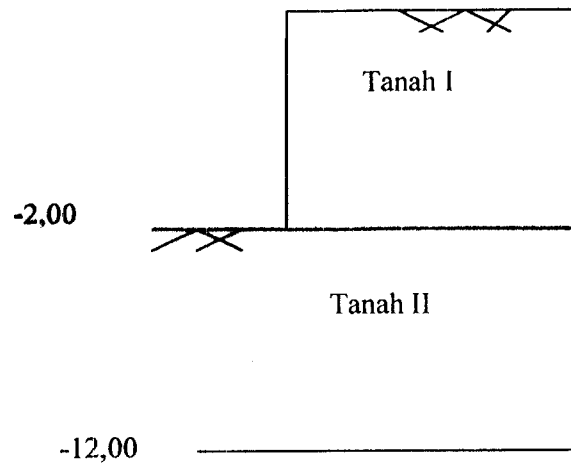
Jadi dengan menggunakan metoda steward penghematan tebal urugan stabilisasi menggunakan geomembran polyefelt : $350-250 = 100 \text{ mm}$.

5.5 Analisis Dinding Penahan

5.5.1 Perkuatan Tiang Pancang dibawah Tanah Timbunan

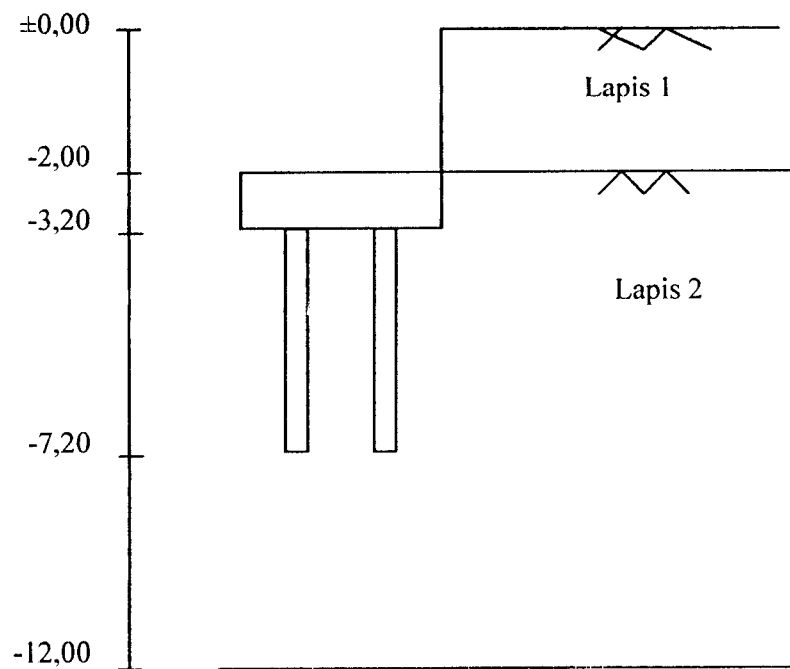
(Pasangan Batu Kali Km 71+275-71+355)

- Kondisi Lereng Asli



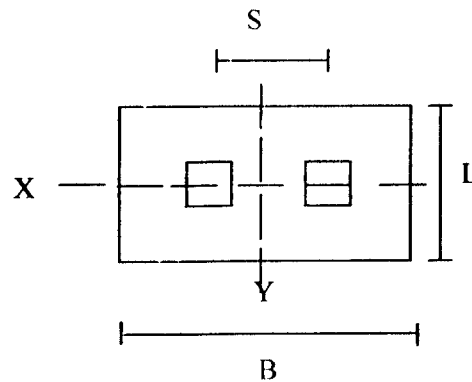
Gambar 5.8. Kondisi Lereng Asli

- Desain Tiang Pancang



Gambar 5.9. Konstruksi Tiang Pancang

• **Formasi Tiang Pancang**



Gambar 5.10. Formasi Tiang Pancang

Kondisi tanah dasar pada sta.Km 71+275-71+355 adalah jenis tanah lunak. Untuk memperbaiki badan jalan Bina Marga JATENG memasang tiang pancang di bawah tanah timbunan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat data parameter tiang pancang dan tanah dibawah ini.

• **Data Parameter Tiang Pancang**

- Panjang tiang = 4 m
- Ukuran = (0,15 m x 0,15 m)
- Jarak tiang as ke as (S) = 1,20 m
- Kelompok tiang = (2 x 1)
- Dimensi Poer = (1,80 x 1 x 1,20) m

Tabel 5.3 : Data Parameter Tanah

No	Sifat	Jenis Tanah	
		Tanah 1 (Timbunan/Pasir)	Tanah 2 (Dasar/Lempung kelanauan)
1	Φ (..... ^o)	30	12
2	γ (T/m ³)	1,61	1,55
3	C (T/m ²)	0	1,10

I. Analisa Tiang

1. Kriteria Tiang

A. Angka Kelangsingan Tiang

$$\begin{aligned} \text{Luas 1 tiang dalam per meter lari pada kondisi sebenarnya (A)} &= 15^2 \\ &= 225 \text{ cm}^2 \\ &= 0,022 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tebal sheet pile (t) = 1,20 m

Asumsi mutu beton $F'c = 35 \text{ Mpa}$, maka $E = 27,8 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned} \text{Kekakuan tiang (sheet pile) dihitung (I)} &= \frac{1}{12} \times b \times t^3 = \frac{1}{12} \times 1,80 \times 1,20^3 \\ &= 0,26 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{0,26}{0,022}} \\ &= 3,43 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$K = 1$ (jepit-jepit)

B. Perhitungan kriteria tiang :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{L.K}{i} \\ &= \frac{4,1}{3,43} \\ &= 1,17 \end{aligned}$$

C. Angka kelangsingan batas :

$$\begin{aligned}\lambda_g &= \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,70 \cdot f \cdot c}} \\ &= 3,14 \cdot \sqrt{\frac{27,8 \times 10^3}{0,70 \cdot 35}} \\ &= 105,771\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} \\ &= \frac{1,17}{105,77} \\ &= 0,01\end{aligned}$$

Berdasarkan nilai λ_s maka tiang dengan $L = 4$ m adalah :

- tiang panjang ($\lambda_s < 0,183$), berdasarkan kriteria di atas maka tiang pancang yang digunakan pada proyek ini termasuk tiang pendek.

2. Analisa Transfer Beban Untuk Masing-Masing Tiang

Mutu beton K-350 → PBI 1971 → $\sigma_{bk} = 350 \text{ Kg/Cm}^2 = 35 \text{ T/m}^2$

→ SNI 2002 → $f_c = 35 \text{ Mpa} = 35 \text{ T/m}^2$

Berat poer = $1,20 \times 1,80 \times 1 \times 2,10$

= 4,54 Ton

Berat tiang pancang = $2 \times 0,15 \times 0,15 \times 4 \times 2,40$

= 0,43 Ton

ΣV = Berat dinding penahan tanah + Berat poer + Berat tiang

= $5,04 + 4,54 + 0,43$

= 10,01 Ton

3. Analisa Kapasitas Dukung Tiang

A. Tiang Individu

A.1. Kapasitas Dukung Tiang (Q_u)

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_p$$

➤ Tahanan Ujung Tiang (Q_p)

$$\begin{aligned} Q_p &= A_p \cdot q_p \\ &= A_p \cdot 9 \cdot C_u \\ &= 0,15 \cdot 0,15 \cdot 9 \cdot 1,1 \\ &= 0,22 \text{ Ton} \end{aligned}$$

➤ Tahanan Gesek Tiang (Q_s)

- Metoda Alpha

$$C_u = 1 \text{ T/m}^2 = 10 \text{ Kn/m}^2 \rightarrow \alpha = 3 \text{ (lihat lampiran)}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \sum p \cdot \Delta L \cdot f_s \\ &= \sum p \cdot \Delta L \cdot \alpha \cdot C_u \\ &= 4 \cdot 0,15 \cdot (4 \cdot 3 \cdot 1,1) \\ &= 7,92 \text{ Ton} \end{aligned}$$

➤ Berat Tiang (W_p)

$$\begin{aligned} W_p &= 1 \cdot 0,15 \cdot 0,15 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 4 \\ &= 0,21 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kapasitas dukung tiang tunggal } (Q_u) &= (Q_p + Q_s - W_p) \\ &= (0,22 + 7,92) - 0,21 \\ &= 7,93 \text{ Ton} \end{aligned}$$

B. Tiang Kelompok

B.1. Berdasarkan Perhitungan Kapasitas Dukung Tanah Direktorat Jendral

Bina Marga Departemen P.U.T.L

➤ Kapasitas Dukung Keseimbangan (Q_t)

$$Q_t = c.N_c.A + 2.(B + Y).L.c$$

$$A = B \times Y$$

$$= 1,80.1$$

$$= 1,80 \text{ m}^2$$

$c.N_c = 9$ (didapat dari grafik Skempton)

$$I = 4 \text{ m}$$

$$c = 1,1 \text{ T/m}^2$$

$$Q_t = 1,1.9.1,80 + 2.(1,8 + 1).4.1,1$$

$$= 16,20 + 22,4$$

$$= 38,6 \text{ Ton}$$

a. Dengan faktor keamanan : $n = 5$

$$Q_{pg} = \frac{Q_t}{n}$$

$$= \frac{38,60}{5}$$

$$= 7,72 \text{ Ton}$$

Pada proyek di lapangan jumlah tiang yang digunakan = 2 tiang, untuk satu tiang pancang dalam kelompok tiang pancang dalam kelompok tiang adalah :

$$Q = \frac{1}{2} \cdot Q_{pg}$$

$$= \frac{7,72}{2}$$

$$= 3,86 \text{ Ton}$$

b. Dengan faktor keamanan : konus = 3

$$c/c_{ef} = 5$$

$$\begin{aligned} Q_{pg} &= \frac{c.Nc.A}{3} + \frac{2.(B+Y).I.c}{5} \\ &= \frac{1,1.9.1,80}{3} + \frac{2.(1,80+1).4.1,1}{5} \\ &= 5,40 + 4,48 \\ &= 9,88 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Untuk satu tiang dalam kelompok tiang :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{2} \cdot Q_{pg} \\ &= \frac{9,88}{2} \\ &= 4,94 \text{ Ton} \end{aligned}$$

C. Menentukan kapasitas ijin tiang

Qall diambil Q terkecil = 7,93 Ton

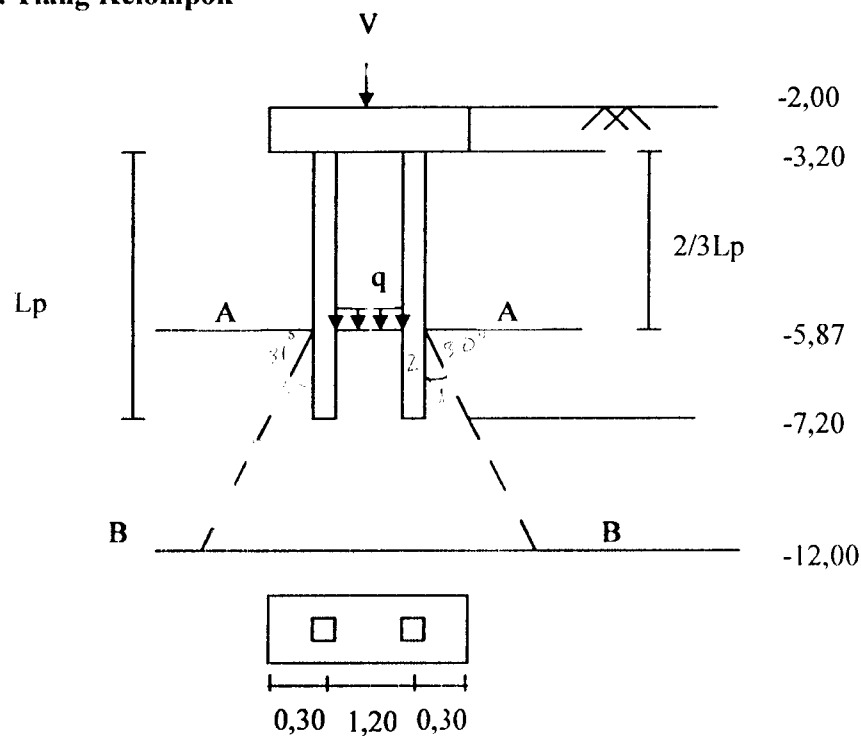
Sf = 2,5 (bangunan permanent dan pengendalian baik → Reese and O'Neill, 1989)

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{\sum Q_u}{SF} \\ &= \frac{7,93}{2,5} \\ &= 3,17 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma \text{ tiang} &= \frac{Q_{all}}{A} \\ &= \frac{3,17}{1,80} \\ &= 1,76 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

4. Analisa Penurunan Pondasi Tiang

A. Tiang Kelompok



Gambar 5.11. Penurunan Tiang Kelompok

$$\text{Berat poer} = 1,20 \times 1,80 \times 1 \times 2,10$$

$$= 4,54 \text{ Ton}$$

$$\text{Berat tiang pancang} = 2 \times 0,15 \times 0,15 \times 4 \times 2,40$$

$$= 0,43 \text{ Ton}$$

$$\Sigma V = \text{Berat dinding penahan tanah} + \text{Berat poer} + \text{Berat tiang}$$

$$= 5,04 + 4,54 + 0,43$$

$$= 10,01 \text{ Ton}$$

- Beban V diperhitungkan merata pada kedalaman -2,67 m (bidang A-A) yaitu $2/3L_p$.
- Lapisan tanah lempung dibawah bidang A-A sampai lapisan lempung (bidang B-B) dibagi 5 lapisan yang tebalnya masing-masing : 1,23 m = 123 cm

$$B = 1,1,20 + 0,15$$

$$= 1,35 \text{ m}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$A = B \times L$$

$$= 1,35 \times 1$$

$$= 1,35 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{10,01}{1,35}$$

$$= 7,41 \text{ T/m}^2$$

A.1. Titik 1, lapisan 1

Kedalaman : -7,10 m

$$B_1 = B + 2 \cdot 0,62 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1,35 + 0,71 = 2,06 \text{ m}$$

$$L_1 = L + 2 \cdot 0,62 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1 + 0,71 = 1,71 \text{ m}$$

$$A_1 = B_1 \times L_1$$

$$= 2,06 \times 1,71 = 3,53 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_1} \times q$$

$$= \frac{1,35}{3,53} \times 7,41$$

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

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \gamma_2 \cdot 3,90 \\
 &= 1,55 \cdot 3,90 \\
 &= 6,04 \text{ T/m}^2 = 60,4 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \Delta P + P_0 \\
 &= 2,69 + 6,04 \\
 &= 8,73 \text{ T/m}^2 = 87,3 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

$$S_1 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

$$\text{Grafik : } \rightarrow e_0 = 0,799$$

$$e_1 = 0,779$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,02$$

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H \\
 &= \frac{0,02}{1 + 0,799} \times 123 \\
 &= 1,36 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

A.2. Titik 2, lapisan 2

Kedalaman : -8,33 m

$$\begin{aligned}
 B_2 &= B + 2 \cdot 1,85 \cdot \text{tg } 30^\circ \\
 &= 1,35 + 2,15 = 3,50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_2 &= L + 2 \cdot 1,85 \cdot \text{tg } 30^\circ \\
 &= 1 + 2,15 = 3,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$A_2 = B_2 \times L_2$$

$$= 3,50 \times 3,15 = 11,03 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_2} \times q$$

$$= \frac{1,35}{11,03} \times 7,41$$

$$= 0,86 \text{ T/m}^2$$

$$P_0 = \gamma_2 \cdot 5,13$$

$$= 1,55 \cdot 5,13$$

$$= 7,95 \text{ T/m}^2 = 79,5 \text{ Kpa}$$

$$P_2 = \Delta P + P_0$$

$$= 0,86 + 7,95$$

$$= 8,81 \text{ T/m}^2 = 88,1 \text{ Kpa}$$

$$S_2 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

$$\text{Grafik : } \rightarrow e_0 = 0,795$$

$$e_1 = 0,785$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,01$$

$$S_2 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

$$= \frac{0,01}{1 + 0,795} \times 123$$

$$= 0,67 \text{ cm}$$

A.3. Titik 3, lapisan 3

Kedalaman : -9,56 m

$$B_3 = B + 2.3,08.tg 30^0$$

$$= 1,35 + 3,51 = 4,86 \text{ m}$$

$$L_3 = L + 2.3,08.tg 30^0$$

$$= 1 + 3,51 = 4,51 \text{ m}$$

$$A_3 = B_3 \times L_3$$

$$= 4,86 \times 4,51 = 21,92 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_3} \times q$$

$$= \frac{1,35}{21,92} \times 7,41$$

$$= 0,43 \text{ T/m}^2$$

$$P_o = \gamma_2 \cdot 6,36$$

$$= 1,55 \cdot 6,36$$

$$= 9,86 \text{ T/m}^2 = 98,6 \text{ Kpa}$$

$$P_3 = \Delta P + P_o$$

$$= 0,43 + 9,86$$

$$= 10,29 \text{ T/m}^2 = 102,9 \text{ Kpa}$$

$$S_3 = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_o dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

Grafik : $\rightarrow e_o = 0,785$

$$e_1 = 0,781$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,004$$

$$S_3 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

$$= \frac{0,004}{1 + 0,785} \times 123$$

$$= 0,28 \text{ cm}$$

A.4. Titik 4, lapisan 4

Kedalaman : -10,79 m

$$B_4 = B + 2,4,31 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1,35 + 4,91 = 6,26 \text{ m}$$

$$L_4 = L + 2,4,31 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1 + 4,91 = 5,91 \text{ m}$$

$$A_4 = B_4 \times L_4$$

$$= 6,26 \times 5,91 = 37,01 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_4} \times q$$

$$= \frac{1,35}{37,01} \times 7,41$$

$$= 0,26 \text{ T/m}^2$$

$$P_0 = \gamma_2 \cdot 7,59$$

$$= 1,55 \cdot 7,59$$

$$= 11,76 \text{ T/m}^2 = 117,6 \text{ Kpa}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= \Delta P + P_c \\
 &= 0,26 + 11,76 \\
 &= 12,01 \text{ T/m}^2 = 120,1 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

$$S_4 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

$$\begin{aligned}
 \text{Grafik : } \rightarrow e_0 &= 0,779 \\
 e_1 &= 0,775 \\
 \Delta e &= e_0 - e_1 \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_4 &= \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H \\
 &= \frac{0,002}{1 + 0,779} \times 123 \\
 &= 0,14 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

A.5. Titik 5, lapisan 5

Kedalaman : -12,00 m

$$\begin{aligned}
 B_5 &= B + 2.5,54.tg 30^0 \\
 &= 1,35 + 6,32 = 7,67 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_5 &= L + 2.5,54.tg 30^0 \\
 &= 1 + 6,32 = 7,32 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_5 &= B_5 \times L_5 \\
 &= 7,67 \times 7,32 = 55,99 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta P &= \frac{A}{A_s} \times q \\ &= \frac{1,35}{55,99} \times 7,41 \\ &= 0,17 \text{ T/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_0 &= \gamma \cdot 8,82 \\ &= 1,55 \cdot 8,82 \\ &= 13,67 \text{ T/m}^2 = 136,7 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_5 &= \Delta P + P_0 \\ &= 0,17 + 13,67 \\ &= 13,84 \text{ T/m}^2 = 138,4 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

$$S_5 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

$$\text{Grafik : } \rightarrow e_0 = 0,758$$

$$e_1 = 0,756$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,002$$

$$S_5 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

$$= \frac{0,002}{1 + 0,758} \times 123$$

$$= 0,14 \text{ cm}$$

$$\text{Jadi penurunan total} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$$

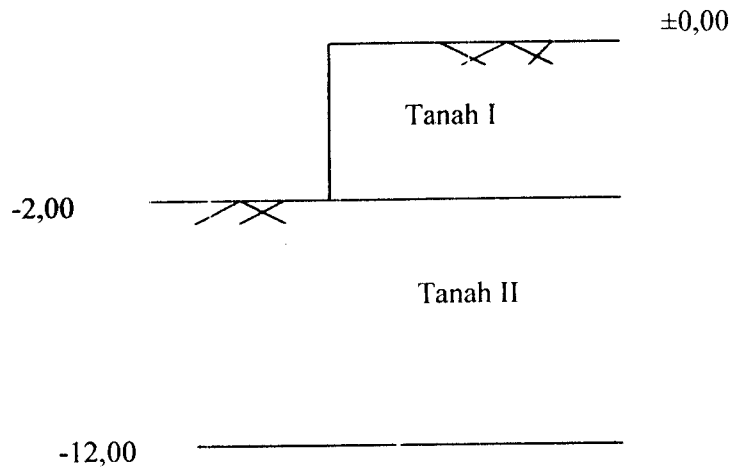
$$= 1,36 + 0,67 + 0,28 + 0,14 + 0,14$$

$$= 2,59 \text{ cm}$$

5.5.2 Konstruksi Retaining Wall diatas Pondasi Tiang Pancang

(Pasangan Batu Kali Km 71+275-71+355)

- **Kondisi Lereng Asli**

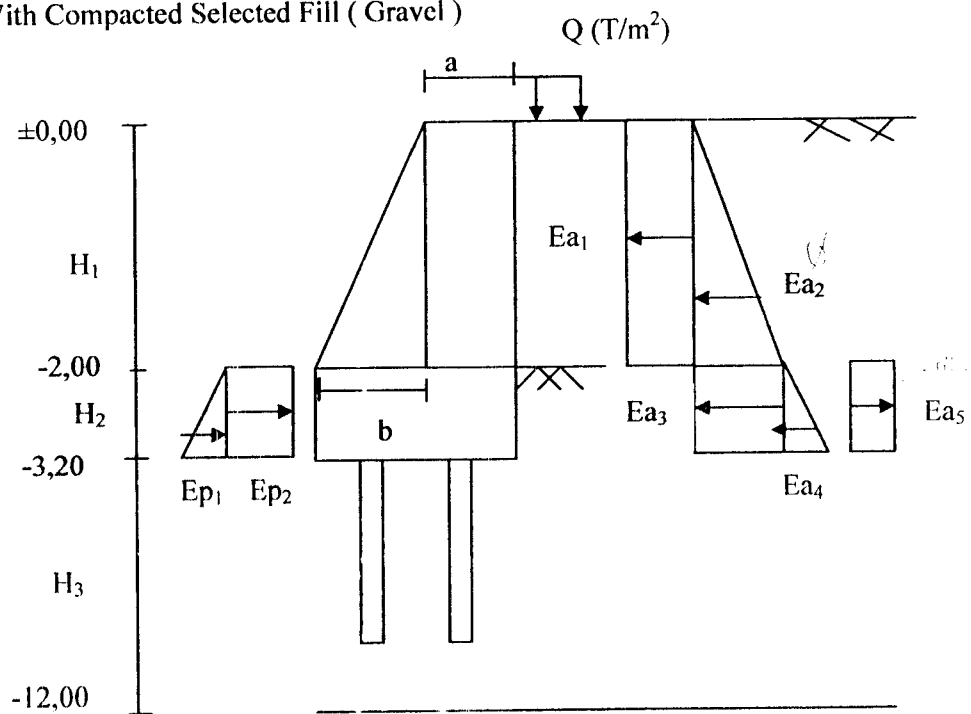


Gambar 5.12. Kondisi Lereng Asli

- **Desain Dinding Penahan Tanah**

Retaining Gravity Wall High ($H = 1,50$ m)

With Compacted Selected Fill (Gravel)



Gambar 5.13. Konstruksi Dinding Penahan Tanah

Kondisi tanah dasar pada sta.Km 71+275-71+355 adalah jenis tanah lunak. Untuk memperbaiki badan jalan Bina Marga JATENG memasang dinding penahan tanah diatas tiang pancang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat data parameter dinding penahan tanah dan tanah dibawah ini.

• **Data Perencanaan Dinding Penahan Tanah :**

Tinggi dinding penahan tanah (H_1)	: 2,00 m
Tinggi Lapisan tanah II ($H_2 + H_3$)	: 10,00 m
Tinggi Poer	: 1,20 m
γ -k	: 2,1 T/m ³
a	: 0,60 m
b	: 1,20 m
B (a + b)	: 1,80
q	: 1,10 T/m ²

1. Analisa Dinding Penahan Tanah

A. Tinjauan Terhadap Gaya-Gaya Eksternal

Tabel 5.4. Koefiesien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

No	Tanah 1	Tanah 2
1	$K_{a1} = \text{tg}^2 (45 - \varphi_1/2)$ $= \text{tg}^2 (45 - 30/2)$ $= 0,333$	$K_{a2} = \text{tg}^2 (45 - \varphi_2/2)$ $= \text{tg}^2 (45 - 12/2)$ $= 0,65$
2		$K_{p1} = \text{tg}^2 (45 + \varphi_2/2)$ $= \text{tg}^2 (45 + 12/2)$ $= 1,52$

Tabel 5.5. Tekanan Tanah (Aktif dan Pasif)

Tanah aktif (pa)/(T/m ²)	Tanah pasif (pp)/(T/m ²)
$pa_1 = q \cdot Ka_1$ $= 1,1 \cdot 0,33$ $= 0,363$	$pp_1 = Kp \cdot \gamma_2 \cdot H_2$ $= 1,52 \cdot 1,55 \cdot 1,20$ $= 2,83$
$pa_2 = Ka_1 \cdot \gamma_1 \cdot H_1$ $= 0,33 \cdot 1,61 \cdot 2,00$ $= 1,06$	$pp_2 = 2 \cdot c_2 \cdot \sqrt{Kp}$ $= 2 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{1,52}$ $= 2,72$
$pa_3 = Ka_1 \cdot \gamma_1 \cdot H_1$ $= 0,33 \cdot 1,61 \cdot 2,00$ $= 1,06$	
$pa_4 = Ka_2 \cdot \gamma_2 \cdot H_2$ $= 0,65 \cdot 1,55 \cdot 1,20$ $= 1,21$	
$pa_5 = -2 \cdot c_2 \cdot \sqrt{Ka_2}$ $= -2 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{0,65}$ $= -1,77$	

Tabel 5.6. Gaya aktif

Tekanan tanah aktif (pa)/(T/m ²)	Tinggi (H)/(m)	Gaya aktif (T) (Ea)/(Ton)
0,36	2,00	$0,36 \times 2,0 \times 1 = 0,72$
1,06	2,00	$1,06 \times \frac{1}{2} \times 2,0 \times 1 = 1,06$
1,06	1,20	$1,06 \times 1,20 = 1,27$
1,21	1,20	$1,21 \times \frac{1}{2} \times 1,2 \times 1 = 0,73$
-1,77	1,20	$-1,77 \times 1,20 \times 1 = -2,13$

Tabel 5.7. Gaya pasif

Tekanan tanah pasif (pp)/(T/m ²)	Tinggi (H)/(m)	Gaya pasif (Ep)/(Ton)
2,83	1,20	$2,83 \times \frac{1}{2} \times 1,2 \times 1 = 1,69$
2,72	1,20	$2,72 \times 1,20 \times 1 = 3,26$

Tabel 5.8. Berat Konstruksi

No	Berat Konstruksi (W)
1	$W_1 = a.H_1.\gamma_k.1$ $= 0,6.2.0,2.1$ $= 2,52 \text{ Ton}$
2	$W_2 = 1/2.b.H_1.\gamma_k.1$ $= 1/2.1,20.2.0,2.1$ $= 2,52 \text{ Ton}$
3	$W_3 = B.H_2.\gamma_k.1$ $= 1,80.1,20.2.1$ $= 4,54 \text{ Ton}$

B. Cek Stabilitas Konstruksi/Bahan**a. Tinjauan stabilitas terhadap momen****Tabel 5.9. Momen Pasif**

No	Gaya Pasif (T)	Lengan terhadap A (m)	Momen terhadap A' (Tm)
1	1,69	0,40	0,68
2	3,26	0,60	1,96
3	2,52	1,50	3,78
4	2,52	0,80	2,02
5	4,54	0,90	4,09
	$\sum E_p = 14,53$		$\sum M_p = 12,53 (+)$

Tabel 5.10. Momen Aktif

No	Gaya aktif (T)	Lengan terhadap A (m)	Momen terhadap A (Tm)
1	0,72	2,20	1,58
2	1,06	1,87	1,98
3	1,27	0,60	0,76
4	0,73	0,40	0,29
5	-2,13	0,60	-1,28
	$\sum E_A = 1,65(-)$		$\sum M_A = 3,33(-)$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\sum Mp}{\sum Ma} \\
 &= \frac{12,53}{3,33} \\
 &= 3,76 > 1,5 \text{ (aman)}
 \end{aligned}$$

b. Tinjauan stabilitas terhadap geser

$$\begin{aligned}
 \sum W &= W_1 + W_2 + W_3 \\
 &= 2,52 + 2,52 + 4,54 \\
 &= 9,58 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\sum E_a = 1,65 \text{ Ton}$$

$$\sum E_p = 14,53 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned}
 \phi' &= \frac{2}{3} \cdot \phi \\
 &= \frac{2}{3} \cdot 12^\circ \\
 &= 8^\circ
 \end{aligned}$$

$$A = 1,80 \times 1 = 1,80 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{A.2/3C + \sum W.tg\varphi' + Ep}{Ea} \\
 &= \frac{1,80.2/3.1 + 9,58.tg 8^0 + 14,53}{1,65} \\
 &= \frac{1,20 + 1,34 + 14,53}{1,65} \\
 &= 10,35 > 1,5 \text{ (aman)}
 \end{aligned}$$

c. Tinjauan stabilitas terhadap kuat dukung tanah

$$\begin{aligned}
 \sum M \text{ total} &= \sum M_p + \sum M_a \\
 &= 12,53 - 3,33 \\
 &= 9,20 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

$$\sum E_p = 14,53 \text{ Ton}$$

$$X = \frac{\sum M_{total}}{\sum E_p}$$

$$= \frac{9,20}{14,53}$$

$$= 0,63 \text{ m}$$

$$e = X - B/2$$

$$= 0,63 - 1,8/2$$

$$= -0,27 \text{ m} < B/6 = 0,30 \text{ m} \text{ berarti seluruh alas pondasi menderita desak}$$

$$\sigma \text{ maks} = \frac{W}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$= \frac{9,58}{1,80} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,27}{1,8}\right)$$

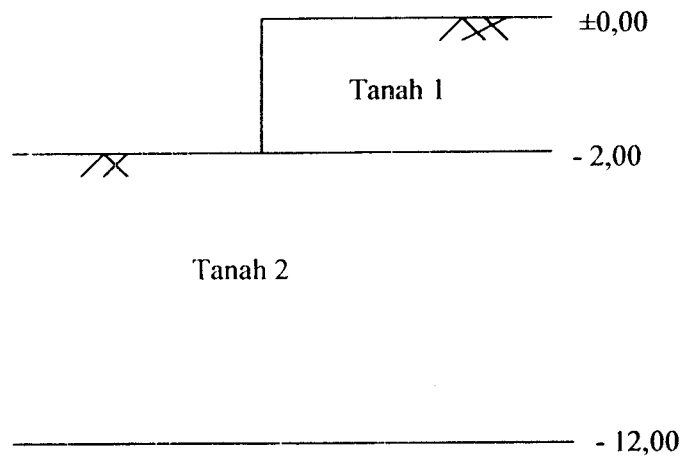
$$= 10,11 \text{ T/m}^2 > \sigma \text{ tiang} + \sigma \text{ tanah} = 1,76 + 3,00 = 4,76 \text{ T/m}^2 \text{ (tidak aman)}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\min} &= \frac{W}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B}\right) \\ &= \frac{9,58}{1,80} \cdot \left(1 - \frac{6,0,27}{1,8}\right) \\ &= 0,53 \text{ T/m}^2 > 0 \text{ (aman)}\end{aligned}$$

5.5.3 Perkuatan Tiang Pancang diatas Tanah Lunak

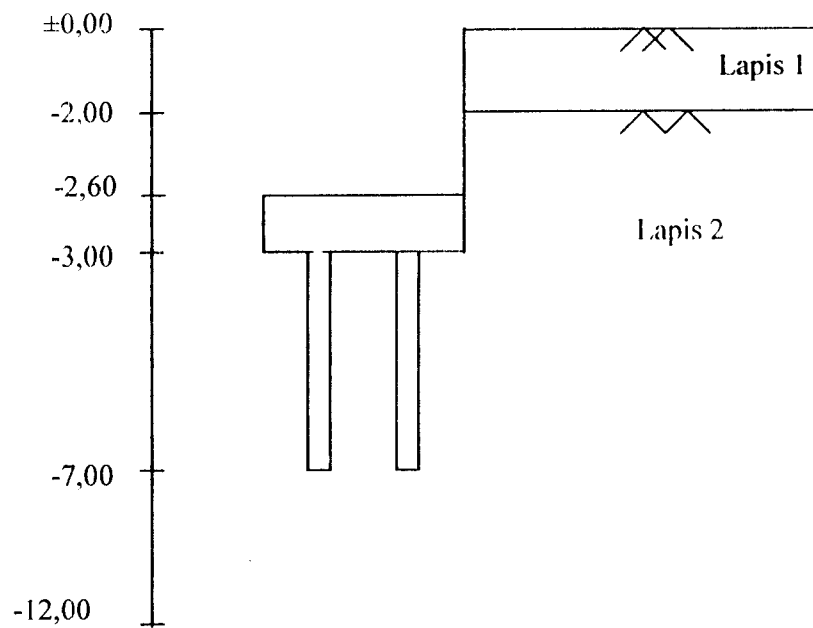
(Beton bertulang Km 20+150-20+250)

- Kondisi Lereng Asli



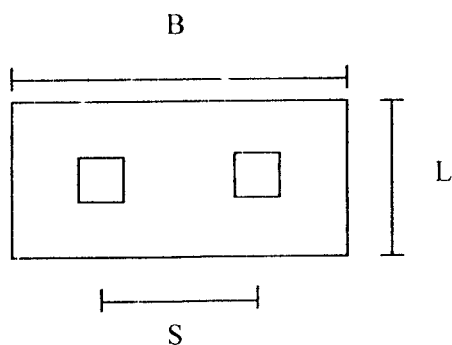
Gambar 5.14. Kondisi Lereng Asli

- Desain Tiang Pancang



Gambar 5.15. Desain Tiang Pancang

- **Formasi Tiang Pancang**



Gambar 5.16. Formasi Tiang Pancang

Kondisi tanah dasar pada sta.Km 20+150-20+250 adalah jenis tanah lunak. Untuk memperbaiki badan jalan Bina Marga JATENG memasang tiang pancang di tanah lunak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat data parameter tiang pancang dan tanah dibawah ini.

- **Dimensi tiang**

Panjang tiang = 4 m

Ukuran = $(0,15 \times 0,15) \text{ m}^2$

Jarak tiang as ke as (S) = 1,20 m

Kelompok tiang = (2×1)

Dimensi Poer = $(2,20 \times 1 \times 0,40) \text{ m}$

Tabel 5.11. Data Parameter Tanah

No	Sifat	Jenis Tanah	
		Tanah 1 (Timbunan/Pasir)	Tanah 2 (Dasar/Lempung kelanauan)
1	$\Phi (\dots^\circ)$	30	8
2	$\gamma (\text{T/m}^3)$	1,61	1,55
3	$C (\text{T/m}^2)$	0	0,50

1. Kriteria Tiang

A. Angka Kelangsingan Tiang

$$\begin{aligned} \text{Luas 1 tiang dalam per meter lari pada kondisi sebenarnya (} \Lambda \text{)} &= 15^2 \\ &= 225 \text{ cm}^2 \\ &= 0,022 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal sheet pile (} t \text{)} = 0,40 \text{ m}$$

$$\text{Asumsi mutu beton } F'c = 35 \text{ Mpa, maka } E = 27,8 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kekakuan tiang (sheet pile) dihitung (} I \text{)} &= \frac{1}{12} \times b \times t^3 = \frac{1}{12} \times 2,20 \times 0,40^3 \\ &= 0,011 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{0,01}{0,02}} \\ &= 0,71 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$K = 1 \text{ (jepit-jepit)}$$

B. Perhitungan kriteria tiang :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{L.K}{i} \\ &= \frac{4,1}{0,71} \\ &= 5,63 \end{aligned}$$

D. Angka kelangsingan batas :

$$\begin{aligned}\lambda_g &= \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,70 \cdot F \cdot c}} \\ &= 3,14 \cdot \sqrt{\frac{27,8 \cdot 10^3}{0,70 \cdot 35}} \\ &= 105,771\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} \\ &= \frac{5,63}{105,771} \\ &= 0,05\end{aligned}$$

Berdasarkan nilai λ_s , maka tiang dengan $L = 4$ m adalah :

- tiang panjang ($\lambda_s < 0,183$), berdasarkan kriteria di atas maka tiang pancang yang digunakan pada proyek ini termasuk tiang pendek.

2. Analisa Transfer Beban Untuk Masing-Masing Tiang

Mutu beton K-350 → PBI 1971 → $(\sigma'_{bk}) = 350 \text{ Kg/Cm}^2 = 35 \text{ T/m}^2$

→ SNI 2002 → $f_c = 35 \text{ Mpa} = 35 \text{ T/m}^2$

Berat poer = $0,4 \times 2,20 \times 1 \times 2,50$

= 2,20 Ton

Berat tiang pancang = $2 \times 0,15 \times 0,15 \times 4 \times 2,40$

= 0,43 Ton

ΣV = Berat dinding penahan tanah + Berat poer + Berat tiang

= $6,41 + 2,20 + 0,43$

= 9,04 Ton

$$\begin{aligned}
 P \text{ masing-masing tiang} &= \frac{\sum V}{n} \\
 &= \frac{9,04}{2} \\
 &= 4,52 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= 4,52 \cdot 0,60 + 4,52 \cdot 0,60 \\
 &= 5,42 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum x^2 &= 0,60^2 + 0,60^2 \\
 &= 0,72 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$L = 1 \rightarrow M_x = 0$$

$$\begin{aligned}
 P_{\max \text{ ult}} &= \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\max}}{n_y \cdot \sum x^2} \\
 &= \frac{9,04}{2} \pm \frac{5,42 \cdot 0,60}{1 \cdot 0,72} \\
 &= 4,52 + 4,52 \\
 &= 9,04 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= \frac{P_{\max \text{ ult}}}{SF} \\
 &= \frac{9,04}{2,5} \\
 &= 3,62 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma \text{ tiang} &= \frac{P_{\max}}{A} \\
 &= \frac{3,62}{0,15 \cdot 0,15} \\
 &= 160,71 \text{ T/m}^2 > \sigma_{bk} = 35 \text{ T/m}^2 \text{ (tidak aman)} \\
 &> f_c = 35 \text{ T/m}^2 \text{ (tidak aman)}
 \end{aligned}$$

3. Analisa Kapasitas Dukung Tiang

A. Tiang Individu

A.1. Kapasitas Dukung Tiang (Q_u)

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_p$$

➤ Tahanan Ujung Tiang (Q_p)

$$\begin{aligned} Q_p &= A_p \cdot q_p \\ &= A_p \cdot 9 \cdot C_u \\ &= 0,15 \cdot 0,15 \cdot 9 \cdot 0,50 \\ &= 0,10 \text{ Ton} \end{aligned}$$

➤ Tahanan Gesek Tiang (Q_s)

- Metoda Alpha

$$C_u = 0,5 \text{ T/m}^2 = 5 \text{ Kn/m}^2 \rightarrow \alpha = 3$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \sum p \cdot \Delta L \cdot f_s \\ &= \sum p \cdot \Delta L \cdot \alpha \cdot C_u \\ &= 4 \cdot 0,15 \cdot (4 \cdot 3 \cdot 1) \\ &= 7,20 \text{ Ton} \end{aligned}$$

➤ Berat Tiang (W_p)

$$\begin{aligned} W_p &= 1 \cdot 0,15 \cdot 0,15 \cdot 4 \cdot 2,4 \\ &= 0,22 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kapasitas dukung tiang tunggal } (Q_u) &= (Q_p + Q_s - W_p) \\ &= (0,10 + 7,20) - 0,22 \\ &= 7,08 \text{ Ton} \end{aligned}$$

B. Tiang Kelompok

B.1. Berdasarkan Perhitungan Kapasitas Dukung Tanah Direktorat Jendral

Bina Marga Departemen P.U.T.L

➤ Kapasitas Dukung Keseimbangan (Q_t)

$$Q_t = c.N_c.A + 2.(B + Y).I.c$$

$$A = B \times Y$$

$$= 2,20.1$$

$$= 2,20 \text{ m}^2$$

$c.N_c = 9$ (didapat dari grafik Skempton, lihat lampiran)

$$I = 4 \text{ m}$$

$$c = 0,50 \text{ T/m}^2$$

$$Q_t = 0,50.9.2,20 + 2.(2,20 + 1).4.0,50$$

$$= 9,90 + 12,80$$

$$= 22,70 \text{ Ton}$$

a. Dengan faktor keamanan : $n = 5$

$$Q_{pg} = \frac{Q_t}{n}$$

$$= \frac{22,70}{5}$$

$$= 4,54 \text{ Ton}$$

Pada proyek di lapangan jumlah tiang yang digunakan = 2 tiang, untuk satu tiang pancang dalam kelompok tiang pancang dalam kelompok tiang adalah :

$$Q = \frac{1}{2} . Q_{pg}$$

$$= \frac{4,54}{2}$$

$$= 2,27 \text{ Ton}$$

b. Dengan faktor keamanan : $konus = 3$

$$cleef = 5$$

$$\begin{aligned} Q_{pg} &= \frac{c.Nc.A}{3} + \frac{2.(B+Y).I.c}{5} \\ &= \frac{0,50.9.2,20}{3} + \frac{2.(2,20+1).4.0,50}{5} \\ &= 3,30 + 2,56 \\ &= 5,86 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Untuk satu tiang dalam kelompok tiang :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{2} . Q_{pg} \\ &= \frac{5,86}{2} \\ &= 2,93 \text{ Ton} \end{aligned}$$

C. Menentukan kapasitas ijin tiang

Q_{all} diambil Q terkecil = 7,08 Ton

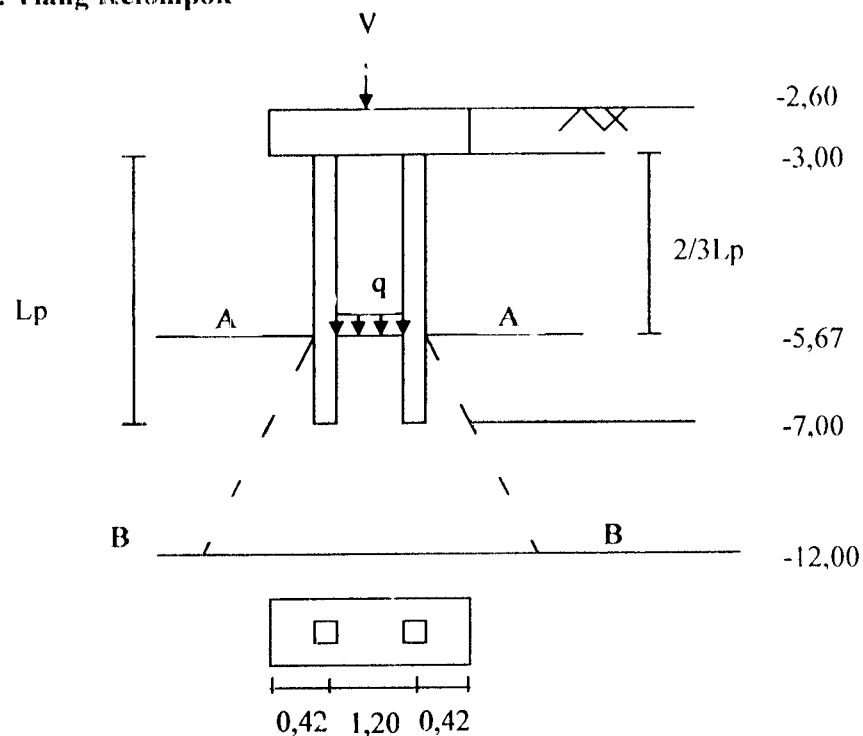
$Sf = 2,5$ (bangunan permanen dan pengendalian baik → Reese and O'Neill, 1989)

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{\sum Q_u}{SF} \\ &= \frac{7,08}{2,5} \\ &= 2,83 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma \text{ tiang} &= \frac{Q_{all}}{A} \\ &= \frac{2,83}{2,20} \\ &= 1,28 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

4. Analisa Penurunan Pondasi Tiang

A. Tiang Kelompok



Gambar 5.17. Penurunan Tiang Kelompok

$$\text{Berat poer} = 0,40 \times 2,20 \times 1 \times 2,50$$

$$= 2,20 \text{ Ton}$$

$$\text{Berat tiang pancang} = 2 \times 0,15 \times 0,15 \times 4 \times 2,40$$

$$= 0,43 \text{ Ton}$$

$$\Sigma V = \text{Berat dinding penahan tanah} + \text{Berat poer} + \text{Berat tiang}$$

$$= 6,41 + 2,20 + 0,43$$

$$= 9,04 \text{ Ton}$$

- Beban V diperhitungkan merata pada kedalaman $-2,67$ m (bidang A-A) yaitu $2/3L_p$.

- Lapisan tanah lempung dibawah bidang A-A sampai lapisan lempung (bidang B-B) dibagi 5 lapisan yang tebalnya masing-masing : $1,27$ m = 127 cm

$$B = 1,1,20 + 0,15$$

$$= 1,35 \text{ m}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$A = B \times L$$

$$= 1,35 \times 1$$

$$= 1,35 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{9,04}{1,35}$$

$$= 6,69 \text{ T/m}^2$$

A.1. Titik 1, lapisan 1

Kedalaman : -6,94 m

$$B_1 = B + 2,0,63 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1,35 + 0,72 = 2,07 \text{ m}$$

$$L_1 = L + 2,0,63 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1 + 0,72 = 1,72 \text{ m}$$

$$A_1 = B_1 \times L_1$$

$$= 2,07 \times 1,72 = 3,57 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_1} \times q$$

$$= \frac{1,35}{3,57} \times 6,69$$

$$= 2,51 \text{ T/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \gamma_2 \cdot 3,94 \\
 &= 1,55 \cdot 3,94 \\
 &= 6,11 \text{ T/m}^2 = 61,1 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \Delta P + P_0 \\
 &= 2,51 + 6,11 \\
 &= 8,62 \text{ T/m}^2 = 86,2 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

$$S_1 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

$$\text{Grafik : } \rightarrow e_0 = 0,799$$

$$e_1 = 0,790$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,009$$

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H \\
 &= \frac{0,009}{1 + 0,799} \times 127 \\
 &= 0,64 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

A.2. Titik 2, lapisan 2

Kedalaman : -8,21 m

$$\begin{aligned}
 B_2 &= B + 2 \cdot 1,91 \cdot \text{tg } 30^\circ \\
 &= 1,35 + 2,21 = 3,56 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_2 &= L + 2 \cdot 1,91 \cdot \text{tg } 30^\circ \\
 &= 1 + 2,21 = 3,21 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$A_2 = B_2 \times L_2$$

$$= 3,56 \times 3,21 = 11,43 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_2} \times q$$

$$= \frac{1,35}{11,43} \times 6,69$$

$$= 0,78 \text{ T/m}^2$$

$$P_o = \gamma_2 \cdot 5,21$$

$$= 1,55 \cdot 5,21$$

$$= 8,08 \text{ T/m}^2 = 30,8 \text{ Kpa}$$

$$P_2 = \Delta P + P_o$$

$$= 0,78 + 8,08$$

$$= 8,85 \text{ T/m}^2 = 88,5 \text{ Kpa}$$

$$S_2 = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_o dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

$$\text{Grafik : } \rightarrow e_o = 0,790$$

$$e_1 = 0,788$$

$$\Delta e = e_o - e_1$$

$$= 0,002$$

$$S_2 = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \times H$$

$$= \frac{0,002}{1 + 0,790} \times 127$$

$$= 0,14 \text{ cm}$$

A.3. Titik 3, lapisan 3

Kedalaman : -9,48 m

$$B_3 = B + 2.3,18.tg 30^0$$

$$= 1,35 + 3,67 = 5,02 \text{ m}$$

$$L_3 = L + 2.3,18.tg 30^0$$

$$= 1 + 3,67 = 4,67 \text{ m}$$

$$A_3 = B_3 \times L_3$$

$$= 5,02 \times 4,67 = 23,44 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_3} \times q$$

$$= \frac{1,35}{23,44} \times 6,69$$

$$= 0,38 \text{ T/m}^2$$

$$P_0 = \gamma_2 \cdot 6,48$$

$$= 1,55 \cdot 6,48$$

$$= 10,04 \text{ T/m}^2 = 100,4 \text{ Kpa}$$

$$P_3 = \Delta P + P_0$$

$$= 0,38 + 10,04$$

$$= 10,42 \text{ T/m}^2 = 104,2 \text{ Kpa}$$

$$S_3 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

Grafik : $\rightarrow e_0 = 0,779$

$$e_1 = 0,777$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,002$$

$$S_3 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

$$= \frac{0,002}{1 + 0,779} \times 127$$

$$= 0,14 \text{ cm}$$

A.4. Titik 4, lapisan 4

Kedalaman : -10,75 m

$$B_4 = B + 2.4,45.tg 30^0$$

$$= 1,35 + 5,13 = 6,48 \text{ m}$$

$$L_4 = L + 2.4,45.tg 30^0$$

$$= 1 + 5,13 = 6,13 \text{ m}$$

$$A_4 = B_4 \times L_4$$

$$= 6,48 \times 6,13 = 39,72 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_4} \times q$$

$$= \frac{1,35}{39,72} \times 6,69$$

$$= 0,23 \text{ T/m}^2$$

$$P_0 = \gamma_2 \cdot 7,75$$

$$= 1,55 \cdot 7,75$$

$$= 12,01 \text{ T/m}^2 = 120,1 \text{ Kpa}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= \Delta P + P_0 \\
 &= 0,23 + 12,01 \\
 &= 12,24 \text{ T/m}^2 = 122,4 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

$$S_4 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

$$\text{Grafik : } \rightarrow e_0 = 0,770$$

$$e_1 = 0,768$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,002$$

$$S_4 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

$$= \frac{0,002}{1 + 0,770} \times 127$$

$$= 0,14 \text{ cm}$$

A.5. Titik 5, lapisan 5

Kedalaman : -12,00 m

$$\begin{aligned}
 B_5 &= B + 2.5,72.tg 30^0 \\
 &= 1,35 + 6,61 = 7,96 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_5 &= L + 2.5,72.tg 30^0 \\
 &= 1 + 6,61 = 7,61 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_5 &= B_5 \times L_5 \\
 &= 7,96 \times 7,61 = 60,57 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta P &= \frac{A}{A_s} \times q \\ &= \frac{1,35}{60,57} \times 6,69 \\ &= 0,15 \text{ T/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_0 &= \gamma \cdot 9,02 \\ &= 1,55 \cdot 9,02 \\ &= 13,98 \text{ T/m}^2 = 139,8 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_5 &= \Delta P + P_0 \\ &= 0,15 + 13,98 \\ &= 14,13 \text{ T/m}^2 = 141,3 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

$$S_5 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

$$\text{Grafik : } \rightarrow e_0 = 0,748$$

$$e_1 = 0,746$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,002$$

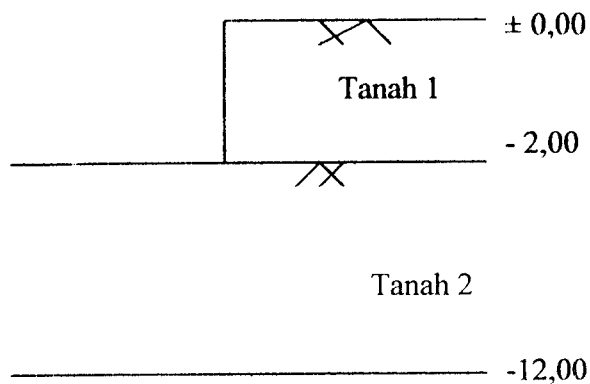
$$\begin{aligned}S_5 &= \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H \\ &= \frac{0,002}{1 + 0,748} \times 127 \\ &= 0,14 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi penurunan total} &= S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 \\ &= 0,64 + 0,14 + 0,14 + 0,14 + 0,14 \\ &= 1,20 \text{ cm}\end{aligned}$$

5.5.4 Konstruksi Retaining Wall di atas Pondasi Tiang Pancang

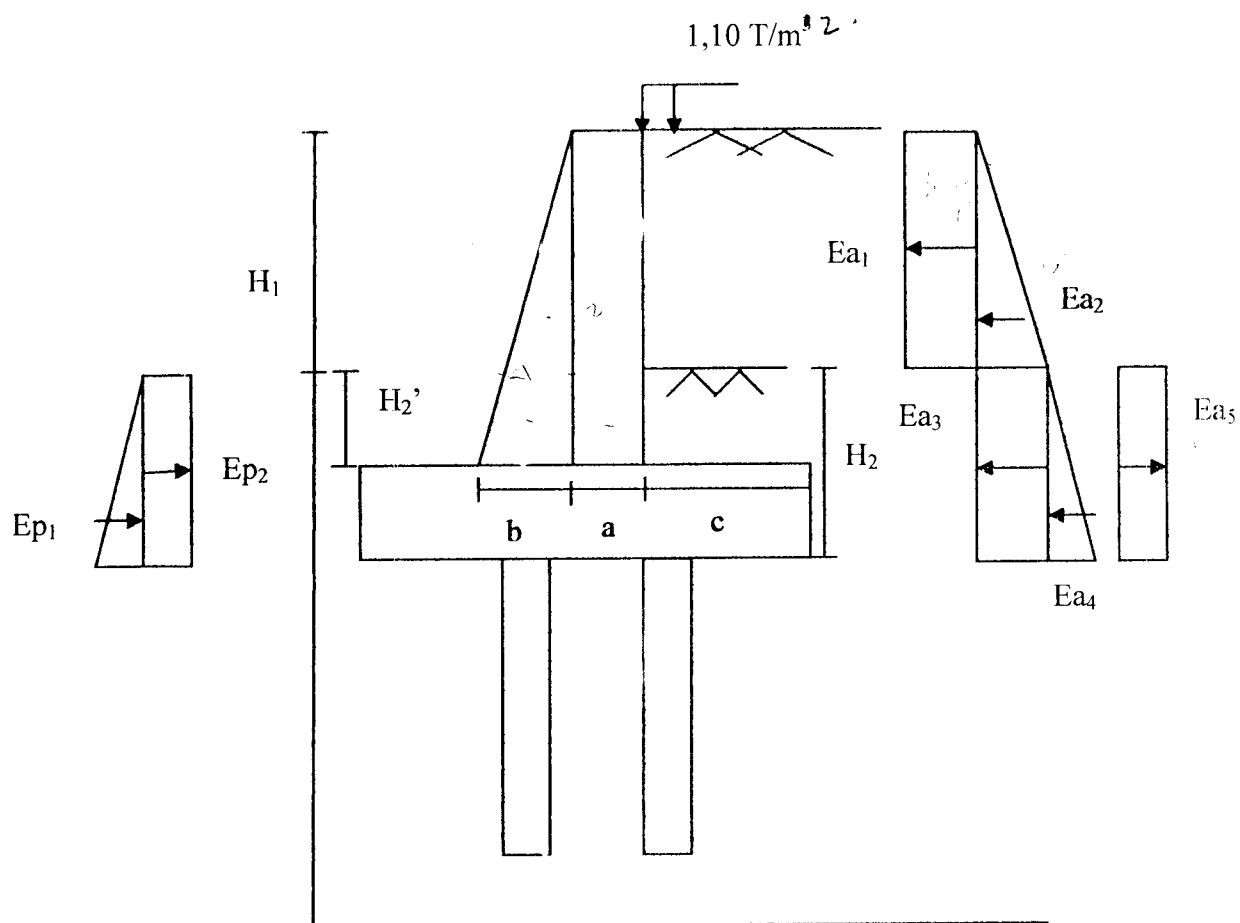
(Beton Bertulang Km 20+150-20+250)

• Kondisi Lereng Asli



Gambar 5.18. Kondisi Lereng Asli

• Desain Dinding Penahan Tanah



Gambar 5.19 . Konstruksi Retaining Wall (Beton Bertulang)

Kondisi tanah dasar pada sta.Km 20+150-20+250 adalah jenis tanah lunak. Untuk memperbaiki badan jalan Bina Marga JATENG memasang dinding penahan tanah di atas tiang pancang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat data parameter dinding penahan tanah dan tanah dibawah ini.

• **Data Konstruksi Dinding Penahan Tanah**

H_1	: 2,00 m
H_2	: 0,60 m
Tinggi dinding penahan tanah ($H_1 + H_2$)	: 2,60 m
a	: 0,30 m
b	: 0,10 m
$C = (a + b)$: 0,40 m
c	: 1,00 m
B	: 2,20 m

I. Analisa Dinding Penahan Tanah

A. Tinjauan Terhadap Gaya-Gaya Eksternal

Tabel 5.12. Koefisien Tanah (aktif dan pasif)

Tanah 1	Tanah 2
$K_{a1} = Tg^2 (45 - \varphi/2)$ $= Tg^2 (45 - 30/2)$ $= 0,33$	$K_{a2} = Tg^2 (45 - \varphi/2)$ $= Tg^2 (45 - 8/2)$ $= 0,76$ $K_{p2} = Tg^2 (45 + \varphi/2)$ $= Tg^2 (45 + 8/2)$ $= 1,32$

Tabel 5.13. Tekanan tanah

Tanah aktif (pa)/(T/m ²)	Tanah pasif (pp)/(T/m ²)
$pa_1 = q.Ka_1$ $= 1,1.0,33$ $= 0,36$	$pp_1 = Kp.\gamma_2.H_2'$ $= 1,32.1,55.1$ $= 2,05$
$pa_2 = Ka_1.\gamma_1.H_1$ $= 0,33.1,61.2,00$ $= 1,06$	$pp_2 = 2.c_2.\sqrt{Kp}$ $= 2.0,50.\sqrt{1,32}$ $= 1,15$
$pa_3 = Ka_1.\gamma_1.H_1$ $= 0,33.1,61.1,50$ $= 1,06$	
$pa_4 = Ka_2.\gamma_2.H_2$ $= 0,76.1,55.1$ $= 1,18$	
$pa_5 = -2.c_2.\sqrt{Ka_2}$ $= -2.0,50.\sqrt{0,76}$ $= -0,87$	

Tabel 5.14. Gaya aktif

Tekanan tanah aktif (pa)/(T/m ²)	Tinggi (H)/(m)	Gaya aktif (T) (Ea)/(Ton)
0,36	2,00	$0,36 \times 2,00 \times 1 = 0,72$
1,06	2,00	$1,06 \times \frac{1}{2} \times 2,0 \times 1 = 1,06$
1,06	1	$1,06 \times 1 \times 1 = 1,06$
1,18	1	$1,18 \times \frac{1}{2} \times 1 \times 1 = 0,59$
-0,87	1	$-0,87 \times 1 \times 1 = -0,87$

Tabel 5.15. Gaya pasif

Tekanan tanah pasif (pp)/(T/m ²)	Tinggi (H)/(m)	Gaya pasif (Ep)/(Ton)
2,05	1	$2,05 \times \frac{1}{2} \times 1 \times 1 = 1,03$
1,15	1	$1,15 \times 1 \times 1 = 1,15$

Tabel 5.16. Berat konstruksi

No	Berat Konstruksi (Ton)
1	$W_1 = 1/2 \cdot 0,07 \cdot H_1 \cdot \gamma_k \cdot l$ $= 1/2 \cdot 0,07 \cdot 2,00 \cdot 2,50$ $= 0,18 \text{ Ton}$
2	$W_2 = a \cdot H_1 \cdot \gamma_k \cdot l$ $= 0,30 \cdot 2,00 \cdot 2,5$ $= 1,50 \text{ Ton}$
3	$W_3 = 1/2 \cdot 0,03 \cdot H_2 \cdot \gamma_k \cdot l$ $= 1/2 \cdot 0,03 \cdot 0,6 \cdot 2,5$ $= 0,02 \text{ Ton}$
4	$W_4 = 0,07 \cdot H_2 \cdot \gamma_k$ $= 0,07 \cdot 0,6 \cdot 2,5$ $= 0,11 \text{ Ton}$
5	$W_5 = a \cdot h_2 \cdot \gamma_k$ $= 0,30 \cdot 0,60 \cdot 2,5$ $= 0,45 \text{ Ton}$
6	$W_6 = H_1 \cdot c \cdot \gamma_1$ $= 2,00 \cdot 1,00 \cdot 1,61$ $= 3,22 \text{ Ton}$
7	$W_7 = H_2 \cdot c \cdot \gamma_2$ $= 0,6 \cdot 1 \cdot 1,55$ $= 0,93 \text{ Ton}$
8	$W_8 = (H_2 - H_2') \cdot B \cdot \gamma_k$ $= 0,4 \cdot 2,20 \cdot 2,50$ $= 2,20 \text{ Ton}$

B. Cek Stabilitas Konstruksi/Bahan

B.1. Tinjauan stabilitas terhadap momen

Tabel 5.17. Momen Pasif

No	Gaya Pasif (Ton)	Lengan terhadap A (m)	Momen terhadap A (Tm)
1	1,03	0,33	0,34
2	1,15	0,50	0,58
3	0,18	0,69	0,12
4	1,50	0,25	0,38
5	0,02	0,02	0,0004
6	0,11	0,06	0,006
7	0,45	0,25	0,11
8	3,22	0,90	2,89
9	0,93	0,90	0,84
10	2,20	1,10	2,42
	$\sum E_p = 10,79 (+)$		$\sum M_p = 7,68(+)$

Tabel 5.18. Momen Aktif

No	Gaya aktif (Ton)	Lengan terhadap A (m)	Momen terhadap A (Tm)
1	0,72	2,0	1,44
2	1,06	1,67	1,77
3	1,06	0,50	0,53
4	0,59	0,33	0,19
5	-0,87	0,50	-0,44
	$\sum E_A = 2,56 (-)$		$\sum M_A = 3,49 (-)$

$$SF = \frac{\sum M_p}{\sum M_A}$$

$$= \frac{7,68}{3,49} = 2,20 > 1,50 \text{ (aman)}$$

B.2. Tinjauan stabilitas terhadap geser

$$A = B \cdot l m^2 = 2,20 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \sum W &= W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_7 \\ &= 0,18 + 1,50 + 0,02 + 0,11 + 0,45 + 3,22 + 0,93 + 2,20 \\ &= 8,61 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi' &= 2/3 \varphi \\ &= 2/3 \cdot 8^\circ \\ &= 5,33^\circ \end{aligned}$$

$$\sum E_p = 10,79 \text{ Ton}$$

$$\sum E_a = 2,56 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} SF &= \frac{A \cdot 2/3 C + \sum W \cdot \text{tg} \varphi' + E_p}{E_a} \\ &= \frac{2,20 \cdot 2/3 \cdot 0,50 + 8,61 \cdot \text{tg} 5,33^\circ + 10,79}{2,56} \\ &= \frac{0,73 + 0,80 + 10,79}{2,56} \\ &= 4,81 > 1,5 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

B.3. Tinjauan stabilitas terhadap eksentrisitas

$$1/6 \cdot B = 0,36$$

$$\begin{aligned} E &= \frac{M_p}{E_p} \\ &= \frac{7,68}{10,79} \\ &= 0,71 > 0,36 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

B.4. Tinjauan stabilitas terhadap kuat dukung tanah

$$\begin{aligned}\sum M_{\text{total}} &= \sum M_p + \sum M_a \\ &= 7,68 - 3,49 \\ &= 4,19 \text{ Tm}\end{aligned}$$

$$\sum E_p = 10,79 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned}x &= \frac{\sum M_p}{\sum E_p} \\ &= \frac{7,68}{10,79} \\ &= 0,71 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}e &= x - \frac{B}{2} \\ &= 0,71 - \frac{2,20}{2}\end{aligned}$$

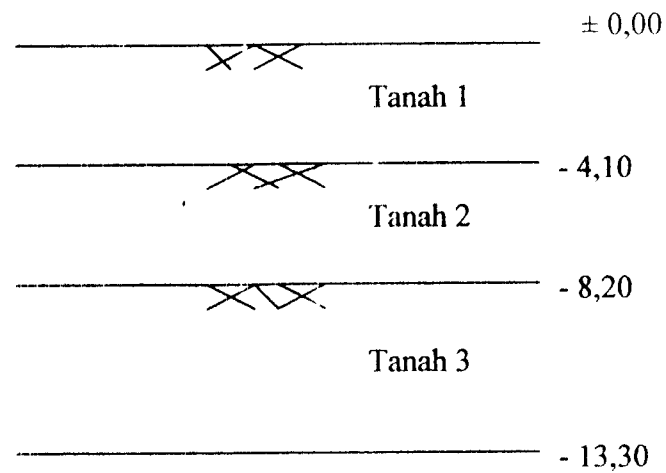
= -0,39 m < B/6 = 0,36 m berarti seluruh alas pondasi menderita desak

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{maks}} &= \frac{W}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \\ &= \frac{8,61}{2,20} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,39}{2,20}\right) \\ &= 8,07 \text{ T/m}^2 > \sigma_{\text{tiang}} + \sigma_{\text{tanah}} = 1,28 + 3,00 = 4,28 \text{ T/m}^2 \text{ (tidak aman)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{min}} &= \frac{W}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B}\right) \\ &= \frac{8,61}{2,20} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 0,39}{2,20}\right) \\ &= -0,24 \text{ T/m}^2 \approx 0 \text{ (aman)}\end{aligned}$$

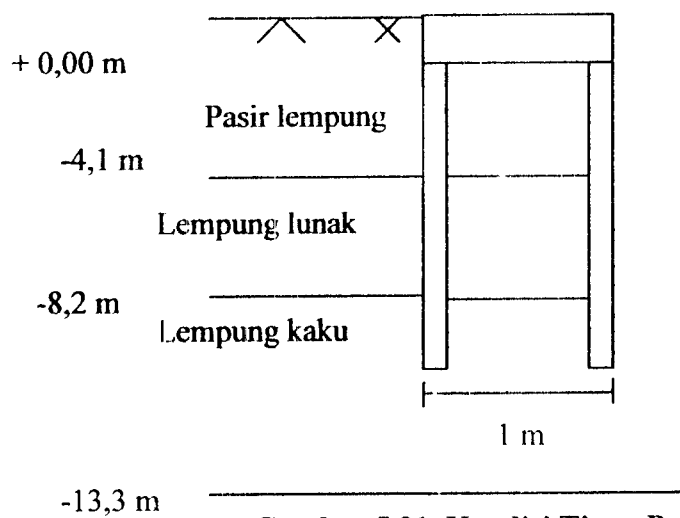
5.6 Konstruksi Tiang Pancang (Km 44+280 - 55+250)

- **Kondisi Lereng Asli**



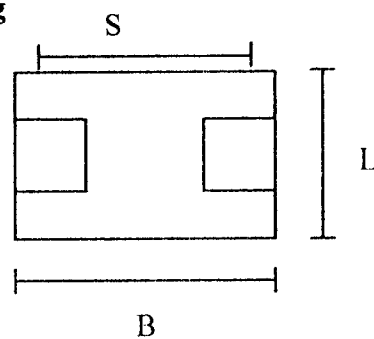
Gambar 5.20 Kondisi Lereng Asli

- **Desain tiang pancang**



Gambar 5.21. Kondisi Tiang Pancang

- **Formasi Tiang Pancang**



Gambar 5.22. Formasi Tiang Pancang

Untuk ketinggian timbunan lebih dari 2,50 m, proyek peningkatan jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari, Grobogan-JATENG, Bina Marga Jateng memasang konstruksi tiang pancang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat data parameter tanah dan tiang pancang di bawah ini.

Tabel 5.19. Data Parameter Tanah

Tanah 1 (Timbunan/pasir lempung)	Tanah 2 (lempung lunak)	Tanah 3 (lempung kaku)
$\gamma_1 = 1,69 \text{ T/m}^3$	$\gamma_2 = 1,68 \text{ T/m}^3$	$\gamma_2 = 1,68 \text{ T/m}^3$
$\varphi_1 = 12^\circ$	$\varphi_2 = 17^\circ$	$\varphi_2 = 17^\circ$
$C = 1,9 \text{ T/m}^2$	$C = 1 \text{ T/m}^2$	$C_u = 5 \text{ T/m}^2$
$H_1 = 4,1 \text{ m}$	$H_2 = 4,1 \text{ m}$	$H_3 = 5,1 \text{ m}$

- **Dimensi tiang**

Panjang tiang = 10 m

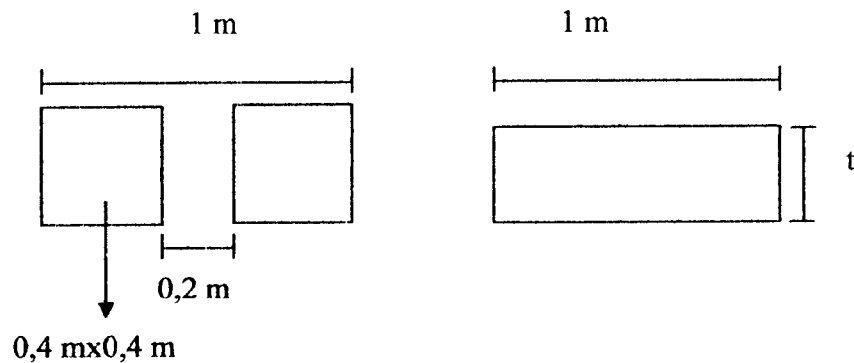
Ukuran = (0,4 m x 0,4 m)

Jarak tiang as ke as (S) = 0,60 m

Kelompok tiang = (2 x 1)

Dimensi poer = (0,32 x 1 x 1)m

I. Analisa Tiang



Kondisi pemasangan tiang sebenarnya Pemodelan tiang analisa bidang regangan

Gambar 5.23. Pemodelan Tiang Dalam Analisa Regangan Bidang

1. Kriteria tiang

A. Angka Kelangsingan Tiang :

$$\begin{aligned} \text{Luas 1 tiang dalam per meter lari pada kondisi sebenarnya (A)} &= 40^2 \\ &= 1600 \text{ cm}^2 \\ &= 0,16 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal sheet pile (t)} = \frac{A}{1} = 0,16 \text{ m}$$

$$\text{Asumsi mutu beton } F'c = 35 \text{ Mpa, maka } E = 27,8 \times 10^6 \text{ Kn/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kekakuan tiang (sheet pile) dihitung (I)} &= \frac{1}{12} \times b \times t^3 = \frac{1}{12} \times 1 \times 0,32^3 \\ &= 2,73 \times 10^{-3} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i &= \sum \frac{I}{A} \\ &= \sum \frac{2,73 \cdot 10^{-3}}{0,16} \\ &= 0,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$K = (\text{jepit-jepit})$$

B. Perhitungan kriteria tiang :

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{L.K}{i} \\ &= \frac{10.1}{0,02} \\ &= 500\end{aligned}$$

C. Angka Kelangsingan Batas :

$$\begin{aligned}\lambda_g &= \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,70 \cdot F \cdot c}} \\ &= 3,14 \cdot \sqrt{\frac{27,8 \cdot 10^3}{0,70 \cdot 35}} \\ &= 105,771\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} \\ &= \frac{500}{105,771} \\ &= 4,73\end{aligned}$$

Berdasarkan nilai λ_s maka tiang dengan $L = 10$ m adalah :

1. tiang panjang ($\lambda_s \geq 1,00$), berdasarkan kriteria di atas maka tiang pancang yang digunakan pada proyek ini termasuk tiang panjang.

2. Analisa Transfer Beban Untuk Masing-Masing Tiang

Mutu beton K-350 \rightarrow PBI 1971 $\rightarrow \sigma_{bk} = 350 \text{ Kg/Cm}^2 = 35 \text{ T/m}^2$

\rightarrow SNI 2002 $\rightarrow f_c = 35 \text{ Mpa} = 35 \text{ T/m}^2$

Berat poer = $0,32 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,40 = 0,77 \text{ Ton}$

$$\text{Berat tiang pancang} = 2,0 \cdot 40,0 \cdot 40,0 \cdot 10,2,40 = 7,68 \text{ Ton}$$

$$\Sigma V = \text{Berat poer} + \text{Berat tiang}$$

$$= 0,77 + 7,68$$

$$= 8,45 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} P \text{ masing-masing tiang} &= \frac{\Sigma V}{n} \\ &= \frac{8,45}{2} \\ &= 4,22 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$M_y = 4,22 \cdot 0,3 + 4,22 \cdot 0,3$$

$$= 2,53 \text{ Ton}$$

$$\Sigma x^2 = 0,3^2 + 0,3^2$$

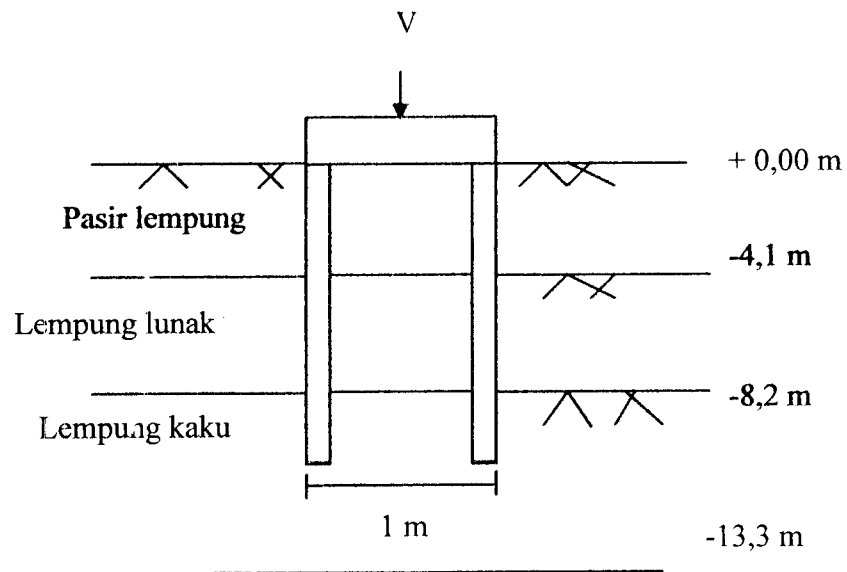
$$= 0,18 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P_{\text{max ultimit}} &= \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\text{max}}}{n_y \cdot \Sigma x^2} \\ &= \frac{8,45}{2} \pm \frac{2,53 \cdot 0,30}{1,0,18} \\ &= 8,43 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{max}} &= \frac{P_{\text{max ult}}}{SF} \\ &= \frac{8,43}{2,5} \\ &= 3,37 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ ijin tiang} &= \frac{P_{\text{max}}}{A} = \frac{3,37}{(0,15 \cdot 0,15)} \\ &= 149,87 \text{ T/m}^2 > \sigma_{bk} = 35 \text{ T/m}^2 \text{ (tidak aman)} \\ &> f_c = 35 \text{ T/m}^2 \text{ (tidak aman)} \end{aligned}$$

3. Kapasitas Dukung Tiang Pancang



Gambar 5.24. Kapasitas dukung Tiang Pancang

A. Tiang Individu

A.1. Kapasitas Dukung Tiang (Q_u)

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_p$$

➤ Tahanan Ujung Tiang (Q_p)

$$\begin{aligned} Q_p &= A_p \cdot q_p \\ &= A_p \cdot 9 \cdot C_u \\ &= 0,4 \cdot 0,4 \cdot 9 \cdot 5 \\ &= 7,2 \text{ Ton} \end{aligned}$$

➤ **Tahanan Gesek Tiang (Qs)**

$$\begin{aligned}
 Q_{s1} &= \sum p \cdot \Delta L \cdot f_s \\
 &= \sum p \cdot \Delta L \cdot K \cdot \sigma_v \cdot \tan \delta \\
 &= 4,0 \cdot 40 \cdot 4,1 \cdot \{2 \cdot (1 - \sin 12^\circ)\} \cdot 4,1 \cdot 1,69 \cdot \tan 12^\circ \\
 &= 4 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

- **Metoda Alpha**

$$C_{u2} = 1 \text{ T/m}^2 = 10 \text{ Kn/m}^2 \rightarrow \alpha = 3 \text{ (lihat lampiran)}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{s2} &= \sum p \cdot \Delta L \cdot f_s \\
 &= \sum p \cdot \Delta L \cdot \alpha \cdot C_u \\
 &= 4,0 \cdot 40 \cdot (4,1 \cdot 3 \cdot 1) \\
 &= 19,68 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= Q_{s1} + Q_{s2} \\
 &= 4 + 19,68 \\
 &= 23,69 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

➤ **Berat Tiang (Wp)**

$$\begin{aligned}
 W_p &= 1,0 \cdot 40 \cdot 0,40 \cdot 10 \cdot 2,4 \\
 &= 3,84 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka kapasitas dukung tiang tunggal } (Q_u) &= (Q_p + Q_s - W_p) \\
 &= (7,20 + 23,69) - 3,84 \\
 &= 27,05 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

B. Tiang Kelompok

B.1. Berdasarkan Perhitungan Kapasitas Dukung Tanah Direktorat Jendral

Bina Marga Departemen P.U.T.L

➤ Kapasitas Dukung Keseimbangan (Q_t)

$$Q_t = c.N_c.A + 2.(B + Y).l.c$$

$$A = B \times Y$$

$$= 1,00.1$$

$$= 1,00 \text{ m}^2$$

$$N_c = 9 \text{ (didapat dari grafik Skempton)}$$

$$l = 10 \text{ m}$$

$$c = 5 \text{ T/m}^2$$

$$Q_t = 5.9.1,0 + 2.(1,0 + 1,0).10.5$$

$$= 45 + 200$$

$$= 245 \text{ Ton}$$

a. Dengan faktor keamanan : $n = 5$

$$Q_{pg} = \frac{Q_t}{n}$$

$$= \frac{245}{5}$$

$$= 49 \text{ Ton}$$

Pada proyek di lapangan jumlah tiang yang digunakan = 2 tiang, untuk satu tiang pancang dalam kelompok tiang pancang dalam kelompok tiang adalah :

$$Q = \frac{1}{2}.Q_{pg}$$

$$= \frac{49}{2}$$

$$= 24,5 \text{ Ton}$$



b. Dengan faktor keamanan : konus = 3

cleef = 5

$$\begin{aligned} Q_{pg} &= \frac{c.Nc.A}{3} + \frac{2.(B+Y).I.c}{5} \\ &= \frac{5.9.1,0}{3} + \frac{2.(1,0+1).10.5}{5} \\ &= 15 + 40 \\ &= 55 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Untuk satu tiang dalam kelompok tiang :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{2} . Q_{pg} \\ &= \frac{55}{2} \\ &= 27,5 \text{ Ton} \end{aligned}$$

C. Kapasitas Ijin Tiang

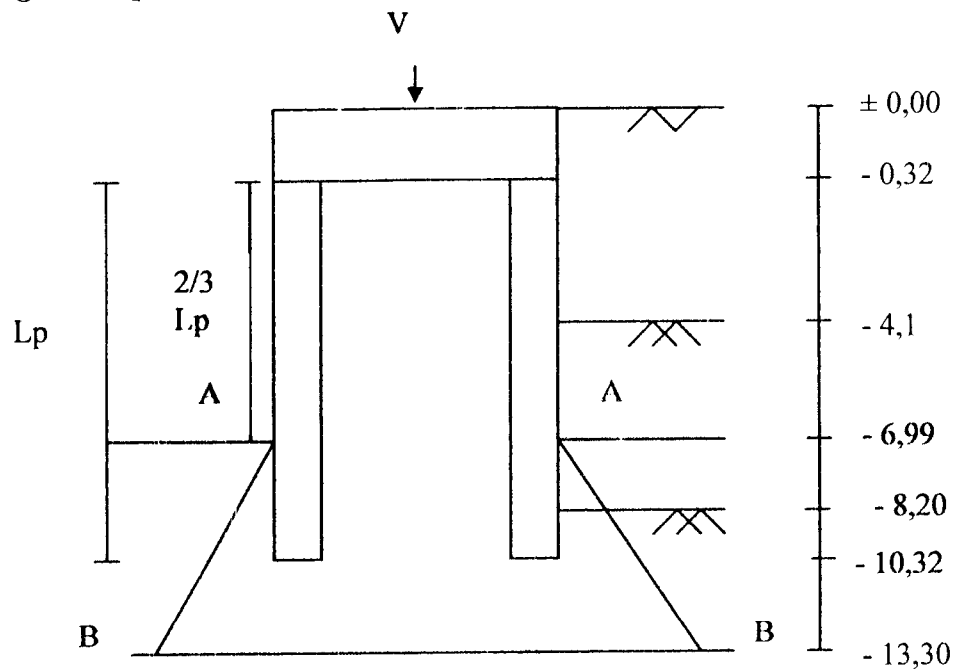
Qall diambil Q terkecil = 27,05 Ton

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{\sum Qu}{SF} \\ &= \frac{27,05}{2,5} \\ &= 10,82 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma \text{ tiang} &= \frac{Q_{all}}{A} \\ &= \frac{10,82}{1} \\ &= 10,82 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

4. Analisa Penurunan Pondasi Tiang

A. Tiang Kelompok



Gambar 5.25 : Penurunan Pondasi Tiang Kelompok

$$\text{Berat poer} = 0,32 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,40 = 0,77 \text{ Ton}$$

$$\text{Berat tiang pancang} = 2 \cdot 0,40 \cdot 0,40 \cdot 10 \cdot 2,40 = 7,68 \text{ Ton}$$

$$V = \text{Berat poer} + \text{Berat tiang pancang}$$

$$= 0,77 + 7,68$$

$$= 8,45 \text{ Ton}$$

- Beban V diperhitungkan merata pada kedalaman $2/3 \cdot L_p = 2/3 \cdot 10 = 6,67$ m (bidang A-A).

- Lapisan tanah liat dibawah bidang A-A sampai lapisan lempung padat (bidang B-B) dibagi menjadi 5 bagian : yang tebalnya masing-masing 1,26 m = 126 cm

$$B = 1,0,60 + 0,40 = 1 \text{ m}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$A = B \cdot L$$

$$= 1 \cdot 1$$

$$= 1 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{\sum V}{A}$$

$$= \frac{8,45}{1}$$

$$= 8,45 \text{ T/m}^2$$

A.1. Titik 1, lapisan 1

Kedalaman -8,20 m

$$B_1 = B + 2 \cdot 0,63 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1 + 0,72 = 1,72 \text{ m}$$

$$L_1 = L + 2 \cdot 0,63 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1 + 0,72 = 1,72 \text{ m}$$

$$A_1 = B_1 \times L_1$$

$$= 1,72 \times 1,72 = 2,96 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_1} \times q$$

$$= \frac{1}{2,96} \times 8,45$$

$$= 2,85 \text{ T/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \gamma_1 \cdot 3,78 + \gamma_2 \cdot 4,1 \\
 &= 1,69 \cdot 3,78 + 1,68 \cdot 4,1 \\
 &= 6,38 + 6,97 \\
 &= 13,35 \text{ T/m}^2 = 133,5 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \Delta P + P_0 \\
 &= 2,85 + 13,32 \\
 &= 16,17 \text{ T/m}^2 = 161,7 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

$$S_1 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

$$\text{Grafik : } \rightarrow e_0 = 0,758$$

$$e_1 = 0,756$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,002$$

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H \\
 &= \frac{0,002}{1 + 0,758} \times 126 \\
 &= 0,64 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

A.2. Titik 2, lapisan 2

Kedalaman : -9,46 m

$$B_2 = B + 2 \cdot 1,89 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1 + 2,18 = 3,18 \text{ m}$$

$$L_2 = L + 2 \cdot 1,89 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1 + 2,18 = 3,18 \text{ m}$$

$$A_2 = B_2 \times L_2$$

$$= 3,18 \times 3,18 = 10,11 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_2} \times q$$

$$= \frac{1}{10,11} \times 8,45$$

$$= 0,84 \text{ T/m}^2$$

$$P_0 = \gamma_1 \cdot 3,78 + \gamma_2 \cdot 4,1 + \gamma_3 \cdot 1,26$$

$$= 1,69 \cdot 3,78 + 1,68 \cdot 4,1 + 1,68 \cdot 1,26$$

$$= 6,38 + 6,88 + 2,11$$

$$= 15,37 \text{ T/m}^2 = 153,7 \text{ Kpa}$$

$$P_2 = \Delta P + P_0$$

$$= 0,84 + 15,37$$

$$= 16,22 \text{ T/m}^2 = 162,2 \text{ Kpa}$$

$$S_2 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

Grafik : $\rightarrow e_0 = 0,757$

$$e_1 = 0,755$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,002$$

$$S_2 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

$$= \frac{0,002}{1 + 0,757} \times 126$$

$$= 0,14 \text{ cm}$$

A.3. Titik 3, lapisan 3

Kedalaman : -10,72 m

$$B_3 = B + 2.3,15.tg 30^0$$

$$= 1 + 3,64 = 4,64 \text{ m}$$

$$L_3 = L + 2.3,15.tg 30^0$$

$$= 1 + 3,64 = 4,64 \text{ m}$$

$$A_3 = B_3 \times L_3$$

$$= 4,64 \times 4,64 = 21,53 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_1} \times q$$

$$= \frac{1}{21,53} \times 8,45$$

$$= 0,39 \text{ T/m}^2$$

$$P_0 = \gamma_1.3,78 + \gamma_2.4,1 + \gamma_3.2,52$$

$$= 1,69.3,78 + 1,68.4,1 + 1,68.2,52$$

$$= 6,38 + 6,88 + 4,23$$

$$= 17,49 \text{ T/m}^2 = 174,9 \text{ Kpa}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \Delta P + P_0 \\
 &= 0,39 + 17,49 \\
 &= 17,88 \text{ T/m}^2 = 178,8 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

$$S_3 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

$$\text{Grafik : } \rightarrow e_0 = 0,744$$

$$e_1 = 0,742$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,002$$

$$S_3 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

$$= \frac{0,002}{1 + 0,744} \times 126$$

$$= 0,14 \text{ cm}$$

A.4. Titik 4, lapisan 4

Kedalaman : -11,98 m

$$B_4 = B + 2.4,41.tg 30^0$$

$$= 1 + 5,09 = 6,09 \text{ m}$$

$$L_4 = L + 2.4,41.tg 30^0$$

$$= 1 + 5,09 = 6,09 \text{ m}$$

$$A_4 = B_4 \times L_4$$

$$= 6,09 \times 6,09 = 37,08 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\Delta P &= \frac{A}{A_4} \times q \\ &= \frac{1}{37,08} \times 8,45 \\ &= 0,23 \text{ T/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_0 &= \gamma_1 \cdot 3,78 + \gamma_2 \cdot 4,1 + \gamma_3 \cdot 3,78 \\ &= 1,69 \cdot 3,78 + 1,68 \cdot 4,1 + 1,68 \cdot 3,78 \\ &= 6,38 + 6,88 + 6,35 \\ &= 19,61 \text{ T/m}^2 = 196,1 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_4 &= \Delta P + P_0 \\ &= 0,23 + 19,61 \\ &= 19,84 \text{ T/m}^2 = 198,4 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

$$S_4 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

$$\text{Grafik : } \rightarrow e_0 = 0,740$$

$$e_1 = 0,738$$

$$\Delta e = e_0 - e_1$$

$$= 0,002$$

$$\begin{aligned}S_4 &= \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H \\ &= \frac{0,002}{1 + 0,740} \times 126 \\ &= 0,14 \text{ cm}\end{aligned}$$

A.5. Titik 5, lapisan 5

Kedalaman : -13,20 m

$$B_5 = B + 2.5,67 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1 + 6,55 = 7,55 \text{ m}$$

$$L_5 = L + 2.5,67 \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$= 1 + 6,55 = 7,55 \text{ m}$$

$$A_5 = B_5 \times L_5$$

$$= 7,55 \times 7,55 = 57 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_5} \times q$$

$$= \frac{1}{57} \times 8,45$$

$$= 0,15 \text{ T/m}^2$$

$$P_0 = \gamma_1 \cdot 3,78 + \gamma_2 \cdot 4,1 + \gamma_3 \cdot 5,04$$

$$= 1,69 \cdot 3,78 + 1,68 \cdot 4,1 + 1,68 \cdot 5,04$$

$$= 6,38 + 6,88 + 8,46$$

$$= 21,72 \text{ T/m}^2 = 217,2 \text{ Kpa}$$

$$P_5 = \Delta P + P_0$$

$$= 0,15 + 21,72$$

$$= 21,87 \text{ T/m}^2 = 218,7 \text{ Kpa}$$

$$S_5 = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times H$$

Untuk mendapatkan nilai e_0 dan e_1 digunakan gambar konsolidasi tes pada lampiran.

Grafik : $\rightarrow e_0 = 0,730$

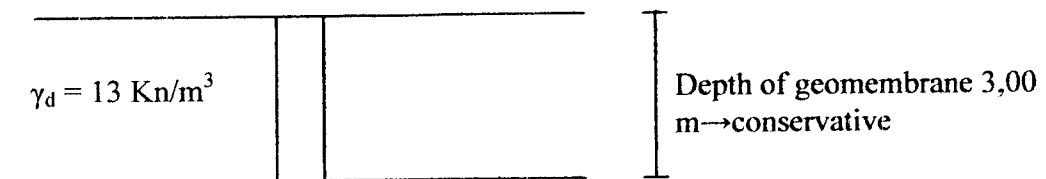
5.7 Design Requirements for Geomembrane Properties

5.7.1 Elongation at Failure for Geomembrane

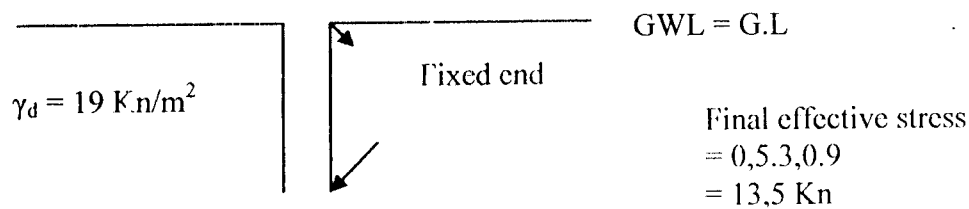
A. Only vertical part of the membrane is considered

- Assumption :

- Initial condition



- Final condition



Gambar 5.26. Kondisi Penempatan Geomembran

- Soil

- $\gamma_d = 13 \text{ Kn/m}^3$
- $\gamma_s = 23 \text{ Kn/m}^3$
- Swelling Pressure = 400 KPa at dry condition (σ'_{vs})
- Initial void (e_0) = 1,0
- Swelling index = 0,27 (C_s) diambil terbesar

$$\begin{aligned} \% \text{ Swelling} &= \frac{\Delta e}{1 + e_0} = \frac{C_s \times \Delta \log}{1 + e_0} \\ &= \frac{0,27 \times \log(400/23)}{1 + 1} \\ &= 0,17 \end{aligned}$$

5.7.2 Puncture Resistance

A. Based on stress included by traffic load

- Assumption

- Axle load = 120 Kn = 12 Ton (P)
- Average diameter of cover layer = 5 mm = 0,005 m
- γ cover = 23 Kn/m³ = 2,3 T/m³
- Thickness of cover = 30 cm = 0,3 m
- Strength of underlying soil (Cu) = 20 kPa

- Stress applied to the geomembrane

$$P = \frac{P}{2(B + 1,2.h).(L + 1,2.h)}$$

$$B = 0,4 \text{ m}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$P = \frac{120}{2(0,40 + 1,20.0,30).(0,20 + 1,2.0,30)}$$

$$= 141 \text{ kN/m}^2 = 14,1 \text{ T/m}^2 = q_R$$

- Puncture :

- For sharp aggregate :

$$dc = \frac{dso}{4}$$

$$= 5/4 = 1,25 \text{ mm}$$

- $F_p = \pi.(P.dso^2 - q_R.dc^2)/4$

$$= 3,14.(141 \times (0,005)^2 - 141.(1,25.10^{-3})^2) / 4$$

$$= 3,14 (0,003 - 0,0002) / 4$$

$$= 0,00219 \text{ KN} = 2,19 \text{ N} = 0,0002 \text{ Ton}$$

- Assume Lab testing using ASTM D 4833

$$d_{\text{lab}} = 8 \text{ mm} = d_c$$

$$d_{\text{field}} = d_c = 1,25 \text{ mm}$$

Puncture at lab test :

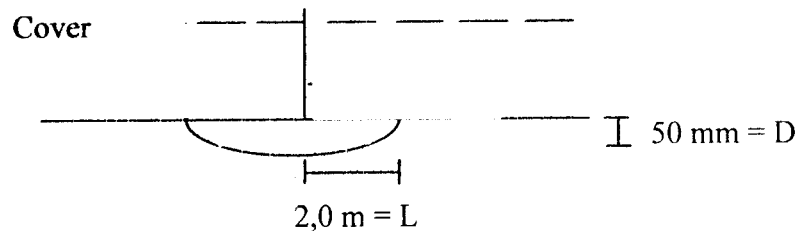
$$F_c = \frac{\pi \cdot F_p}{\pi \cdot d_c} \cdot \pi \cdot d_c$$

$$= 3,14 \cdot \frac{0,00219}{1,25} \cdot 8$$

$$= 0,0440 \text{ Kn} = 44 \text{ N} = 0,004 \text{ Ton}$$

5.7.3 Tensile Strength

A. Assumse :



Gambar 5.27. Letak Geomembran

- Induced stress on Geomembrane (koerner & Hwu approach, 1991)

$$t = 0,75 \text{ mm}$$

$$\Sigma = \frac{2 \cdot D \cdot L^2 \cdot \gamma_{cs} \cdot h_{cs}}{3t(D^2 + L^2)}$$

$$= \frac{2 \times 0,05 \times 2^2 \times 19 \times 0,2}{3 \times 0,75 \cdot 10^{-3} (0,05^2 + 2^2)}$$

$$= 1,52 / 0,009$$

$$= 168 \text{ Kn} = 16,8 \text{ Ton}$$

- **Tensile strength converted into stress on $t = 0,75$ mm membrane with 1,0 m wide**

$$\Sigma = 0,00075 \times 168$$

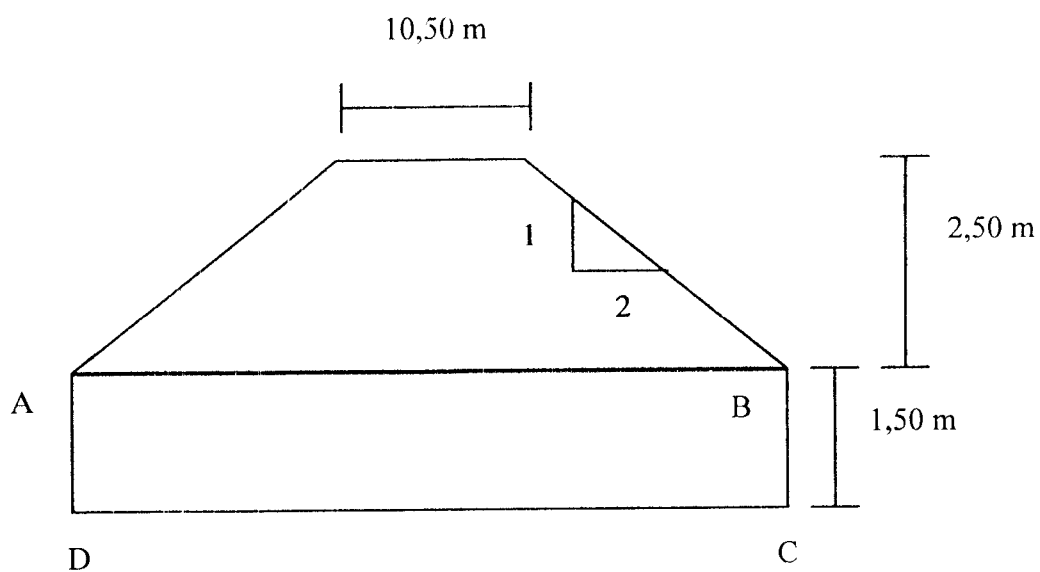
$$= 0,126 \text{ Kn/m}$$

$$= 0,012 \text{ T/m}$$

Kesimpulan :

- ✦ Elongation break $\geq 17 \%$
- ✦ Puncture resistance $\geq 44 \text{ N}$
- ✦ Tensile strength $\geq 0,126 \text{ Kn/m}$

5.8 Stabilitas Tanah Timbunan (Km 40+600-44+400)



Gambar 5.28. Penampang Jalan

Tabel 5.20. Data Parameter Tanah

Lapis 1 (Timbunan/Pasir)	Lapis 2 (Lempung lunak)	Lapis 3 (Lempung kaku)
H_1 : 2,50 m	H_2 : 1,50 m	C : 1 Ton/m ²
Gama-1 : 1,61 T/m ³	Gama-2 : 1,55 T/m ³	
Phi-1 : 30,00 ⁰	Phi-2 : 12,00 ⁰	
Cohesi-1 : 0,00 T/m ²	Cohesi-2 : 1,00 T/m ²	

- **Data jalan**

Lebar puncak = 10,5 m

Kemiringan = $\frac{1}{2}$

- **Data Geomembran**

Kuat tarik maksimum = 31,13 T/m

I. Analisa Stabilitas Tanah Timbunan

A. Tinjauan bidang gelincir memotong bidang AB

Tabel 5.21. Koefisien Tekanan Tanah

Lapis 1	Lapis 2
$K_{a1} = \text{tg}^2 (45 - \varphi_1/2)$ $= \text{tg}^2 (45 - 30/2)$ $= 0,333$	$K_{a2} = \text{tg}^2 (45 - \varphi_2/2)$ $= \text{tg}^2 (45 - 12/2)$ $= 0,65$ $K_p = \text{tg}^2 (45 + \varphi_2/2)$ $= \text{tg}^2 (45 + 12/2)$ $= 1,52$

Tabel 5.22. Tekanan Tanah

Tanah aktif (pa)	Tanah pasif (pp)
$p_{a1} = K_{a1} \cdot \gamma_1 \cdot h_1$ $= 0,33 \cdot 1,61 \cdot 2,50$ $= 1,33 \text{ Ton/m}^2$	$p_{p1} = K_{p2} \cdot \gamma_2 \cdot h_2$ $= 1,52 \cdot 1,55 \cdot 1,50$ $= 3,53 \text{ Ton/m}^2$
$p_{a2} = K_{a1} \cdot \gamma_1 \cdot h_1$ $= 0,33 \cdot 1,61 \cdot 2,50$ $= 1,33 \text{ Ton/m}^2$	$p_{p2} = 2 \cdot c_2 \cdot \sqrt{K_{p2}}$ $= 2 \cdot 1 \cdot \sqrt{1,52}$ $= 2,46 \text{ Ton/m}^2$
$p_{a3} = K_{a2} \cdot \gamma_2 \cdot h_2$ $= 0,65 \cdot 1,55 \cdot 1,50$ $= 1,51 \text{ Ton/m}^2$	
$p_{a4} = -2 \cdot c_2 \cdot \sqrt{K_{a2}}$ $= -2 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,65}$ $= -1,61 \text{ Ton/m}^2$	

Tabel 5.23. Gaya Aktif

Tekanan tanah aktif (pa)/(T/m ²)	Tinggi (H)/(m)	Gaya aktif (Ea)/(Ton)
1,33	2,50	1,33 x ½ x 2,50 = 1,66
1,33	1,50	1,33 x 1,50 = 1,99
1,51	1,50	1,51 x ½ x 1,50 = 1,13
-1,61	1,50	-1,61 x 1,50 = -2,42

$$\begin{aligned}\sum E_a &= Pa_1 + Pa_2 + Pa_3 + Pa_4 \\ &= 1,66 + 1,99 + 1,13 - 2,42 \\ &= 2,36 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Tabel 5.24. Gaya Pasif

Tekanan tanah pasif (pp)/(T/m ²)	Tinggi (H)/(m)	Gaya pasif (Ep)/(Ton)
3,53	1,50	3,53.1/2.1,50 = 2,64
2,46	1,50	2,46.1,50 = 3,69

$$\begin{aligned}\sum E_p &= Pp_1 + Pp_2 \\ &= 2,64 + 3,69 \\ &= 6,33 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang lereng} &= 2.10,5 \\ &= 21 \text{ m}\end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada bidang CD : $\tau_B = I_s.(c + \sigma_v.tg\Phi)$

$\varphi = 12^\circ$ diperoleh :

$$\begin{aligned}\tau_B &= I_s.(c + \sigma_v.tg\varphi) \\ &= 21.(1 + 1,5.1,55.tg12^\circ) \\ &= 31,37 \text{ T/m}^2\end{aligned}$$

$$T_B = \tau_B \cdot 1m^2$$

$$= 31,37 \text{ T}$$

A.5. Faktor angka keamanan tanpa perkuatan geomembran

$$\text{Besarnya angka aman (SF)} = \frac{(E_p + T_B)}{E_a}$$

$$= \frac{(6,33 + 31,37)}{2,36}$$

$$= 15,97 > 1,50 \dots\dots\dots(\text{aman})$$

A.6. Faktor angka keamanan dengan perkuatan geomembran

Menggunakan 1 lapis geomembran dengan SF = 3

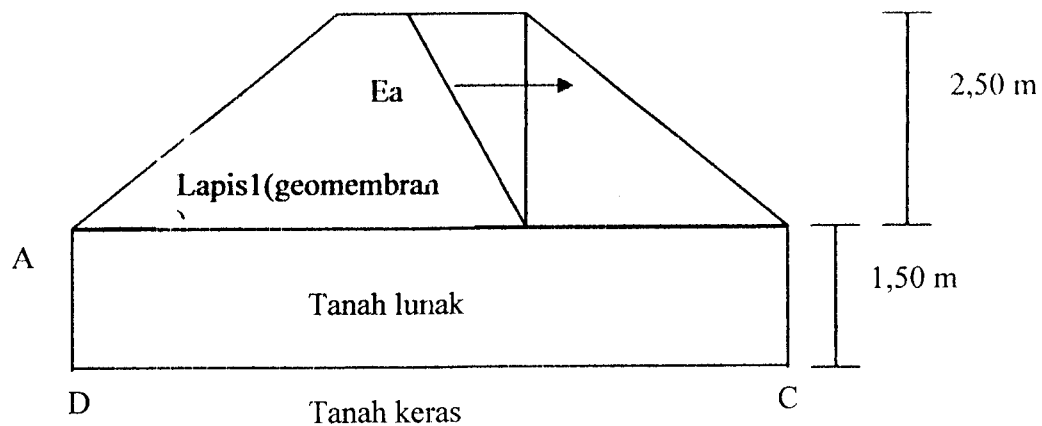
$$T_T = 1 \cdot \frac{31,13}{3} \cdot 1m = 10,38 \text{ Ton}$$

$$Sf = \frac{(E_p + T_B + T_T)}{E_A}$$

$$= \frac{(6,33 + 31,37 + 10,38)}{2,36}$$

$$= 20,37 > 1,50 \dots\dots\dots(\text{aman})$$

B. Tinjauan Bidang Gelincir Terjadi di Atas Perkuatan



Gambar 5.29. Tinjauan Bidang Gelincir Terjadi diatas Perkuatan

B.1. Bidang geser yang terjadi pada lapis I perkuatan geosintetik

Tinggi timbunan = 2,5 m

$$\varphi = 30^{\circ}$$

$$I_s = (10/10) \cdot 21$$

$$= 21 \text{ m}$$

$$I_c = 0 \text{ m}$$

$$F_B = \gamma \cdot h \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot I_s + I_c \right) \cdot \text{tg} \mu$$

$$= 1,61 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 21 + 0 \right) \cdot 0,75 \text{tg} \varphi$$

$$= 24,40 \text{ Ton}$$

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_1 \cdot (h_1)^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,33 \cdot 1,61 \cdot 2,5^2$$

$$= 1,66 \text{ Ton}$$

$$SF = \frac{F_B}{E_a}$$

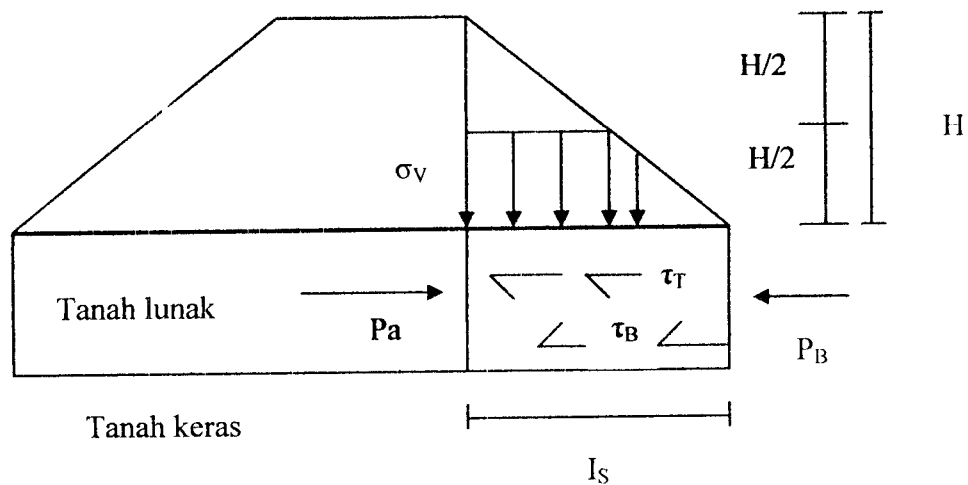
$$= \frac{24,40}{1,66}$$

$$= 14,70 > 1,50 \dots \dots \dots (\text{aman})$$

C. Tinjauan Analisis Tekanan Pada Lapisan Lunak dibawah Timbunan

$$T_B = 31,37 \text{ T}$$

$$P_p = 6,33 \text{ Ton/r}^2$$



Gambar 5.30. Tinjauan Analisis Tekanan Tanah Lunak di Bawah Timbunan

$$E_a = E_{a2} + E_{a3} + E_{a4}$$

$$= 1,99 + 1,13 - 2,42$$

$$= 0,7 \text{ Ton}$$

Panjang lereng (I_s) = 21 m

Tegangan geser yang terjadi pada lapisan AB yaitu antara tanah lunak dengan perkuatan geosintetik (τ_T)

$$\begin{aligned}
 \tau_T &= I_s \cdot (c_G + \sigma_v \cdot \text{Tg}\mu) \\
 &= 21 \cdot (0,75 \cdot c + \sigma_v \cdot 0,75 \text{tg}\varphi) \\
 &= 21 \cdot (0,75 \cdot 1 + 1,5 \cdot 1,55 \cdot 0,75 \cdot \text{tg}12) \\
 &= 21 \cdot (0,75 + 0,37) \\
 &= 23,53 \text{ Ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi (T_T) = τ_T · 1m tegak lurus bidang gambar

$$= 23,53 \text{ Ton}$$

Tegangan geser yang terjadi antara tanah timbunan dengan lapisan geosintetik

$$\begin{aligned}
 (\text{geomembran}) (\tau_T) &= I_s \cdot (c_G + \sigma_v \cdot \text{Tg}\mu) \\
 &= 21 \cdot (0,75 \cdot c + \sigma_v \cdot 0,75 \text{tg}\varphi) \\
 &= 21 \cdot (0,75 \cdot 0 + \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 1,61 \cdot 0,75 \cdot \text{tg}30) \\
 &= 21 \cdot (0 + 0,87) \\
 &= 18,27 \text{ Ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi (T_T) = τ_T · 1m tegak lurus bidang gambar

$$= 18,27 \text{ Ton}$$

Kondisi kritis terjadi, apabila digunakan 18,27 Ton

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{(E_p + T_B + T_T)}{E_A} \\
 &= \frac{(6,33 + 31,37 + 18,27)}{0,70} \\
 &= 55,97 > 1,5 \dots \dots \dots (\text{aman})
 \end{aligned}$$

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1 Umum

Alinyemen ruas jalan antara Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari melewati endapan tanah lempung expansif. Badan jalan antara Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari dibangun diatas timbunan. Material yang digunakan untuk bahan timbunan adalah tanah asli yang digali dari sebelah kiri kanan jalan. Material ini mempunyai sifat expansif yang disamping mempunyai potensi kembang susut yang tinggi, tanah ini mempunyai kuat geser dan daya dukung yang sangat rendah. Tanah expansif mempunyai sifat mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan kadar air.

Kembang susut berulang-ulang (*cyclic*) akan mempercepat kerusakan pada jalan. Pada waktu musim kemarau, bahu jalan dan perkerasan jalan bagian luar akan mengalami retak-retak dan pada waktu musim hujan tiba air akan masuk ke retakan-retakan dan akan menjenuhkan material perkerasan termasuk tanah dasarnya.

Untuk mengatasi kerusakan pada ruas jalan antara Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari, Bina Marga JATENG mengambil langkah sebagai berikut :

1. Pemasangan geomembran pada tanah timbunan,
2. Membangun dinding penahan tanah diatas tiang pancang
(tinggi timbunan < 2,50 m),
3. Memasang konstruksi tiang pancang (tinggi timbunan > 2,50 m).

Besarnya tinggi timbunan dengan atau tanpa memakai geomembran tergantung pada beban lalu lintas, faktor polyfelt geomembran dan CBR tanah dasar pada ruas jalan tersebut

Besarnya faktor keamanan dinding penahan tanah tergantung pada parameter tanah dan beban lalu lintas pada ruas jalan tersebut. Namun tinggi dan dimensi dinding penahan tanah juga ikut berpengaruh pada faktor keamanan.

Besarnya kapasitas daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang tergantung pada daya kelekatan antara struktur pondasi dengan lapisan tanah, kedalaman pondasi, beban yang ditekan oleh pondasi, parameter tanah dan diameter tiang.

Besarnya perkuatan tanah timbunan tergantung pada kuat tarik geomembran, parameter tanah, beban lalu lintas dan tinggi timbunan.

Dalam menganalisa tinggi timbunan, faktor keamanan, kapasitas dukung dan penurunan dilakukan dengan memperhatikan data tanah, beban lalu lintas, dimensi bangunan penahan, dimensi tiang, karakteristik geomembran dan data pendukung lainnya.

6.2. Jenis dan Klasifikasi Tanah

Berdasarkan test sondir dan boring oleh Bina Marga JATENG didapatkan data penyelidikan tanah ruas jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari, Grobogan-JATENG. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6.1 di bawah ini.

Tabel 6.1. Resume Hasil Penyelidikan Tanah

NO	Sifat	Jumlah contoh	Kisaran	Harga rata-rata
1	PI, %	111	31-69	48
2	% Clay	111	18-60	35
3	Activity	111	1,02-5,01	1,37
4	Swelling Pressure, Kn/m ²	34	28-380	125
5	CBR insitu (DCP),%	17	0,9-3,6	1,50
6	CBR Lab, %	17	1,35-3	1,50
7	S _{uv}	51	17-40	2
8	S _{eff} , peak strength, Kn/m ² (c' _p) (degree)(Φ _p)	34	15-30	25
		34	7-8	23
9	S _{eff} , residual strength, Kn/m ² (c' _r) (degree)(Φ _r)	34	10-22	13
		34	9-18	13
10	Kedalaman zona aktif (m)	5	4-6	12
11	Kandungan mineral	7		5
	Montmorillonite (%)		13-36	29,4
	Ca O (%)		4,5-11,22	7,8

Berdasarkan hasil analisa di atas, ruas jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari, Grobogan-JATENG termasuk tanah lempung.

6.3. Lalu Lintas

➤ Jenis kendaraan

Tabel 6.2. Jenis Kendaraan

No	Kendaraan	Berat (Ton)	LHR (Ken/hr/2 jur)
1	Mobil Penumpang	2	3151
2	Bus	8	397
3	Truk 2 as	13	971
4	Truk 3 as	20	155

➤ Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Tabel 6.3. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

No	Jenis Kendaraan	Lintas Harian Rerata	
		Awal Rencana (2006)	Akhir Rencana (2016)
1	Mobil Penumpang	3473,97	6218,4
2	Bus	436,7	781,69
3	Truk (2 as)	1068,10	1911,89
4	Truk (3 as)	170,5	305,19
	Jumlah	5149	9217

➤ Lalu Lintas Rencana

Tabel 6.4. Lalu Lintas Rencana

No	Jenis Kendaraan	E	LEP	LEA	LET	LER	LER (Per Tahun)
1	Mobil Penumpang	0,0004	0,694	1,24	0,969	0,969	353,68
2	Bus	0,192	41,92	75,04	58,48	58,48	21345,2
3	Truk (2 as)	1,308	698,53	1250,37	974,45	974,45	355674,25
4	Truk (3 as)	1,121	95,56	171,05	133,31	133,31	48581,51
	Jumlah		837	1498	1168	1168	426320

Berdasarkan hasil analisa di atas, ruas jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari, Grobogan-JATENG termasuk lalu lintas tinggi.

6.4. Tinggi Timbunan

Tabel 6.5. Tinggi Timbunan

No	CBR	Metoda AASHTO		Metoda Steward	
		Tanpa Geomembran	Menggunakan Geomembran	Tanpa Geomembran	Menggunakan Geomembran
1	1,50%	385 mm	125 mm	350 mm	250 mm

Berdasarkan hasil analisa perbandingan tinggi timbunan antara metoda AASHTO dan Steward dapat diterangkan sebagai berikut :

- **Metoda AASHTO**

$$\text{CBR} = 1,50 \%, W_{80kn} = 4,26320 \times 10^5$$

$$\text{Timbunan tanpa geomembran} = 385 \text{ mm}$$

$$\text{Timbunan dengan geomembran} = 260 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi selisih penghematan tebal urugan stabilisasi menggunakan geomembran} = 385 - 125 = 260 \text{ mm}$$

- **Metoda Steward**

$$\text{CBR} = 1,50 \%$$

$$\text{Timbunan tanpa geomembran} = 350 \text{ mm}$$

$$\text{Timbunan dengan geomembran} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi selisih penghematan tebal urugan stabilisasi menggunakan geomembran} = 350 - 250 = 100 \text{ mm}$$

6.5. Analisa Dinding Penahan Tanah di Atas Tiang Pancang

(Timbunan > 2,50m)

A. Pasangan Batu Kali

A.1. Analisa Perkuatan Tiang Pancang

Tabel 6.6. Dimensi Tiang Pancang

No	Diameter (m)	Panjang (m)	Jumlah (buah)	as ke as (m)	Poer		
					Tebal (m)	Panjang (m)	Lebar (m)
1	0,15	4	2	1,2	1,20	1,80	1,00

Tabel 6.6 menunjukkan data bahwa tiang pancang yang dipakai adalah jenis tiang pendek, beban maksimum yang diterima oleh masing-masing tiang adalah 4 Ton dengan tegangan yang terjadi pada setiap tiang (σ) adalah $177,77 \text{ T/m}^2$, kapasitas dukung tiang kelompok adalah 3,17 Ton dengan tegangan terjadi tiang kelompok adalah $1,76 \text{ T/m}^2$, penurunan pada tiang kelompok adalah 2,59 cm.

Dengan tegangan yang terjadi pada setiap tiang (σ tiang) adalah $177,77 \text{ T/m}^2$ lebih besar dari kuat tekan beton K-350 (σ_{bk}) adalah 35 T/m^2 maka konstruksi tiang pancang tidak aman (patah).

A.2. Analisa Dinding Penahan Tanah di Atas Tiang Pancang

Tabel 6.7. Dimensi Dinding Penahan Tanah

No	H ₁ (m)	H ₂ (m)	a (m)	b (m)	B (m)
1	2,0	1,20	1,20	0,60	1,80

Tabel 6.7 menunjukkan data dinding penahan tanah pasangan batu kali yang menghasilkan data sebagai berikut :

1. Stabilitas terhadap momen $\rightarrow Sf = 3,76 > 1,50$ (aman)
2. Stabilitas terhadap geser $\rightarrow Sf = 10,35 > 1,50$ (aman)

3. Kuat dukung Tanah $\rightarrow \sigma_{\max} = 10,11 \text{ T/m}^2 > \sigma$ (tiang + tanah) = $4,76 \text{ T/m}^2$

$$\rightarrow \sigma_{\min} = 0,53 \text{ T/m}^2 > 0 \text{ (aman)}$$

Jadi dengan kuat dukung dinding penahan tanah lebih besar dari tegangan yang terjadi maka dinding penahan tanah tidak aman.

B. Beton Bertulang

B.1. Perkuatan Tiang Pancang

Tabel 6.8. Dimensi Tiang Pancang

No	Diameter (m)	Panjang (m)	Jumlah (buah)	as ke as (m)	Poer		
					Tebal (m)	Panjang (m)	Lebar (m)
1	0,15	4	2	1,2	0,40	2,20	1,00

Tabel 6.8 menunjukkan data bahwa tiang pancang yang dipakai adalah jenis tiang pendek, beban maksimum yang diterima oleh masing-masing tiang adalah 3,62 Ton dengan tegangan yang terjadi pada setiap tiang (σ) adalah $160,71 \text{ T/m}^2$, kapasitas dukung tiang kelompok adalah 2,83 Ton dengan tegangan terjadi tiang kelompok adalah $1,28 \text{ T/m}^2$, penurunan pada tiang kelompok adalah 1,20 cm.

Dengan tegangan yang terjadi pada setiap tiang (σ tiang) adalah $160,71 \text{ T/m}^2$ lebih besar dari kuat tekan beton K-350 (σ_{bk}) adalah 35 T/m^2 maka konstruksi tiang pancang tidak aman (patah).

B.2. Analisa Dinding Penahan Tanah diatas Tiang Pancang

Tabel 6.9. Dimensi Dinding Penahan Tanah

No	H ₁ (m)	H ₂ (m)	a (m)	b (m)	B (m)
1	2,0	1,00	0,30	0,10	2,20

Tabel 6.9 menunjukkan data dinding penahan tanah pasangan batu kali yang menghasilkan data sebagai berikut :

1. Stabilitas terhadap momen $\rightarrow Sf = 2,20 > 1,50$
2. Stabilitas terhadap geser $\rightarrow Sf = 4,81 > 1,50$
3. Kuat dukung Tanah $\rightarrow \sigma_{max} = 8,07 \text{ T/m}^2 > \sigma(\text{tiang} + \text{tanah}) = 4,28 \text{ T/m}^2$
 $\rightarrow \sigma_{min} = -0,24 \text{ T/m}^2 \approx 0$ (aman)

Jadi dengan kuat dukung dinding penahan tanah lebih besar dari tegangan yang terjadi maka dinding penahan tanah tidak aman.

6.6. Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang

Tabel 6.10. Dimensi Tiang Pancang

No	Diameter (m)	Panjang (m)	Jumlah (buah)	as ke as (m)	Poer		
					Tebal (m)	Panjang (m)	Lebar (m)
1	0,40	10	2	0,60	0,32	1	1

Tabel 6.10 menunjukkan data bahwa tiang pancang yang dipakai adalah jenis tiang panjang, beban maksimum yang diterima oleh masing-masing tiang adalah 3,37 Ton dengan tegangan yang terjadi pada setiap tiang (σ) adalah $149,87 \text{ T/m}^2$, kapasitas dukung tiang kelompok adalah 10,82 Ton dengan tegangan terjadi tiang kelompok adalah $10,82 \text{ T/m}^2$, penurunan pada tiang kelompok adalah 1,20 cm.

Dengan tegangan yang terjadi pada setiap tiang (σ tiang) adalah $149,87 \text{ T/m}^2$ lebih besar dari kuat tekan beton K-350 (σ_{bk}) adalah 35 T/m^2 maka konstruksi tiang pancang tidak aman (patah).

6.7. Perkuatan Tanah Timbunan Dengan Geomembran

Tabel 6.11. Perkuatan Tanah Timbunan Dengan Geomembran

No	Tinjauan bidang gelincir remotong bidang AB		Tinjauan bidang gelincir terjadi di atas perkuatan	Tinjauan pada tanah lunak
	Tanpa Perkuatan	Dengan perkuatan		
1	15,97	20,37	14,70	55,97

Berdasarkan hasil analisa faktor keamanan perkuatan tanah timbunan memakai geomembran, dengan kuat tarik $31,13 \text{ T/m}$ mampu untuk :

1. mencegah tercampurnya bahan tanah timbunan dengan tanah lunak,
2. mencegah/mengurangi deformasi pada arah horizontal dan vertikal yang berlebihan,
3. membantu menambah perlawanan geser tanah terhadap keruntuhan timbunan.

Dengan merinci dari pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa untuk mengatasi kelongsoran pada tanah ekspansif dengan memakai : dinding penahan tanah (beton bertulang dan pasangan batu kali) dengan perkuatan tiang pancang ($< 2,5 \text{ m}$), konstruksi tiang pancang ($> 2,50 \text{ m}$) dan pemasangan geomembran merupakan pilihan yang paling tepat untuk diterapkan pada proyek peningkatan jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari. Hal ini bisa dilihat dari analisa faktor keamanan yang lebih besar dari 1,5 ($FK > 1,50$).

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 KESIMPULAN

Dari uraian, penjelasan, asumsi, analisa dan perhitungan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Tinggi timbunan tanah urugan tanpa geomembran 385 mm dan dengan geomembran 125 mm (Metoda AASHTO), sedangkan metoda Steward tinggi timbunan tanpa geomembran 350 mm dan dengan geomembran 250 mm.
2. Stabilitas dinding penahan tanah yang diperkuat dengan tiang pancang aman dengan faktor keamanan (F_k) $>1,50$
3. Penggunaan geomembran pada stabilitas tanah timbunan sangatlah tepat untuk menahan kelongsoran tanah ekspansif ($FK > 1,50$).

7.2 Saran

1. Melihat dari hasil analisa stabilitas dinding penahan tanah (pasangan batu kali), konstruksi tiang pancang perlu diperbesar dimensi tiang pancang dan jumlahnya diperbanyak.
2. Penggunaan geomembran yang dilaksanakan pada proyek peningkatan jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari sangatlah tepat untuk digunakan. Hal ini dikarenakan faktor keamanan yang lebih besar dari 1,50 ($FK > 1,50$).

3. Perlu diperhatikan urutan pekerjaan, dimana pemasangan geomembran sedemikian sehingga air benar-benar tidak meresap ke badan jalan.
4. Semua pekerjaan harus memenuhi spesifikasi dan sesuai dengan gambar rencana.
5. Setelah dikonstruksi secara rutin diadakan pemeliharaan rutin. Bila terdapat retakan atau kerusakan yang menyebabkan air bisa merembes ke badan jalan, maka segera ditutup dengan cara dioverlay.
6. Sebelum habis umur rencana harus dilakukan peningkatan jalan kembali.
7. Perlu dipasang rambu peringatan tidak boleh mengali untuk tujuan apapun ditempat yang dipasang geomembran untuk menjaga agar geomembran tidak rusak.

DAFTAR PUSTAKA

- Das Braja M., 1988, **Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)**
Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Das Braja M., 1988, **Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)**
Jilid II, Erlangga, Jakarta.
- Didiet A.M dan Popo J., 1999, **Tugas Akhir Pemakaian Geotekstil Sebagai
perkuatan Tanah Lunak Pada Badan Jalan**, Jogjakarta.
- Hedy Rahardian dan Budi Satriyo., 2005, **Penanganan Tanah Ekspansif
Dengan Geomembran Sebagai Penghalang Kelembaban Vertikal**,
Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung.
- Hardiyatmo, Hary C., 1992, **Mekanika Tanah I**, Gramedia Pustaka Utama,
Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary C., 1992, **Mekanika Tanah II**, Gramedia Pustaka Utama,
Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary C., 2001, **Teknik Pondasi II**, edisi ke 1, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary C., 2001, **Teknik Pondasi I**, edisi ke 2, Yogyakarta.
- Indrasurya B. Mochtar., 1994, **Rekayasa Penanggulangan Masalah
Pembangunan Pada Tanah-Tanah Yang Sulit**, Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh
Nopember, Surabaya
- Koerner R.M., 1990, **Designing with Geosynthetics**, Printice- Hall, Inc.,
Englewood Cliffs, New Jersey.

Kabul Basah Suryolelono., 2000, **Geosintetik Teknik.**

Purwanto, Edy.,1996, **Pendekatan Teoritis Perilaku Komposit Antara Tanah dan Geosintetik Pada Tanah Berlapis Banyak Yang Diperkuat Geosintetik**, UII Teknisia, Jogjakarta.

Purwanto, Edy., 2001, **Pengukuran Parameter Geser Dan Aplikasinya Pada Bangunan Tempat Penimbunan Sampah Akhir**, UII Teknisia, Jogjakarta.

Anonim, **Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen**, Departemen Pekerjaan Umum, 1987, Jakarta.

Anonim, **Buku Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan (*Flexible Pavement*) Jalan Raya**, Departemen Pekerjaan Umum,1974, Jakarta.

Anonim, **Laporan Perencanaan Peningkatan Jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari**, Bina Marga JATENG, 2005.

Anonim, **Kumpulan Makalah Seminar Sehari Rekayasa Geoteknik Guna Menanggulangi Problematika Tanah Di Bidang Teknik Sipil**, Juli 1996. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	M Arif Kurniawan Rahman	99 511 160	Teknik Sipil
2.	Erlangga Aninditya	00 511 121	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pemakaian geomembran sebagai perkuatan tanah expansif pada badan jalan Semarang - Godong Propinsi Jawa Tengah

PERIODE KE : III (Mar 05 - Agst 05)

TAHUN : 2004 - 2005

Berlaku mulai : 10-Mar-05 Sampai Akhir Agustus 05

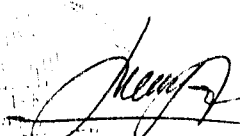
No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		MAR.	APR.	MEI.	JUN.	JUL.	AGT.
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar Proposal		■	■			
5	Konsultasi Penyusunan TA.			■	■	■	
6	Sidang - Sidang					■	■
7	Pendadaran						■

Dosen Pembimbing I : Edy Purwanto, Dr, Ir, CES, DEA

Dosen Pembimbing II : Ibnu Sudarmadji, Ir, H, MT




Jogjakarta , 10-Mar-05
a.n. Dekan


Ir. H. Munadhir, MS

C
Seminar : _____
Sidang : _____
Pendadaran : _____

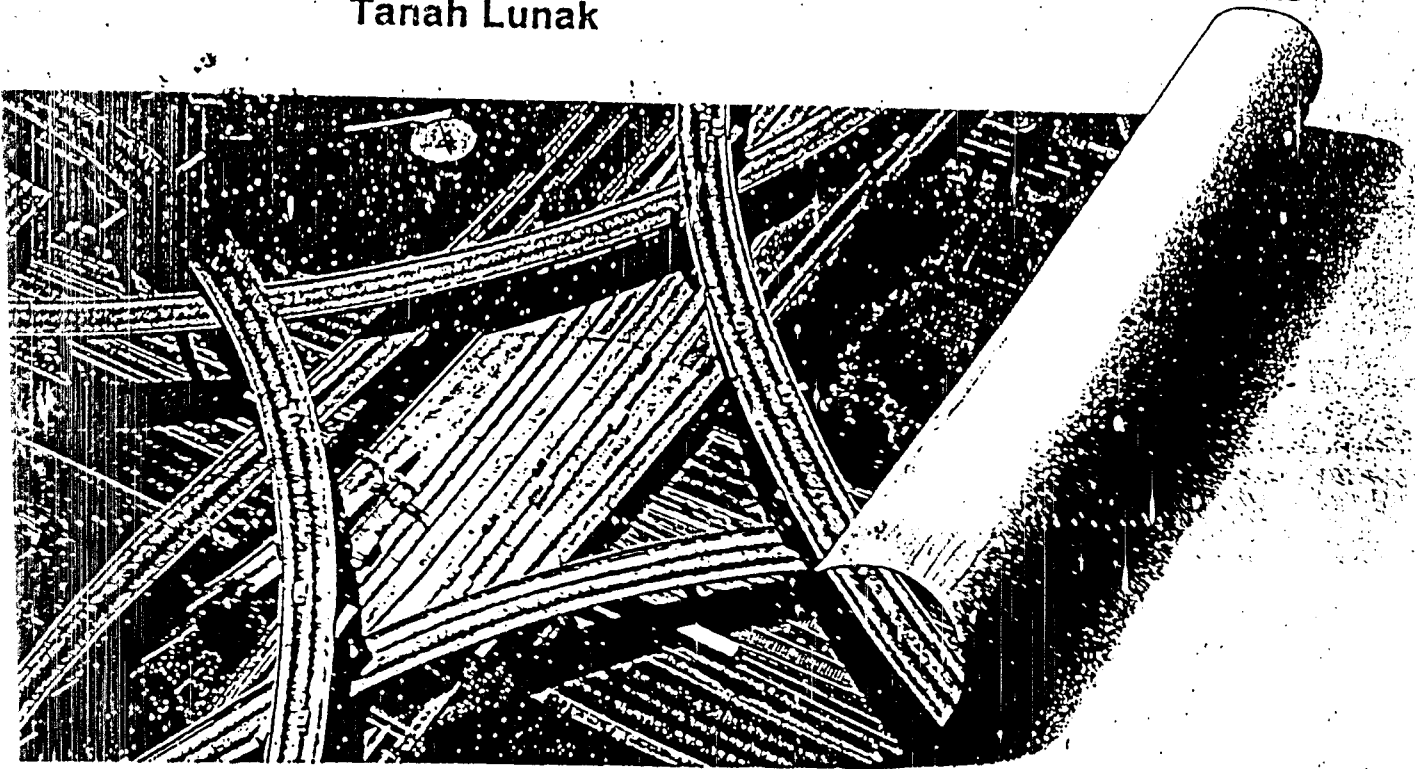
KP/TA diperpanjang
sampai dengan tgl. _____

26 FEB 2006 ✓


Hartono
Kabag. Akademik
telle byr

LAMPIRAN

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 PERBUA, Jl. Pemuda No. 81 May 13, Jakarta Timur 13220
Phone : (62-21) 47060344, 47060346, 81066271, Fax : (62-21) 4750449
Warehouse : J. Kebon Nanas Raya No. 3, Jakarta 13410, Phone : (62-21) 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 pengurugan berikut dapat dilaksanakan. Semua bekas roda yang terjadi pada tahap ini dapat dirug 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)

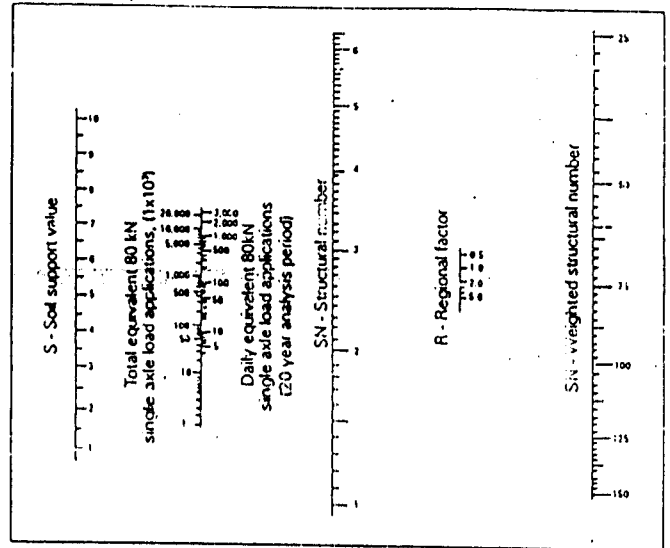
Seharusnya untuk kebutuhan kinerja jangka panjang yang berbeda, metode perancangan untuk jalan atau pekerjaan tanah dengan perkerasan tidak bisa memakai perancangan jalan tanpa perkerasan. Ini disebabkan untuk struktur dengan perkerasan, bekas roda tidak diijinkan. Bagaimanapun untuk struktur pekerjaan 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.

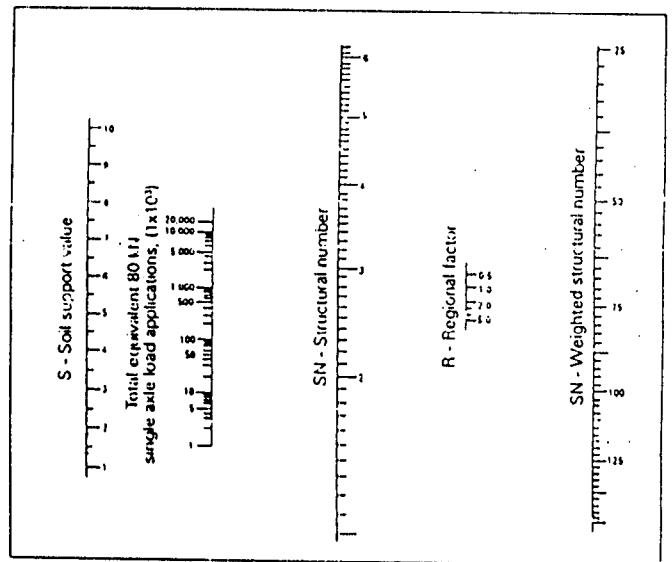
Metode 1 : metode modifikasi AASHTO - Polyfelt

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			70	
Shear Strength, kN/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 (Kooper, 1986)

lapisan material (a) 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_{ROKN}), 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, $W_{ROKN(a)}$, 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.

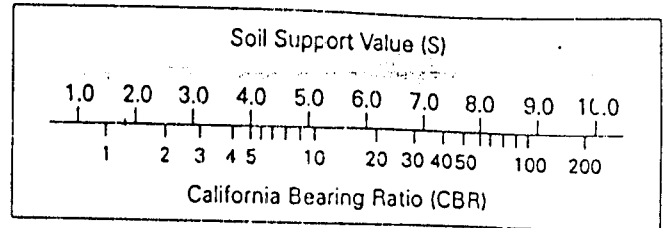
Perbandingan biaya secara langsung dapat dilakukan

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

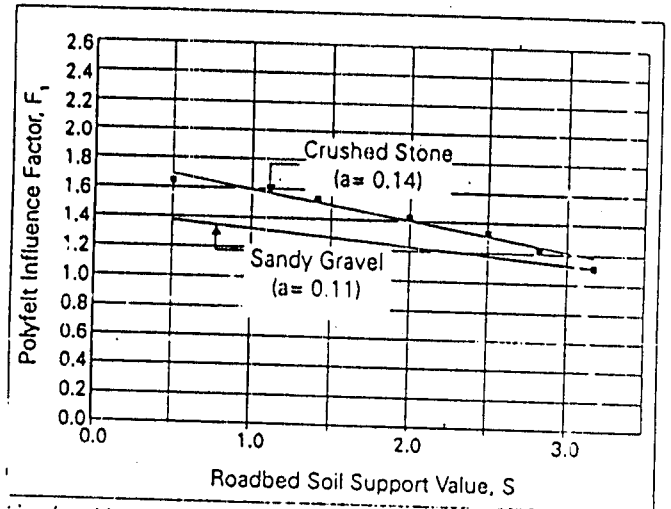
Tabel 4. Faktor regional, R

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

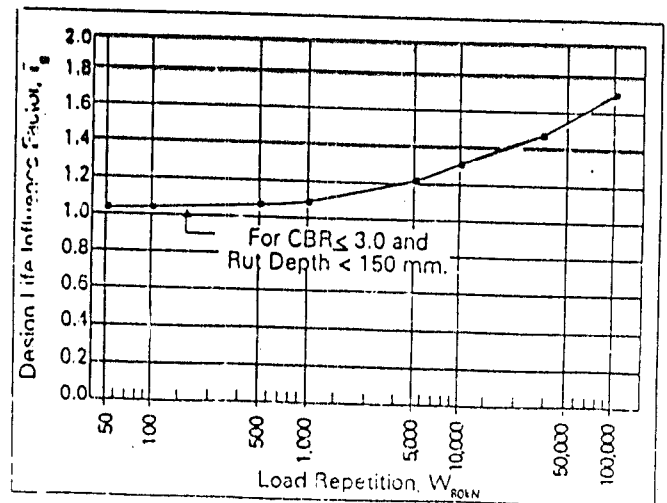
Tabel 5. Tipikal koefisien-koefisien lapisan material



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. Beban berulang yang disesuaikan, $W_{ROKN(a)} = W_{ROKN} \cdot F_2$

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 Johney (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 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.

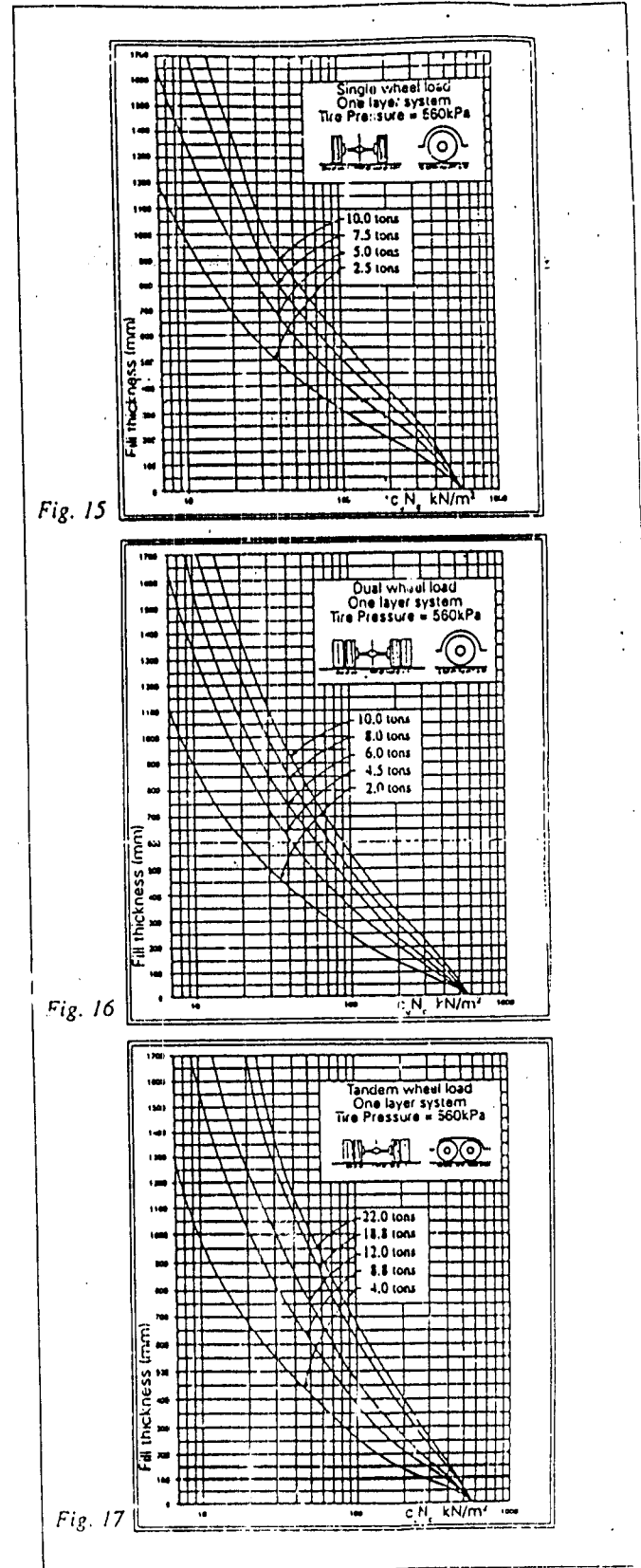
$$c \text{ dalam } kN/m^2 = 28 \times CBR$$

Persamaan 5

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 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	5.0

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



Kurva perancangan ketebalan agregat untuk berbagai beban roda (US

Perancangan Jalan dengan Perkerasan

Jalan dengan perkerasan mengharuskan tidak ada bekas roda pada urugan base. Christopher dan Holtz (1991) menyarankan asumsi balas 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 perancangan 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, $CBR = 1$, $k_v = 4 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$
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/m^3

Beban Lalulintas selama pelaksanaan

truk 3 gandar 30 ton (dibebani) - beban gandar 10 ton
Jumlah beban berulang (ekuivalen beban gandar standar), $W_{\text{EQUIV}} = 1000$ selama pelaksanaan
kedalaman bekas roda yang diijinkan, $r < 100 \text{ mm}$ (4 inci)

Lebar bidang kontak roda (roda ganda), $B = 0,4 \text{ m}$

Beban Lalulintas setelah pelaksanaan

Intensitas lalulintas jalan dengan perkerasan (beban ekuivalen standar), $W_{\text{EQUIV}} = 1,1 \times 10^6$ (umur rencana = 7 tahun)

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 $\text{kN/m}^2 = 28 \times \text{CBR}$
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
 $cN_c = 154 \text{kN/m}^2$
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, $p_a = 10 \text{ton (100kN)}$
sehingga, $P = 112 \text{kPa}$

Gunakan persamaan 3b, diperoleh kuat tahan jebol geotekstil yang dibutuhkan
misalkan, $d_n = d_{50}$ (agregat bat) = 50mm
tebal lapangan, $h = 330 \text{mm}$
diameter jebol CBR alat "plungar test", $d_p = 50 \text{mm}$ (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 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 $\text{kN/m}^2 = 28 \times \text{CBR}$
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
 $cN_c = 154 \text{kN/m}^2$
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, $p_a = 10\text{ton}$ (100kN)
sehingga, $P = 112\text{kPa}$

Gunakan persamaan 3b, diperoleh kuat tahan jebol geotekstil yang dibutuhkan
misalkan $d_h = d_{50}$ (agregat buat) = 50mm
tebal lapangan, $h = 330\text{mm}$
diameter jebol CBR alat "plunger test", $d_p = 50\text{mm}$ (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, $k_v > 100k_s$

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)

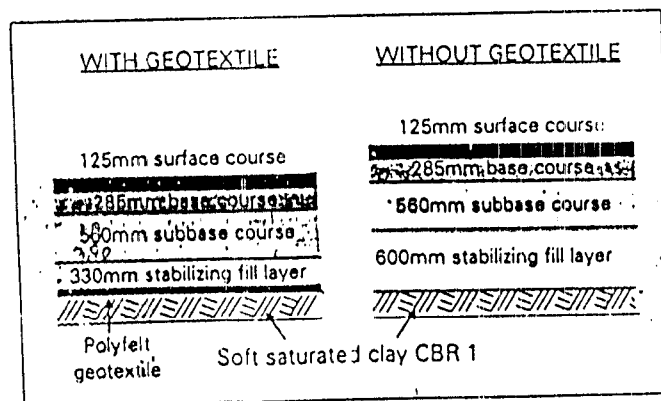
Sehingga Polyfelt TS 650 adalah sesuai

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 pemadatan)	misalkan	US\$10,00/m ³
Penghematan dalam subbase, 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 sintesis yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap pelapukan yang ditempatkan di atas tanah dasar (subgrade) sebelum dilakukan penimbunan tanah untuk badan jalan. Lapisan sintesis 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 25 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 sintesis, 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 berulang 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.

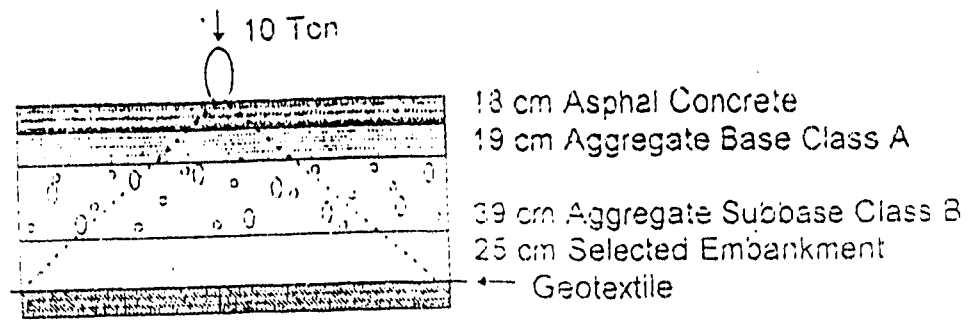
V. APLIKASI GEOTEXTILE SEBAGAI SEPARATOR DAN REINFORCEMENT

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 timbun 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 disebanjang 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 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 horizontal (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 :

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

LAMPIRAN II

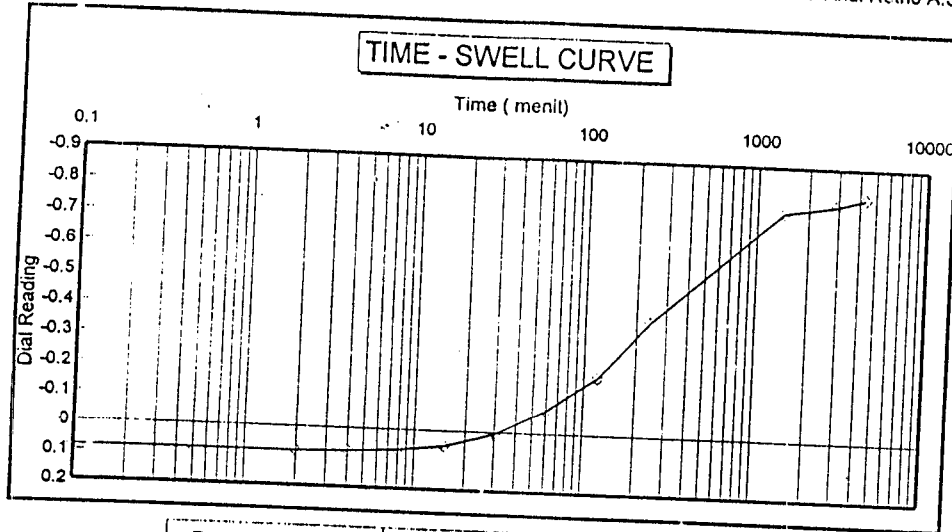


Laboratorium Mekanika Tanah
 Fakultas Teknik Jurusan Sipil
 Universitas Diponegoro
 Semarang

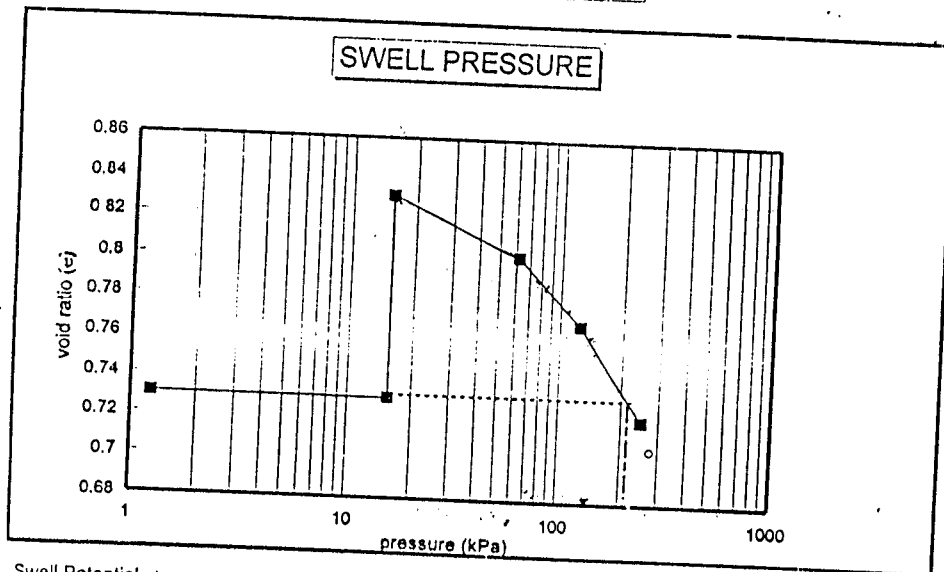
SWELLING TEST

PROYEK : Kegiatan Penyelidikan Tanah (Site Investigation)
 Ruas Jalan Mranggen - Godong - Purwodadi - Wirosari
 LOKASI : KM. SMG. 44+280
 BORING NO : TP. 8
 KEDALAMAN : -1,00 Meter (lapis 2)

Tanggal : 2003
 Petugas : Andi Retno A.S.



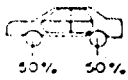
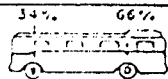
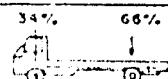
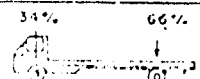
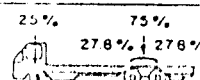
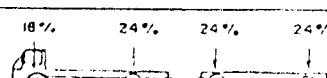
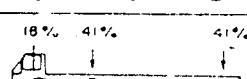
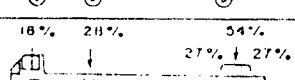
Pressure (kPa)	Void Ratio (e)
1.24	0.73
15.54	0.73
15.54	0.83
62.14	0.80
124.29	0.77
248.58	0.72



Swell Potential : 5.80 %
 Swell Pressure : 220 kPa

136
 0.07
 0.28
 0.14

LAMPIRAN III

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAAL KOSONG	UE 18 KSAAL MAKSIMUM	
1.1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0004	 50% 50%
1.2 BUS	3	6	9	0,0037	0,5006	 34% 66%
1.2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	 34% 66%
1.2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	0,3254	 34% 66%
1.22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	 25% 27.8% 75%
1.2+2.2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0065	4,0283	 18% 24% 24% 24%
1.2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	 18% 41% 41%
1.2-22 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,183	 18% 27% 54%

⑤ RODA TUNGGAL PADA LUKAS SUMBU
 ⑥ RODA SANDA PADA UJUNG SUMBU

Tabel : Distribusi Beban Sumbu Dari Berbagai Jenis Kendaraan

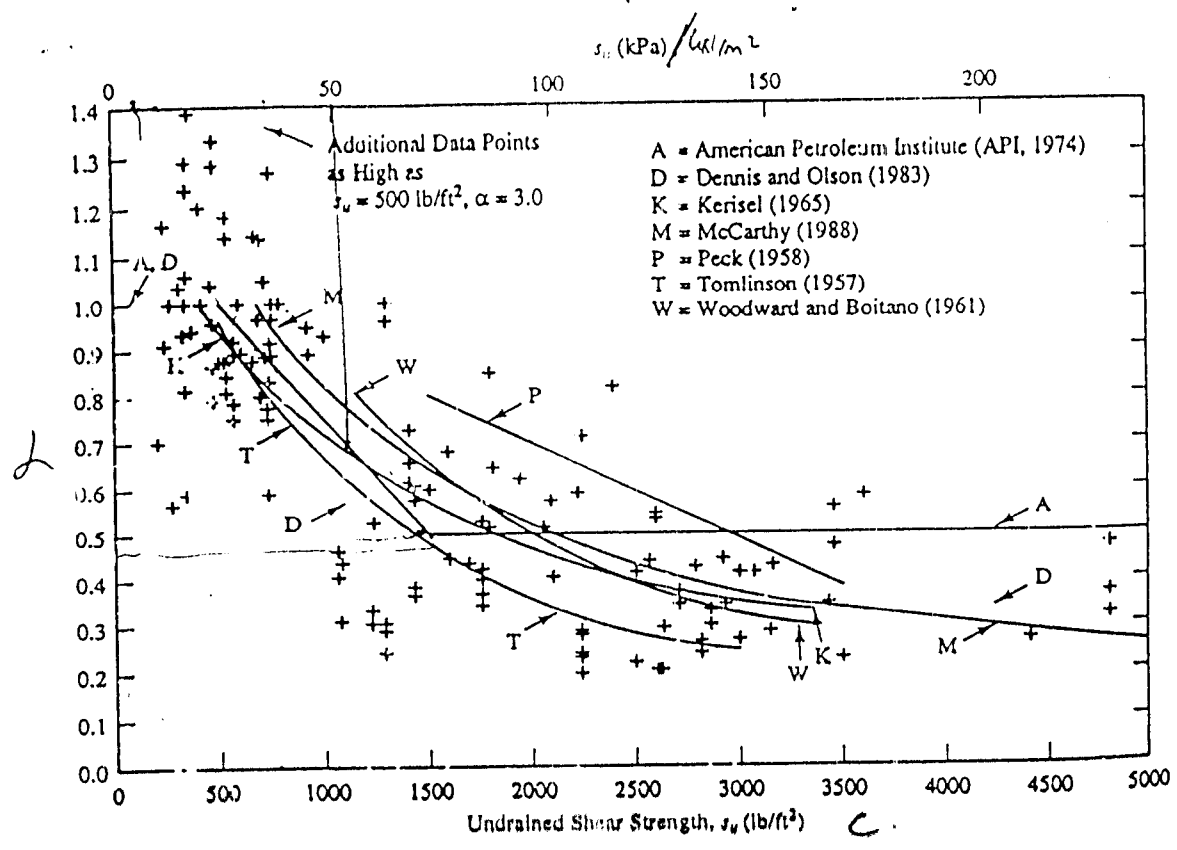
LAMPIRAN IV

Tabel : Koeffisien Distribusi ke Lajur Rencana

No	Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
		1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1 Lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2	2 Lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3	3 Lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4	4 Lajur		0,30		0,45
5	5 Lajur		0,25		0,425
6	6 Lajur		0,20		0,40

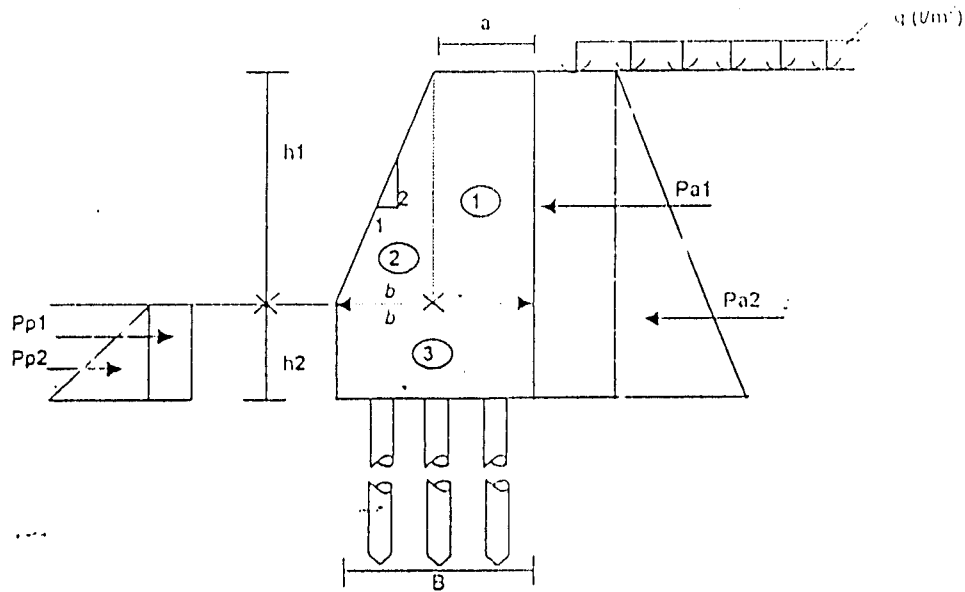
LAMPIRAN V

$$s_u \approx 10 \cdot t/m^2$$



LAMPIRAN VI

RETAINING GRAVITY WALL HIGH (H = 2,0 M)
WITH COMPACTED SELECTED FILL (GRAVEL)



Tinggi dinding penahan tanah bagian atas	=	2.00 m
Tinggi dinding penahan tanah bagian bawah	=	1.00 m
Total tinggi penahan tanah	=	3.00 m

Data Kontruksi Dinding Penahan Tanah

Gama-k	=	2.10	Vm^3	a (atas-tegak)	=	0.50	m
Beban	=	1.10	Vm^2	b (miring)	=	1.20	m
Lebar (b)	=	1.70	m	c (tumit)	=	0.00	m

Data parameter tanah

Gama-1	=	1.51	Vm^3	Gama-2	=	1.55	Vm^3
Phi-1	=	30.00	derajat	Phi-2	=	12.00	derajat
Kohesi-1	=	0.00	Vm^2	Kohesi-2	=	1.10	Vm^2
Sin phi-1	=	0.50		Sin phi-2	=	0.21	
Ka-1	=	0.33		SQRT(Kp ₁)	=	1.23	
				Kp-2	=	1.52	

Kontrol Terhadap Pecahnya Konstruksi Bagian Atas

Tekanan Tanah Aktif		Tekanan Pasip			
Pa-1	=	0.73 Vm'	Pa-pasip	=	0.00 Vm'
Pa-2	=	1.07 Vm'			Vm'
Ph	=	1.81 Vm'	Ph-pasip	=	0.00 Vm'
M aktif	=	1.45 $\text{tm/m}'$	M - pasip	=	0.00 $\text{tm/m}'$

Berat Konstruksi dan Momen Pasip

No. Pias	Berat Konstruksi (G) (Ton)	Jarak lengan (m)	Momen ($\text{tm/m}'$)
1	(Gama-k*H*a) = 2.1	0.6	1.26
2	(Gama-k*H*b) = 2.52	-0.05	-0.126
3			
4			
Berat Konstruksi (t) = 4.62		M-pasip =	1.134

Check Stabilitas Konstruksi/Bahan
Stabilitas Terhadap Eksentrisitas (e)

$$e = M / G = 0.07 \text{ m} < 0.28 \text{ m} \rightarrow \text{Ok}$$

Terhadap Kuat Tekan Bahan

$$\begin{aligned} \text{Teg. tek.} &= G/A + MW = 3.37 \text{ T/m}^2 < 40.00 \text{ T/m}^2 \rightarrow \text{Ok} \\ \text{Teg. tek.} &= G/A + MW = 2.06 \text{ T/m}^2 < 40.00 \text{ T/m}^2 \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

Terhadap Kuat Geser Bahan

$$\text{Teg. ges.} = Ph / A\text{-ges.} = 1.06 \text{ T/m}^2 < 10.00 \text{ T/m}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Kestabilan Keseluruhan Dinding Penahan Tanah

Tekanan Tanah Aktif

$$\begin{aligned} Pa-1 &= 1.61 \text{ T/m}^2 \\ Pa-2 &= 2.42 \text{ T/m}^2 \\ Ph &= 4.03 \text{ T/m}^2 \\ M \text{ aktif} &= 4.83 \text{ tm/m}^2 \end{aligned}$$

Tekanan Pasip

$$\begin{aligned} Pp-1 &= 1.18 \text{ T/m}^2 \\ Pp-2 &= 2.72 \text{ T/m}^2 \\ Ph\text{-a.r} &= 3.90 \text{ T/m}^2 \\ M \text{ pasip} &= 1.75 \text{ tm/m}^2 \end{aligned}$$

Berat Konstruksi dan Momen Pasip Terhadap Titik Tengah (O)

No. Pias	Berat Konstruksi (G) (Ton)	Lengan (o) (m)	M-o (tm/m')	Lengan-a (m)	M-a (tm/m')
1	(Gama-k*H*a) = 2.1	0.60	1.26	1.45	3.05
2	(Gama-k*H*b) = 2.52	-0.05	-0.13	0.80	2.02
3	(Gama-k*B*d) = 3.57	0.00	0.00	0.85	3.03
4	(Gama-l*H*c) = 0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Berat Konstruksi (G) = 8.19	M-pasip-o =	1.13	M-pasip-a =	8.10

Check Stabilitas Overall / Keseluruhan

1. Stabilitas Terhadap Eksentrisitas (e)

$$e = M / G = 0.24 \text{ m} < 0.28 \text{ m} \rightarrow \text{aman}$$

2. Stabilitas Geser

$$\text{FK geser} = G \cdot \tan \phi / Ph = 1.92 > 1.50 \rightarrow \text{aman}$$

3. Stabilitas Guling

$$\text{FK guling} = Mp / Ma = 2.63 > 2.00 \rightarrow \text{aman}$$

4. Daya dukung tanah

$$\begin{aligned} \text{Teg. Mak} &= G / A + M / W \text{ (ton / m}^2\text{)} = 8.85 && 8.04 \text{ tidak aman} \\ \text{Teg. Min.} &= G / A - M / W \text{ (ton / m}^2\text{)} = 0.78 && 8.04 \text{ aman} \end{aligned}$$

Daya dukung Tanah (Terzaghi) = $C \cdot N_c + Df \cdot \gamma \cdot N_q + B \cdot N_g$

$$\begin{aligned} N_c &= 9.00 && \text{Kohesi} = 2.2 \text{ T/m}^2 \\ N_q &= 2.50 \\ N_g &= 3.30 \\ Q \text{ ult.} &= 24.13 && \text{T/m}^2 \\ q \text{ safe.} &= 8.04 && \text{T/m}^2 \text{ (kondisi normal)} \\ q \text{ safe.} &= 5.63 && \text{T/m}^2 \text{ (kondisi jenuh)} \end{aligned}$$

Pasangan Batu Kali diperkuat dengan Mini Pile

$$\text{Reban akan didukung tiang dolken} = (\text{Teg.mak} - q \text{ safe.}) \cdot B \text{ pas} \cdot 0,50 \text{ (ton)}$$
$$= 3,29 \text{ ton}$$

Kapasitas daya dukung mini pile (14 x 14 cm²) :

ukuran	14 00	cm
panjang	= 4.00	m
JHP	40.00	kg/cm'
qc	4	kg/cm ²
P dolken	= 2501.33	kg

$$\text{rencana tiang dolken} = 2,00 \text{ bh} \quad 5,00 \text{ ton}$$

Cek ulang eksentrisitas (e)

$$e = M / G = 0,37 \text{ m} < 0,28 \text{ m} \rightarrow \text{Ok}$$

Tegangan yang didukung dengan tanah

	q safe.	=	6,76	Vm ²	(stabilisasi)
Teg. Mak	= G / A + M / W (ton / m ²) =		5,62		6,76 aman
Teg. Min.	= G / A - M / W (ton / m ²) =		0,78		6,76 aman

Kesimpulan :

- Material timbunan memakai Selected material / gravel
- Kebutuhan tiang mini (15x15) cm², 2 buah dan L = 4,0 m

PERHITUNGAN KONSTRUKSI DINDING PENAHAN TANAH BETON BERTULANG

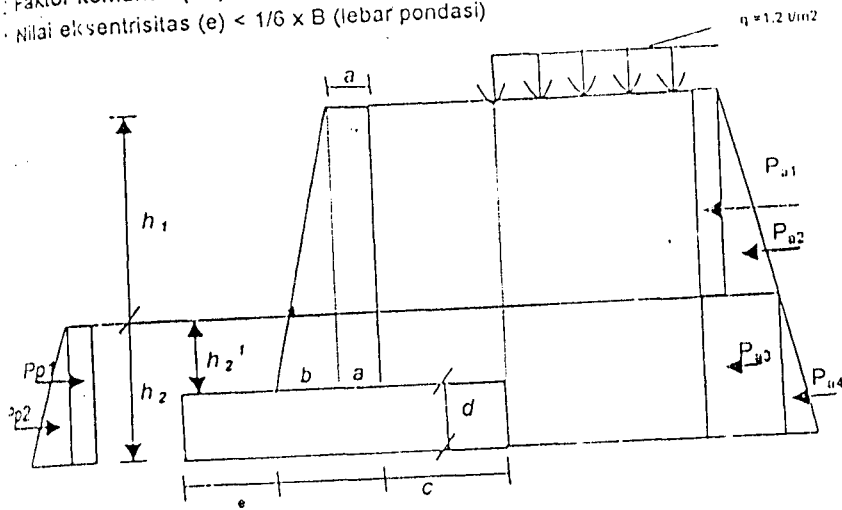
2.00 m H total = 3.00 m

Material

- Jenis Retaining wall yang digunakan: Beton bertulang
- Berat isi beton bertulang: 2.50 Vm^3
- Beban trafik: 1.20 Vm^2
- Koef. Gempa: 0.14
- Tipe beton: K-250 ($f_c = 25 \text{ Mpa}$) K-250 ($f_c = 25 \text{ Mpa}$)
- Tipe baja: U-32 ($f_y = 320 \text{ Mpa}$) U-32 ($f_y = 320 \text{ Mpa}$)

Tekanan tanah aktif dan pasip mengacu metode "Rankien"

- Faktor keamanan (FK) terhadap guling > 2,00
- Faktor keamanan (FK) terhadap geser > 1,50
- Faktor keamanan (FK) terhadap daya dukung tanah = 3
- Nilai eksentrisitas (e) < $1/6 \times B$ (lebar pondasi)



$$\frac{x}{0.15} = \frac{1.13}{2.11}$$

Data Kontruksi Dinding Penahan Tanah

Berat isi	: 2.50	Vm^3	a (atas)	= 0.30	m
h1 (atas)	: 2.00	m	b (bawah)	= 0.10	m
Beban	: 1.05	Vm^2	lebar (B)	= 2.20	m
h2 (bwh)	: 1.00	m	d (lebal)	= 0.40	m
h2' (bwh)	: 0.60	m	c (toe)	= 1.00	m
			e (heel)	= 0.80	m

Data parameter tanah

Gama-1	: 1.61	Vm^3	Gama-timb.	= 1.55	Vm^3
Phi-1	: 30.00	derajat	Phi-timb	= 8.00	derajat
Kohesi-1	: 0.00	Vm^2	Kohesi-timb	= 0.50	Vm^2
Sin phi-1	: 0.50		Sin phi-timb	= 0.14	
Ka-1	: 0.33		Ka-timb	= 0.76	
			Kp-timb	= 1.32	

Tekanan Tanah Aktif dan Pasip

	Tekanan tanah aktif & pasip (ton/m')	Y (m)	My (tm)
1	Pa-1 : 0.70	2.00	1.40
2	Pa-2 : 1.07	1.67	1.79
3	Pa-3 : 1.42	0.50	0.71
4	Pa-4 : 0.27	0.33	0.09
5	Pp-1 : 0.00	0.50	0.00
6	Pp-2 : 1.07	0.33	-0.36
	Ph = 2.40	M-aktif =	3.63

Berat Konstruksi dan Momen Pasip terhadap ujung

No. Pas	Berat Konstruksi (G) (Ton)	Jarak lengan (m)	Momen (tm/m')
1	Gama-k x h1xa) = 1.950	1.05	2.05
2	(1/2xGama-kxh1xb) = 0.325	0.87	0.28
3	(Gama-kx B x d) = 2.200	1.10	2.42
4	(Gama-l x x h2') = 0.966	0.40	0.39
5	(Gama-l x h1xd) = 4.186	1.70	7.12
	Berat Konstruksi = 9.627	M-pasip	12.25

Berat Konstruksi dan Momen Pasip terhadap Titik Pusat (o)

No. Pas	Berat Konstruksi (G) (Ton)	Jarak lengan (m)	Momen (tm/m')
1	(Gama-k x h1xa) = 1.950	-0.05	-0.10
2	(1/2xGama-kxh1xb) = 0.325	-0.27	-0.09
3	(Gama-kx B x d) = 2.200	0.00	0.00
4	(Gama-l x x h2') = 0.966	-0.70	-0.68
5	(1/2xGama-lxh2'x1) = 4.186	0.60	2.51
	Berat Konstruksi = 9.627	M-pasip	1.65

Chek Stabilitas Konstruksi / Bahan

1. Stabilitas Terhadap Eksentrisitas (e)

$$e = M / G = 0.20 < 0.37 \text{ aman}$$

2. Terhadap Guling

$$F.K. = M \text{ pasip} / M \text{ aktif} = 3.37 > 2.00 \text{ aman}$$

3. Terhadap Kuat Geser

$$F.K. = G \tan \Phi + C \cdot B / Ph = 1.81 > 1.50 \text{ aman}$$

4. Terhadap Daya Dukung Tanah

Data sondir $\rightarrow q_c$ rata-rata = 3 kg/cm²
 $q_{all} = q_c \text{ rata-rata} / 10 = 0.3 \text{ kg/cm}^2$
 Daya Dukung Tanah ijin = 3 t/m²

Direct shear test ($\phi = 11$) $\rightarrow N_c = 9$ Kohesi = 2.2 t/m²
 $N_q = 2.5$
 $N_g = 0.3$
 $q_{safe} = 6.58$ t/m² (kondisi normal)
 $q_{safe} = 5.46$ t/m² (kondisi jenuh)

Tegangan maksimum yang terjadi = 6.84 > 6.59 ton/m² tidak aman

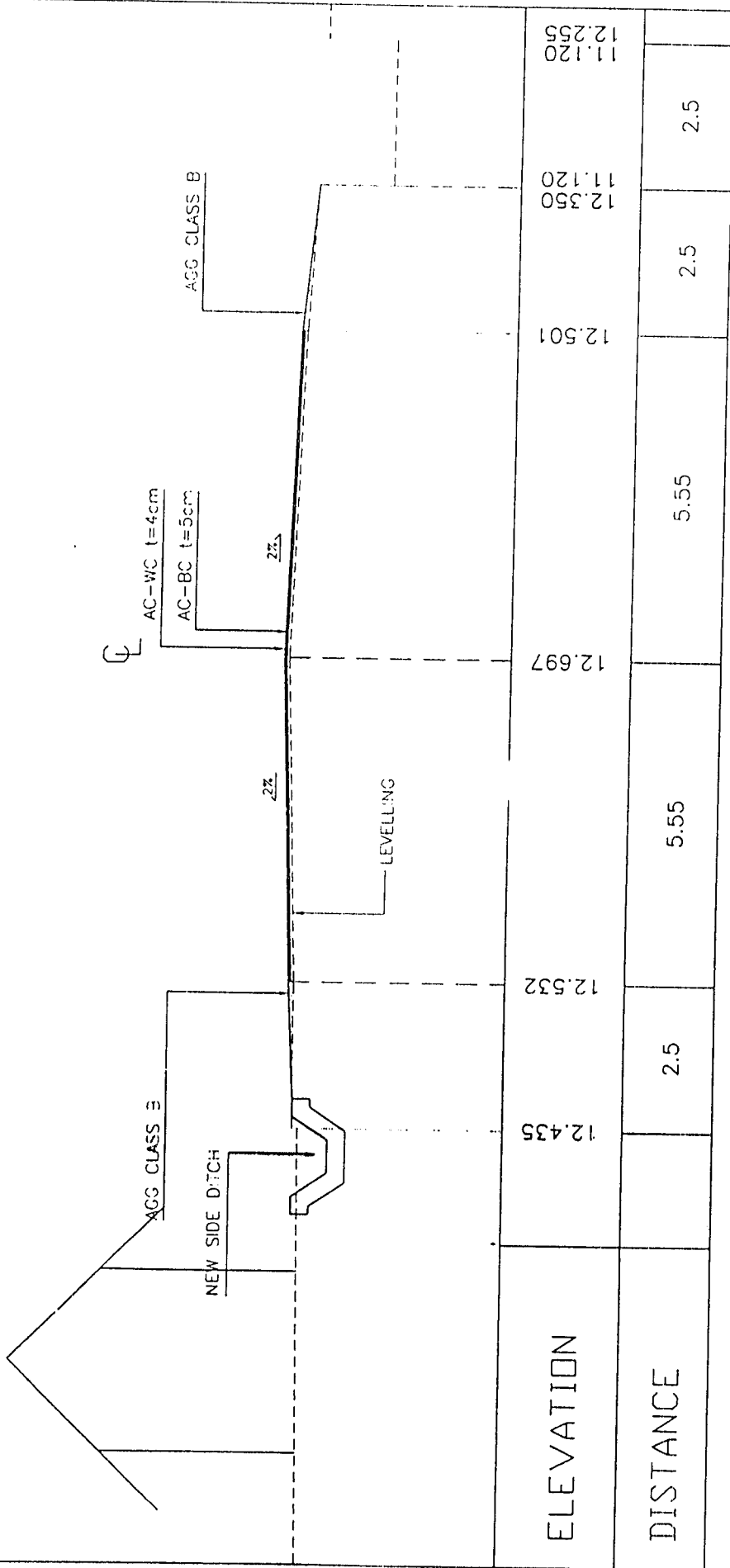
Tegangan minimum yang terjadi = 1.92 < 6.59 ton/m² aman

Daya dukung mini pile (14 x 14 cm²)

JHP = 40.00 kg/cm²
 $q_c = 3.00 \text{ kg/cm}^2$
 Ukuran (b) = 14.00 cm
 panjang = 4.00 m
 Daya dukung mini pile = 1.99 ton
 Rencana jumlah tiang = 2.00 bh.
 Tegangan maksimum yang terjadi = 5.03 < 5.46 ton/m² aman
 Tegangan minimum yang terjadi = 1.92 < 5.46 ton/m² aman

Kesimpulan :

Kebutuhan mini pile 14 x 14 cm² dipasang sebanyak = 2 bh

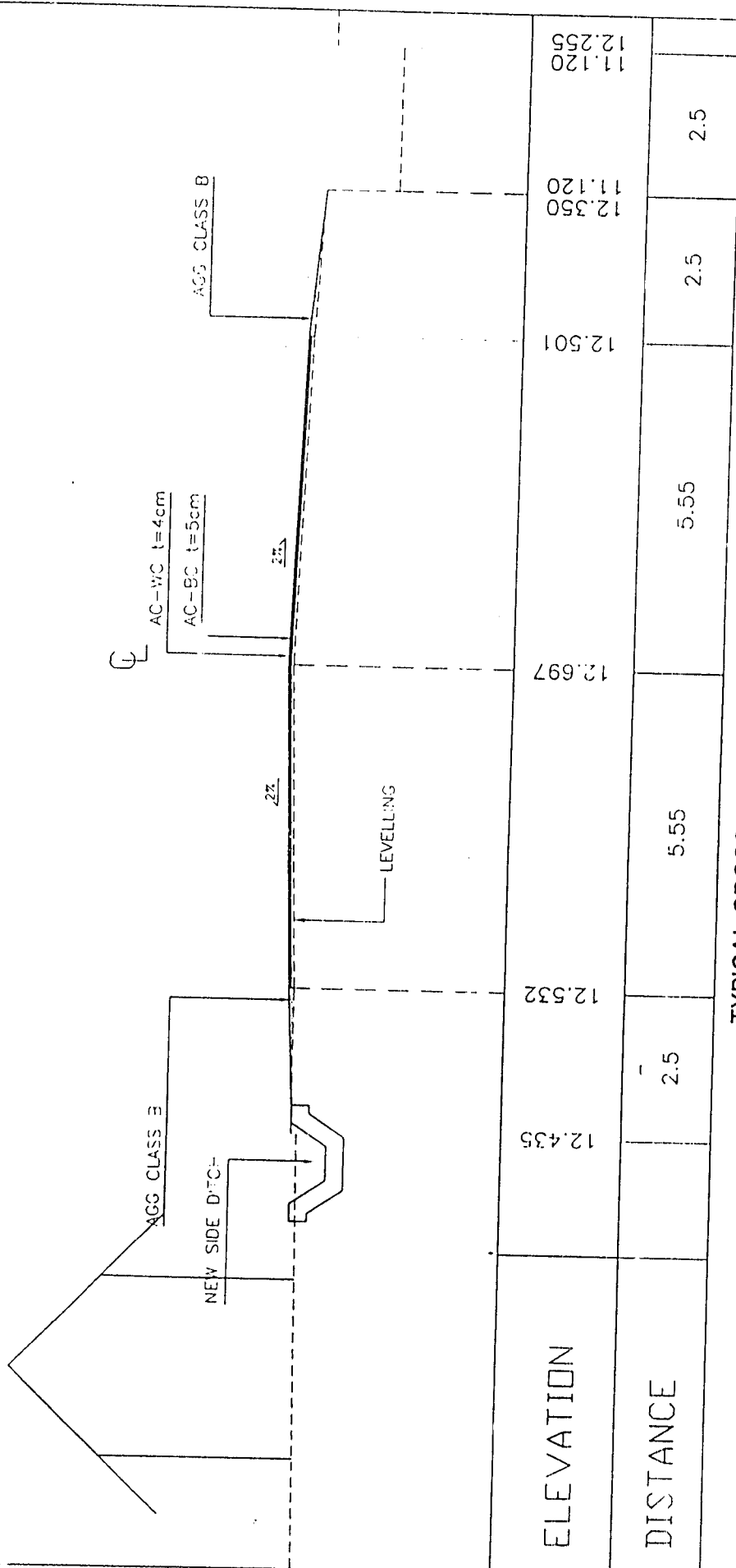


ELEVATION	12.435	12.532	12.697	12.501	12.350	11.120	11.120	12.255
DISTANCE		2.5	5.55	5.55	2.5	2.5		

TYPICAL CROSS SECTION SEGMENT NO. 1
 (HOUSING AND URBAN AREA)
 TYPICAL CROSS SECTION 1A

LEGEND :
 LEVELLING > 10 CM WITH AGGREGATE
 LEVELLING < 10 CM WITH AC BASE L

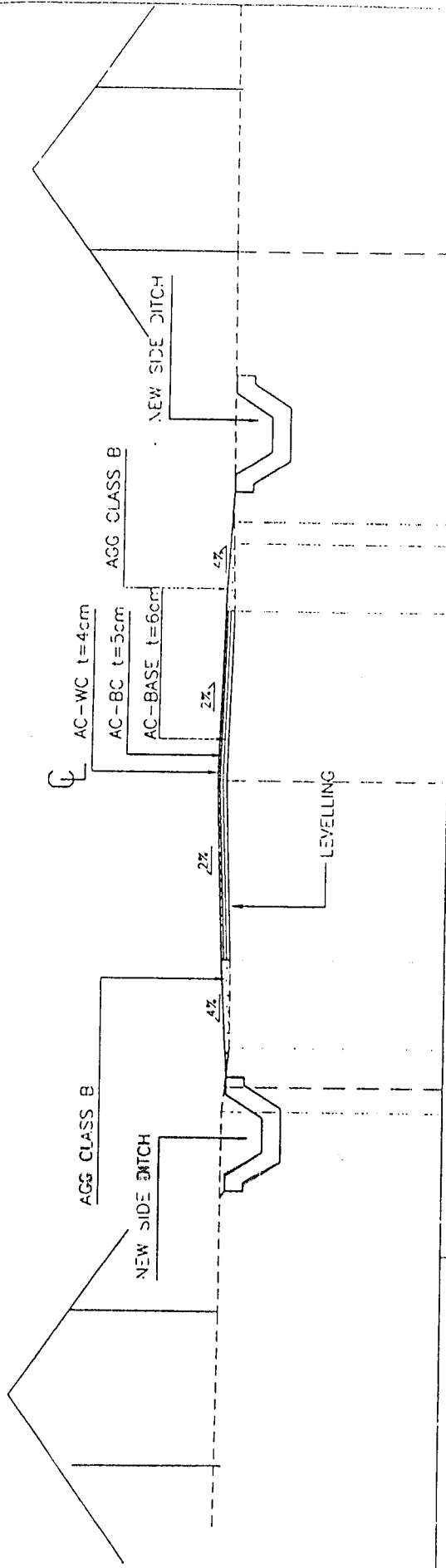
Km 11+400 - 18+150 (6.75 Km)
 Km 62+800 - 64+450 (1.65 Km)
 8.40 Km



TYPICAL CROSS SECTION SEGMENT NO. 1
 (HOUSING AND URBAN AREA)
 TYPICAL CROSS SECTION 1A

Km 11+400 - 18+150 (6.75 Km)
 Km 62+800 - 64+450 (1.65 Km)
 8.40 Km

-LEGEND :
 LEVELLING > 10 CM WITH AGGREGATE
 LEVELLING < 10 CM WITH AC BASE



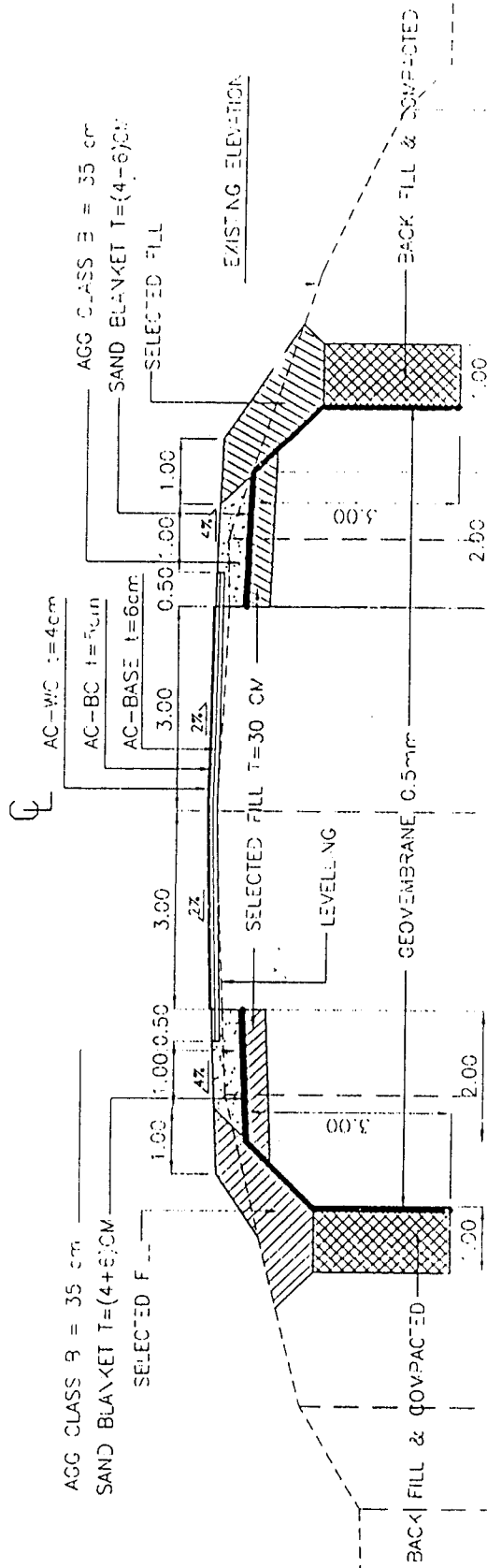
ELEVATION	9.666	9.621	9.549	9.546	9.636	9.554	9.578	9.586	9.611
DISTANCE	0.40.7	1.5	3.1	2.9	1.1	0.4	4.6		

TYPICAL CROSS SECTION SEGMENT NO 1
(HOUSING AND URBAN AREA)
TYPICAL CROSS SECTION 1B

- Km 18+150 - 19+200 (1.05 Km)
- Km 20+950 - 21+300 (0.35 Km)
- Km 23+000 - 26+400 (3.40 Km)
- Km 44+400 - 44+900 (0.50 Km)
- Km 44+900 - 47+000 (2.10 Km)
- Km 52+000 - 54+000 (2.00 Km)
- Km 58+800 - 62+800 (4.00 Km)
- Km 80+000 - 84+100 (4.00 Km)

17.50 Km

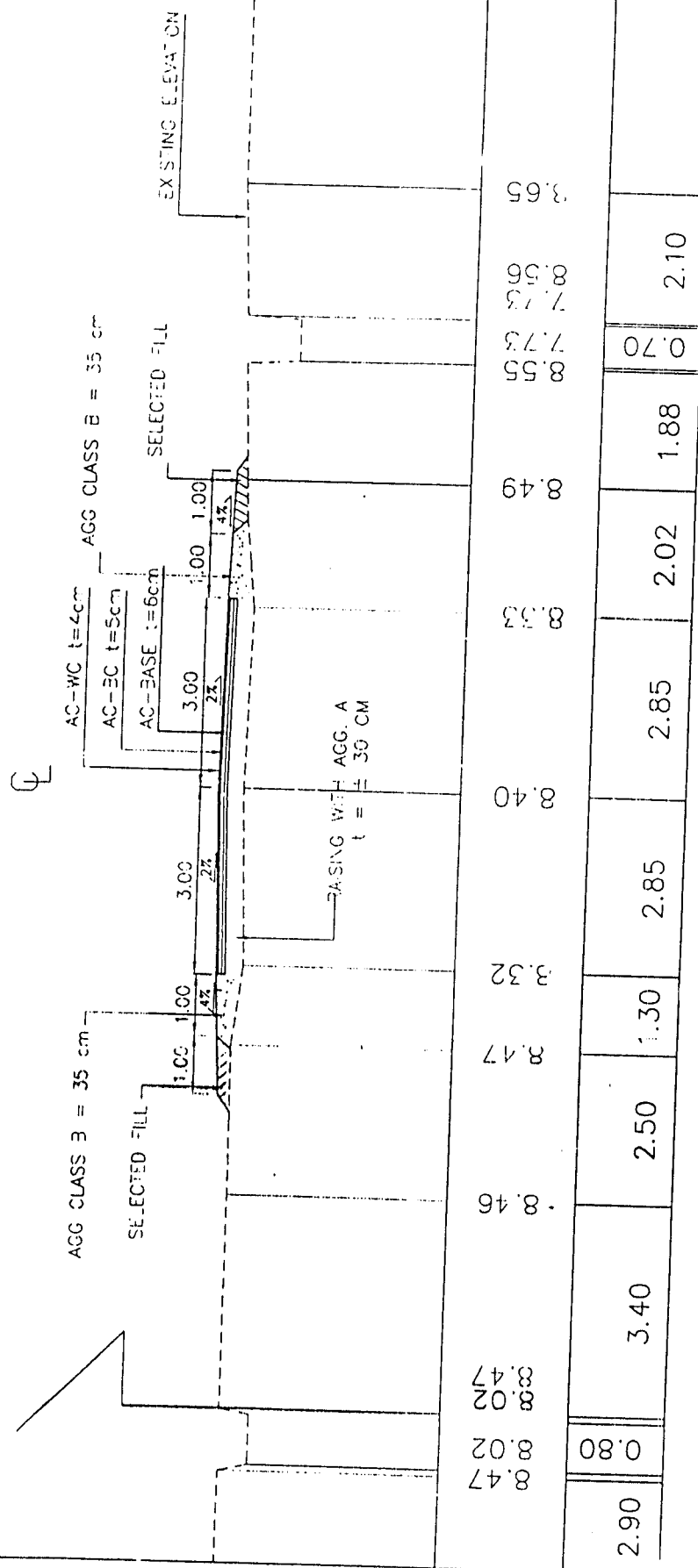
LEGEND :
LEVELLING > 10 CM WITH AGGREGATE
LEVELLING < 10 CM WITH AC BASE L



12.17	13.08	14.20	14.25	14.36	14.21	14.23	12.91	11.80	11.16
1.50	4.70	1.30	3.00	3.00	1.00	4.00	2.50	0.70	4.00

TYPICAL CROSS SECTION SEGMENT NO 4
(PAVEMENT ON EMBANKMENT HIGH > 2.5 M)
TYPICAL CROSS SECTION 4

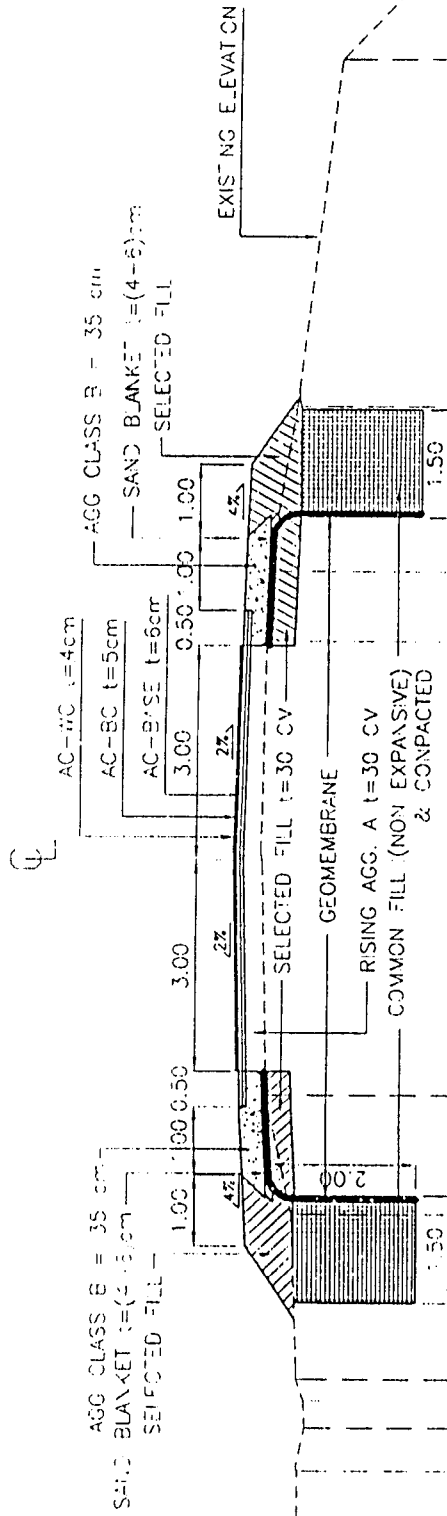
- LEGEND :
- LEVELLING > 10 CM WITH AGGREGATE
 - LEVELLING < 10 CM WITH AC BASE L
- Km 19+500 - 19+950 (0.45 Km)
 Km 39+200 - 40+600 (1.40 Km)
 Km 54+000 - 58+850 (4.85 Km)
 6.70 Km



8.47	8.02	8.47	8.46	8.47	3.32	8.40	8.32	8.49	8.55	7.73	8.55	3.65
0.80	3.40	2.50	1.30	2.85	2.85	2.02	1.88	0.70	2.10			
2.90												

TYPICAL CROSS SECTION SEGMENT NO 6
 (RAISING IN FLOODING AREA)
 TYPICAL CROSS SECTION 6A

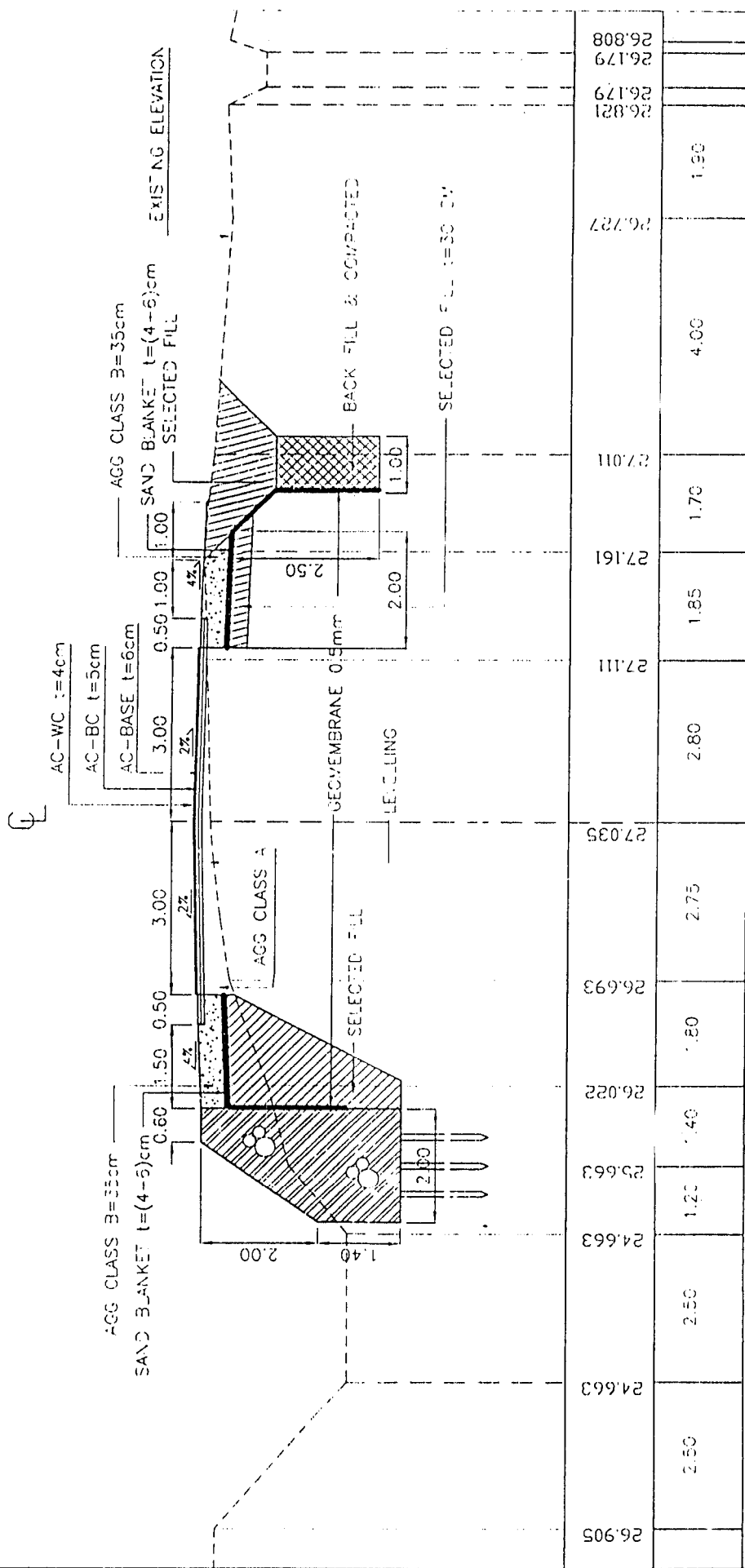
Km 21+300 - 21+700 (0.40 Km)
 Km 29+900 - 30+700 (0.80 Km)
 1.20 Km



8.336	8.740	8.650	8.000	9.278	9.355	9.327	9.308	8.939	8.373	7.264	
0.6	0.6	0.3	2.3	1.7	3.3	3.1	1.0	2.3	4.9	1.3	2.5

TYPICAL CROSS SECTION SEGMENT NO 6
(RAISING IN HIGH WATER LEVEL AREA)
TYPICAL CROSS SECTION 6B

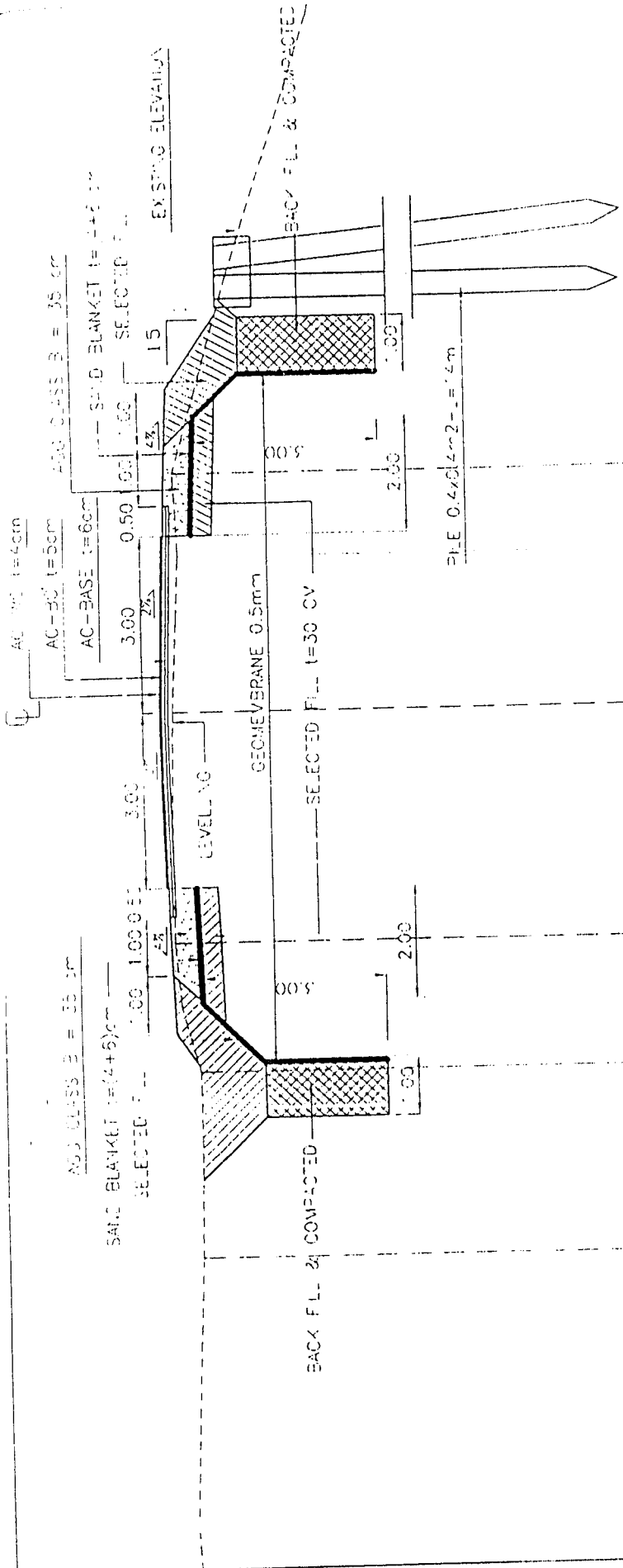
- Km 26+400 - 29+900 (3.50 Km)
 - Km 32+200 - 34+800 (2.60 Km)
 - Km 34+800 - 35+500 (0.70 Km)
 - Km 38+650 - 39+200 (0.55 Km)
- 7.35 Km



TYPICAL CROSS SECTION SEGMENT NO 7
 (PAVEMENT ON NARROW AREA)
 TYPICAL CROSS SECTION 7B

Km 71+275 - 71+355 (0.105 Km)

LEGEND :
 LEVELLING > 10 CM WITH AGGREGATE
 LEVELLING < 10 CM WITH AC BASE L



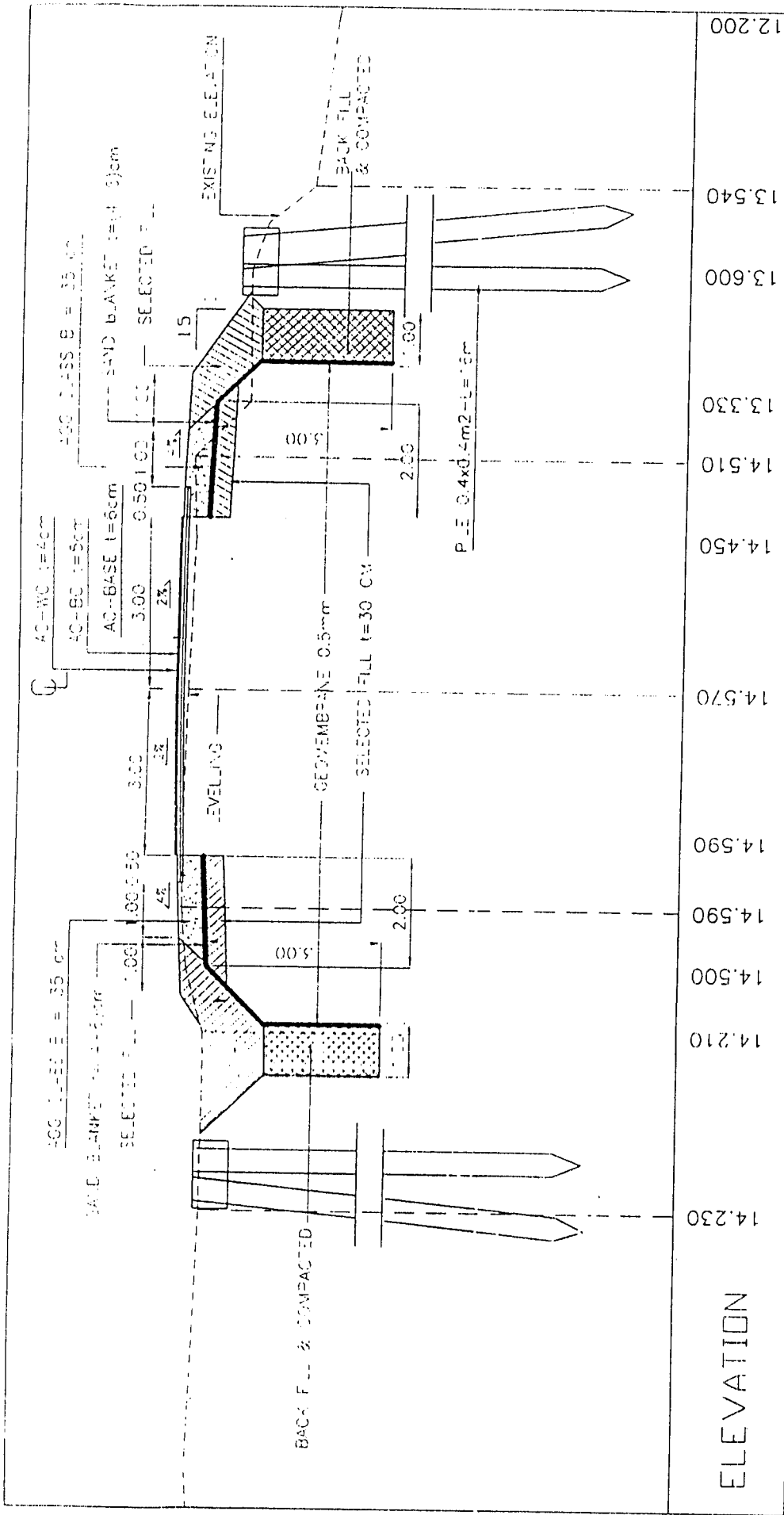
ELEVATION	14.230	14.210	14.500	14.590	14.590	14.570	14.450	14.510	13.600	12.200
DISTANCE	3.2	1.1	1.1	1.3	2.65	2.65	1.4	3.3	4.5	

TYPICAL CROSS SECTION SEGMENT NO 8
(PAVEMENT ON SLIDING AREA)

TYPE CROSS SECTION 8A

- Km 55+000 (R) (150 m)
- Km 55+250 (R) (100 m)

- LEGEND :
- LEVELING > 10 CM WITH AGGREGATE
 - LEVELING < 10 CM WITH AC BASE



ELEVATION	14.230	14.500	14.590	14.590	14.570	14.450	14.510	13.330	13.600	13.540	12.200
DISTANCE	3.2	1.1	1.1	1.3	2.65	2.65	1.4	2.3	1.5	2.9	
TYPICAL CROSS SECTION SEGMENT NO 8 (PAVEMENT ON APPROACH FILL AREA) TYPICAL CROSS SECTION 8B Km 44+300 (R) (80 m) Km 44+400 (L) (40 m) Km 80+875 (L) (25 m)											
LEGEND : LEVELLING > 10 CM WITH AGGREGATE LEVELLING < 10 CM WITH AC BASE L											



INDO
N PI
TEKN
12, 895
ta Kodr

J

n maha:
itas Isi

No.M
00 511
99 511

Inform:
yusunan
dapat

capkan t


Widodo

LAMPIRAN VII



جامعة الإسلام اندونيسيا

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

JURUSAN : TEKNIK SIPIL, ARSITEKTUR, TEKNIK LINGKUNGAN
KAMPUS : Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, 896440. Fax: 895330
Email : dekanat@fisp.uui.ac.id. Yogyakarta Kodo Pos 55584

Nomor : 1151 /Dck.70/FTSP/V/2005
Lamp. :
Hal : Permohonan data/ survey untuk TA

Jogjakarta, 11-May-05

Kepada Yth : Kepala Dinas Bina Marga
(Propinsi Jawa Tengah)
Di -
Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

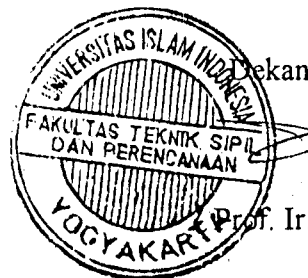
Sehubungan dengan Tugas Akhir yang akan dilaksanakan oleh mahasiswa kami, **Jurusan Teknik Sipil** Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan **Universitas Islam Indonesia** Yogyakarta yang bernama sbb :

No	Nama	No.Mhs
1.	Erlangga Aninditya	00 511 121
2.	M Arif Kurnia Rahman	99 511 160

Berkenaan hal tersebut kiranya mahasiswa memerlukan **Informasi/data/bahan/data Proyek Jalan Semarang - Godong**, untuk mendukung penyusunan Tugas Akhir, maka dengan ini kami mohon kepada Bapak/ Ibu sudilah kiranya dapat memberikan bantuan yang diperlukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir.

Demikian permohonan kami , atas perkenan serta bantuan diucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb



Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D

Tembusan :

- Mahasiswa ybs
- Arsip