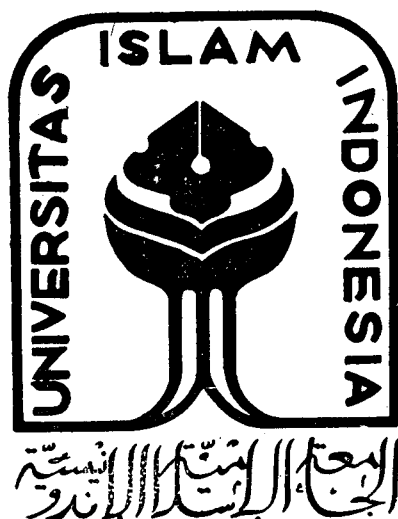


TUGAS AKHIR

**STUDI KOMPARASI DINDING PENAHAN TANAH BETON BERTULANG
DENGAN
DINDING PENAHAN TANAH YANG DIPERKUAT GEOGRID**



Disusun Oleh :

AGUS SUMARJONO

NO. MHS. : 87 310 150

N I R M : 875014330136

DWI PARIYONO

NO. MHS. : 88 310 148

N I R M : 885014330131

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1994**

TUGAS AKHIR

**STUDI KOMPARASI DINDING PENAHAN TANAH BETON BERTULANG
DENGAN
DINDING PENAHAN TANAH YANG DIPERKUAT GEOGRID**

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

Disusun Oleh :

AGUS SUMARJONO

NO. MHS. : 87 310 150

N I R M : 875014330136

DWI PARIYONO

NO. MHS. : 88 310 148

N I R M : 885014330131

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

1994

2.4.1. STABILITAS DINDING TERHADAP GESERAN	14
2.4.2. STABILITAS TERHADAP GULING	17
2.4.3. STABILITAS TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH YANG DIIZINKAN	17
2.5. GEOSINTETIK	18
2.5.1. SEJARAH GEOSINTETIK	18
2.5.2. GEOTEKSTIL	19
2.5.3. GEOGRID	22
2.5.4. GEOMEMBRAN	23
2.5.5. GEOKOMPOSIT	23
2.6. PENGUJIAN-PENGUJIAN YANG DILAKUKAN UNTUK MENGETAHUI SIFAT FISIK GEOGRID	24
2.7. TEORI DAN ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH YANG DIPERKUAT GEOGRID	32
2.7.1. TEORI	32
2.7.2. ANALISIS	32
2.8. KUALITAS GEOGRID DARI HASIL UJI LABORATORIUM	43
2.9. URUTAN PEKERJAAN DINDING TANAH YANG DIPERKUAT GEOGRID	43
2.10. JENIS-JENIS GEOGRID YANG DIGUNAKAN SEBAGAI DINDING TANAH	45
 BAB III PERENCANAAN	 47
3.1. ANALISIS PERHITUNGAN	47
3.1.1. DINDING KANTILEVER	47
3.1.2. DINDING TANAH YANG DIPERKUAT	

TUGAS AKHIR

**STUDI KOMPARASI DINDING PENAHAN TANAH BETON BERTULANG
DENGAN
DINDING PENAHAN TANAH YANG DIPERKUAT GEOGRID**

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

Disusun Oleh :

AGUS SUMARJONO

NO. MHS. : 87 310 150

N I R M : 875014330136

DWI PARIYONO

NO. MHS. : 88 310 148

N I R M : 885014330131

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1994**

KATA PENGANTAR

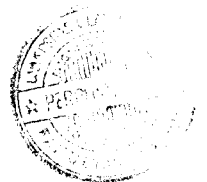
Segala puji dan syukur, penyusun panjatkan kehadirat Allah swt. yang atas segala karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir ini merupakan tugas yang harus dikerjakan oleh setiap mahasiswa tingkat sarjana dalam melengkapi persyaratan guna memperoleh derajat kesarjanaan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Bidang studi Teknik Sipil Konstruksi. Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk menerapkan ilmu yang telah diperoleh di bangku kuliah dan teknologi yang telah ada di dunia ke-teknik sipil-an.

Didalam Tugas Akhir ini penyusun menyusun studi Komparasi antara dinding penahan tanah beton bertulang dengan dinding penahan tanah yang diperkuat geogrid.

Disadari sepenuhnya bahwa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penyusun dibantu oleh berbagai pihak, tanpa bantuan tersebut mungkin tugas akhir ini tidak terwujud dan selesai pada waktunya. Untuk itu pada kesempatan ini rasa terima kasih yang sebesar-besarnya penyusun sampaikan kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. Susastrawan M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan juga selaku Dosen Pembimbing Utama.



2. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji M.S, selaku Dosen Pembimbing, yang secara langsung membimbing dalam tahap penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Kurnia Gunawan selaku karyawan PT. Bhuwana Reksa Persada.
4. PT. Puriteknik Purnama Jl. Lampersari 62 Semarang yang telah memberikan data yang diperlukan.
5. Teman-teman dan semua pihak yang telah membantu kelancaran terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Akhirnya penyusun mohon maaf yang sebesar-besarnya bila dalam mengerjakan Tugas Akhir ini terdapat kekhilafan-kekhilafan baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja. Semoga segala sesuatu yang diperoleh dalam mengerjakan Tugas Akhir ini dapat menjadi bekal yang berguna bagi penyusun didalam mengabdikan dirinya bagi Bangsa, Negara dan Agamanya kelak. Amin.

Yogyakarta,

Desember 1994

Penyusun

	GEOGRID.....	62
BAB	IV PERHITUNGAN BIAYA	68
	4.1. DINDING TANAH YANG DIPERKUAT GEOGRID	68
	4.2. DINDING KANTILEVER	70
BAB	V PEMBAHASAN	73
BAB	VI KESIMPULAN DAN SARAN	75
	6.1. KESIMPULAN	75
	6.2. SARAN-SARAN	76
PENUTUP	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN		

	torium pengontrol temperatur	
2.12.	Kurva Sherby-Dorn untuk tensar SR80 pada suhu $10^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{ C}$	26
2.13.	Kurva beban-regangan-waktu untuk tensar SR80 pada suhu $10^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{ C}$	27
2.14.	Kurva isokronis tensar SR80 pada suhu $10^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{ C}$	27
2.15.	Kurva isokronis untuk <i>fortrac</i> geogrid	28
2.16.	Kurva karakteristik tensar SR80 dan superposisi waktu-temperatur	28
2.17.	Bidang keruntuhan geser yang mungkin terjadi	30
2.18.	" <i>Direct-Shear Box</i> "	30
2.19.	Mekanisme keruntuhan " <i>pull-out</i> "	31
2.20.	a. Elemen tanah yang diberi gaya vertikal dan gaya horisontal	33
	b. Elemen tanah dengan tulangan grid di dalamnya dan gaya yang bekerja di dalamnya	
2.21.	Macam-macam aplikasi geogrid sebagai penahan tanah	33
2.22.	Macam-macam mekanisme keruntuhan eksternal	34
2.23.	Gaya-gaya yang bekerja pada dinding menurut <i>The Tie Back Wedge Method</i>	34
2.24.	Keruntuhan lereng yang mungkin terjadi	36
2.25.	Analisis keruntuhan internal	37
2.26.	Tegangan yang diterima tiap lapis tulangan grid	37
2.27.	Penyebaran gaya vertikal	38
2.28.	Penyebaran gaya horisontal	39
2.29.	Grafik V_i vs h_i	40
2.30.	Analisis keruntuhan <i>pull-out</i> menurut <i>The Tie Back Wedge Method</i>	41
2.31.	Penentuan panjang Lip	42
2.32.	Urutan pekerjaan dinding tanah yang diperkuat geogrid	44
2.33.	Jenis SR Tensar Geogrid	46
3.1.	Dinding kantilever	47
3.2.	Dimensi perencanaan tentatif untuk sebuah	48

dinding konsol	
3.3. Ukuran dinding kantilever	49
3.4. Tegangan pada pelat dasar	52
3.5. Tegangan pada pelat dasar	53
3.6. Berat dan beban merata yang menekan bagian tumit	54
3.7. Diagram tegangan pada bagian tumit	55
3.8. Momen di tengah tumit	55
3.9. Tegangan pada bagian tapak	56
3.10. Tegangan pada badan dinding	58
3.11. Penulangan dinding kantilever	61
3.12. Dinding tanah yang diperkuat geogrid	62
3.13. Penulangan grid	66



DAFTAR NOTASI

A	= luas tulangan tarik
A'	= luas tulangan tekan
B	= ukuran alas pondasi
c	= kohesi tanah
Cu	= kapasitas tulangan ultimit
D	= kedalaman alas pondasi
e	= eksentrisitas
Fk	= faktor keamanan geser
FK	= overall faktor
Fo	= faktor keamanan guling
Fr	= gaya penolak
H	= tinggi dinding penahan tanah
ht	= Tinggi total penampang balok persegi
Kab	= tekanan tanah aktif pada tanah asli
Kaw	= tekanan tanah aktif pada tanah timbunan
ko	= koefisien ordinat blok tegangan tekan beton
L	= panjang alas atau telapak
Mo	= momen guling
Mr	= momen penahan
Pa	= gaya dinding yang disebabkan oleh tekanan tanah aktif
Pp	= gaya dinding yang disebabkan oleh tekanan tanah pasif
R	= resultan gaya
Si	= beban vertikal
T	= tegangan pada tulangan grid
Tai	= gaya penahan pada tulangan grid
Ws	= beban merata

α = koefisien interaksi antara tanah timbunan dan grid
 β = sudut kemiringan tanah
 ϕ = sudut gesek dalam
 ϕ' = sudut gesek dalam yang efektif
 γ = berat jenis tanah
 γ_w = berat jenis air
 μ = koefisien gesekan didasar dinding
 σ'_{bk} = kekuatan beton karakteristik
 σ'_{*au} = kekuatan baja rencana geser lentur beton akibat beban
batas ditengah-tengah
 τ_m = faktor keamanan pada tensar geogrid pada tanah jenis
timbunan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Dinding penahan tanah digunakan untuk mencegah material agar tidak longsor menurut kemiringan alamnya. Tanah sebagai tempat berdirinya bangunan mempunyai kondisi yang bermacam - macam yaitu :

- a. Tanah jelek dimana bangunan tidak dapat langsung diletakkan pada lapisan tanah tersebut, sehingga untuk keperluan perencanaan harus diadakan perbaikan tanah.
- b. Tanah sedikit jelek (medium) dimana bangunan ringan dapat langsung diletakkan di atas lapisan tanah tersebut, dengan mengingat syarat teknis dan sifat-sifatnya.
- c. Tanah baik dimana bangunan dapat langsung diletakkan di atas lapisan tanah tersebut dengan memperhitungkan sifat-sifat tanah dengan pengaruh gaya luar.

1.2. Kajian Pustaka

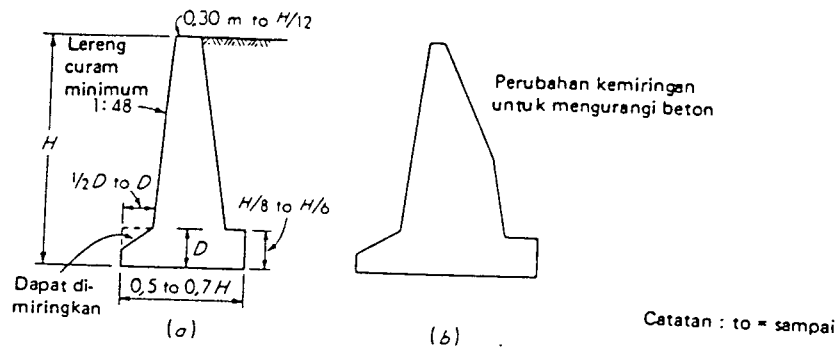
1.2.1. Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan cara mencapai stabilitas dinding penahan diklasifikasikan secara umum menjadi 4 jenis utama :

1. Dinding gravitas

Dinding penahan yang bertujuan untuk memperoleh ketahanan terhadap tekanan tanah dengan beratnya sendiri. Pada umumnya, dinding-dinding gravitas berbentuk trapesoida tetapi dapat juga dikerjakan dengan punggung yang terpatah-patah. Dimensi dinding gravitas dapat diambil

seperti diperlihatkan pada gambar 1.1.

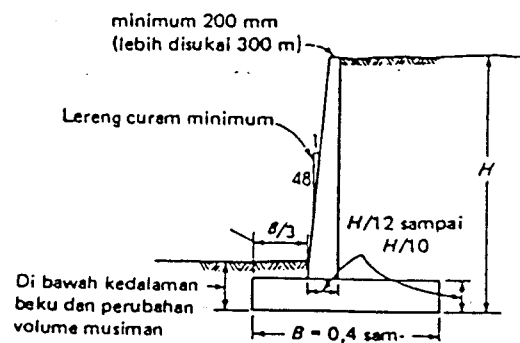


Gambar 1. 1.

- (a) Dimensi-dimensi tentatip untuk dinding tahan gravitas
- (b) Dinding gravitas dengan punggung patah

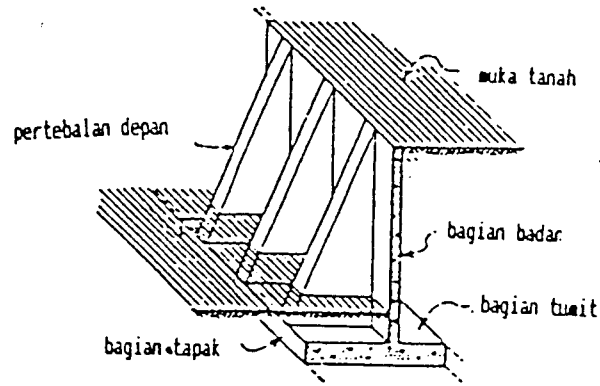
2. Dinding konsol (dinding kantilever)

Dinding beton bertulang ("*reinforced concrete*") yang menggunakan aksi konsol untuk menahan masa yang berada di belakang dinding dari kemiringan alami yang terjadi sebagian stabilitas dinding, ini dicapai dari berat tanah yang ada di atas bagian tumit plat dasar, seperti terlihat pada gambar 1.2.



Gambar 1. 2.

Dimensi-dimensi perencanaan untuk sebuah dinding penahan konsol.



Gambar 1.4.
Dinding pertebalan depan.

1.2.2. Geogrid.

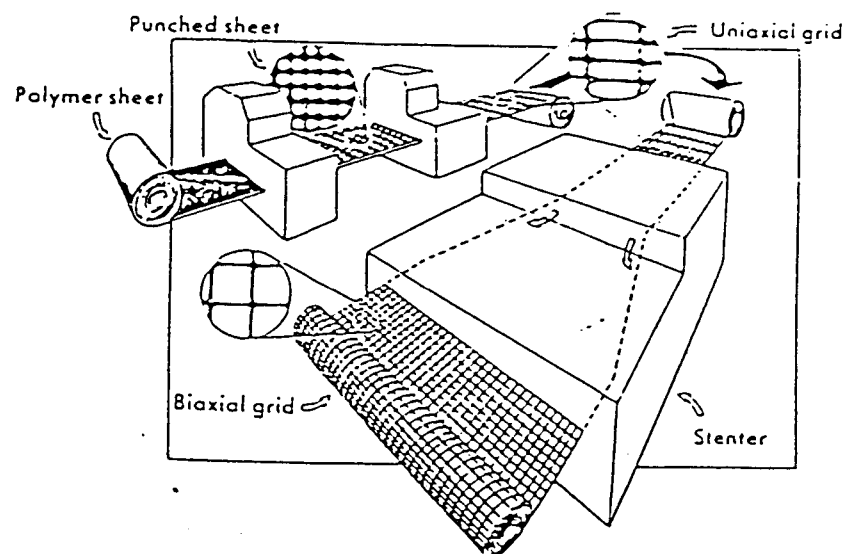
Geogrid merupakan suatu bahan yang kaku dan berlubang-lubang, dibuat dari bahan sintesis sejenis polymer, yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi.

Dalam proses pembuatannya lembaran-lembaran polymer dilubangi dengan diameter yang sama secara lurus, sehingga merupakan rangkaian molekul yang panjang, kemudian ditarik atau direntangkan, seperti terlihat pada gambar 1.5.

Ukuran, bentuk, jarak dan pola susunan dari lubang-lubang pada lembar polymer ini, mempunyai pengaruh penting pada bentuk dan sifat-sifat fisik dari tensor geogrid tersebut sehingga mempengaruhi penentuan pemakaiannya.

Geogrid merupakan bahan sintesis dari *polyethylene*, *polyester*, *polypropylene* dan *aramida* bertegangan tinggi yang diseleksi berdasarkan tingkat kerapatannya lalu diproses dalam pabrik. Pertama-tama dihamparkan untuk membentuk lembaran yang kemudian diolah dalam mesin sehingga mempunyai lubang-lubang seperti jala dengan ukuran yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah itu diproses lagi agar

memiliki kekakuan dan tegangan tarik yang diinginkan.



Gambar 1.5.

Proses pembuatan tensar geogrid.

Menurut proses penarikan ada dua jenis tensar geogrid yaitu *Uniaxial Grid* dan *Biaxial Grid*.

1. *Uniaxial Grid*

Dibuat dengan penarikan lembaran yang dilubangi dalam satu arah. Tensar geogrid yang termasuk uniaxial grid adalah jenis SR-2, jenis ini dikembangkan untuk perkuatan tanah seperti tanah timbunan dan dinding penahan tanah.

2. *Biaxial Grid*

Dibuat dengan penarikan lembaran yang dilubangi dalam dua arah. Jenisnya antara lain :

a. Tensar SS1, Tensar SS2, Tensar SS3.

Ketiga jenis ini dikembangkan untuk maksud yang sama yaitu untuk stabilitas tanah lunak yang mempunyai daya dukung rendah. Perbedaan ketiga jenis ini terletak pada ukuran dan beratnya.

b. Tensar AR1.

Dikembangkan untuk perkuatan jalan-jalan aspal dan perkerasan, mengurangi jejak roda dan mengurangi penjalaran retak.

1.3. Permasalahan.

Dalam Tugas Akhir ini khusus dibahas mengenai tanah jelek dalam arti mempunyai daya dukung rendah, kekuatan geser kecil kompresibilitas yang tinggi, yang mengakibatkan penurunan yang tidak dapat diterima atau membahayakan terhadap suatu bangunan. Hal ini banyak menimbulkan masalah dikalangan para perencana dalam melaksanakan suatu bangunan dimana bangunan di atas tanah memiliki kondisi yang jelek. Untuk itu ada beberapa penyelesaian atau pemecahan mengenai masalah tersebut, diantaranya sebagai berikut :

1. Memindahkan bangunan ke lokasi yang lain, jika memungkinkan.
2. Menggunakan pondasi tiang pancang.
3. Merencanakan struktur bangunan yang cocok untuk kondisi tanah yang jelek.
4. Memperbaiki kondisi tanah yang jelek.

Memindahkan lokasi bangunan merupakan kendala yang sulit dilaksanakan, karena memerlukan banyak pertimbangan yang harus dilakukan seperti pengaturan tata kota atau daerah oleh pemerintah, dan terbatasnya lokasi yang digunakan. Penggunaan pondasi tiang pancang sering menimbulkan kendala karena mengganggu lingkungan disekitarnya, akibatnya kurang ekonomis.

Alternatif terakhir adalah memperbaiki kondisi tanah yang jelek agar dapat digunakan setelah adanya perkembangan metode perbaikan tanah dengan menggunakan bahan sintesis dari jenis geosintesis seperti geomembran, geotekstil, geogrid, geokomposid. Perkembangan teknologi *polymer* membawa penemuan geosintesis yang tidak saja dapat menjawab kesulitan namun juga dapat digunakan dalam bidang teknik sipil.

Geogrid sebagai salah satu jenis dari geosintesis mempunyai manfaat untuk perkuatan struktur :

1. Dinding penahan tanah
2. Stabilitas lereng ("*slope stability*")
3. Tanah timbunan ("*embankment*")
4. Perletakan jembatan ("*bridge abutment*")
5. Perbaikan tanah longsor/erosi ("*landslide repairs*")
6. Lapisan pekerjaan jalan, dan lain sebagainya.

1.4. Ruang Lingkup Dan Batasan.

Dinding penahan tanah konvensional banyak jenisnya seperti halnya geogrid. Untuk itu dalam pembahasan Tugas Akhir ini dikhususkan pada dinding penahan tanah beton bertulang untuk diperbandingkan dengan dinding penahan yang diperkuat geogrid. Adapun geogrid yang dipakai yaitu *Uniaxial Grid*.

1.5. Maksud Dan Tujuan.

Membandingkan antara perkuatan geogrid sebagai dinding penahan tanah dengan dinding penahan tanah beton bertulang, disamping memahami lebih mendalam masalah geogrid dalam peranannya terhadap teknik sipil.

1.6. Metodologi.

Metode yang digunakan adalah studi literatur dan studi kasus yaitu berdasarkan teori-teori yang telah ada kemudian dikembangkan menjadi penulisan yang bermanfaat.

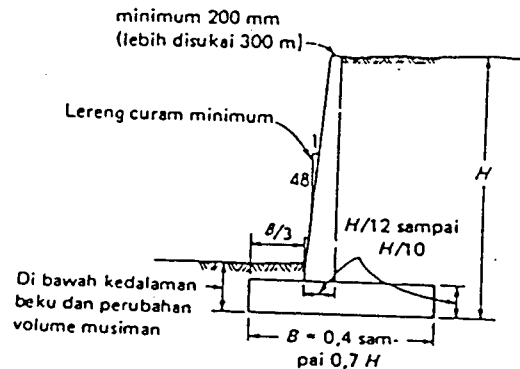
1.7. Sistematika Penyusunan

Adapun sistematika penyusunan Tugas Akhir ini ialah :

1. Bab I, Pendahuluan, menguraikan latar belakang, Kajian Pustaka, Permasalahan, Batasan masalah, Maksud dan Tujuan, Metodologi, Sistematika Penyusunan.
2. Bab II, Studi Pustaka, menjelaskan teori dinding penahan tanah beton bertulang dan dinding penahan tanah yang diperkuat geogrid yang ditinjau dari berbagai kestabilan.
3. Bab III, Perencanaan, berisi tentang analisis perhitungan struktur pada tanah non kohesif baik dinding penahan tanah beton bertulang maupun dinding penahan tanah yang diperkuat geogrid.
4. Bab IV, Perhitungan Biaya, berisi anggaran biaya tentang bahan dan upah tenaga yang digunakan.
5. Bab V, Pembahasan, membahas perbandingan struktur dinding penahan tanah beton bertulang dengan struktur dinding penahan tanah yang diperkuat dengan geogrid.
6. Bab VI, Kesimpulan dan Saran, dari hasil menganalisis biaya dinding penahan tanah beton bertulang dengan yang diperkuat geogrid.
7. Penutup.
8. Daftar Pustaka.
9. Lampiran.

2.2. Dinding Penahan Tanah Beton Bertulang

Sesuai ruang lingkup dan batasan jenis dinding yang dipakai dalam perencanaan hanya khusus dinding konsol (dinding kantilever), seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2.

Dimensi perencanaan sebuah dinding penahan konsol

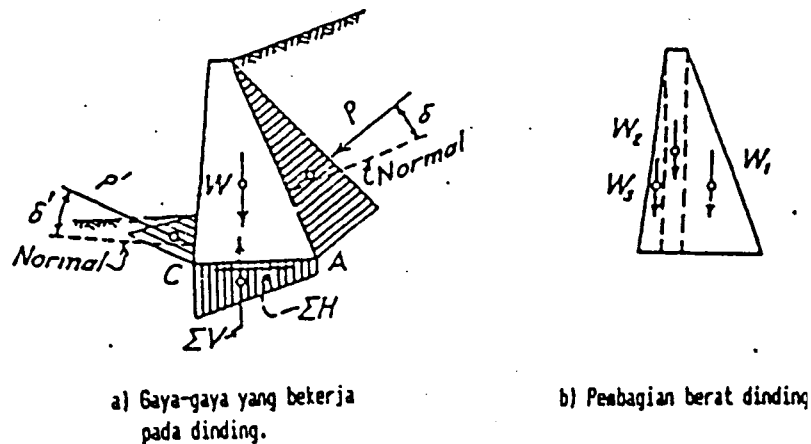
Dimensi-dimensi perencanaan sebuah dinding penahan harus sesuai dengan stabilitas struktur dan memenuhi persyaratan bangunan setempat. Dimensi-dimensi tentatif yang diperlihatkan dalam gambar 2.2. sebagian didasarkan pada sejarah dinding-dinding yang dikonstruksi dengan memuaskan dan dapat digunakan jika data lain tidak ada, tetapi menghasilkan suatu perencanaan yang konservatif. Puncak tidak kurang 300 mm sehingga penempatan layak dari beton dapat dilakukan. Dimensi-dimensi plat dasar harus sedemikian rupa sehingga resultan beban-beban vertikal jatuh dalam sepertiga bagian tengah. Jika resultan jatuh diluar sepertiga bagian tengah, maka tekanan tapak akan berlebihan dan hanya dari sebagian telapak yang akan efektif, untuk itu harus dilakukan perhitungan-perhitungan.

2.3. Gaya Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah

Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah antara lain :

1. Berat dari dinding penahan tanah itu sendiri (W).

Gaya ini merupakan berat sendiri dari dinding penahan tanah dan memiliki resultan yang bekerja di titik berat dinding. Untuk mempermudah perhitungan, gaya ini dapat dibagi menjadi beberapa gaya sesuai dengan bentuk dinding dan kemudian dicari resultan gaya-gaya tersebut serta dicari tempat bekerjanya resultan gaya tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.3(b).



Gambar 2.3
Gaya-gaya yang bekerja pada dinding.

2. Tekanan tanah aktif di muka belakang dinding (P).

Gaya ini merupakan gaya dorongan dari tanah di belakang dinding dan bekerja kemiringan sudut sebesar δ dari garis normal dinding. Adapun koefisien tekanan tanah aktif dapat dihitung berdasarkan rumus "Rankine" atau "Coulomb".

3. Tekanan daya dukung pondasi (ΣV).

Seperti terlihat di gambar 2.3(a), gaya ini berbentuk diagram trapesium dan memiliki resultan dititik berat trapesium tersebut.

4. Tekanan tanah pasif (P_p).

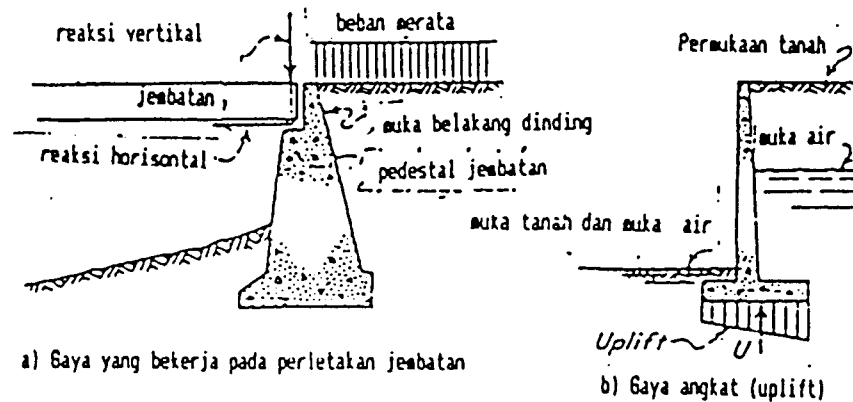
Pemberian tanah didepan dinding berguna untuk menambah stabilitas terhadap geseran dan mempunyai tahanan tekanan tanah pasif karena cenderung kedalam. Tetapi jika tanah digali atau terkikis karena erosi sesudah dinding dibangun, maka komponen tekanan tanah pasif tidak tersedia dan ketakstabilan geser dapat terjadi. Namun jika terdapat kepastian tidak terjadi kehilangan tanah tapak, maka perencana dapat menggunakan tanah pasif dalam daerah ini sebagai bagian dari tahanan geser. Tekanan tanah pasif bekerja dengan sudut kemiringan δ terhadap garis normal dinding.

5. Gaya penahan geser di dasar dinding (ΣH).

6. Reaksi perletakan, gaya-gaya yang bekerja pada jembatan dan gaya sentrifugal. Dinding penahan tanah yang berfungsi sebagai perletakan pada jembatan mendapat tambahan beban yaitu berat jembatan itu sendiri dan beban-beban lain yang bekerja pada jembatan. Sedangkan gaya sentrifugal terjadi jika jembatan berbentuk lengkung dan disebabkan karena adanya beban kendaraan yang bergerak di sepanjang jembatan.

7. Beban terbagi rata.

Beban yang terjadi atau ada diatas tanah yang ditahan oleh dinding, untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.4.



Gambar 2.4.
Gaya-gaya pada abutment dan gaya "uplift".

8. Tekanan air dan rembesan.

Dengan adanya air pada tanah di belakang dinding, maka akan menambah tekanan pada dinding berupa tekanan hidrostatik.

9. Gaya "Uplift".

Air yang di tahan oleh dinding yang tidak mempunyai sistim drainasi, jika dasar dindingnya tembus air (*permeabel*), maka sebagian kecil dari air yang ada akan merembes dan naik menembus ke permukaan tanah diatas tapak dinding. Jika hal ini terjadi, maka keruntuhan dinding karena rembesan dapat terjadi. Untuk itu tekanan "uplift" di dasar dinding harus dihitung jika memang tanah mengandung air.

10. Getaran

Getaran akibat lalu lintas pada jalan kereta api, jalan raya, mesin-mesin bergerak dan yang lainnya menyebabkan tekanan tanah lateral bertambah, tetapi tidak selalu diperhitungkan.

11. Beban Kejut.

Pada dinding yang berfungsi sebagai tumpuan pada jembatan atau jalan kereta api bekerja beban kejut akibat adanya kereta atau kendaraan yang bergerak melintasinya. Tetapi beban kejut ini tidak selalu dihitung.

12. Gaya gempa

Tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah bertambah sesaat karena adanya gaya gempa. Penambahan gaya akibat adanya gempa tidak berarti, tetapi kadang-kadang diberikan dengan pertimbangan tertentu yaitu sebesar 10% dari tekanan tanah lateral yang terjadi pada dinding.

2.4. Stabilitas Dinding Penahan Tanah.

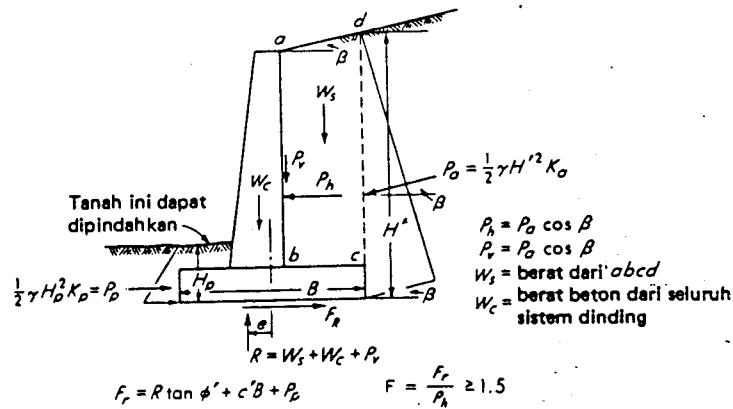
2.4.1 Stabilitas Dinding Terhadap Geseran.

Dinding-dinding penahan harus mempunyai stabilitas yang cukup terhadap geseran, seperti pada gambar 2.5. Tanah didepan dinding mempunyai tahanan tekanan tanah pasif karena dinding cenderung terdorong kedalam. Jika tanah digali atau terkikis karena erosi sesudah dinding dibangun, maka komponen tekanan pasif tidak tersedia dan kestabilan geser dapat terjadi. Namun jika terdapat kepastian tidak terjadi kehilangan tanah tapak, maka perencanaan dapat menggunakan tekanan pasif dalam daerah ini sebagai bagian dari tanah geseran

Kestabilan geseran tambahan didapat dari penggunaan sebuah siar-cor dibawah dasar pondasi. Kecuali jika siar-cor agak dalam, maka daerah geser gambar 2.6 dapat melampui siar-cor tersebut dalam lintasan yang mempunyai tahanan paling kecil. Sebuah siar-cor dalam tanah keras atau batuan mungkin saja menguntungkan, karena tahanan saat ini merupa-

kan gaya yang diperlukan untuk menggeser siar-cor plat dasar Tempat siar-cor yang paling baik adalah pada tumit seperti dalam gambar 2.6. Tempat ini menciptakan jarak tahanan geser yang sedikit lebih besar L' , sama seperti komponen tambahan dari gaya bidang miring keatas ("upward-sloping plane"). Yang lebih kecil diantara kedua nilai :

1. Tekanan pasif yang dikembangkan kedasar siar-cor
2. Tahanan keatas bidang ab digunakan dalam menghitung stabilitas geser.



Gambar 2.5.
Gaya-gaya yang terlibat dalam stabilitas geser

Tahanan geser sepanjang dasar pondasi dianggap sebagai FR , dimana R mencakup semua gaya vertikal, termasuk komponen vertikal dari Pa , yang bekerja pada dasar pondasi.

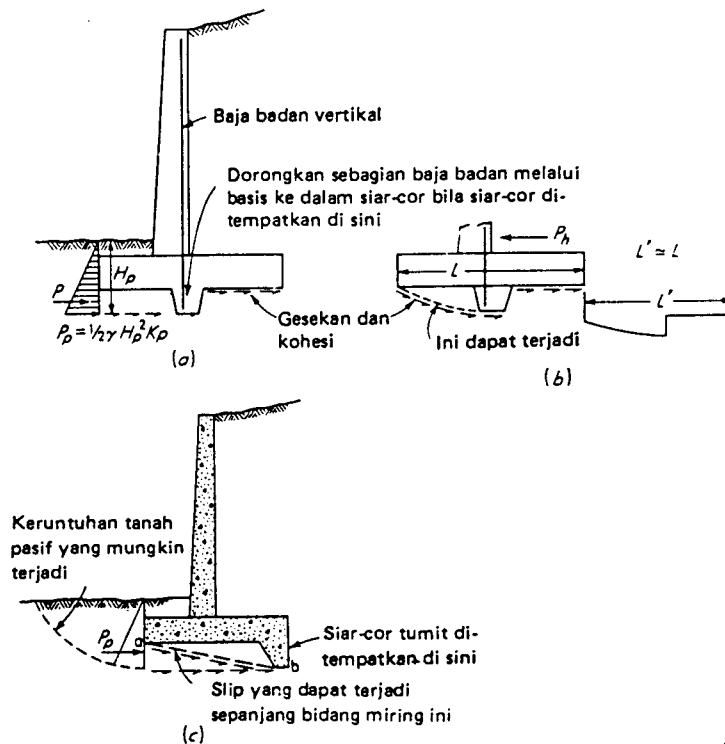
Koefisien gesekan diantara dasar dan tanah dapat diambil sebagai ;

$$f = 0,5 \tan \phi \text{ sampai } 0,67 \tan \phi$$

dan kohesi basic c' sebagai

$$c' = 0,5 c \text{ sampai } 0,75 c.$$

Tanah dasar biasanya dimampatkan sebelum menuangi plat dasar, tetapi beton basah selalu diikat pada tanah sehingga didapat $f = \tan \phi$. Kohesi dapat mengalami kerusakan agak besar karena air dan perubahan bentuk, oleh karena itu nilai-nilai sebesar 0,5 sampai 0,75 c lebih sesuai.



Gambar 2. 6.

(a) Siar-cor di dekat badan supaya baja batang dapat dimasukkan ke dalam siar-cor ;tetapi (b) permukaan geser bisa saja berkembang seperti diperlihatkan di sini dimana pertolongan kecil didapat dari penggunaan siar-cor ; (c) siar-cor tumit yang menyajikan dua ragam kegagalan yang mungkin terjadi (pasif dan gelincir sepanjang bidang).

Faktor keamanan untuk melawan geseran paling sedikit 1,5 , yang dihitung sebagai berikut :

$$FK_{geseran} = \frac{\text{Jumlah gaya-gaya penolak}}{\text{Jumlah gaya-gaya pendorong}} \geq 1,50 \dots\dots(2-1)$$

2.4.2. Stabilitas Terhadap Guling.

Stabilitas terhadap guling diukur dengan faktor keamanan terhadap guling. Adapun rumus yang dipakai untuk menghitung faktor keamanan terhadap guling sebagai berikut :

$$FK_{guling} = \frac{\text{Jumlah momen penahan guling}}{\text{Jumlah momen guling}} \geq 1,50 \dots \dots \dots (2-2)$$

Kestabilan resultan pada dasar dinding ialah :

$$X = \frac{\sum Mr - \sum Mo}{F_h} \dots \dots \dots (2-3)$$

dan eksentrisitas berkenaan dengan pusat dasar ialah :

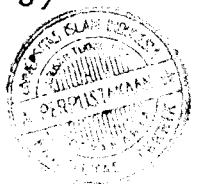
$$e = \frac{B}{2} - X \dots \dots \dots (2-4)$$

Eksentrisitas dapat ditentukan tempatnya dengan mengambil jumlah momen disekitar pusat dasar. Kalau eksentrisitas e berada di sepertiga tengah dari lebar dasar sepenuhnya maka B itu efektif dan untuk itu kebanyakan perancang membatasi e sampai batas ini. Pada e = B/6 maka tekanan jadinya 2 x q_{rata-rata} dan tekanan tumitnya nol. Nilai e ini menyebabkan penurunan diferensial yang cukup untuk menggulingkan dinding.

2.4.3. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah Yang diizinkan

Kestabilan dasar terhadap daya dukung tanah memakai faktor keamanan yang sesuai dengan daya dukung dinding yang dihitung dimana faktor keamanan biasa diambil sebagai 2,0 untuk tanah berbutir (C=0) dan sebagai 3,0 untuk tanah kohesif. Tekanan tanah dihitung dengan memakai daya dukung :

$$q_u = cN_{cd} + qN_{qd} + 1/2\gamma B N_{\gamma d} \dots \dots \dots (2-5)$$



Tekanan tanah dihitung sebagai suatu telapak kaku dengan menggunakan distribusi tekanan sebesar :

$$q = R/B \pm 6Re/B \leq q_u/SF \dots\dots\dots(2-6)$$

2.5. Geosintetik

2.5.1. Sejarah Geosintetik.

Perkembangan geosintetik berawal dari petunjuk Tuhan lewat peristiwa alam, antara lain adalah sarang burung walet yang terbuat dari lumpur dan jerami, kemudian berkembang dengan digunakannya tikar alang-alang oleh orang Romawi kuno dalam membuat jalan, yaitu dengan menghamparkannya diatas tanah rawa sebelum dilapisi batu. Di negara-negara tropis juga sering digunakan perkuatan tanah lunak berlumpur didaerah pantai, dengan menggunakan pipa bambu yang dipancangkan. Kemudian orang mulai berpikir untuk mengganti bahan-bahan tersebut diatas dengan bahan tiruan yang mempunyai nilai keuntungan disegala segi. Mulai tahun 1940 industri polimer modern secara kimiawi seperti "Polyster" mulai berkembang di Amerika, tetapi perkembangan penggunaan sebagai geosintetik masih sangat sedikit. Pada Konferensi "Caostal Engineering" tahun 1961 di Tokyo, sudah ada beberapa makalah tentang pentingnya penggunaan geosintetik di bidang Teknik Sipil, antara lain oleh Barrett. Pada tahun 1970 produksi geosintetik dengan tenunan maupun tanpa tenunan, mulai dipasarkan. Prancis memperkenalkan geosintetik ke Afrika Barat dan Indo Cina, sedangkan Inggris membuat percobaan awalnya di Malaysia dan Australia, yang kemudian Australia memasarkannya ke Indonesia. Pada tahun 1977 diadakan konferensi di Paris "The Inter national Konference on the use of Fabrics in Geo-

technics", yang kemudian diikuti oleh konferensi Internasional sejenis setiap lima tahun sekali. Tahun 1982 di Inggris dan tahun 1987 di Wina. Dengan demikian perkembangan penggunaan Geosintetik di bidang Teknik Sipil sudah cukup luas, sedangkan di Indonesia mulai berkembang sekitar tahun 1977.

Bahan "*polimer*" yang secara umum banyak dikenal sebagai bahan plastik, sudah cukup lama menggantikan pemakaian bahan-bahan tradisional, sebagai kantong plastik, tali plastik dan lain-lain. Sedangkan penggunaan bahan tersebut dalam bidang Teknik Sipil disebut dengan Geosintetik.

"*Geosynthetics*" atau "*Geofabrics*" adalah sebutan umum untuk bermacam jenis bahan ("*textile*") yang digunakan dalam bidang geoteknik. Geosintetik dibuat dari serat sintesis seperti : Polyester, Polyethylene, Polypropylene, Polyvinylchlorida, Nylon. Serat sintesis tersebut termasuk dalam serat "*Non-Celulosa*" yang dibuat dari molekul-molekul yang terdiri dari bermacam-macam kombinasi karbon, hidrogen, nitrogen dan oksigen yang berasal dari minyak tanah, gas alam, udara dan air. Geosintetik dikategorikan dalam beberapa bentuk : Geotekstil ("*Geotextile*"), Geogrid ("*Geogrids*"), Geomembran ("*Geomembranes*"), Geokomposit ("*Geocomposites*").

2.5.2. Geotekstil

Geotekstil merupakan tekstil sebagaimana pengertian sehari-hari, namun terbuat dari serat-serat sintesis dan bukan dari bahan alam seperti kapas, wool ataupun sutera, sehingga tahan terhadap pembusukan dan dapat diaplikasikan di tanah. Terdapat dua macam geotekstil. Yang pertama berupa serat-serat polimer berbentuk benang atau elemen-elemen pipih yang

dianyam menjadi lembaran dan disebut geotekstil teranyam ("*Woven Geotextile*"). Yang kedua adalah geotekstil tak teranyam ("*Non Woven Geotextile*") dimana serat-serat dijadikan lembaran secara random. Keduanya merupakan lembaran yang fleksibel dan "*porous*", dapat relatif mudah melewatkan air dan juga dapat menghantar air dengan tingkat yang berbeda di sepanjang geotekstil itu sendiri. Geotekstil dapat berfungsi sebagai pemisah, penyaring, drainase, perkuatan dan pencegah kelembaban. Geotekstil tak teranyam mempunyai sifat lebih fleksibel dari geotekstil teranyam, tapi umumnya mempunyai kuat tarik lebih rendah, karena itu tidak begitu efektif terhadap perkuatan.

Bila mana geotekstil diletakan dalam suatu konstruksi, maka geotekstil akan merupakan bagian dari konstruksi tersebut, dan akan bekerja sesuai fungsi yang direncanakan. Pemilihan geotekstil tentu berdasarkan kriteria yang berbeda untuk berbagai fungsi. Geotekstil dapat digunakan dalam berbagai kepentingan bidang Teknik Sipil, antara lain :

1. Lapisan pemisah ("*Separator*")

Masalah yang sering timbul pada konstruksi jalan raya maupun jalan kereta api adalah bercampurnya butiran-butiran dengan ukuran partikel yang berbeda dari bagian struktur yang berbeda, yang seharusnya tidak demikian.

Pencampuran tadi akan dapat merusak struktur secara keseluruhan. Pada konstruksi jalan raya, biasanya yang terjadi adalah bercampurnya butiran halus dari lapisan "*Subgrade*" kedalam lapisan "*Subbase*" yang mempunyai butiran kasar. Sedangkan pada jalan kereta api, umumnya adalah naiknya lumpur ke permukaan balas, diikuti dengan penetrasi balas

ke dalam tanah dasar. Beberapa solusi konvensional biasanya akan memerlukan waktu dan biaya tambah yang relatif besar. Dengan mempelajari beberapa kemampuan geotekstil antara lain :

- mempunyai kekuatan tarik
- tembus air
- mempunyai kemampuan menyaring

maka geotekstil sangat tepat untuk fungsi "*Separator*" ini. Sehingga masing-masing lapisan akan dapat berfungsi sesuai yang direncanakan. Dengan masuknya geotekstil ke dalam tanah, maka bahan tersebut termasuk komponen penguat daya dukung terhadap beban yang bekerja.

2. Penyaluran air ("*Drainage*")

Pada saluran drainasi pada umumnya, terdapat butiran kasar dan halus yang mempunyai fungsi ganda, yaitu sebagai filter/saringan dan sebagai saluran air. Dua fungsi tersebut sulit dipadukan, dimana untuk fungsi saringan berarti akan banyak lumpur/bahan lain yang tersaring, sehingga akan menghalangi aliran air. Biasanya masuknya tanah sekitar ke dalam saluran drainasi karena terbawa oleh aliran air tanah yang menuju saluran drainasi tersebut. Hal ini juga dialami pada "*Vertical Drainage*" dimana pada cara konvensional digunakan "*Sand Drain*".

Dengan kemampuan geotekstil :

- tembus air
- mempunyai kemampuan menyaring

maka bahan ini sangat tepat untuk berfungsi sebagai filter yaitu menahan butiran tanah yang terbawa aliran air tanah agar tidak masuk ke dalam saluran drainasi.

Sedangkan untuk drainasi vertikal biasanya digunakan "Geocomposite" yang terdiri dari geotekstil yang berfungsi sebagai filter dan rangka yang berfungsi sebagai saluran air.

3. Pengendalian erosi ("*Erosion Control*")

Pada tepi sungai dan laut, masalah yang dihadapi adalah pengikisan tepinya. Hal ini terjadi karena adanya kekuatan erosi dinamik yang diakibatkan oleh hentakan gelombang. Penyebab erosi pada tepi pantai antara lain :

- pengikisan tepi pantai oleh gelombang air laut
- putaran air di tepi pantai, yang dapat menyebabkan gesekan, sehingga menyebabkan rusaknya struktur tepi pantai tersebut
- hasil kikisan dibawa ke laut oleh gelombang balik

Solusi konvensional biasanya dengan lapisan batu bergradasi, dimana pada pemasangannya sering banyak kesulitan. Dengan kemampuan geotekstil :

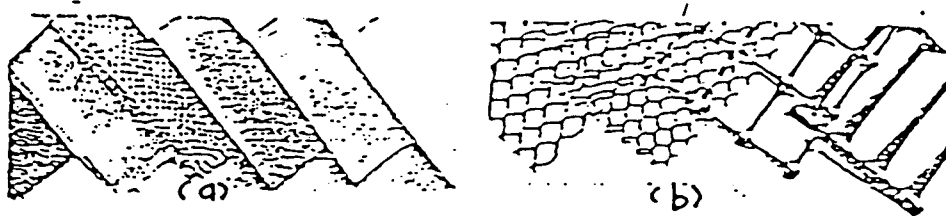
- sebagai filter
- cukup kuat menahan desakan batu pelindung
- mudah pemasangannya

maka bahan ini tepat digunakan pada lapisan bawah pelindung erosi, kemudian ditutup dengan batu pelindung. (lihat gambar 2.7(a)).

2.5.3. Geogrid

Geogrid merupakan lembaran sintetis yang berbentuk net (jaring), yang berfungsi untuk memperkuat tembok penahan tanah, ("*retaining wall*"). Tembok penahan tanah dari pasangan batu ("*gravity wall*") akan membutuhkan dimensi yang

relatif besar sehingga membutuhkan areal yang cukup luas, jika dibuat dari beton bertulang, membutuhkan waktu, biaya serta kecermatan penulangan. Dengan perkuatan tanah ("*reinforcement*") kemampuan geogrid mampu menahan tarikan dan geser (karena gesekan dengan tanah). Dapat dilihat pada gambar 2.7(b).



Gambar 2. 7.

(a) Geotekstil (b) Geogrid

2.5.4. Geomembran

Geomembran adalah lembaran sintesis yang bersifat kedap air. Gambar dapat di lihat pada gambar 2.8(c).

2.5.5. Geokomposit

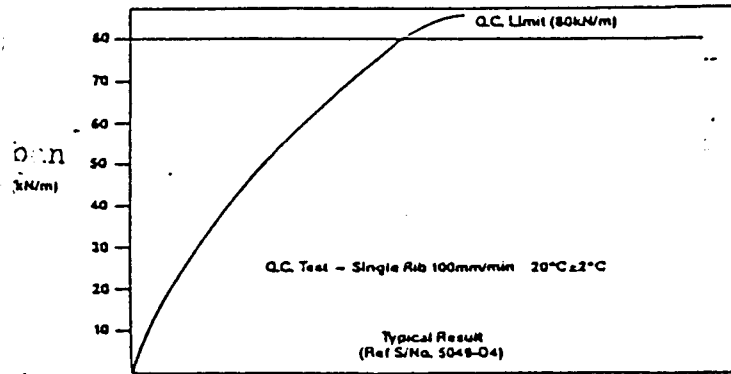
Geokomposit adalah gabungan dua atau lebih bahan "*geosynthetics*" tersebut diatas atau salah satu bahan "*geosynthetics*" tersebut diatas dengan bahan sintetis yang lain, seperti terlihat pada gambar 2.8.(d)



Gambar 2. 8.

(c) Geomembran (d) Geokomposit.

tarik tensor geogrid diambil 95 % dari kekuatan tarik yang didapat dari pengetesan (lihat gambar 2.10).



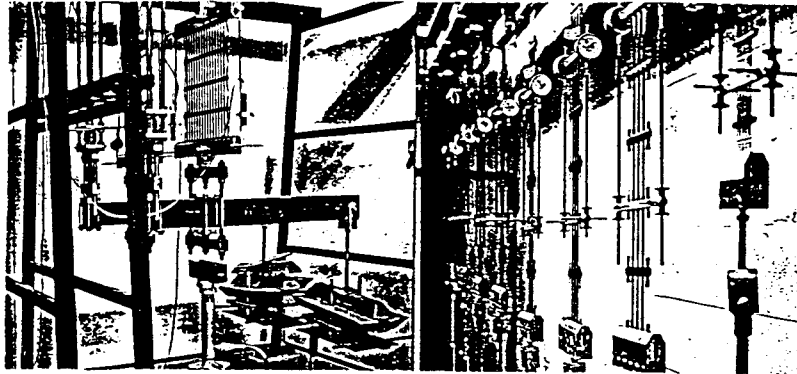
Regangan (%)

Gambar 2.10.

Hasil test kekuatan tarik pada Tensor SR80

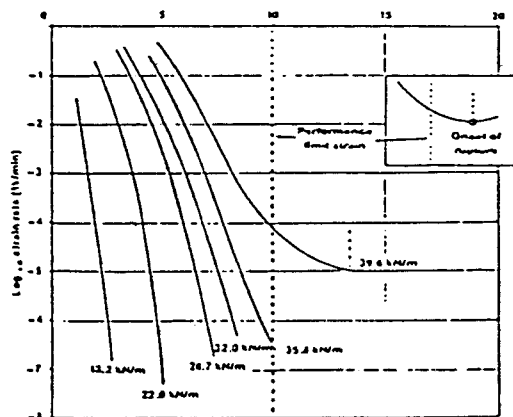
Pengujian pembebanan jangka panjang. pada struktur perbaikan tanah, beban yang diterima oleh tulangnya dapat berlangsung bertahun-tahun analisis dari semua data yang ada menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara karakteristik kekuatan jangka panjang dan kekuatan jangka pendek pada tulangan grid. Karena itu tidak mungkin untuk merencanakan sesuatu struktur perbaikan tanah hanya memperhitungkan kekuatan jangka pendek saja. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh dari temperatur dan regangan yang dapat mengakibatkan adanya perubahan sifat dari geogrid, tergantung dari jenis dan kualitas polimer serta bentuk setiap geogrid yang dipakai. Untuk itu diperlukan data tentang pengetesan pembebanan jangka panjang dilaboratorium pengontrol temperatur. Test pembebanan jangka panjang disyaratkan untuk dilakukan pada temperatur dan beban yang berbeda.

Test pembebanan jangka panjang di laboratorium terlihat pada gambar 2.11.



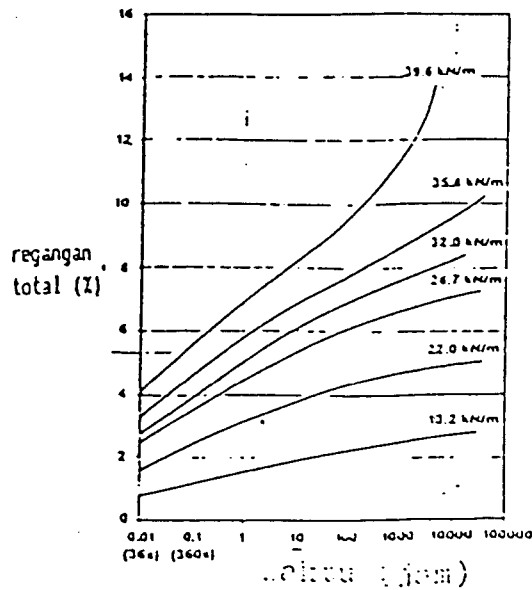
Gambar 2.11
Test pembebanan jangka panjang
di laboratorium pengontrol temperatur

Test pembebanan jangka panjang menurut diagram "Sherby-Dorn" permulaan keruntuhan pada saat "The Rate Of Strain" mulai bertambah, seperti terlihat pada gambar 2.12.



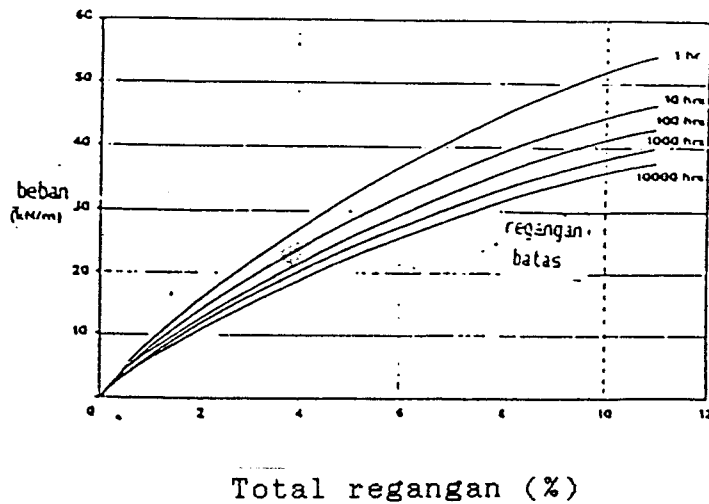
Gambar 2.12.
Kurva Sherby-Dorn untuk Tensar SR80 pada suhu $10^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$

Pada tensar geogrid permulaan keruntuhan terjadi pada regangan kira-kira 16 %. Untuk mencegah adanya keruntuhan, ditentukan batas maksimum regangan yaitu 10 % yang dapat diterima pada regangan selebihnya diabaikan, seperti terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2. 13

Kurva beban-regangan-waktu untuk Tensar SR80 pada suhu $10^{\circ} + 1^{\circ} C$

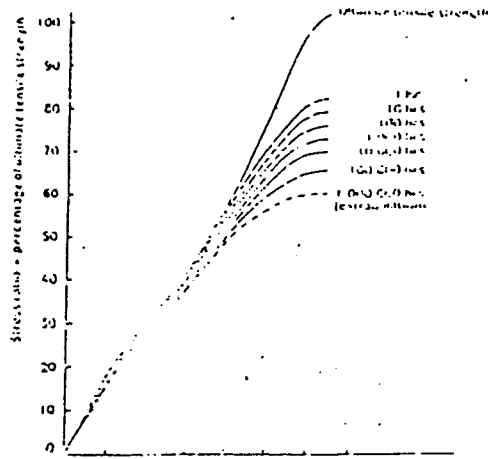


Gambar 2. 14.

Kurva isokronis tensar geogrid SR80 pada suhu $10^{\circ} + 1^{\circ} C$

Untuk menentukan kekuatan jangka panjang dari geogrid berdasarkan persetujuan metode "Murray and Mc Gown" diambil dari serangkaian kurva isokronis masing-masing jenis geogrid Kurva isokronis merupakan hasil hubungan antara beban-regangan-waktu dari satu jam sampai seribu jam, terlihat pada gambar 2.14. dan gambar 2.15.

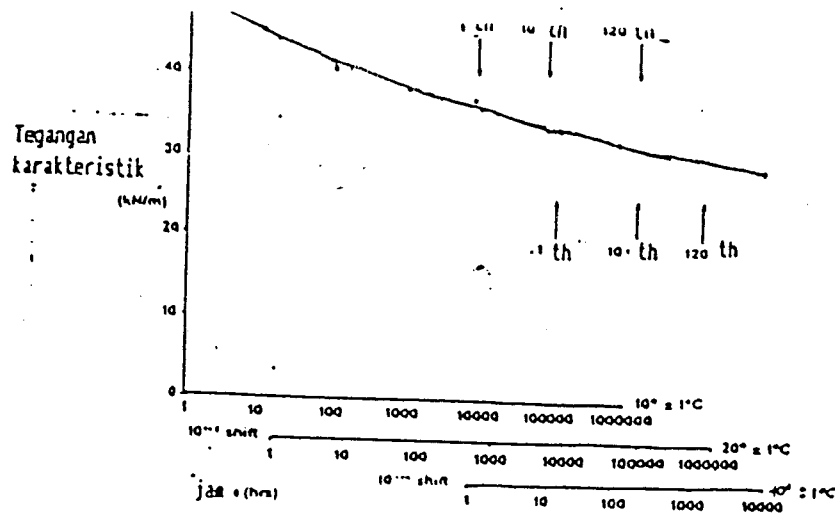




Gambar 2.15
Kurva isokronis untuk Fortrac Geogrid

Dari setiap kurva isokronis dapat dicari besarnya beban pada regangan batas 10 %.

Pengetesan pembebanan jangka panjang dilakukan pada temperatur 20°C dan 40°C untuk melengkapi data dan berdasarkan superposisi waktu-temperatur menurut "Andrawes" dapat ditentukan karakteristik kekuatan geogrid pada iklim yang berbeda-beda, terlihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16.
Kurva karakteristik kekuatan tensar SR80 dan superposisi waktu temperatur.

Pada tensar geogrid disyaratkan adanya tegangan geser rata-rata (γ_m) karena adanya perubahan kekuatan yang disebabkan oleh jenis dan ukuran tanah timbunan, metode kompaksi gerakan pada tanah timbunan dan aktifitas pekerjaan. Dibawah ini tabel (γ_m) pada tensar geogrid dibedakan berdasarkan jenis geogrid dan tanah timbunannya untuk menghitung tegangan ijin dari geogrid. Dasar perencanaan struktur perbaikan tanah, tegangan ijin digunakan karena adanya degradasi karakteristik kekuatan geogrid selama umur rencananya. Besarnya tegangan ijin geser dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{Tegangan ijin geser} = \frac{f_k}{\gamma_m \times FK} \dots\dots\dots(2-7)$$

- keterangan : - FK :Faktor keamanan umumnya = 1.35
 - f_k :Tegangan Karakteristik (kN/m)
 - γ_m :Faktor keamanan tensar geogrid

Untuk tensar geogrid, besarnya FK ("Overall Factor Of Safety") antara 1,2 sampai 1,5 tetapi umumnya digunakan 1,35.

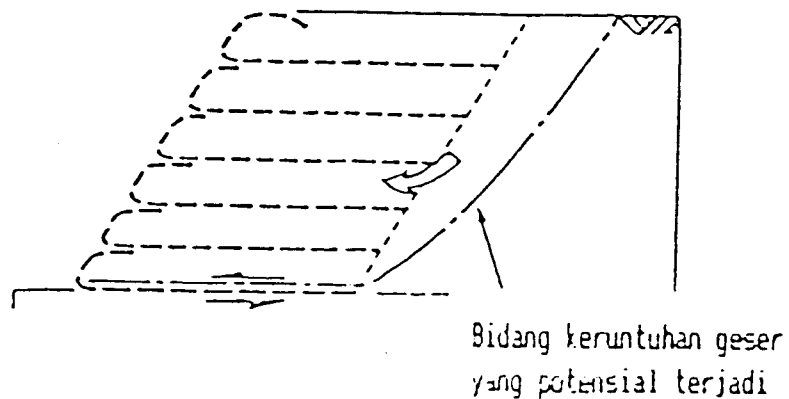
jenis tanah	ukuran maks. partikel tanah	γ_m Tensar geogrid		
		SR55	SR80	SR110
kerikil	125mm	1.70	1.40	1.40
kerikil halus dan batuan pecah	75mm	1.45	1.30	1.20
	20mm			
pasir lempung PFA	6mm	1.25	1.20	1.10
	2mm			
		1.15	1.10	1.05

Tabel 1.1
 Besarnya tegangan γ_m pada tensar geogrid.

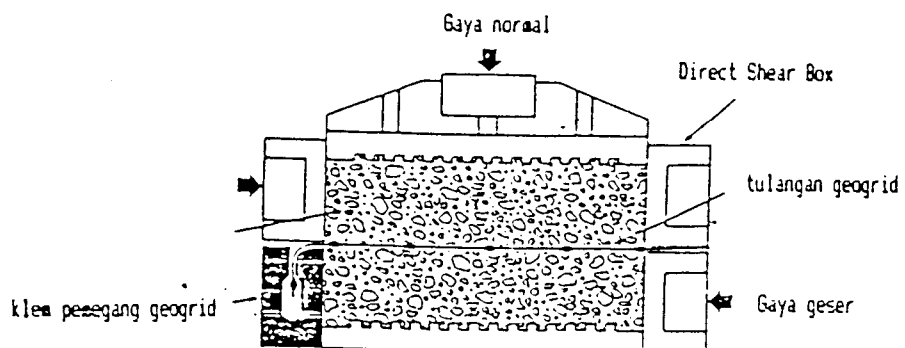
temperatur tanah	Tegangan karakteristik (f _k) Tensar geogrid (kN/m)		
	SR55	SR80	SR110
10°C UK (5) and temperate climates	22.0	32.5	45.0
20°C Warm climates	20.5	30.5	42.0

Tabel 2.2
 Karakteristik kekuatan Tensar geogrid

Untuk mengetahui bagaimana interaksi antara tulangan grid dan tanah dalam melawan keruntuhan geser yang mungkin terjadi, maka dilakukan pengujian dengan "Direct Shear Box". Pengujian ini dilakukan pada tanah dengan dan tanpa tulangan grid didalamnya dan menghasilkan grafik seperti pada (gambar 2.17.)



Gambar 2.17
Bidang keruntuhan geser yang mungkin terjadi.



Gambar 2.18
"Direct Shear Box"

Besarnya tahanan geser pada tulangan grid ditunjukkan oleh koefisien interaksi (α), dimana :

$$\alpha = \frac{\tan(\phi' \text{ tanah dengan tulangan grid})}{\tan(\phi' \text{ tanah tanpa tulangan grid})} \dots\dots\dots(2-8)$$

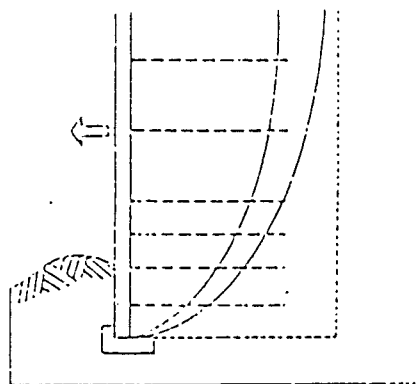
Nilai α untuk tensar geogrid adalah

- 0,9 - 1 untuk batu pecah dan kerikil
- 0,85 - 0,95 untuk pasir
- 0,8 - 0,85 untuk "Pulverised Full Ash" (PFA)
- 0,6 - 0,7 untuk tanah liat.

Pengujian terhadap "*Pull-Out Failure*".

Kekuatan geser pada "*Junction*" grid (lihat gambar (2.19)) dapat diukur dengan test yang dilakukan oleh Universitas Deksel. Besarnya kekuatan "*Junction*" grid ditentukan dengan prosentasi dari kekuatan tarik "*Single Rib*" (rusuk tunggal). Prosentase kekuatan "*Junction*" grid berbeda-beda tergantung dari masing-masing jenis geogrid.

- Tensar geogrid 91 % - 100 %
- Pseudo grid dengan *melt bondet junction* < 10 %
- Pseudo grid dengan *woven junction* 3 % - 13 %



Gambar 2. 19.
Mekanisme keruntuhan Pull Out

2.7. Teori Dan Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Yang Diperkuat Geogrid

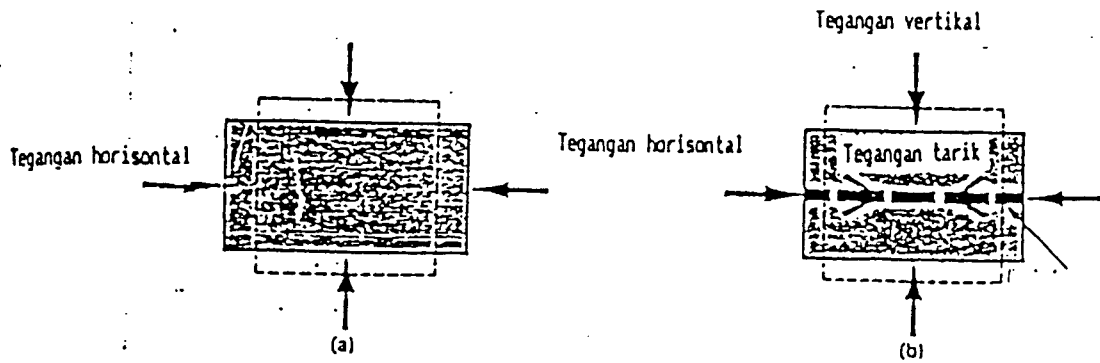
2.7.1. Teori

Penulangan tanah ("*Reinforced Soil*") merupakan bahan komposit yang terdiri dari tanah yang terkompaksi, susunan lapisan horizontal tulangan (dalam hal ini geogrid) dan pelapis untuk mencegah erosi. Struktur geogrid sangat efisien jika digunakan dalam penulangan tanah karena adanya interaksi dan adhesi antara grid dan partikel tanah. Sebagai contoh sebuah elemen tanah yang semi "*infinite*" diberi tegangan vertikal di atas dan di bawah sehingga elemen tanah tersebut mengalami regangan lateral sebesar δh dalam hal arah vertikal mengalami pemampatan sebesar δv (lihat gambar 2.20(a)).

Jika tulangan grid ditambahkan pada elemen tanah tersebut dalam arah horisontal (lihat gambar 2.20 b), sehingga terjadi adhesi dan interaksi antara tulangan grid dan tanah membentuk gaya tarik dalam tulangan grid. Gaya tarik ini menahan gaya horisontal yang terjadi pada tanah akibat gaya vertikal yang diberikan. Seolah-olah dalam tanah terjadi kohesi sehingga tanah menjadi stabil. Jelasnya, tujuan penulangan tanah adalah memberikan gaya tarik sebagai reaksi dari gaya horisontal yang ada pada tanah untuk menstabilkan tanah.

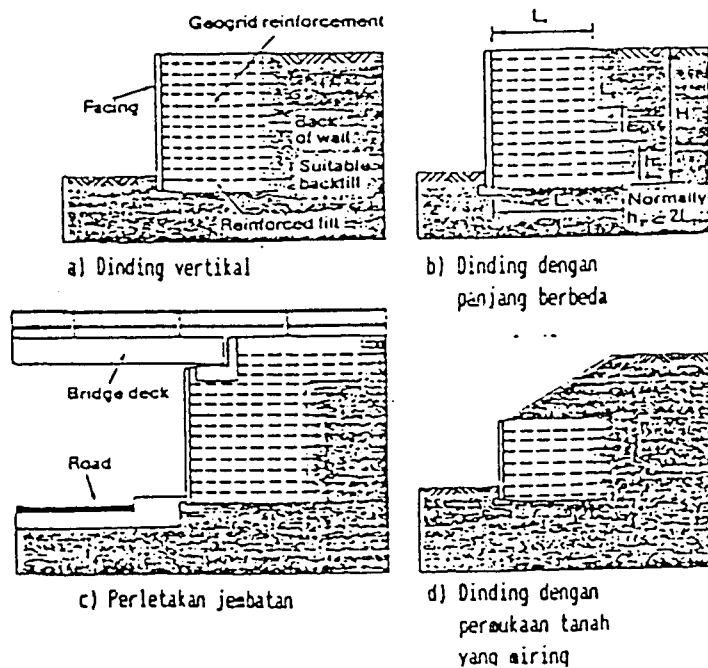
2.7.2. Analisis

Analisis terhadap stabilitas yang dilakukan dalam penulangan tanah ("*Reinforced Soil*") adalah "*The Tie Back Wedge Method*"



Gambar 2. 20.

(a) Elemen tanah yang diberi gaya vertikal dan gaya horisontal. (b) Elemen tanah dengan tulangan grid didalamnya dan gaya yang bekerja didalamnya.



Gambar 2. 21.

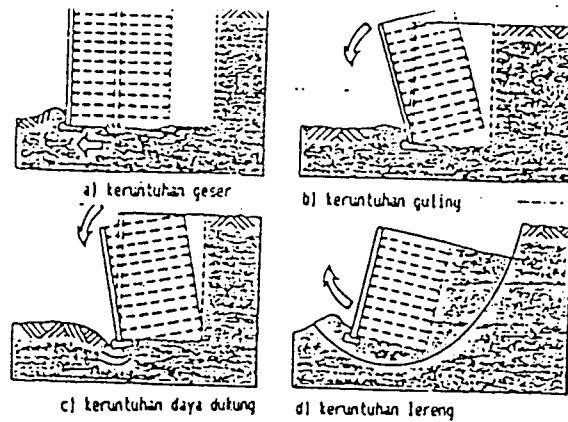
Macam-macam aplikasi geogrid sebagai penahan tanah.

Dinding vertikal dan abudment dapat dibangun dengan menggunakan penulangan grid horisontal. Ada dua analisis stabilitas yang harus diperhatikan dalam perencanaan penulangan tanah yaitu, stabilitas eksternal dan stabilitas internal.

a. Stabilitas Eksternal

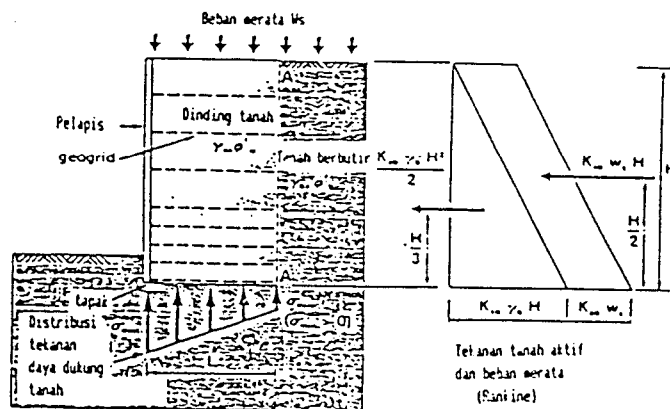
Kestabilan dari seluruh sistem perkuatan yang sudah merupakan satu kesatuan antara geogrid sebagai perkuatan dengan tanahnya. Mekanisme keruntuhan yang mungkin terjadi: (dapat dilihat pada gambar 2.22.)

- keruntuhan geser
- keruntuhan guling
- keruntuhan daya dukung
- keruntuhan lereng.



Gambar 2.22.

macam-macam mekanisme keruntuhan eksternal



Gambar 2.23.

Gaya-gaya yang bekerja pada dinding menurut "The Tie Back Wedge Method".

Gambar 2.23. memperlihatkan gaya-gaya yang bekerja di luar penulangan tanah yaitu tekanan tanah lateral dan distribusi tekanan daya dukung tanah.

- Keruntuhan geser ("Sliding")

$$FK_{geser} = \frac{\text{gaya penahan}}{\text{gaya pendorong}} \geq 2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Jika koefisien gesekan di dasar blok penulangan tanah = μ , maka:

$$FK_{geser} = \frac{\mu (\gamma_w.H.L + W_s.L)}{(K_{ab}.\gamma_b.H^2/2) + K_{ab} W_s H} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$= \frac{2\mu (\gamma_w.H.L + w_s)}{K_{ab} (\gamma_b.H + 2w_s) (H/L)} = \geq 2 \dots\dots\dots(2.12)$$

- Keruntuhan guling.

Momen guling ditapak pondasi

$$= (K_{ab}.\gamma_b.H^3/6 + K_{ab}.W_s.H^2/2)$$

Momen yang menahan guling ditapak pondasi

$$= (\gamma_w.H.L^2/2 + W_s.L^2/2)$$

$$FK_{guling} = \frac{(\gamma_w.H^2.L / 2 + W_s.L^2/2)}{(K_{ab}.\gamma_b.H^3/6 + K_{ab}.W_s.H^2/2)} \geq 2 \dots\dots\dots(2.13)$$

$$= \frac{3(\gamma_w.H + W_s)}{K_{ab} (\gamma_b.H + 3w_s) (H/L)^2} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\sigma_{max} = (\gamma_w.H + w_s) + K_{ab} (\gamma_b.H + 3w_s)(H/L)^2 \dots\dots(2.15)$$

$$\sigma_{min} = (\gamma_w.H + w_s) - K_{ab} (\gamma_b.H + 3w_s)(H/L)^2 \dots\dots(2.16)$$

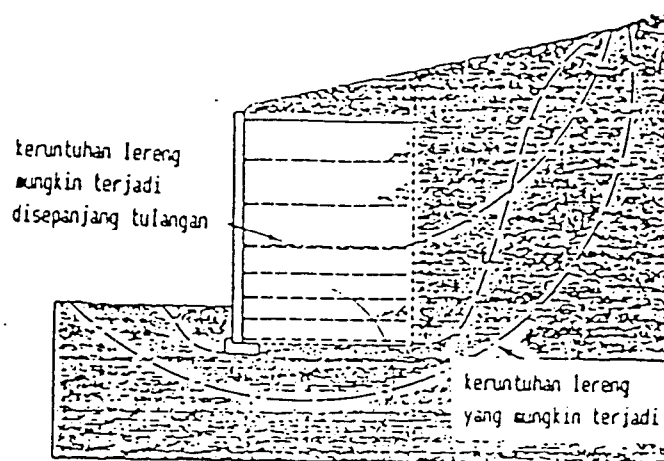
- Keruntuhan daya dukung

Kecenderungan blok penulangan untuk mengalami guling tergantung dari tegangan dan sifat tanah.

- Keruntuhan lereng

Semua bidang keruntuhan lereng yang mungkin terjadi harus diperhatikan dalam perencanaan penulangan tanah, terlihat pada gambar 2.24.

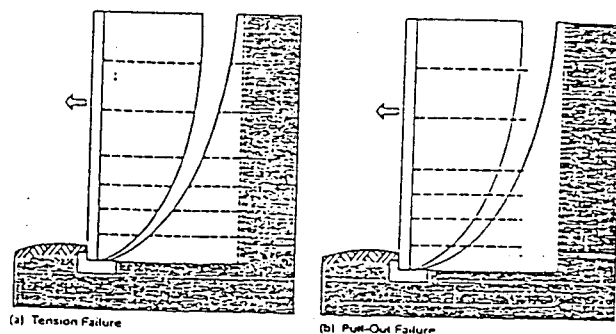
FK terhadap keruntuhan lereng $\geq 2,0$



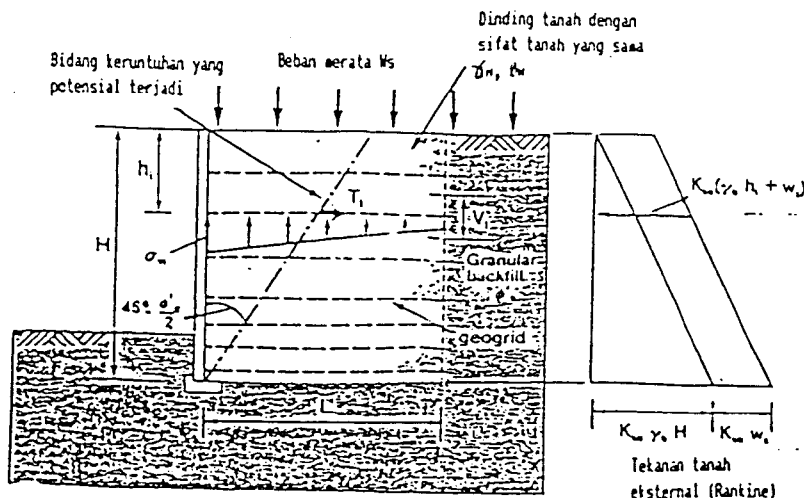
Gambar 2.24.
Keruntuhan lereng yang mungkin terjadi

b. Stabilitas Internal

Kestabilan dari elemen penunjang (geogrid) dan interaksinya dengan tanah akibat beban luarnya Keruntuhan internal yang mungkin terjadi yaitu "*tension failure dan pull out failure*". Perencana harus menjamin agar kedua keruntuhan tersebut tidak akan terjadi sehingga konstruksi aman, terlihat pada gambar 2.25



Gambar 2.25.
Analisis keruntuhan internal



Gambar 2.26.
Tegangan yang diterima tiap lapis tulangan grid

- "Tension failure"

Tulangan grid menerima beban dari berat sendiri tanah timbunan, beban vertikal dan beban horizontal. Gaya-gaya tersebut dihitung secara terpisah kemudian dijumlahkan untuk ditahan masing-masing lapisan grid, lihat pada gambar 2.26.

- Berat tanah timbunan dan beban luar.

Tanah yang digunakan untuk menimbun daerah penulangan grid diusahakan memiliki sifat dan koefisien gesekan yang

sama. Gaya tarik (T) pada tulangan grid per meter pada kedalaman hi adalah

$$T_i = K_{aw} \cdot \sigma_{vi} \cdot V_i \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\sigma_{vi} = (\gamma_w \cdot h_i + W_s) + K_{ab} (\gamma_b \cdot h_i + 3W_s) (h_i/L) \dots\dots(2.17)$$

Untuk tanah kohesif, maka persamaan 2.17. menjadi

$$T_i = K_{aw} [\gamma_w \cdot h_i + W_s - (2c'w/K_{aw}) + K_{ab} (\gamma_b \cdot h_i + 3W_s) (h_i/L)^2] V_i \dots\dots\dots(2.18)$$

- Beban vertikal.

Penyebaran beban vertikal diasumsikan dengan 2:1 seperti pada gambar 2.27. Distribusi tegangan vertikal sama dengan tegangan vertikal maksimum pada setiap lapis tulangan grid dan dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{vi} = \frac{S_i}{D_i} + \frac{6 \cdot S_i \cdot e}{D_i^2} \dots\dots\dots(2.19)$$

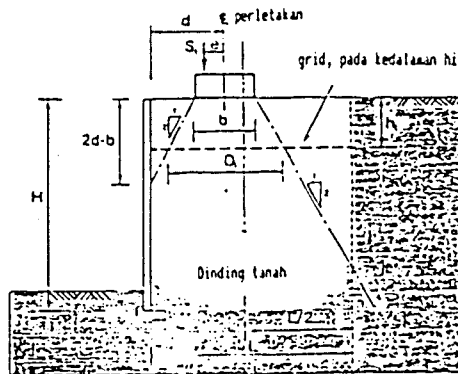
bila,

$$h_i < 2d - b \quad D_i = h_i + b$$

$$h_i > 2d - b \quad D_i = d + (h_i + b)/2$$

maka persamaan 2.16. menjadi

$$T_i = \frac{K_{aw} \cdot S_i}{D_i} \left[1 + \frac{6e}{D_i} \right] V_i \dots\dots\dots(2.20)$$



Gambar 2. 27.
Penyebaran gaya vertikal

- Beban horisontal.

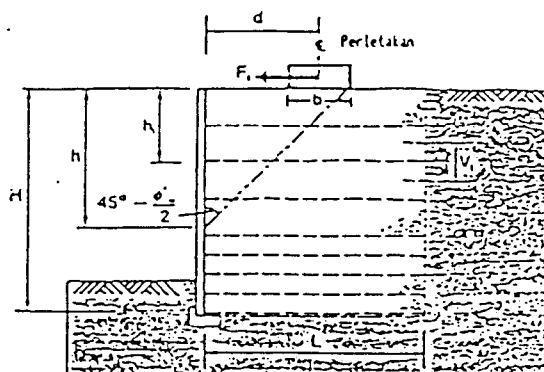
Penyebaran horisontal dihitung berdasarkan gambar (2.28) dan kedalaman h dihitung berdasarkan rumus :

$$h = \frac{b + 2d}{2 \tan (45^\circ - \phi'w/2)} \dots\dots\dots(2.21)$$

Bila $h < H$, maka,

$$T_i = \frac{2F_i}{h} \left[1 - \left(\frac{h_i}{h} \right) \right] V_i \dots\dots\dots(2.22)$$

Jika $h > H$ maka untuk mempermudah perhitungan dianggap sama $h = H$ sehingga persamaan rumus seperti rumus (2.22).



Gambar 2. 28

Penyebaran gaya horizontal

- Beban Total

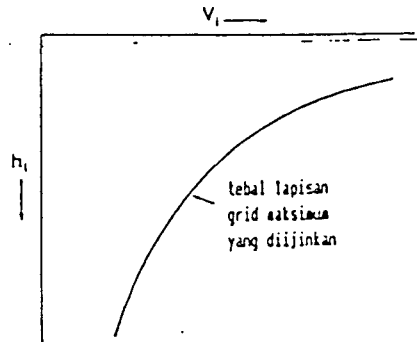
Besarnya T_i total pada tulangan grid di kedalaman h_i merupakan jumlah dari T_i akibat masing-masing beban di atas.

$$T_i = (f_1 + f_2 + f_3).V_i \dots\dots\dots(2-23)$$

dimana f_1, f_2, f_3 merupakan fungsi h_i pada masing-masing beban. T_i total tidak boleh melampaui "The Safe Design Strength of Grid" (tegangan ijin grid). Ketebalan masing-masing lapisan tulangan (V_i) dapat ditentukan rumus :

$$V_i (\text{maks}) = \frac{\text{tegangan ijin grid}}{(f_1 + f_2 + f_3)} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dengan demikian dapat dibuat dari grafik ketebalan lapisan grid vs kedalaman h_i untuk masing-masing jenis geogrid, sehingga didapatkan ketebalan lapisan grid maksimum, terlihat pada gambar 2.29.



Gambar 2.29
Grafik V_i vs h_i .

- "Wedge/Pull-out failure"

Beban dan gaya yang diperhitungkan pada analisis ini yaitu :

- Berat tanah timbunan dalam daerah keruntuhan.
- Beban luar (W_s)
- Beban vertikal
- Beban Horizontal
- Resultante gaya (R) pada bidang keruntuhan

Ada banyak bidang keruntuhan yang mungkin terjadi tergantung pada besarnya sudut kemiringan β , sehingga menghasilkan besarnya T yang berbeda-beda untuk masing-masing β .

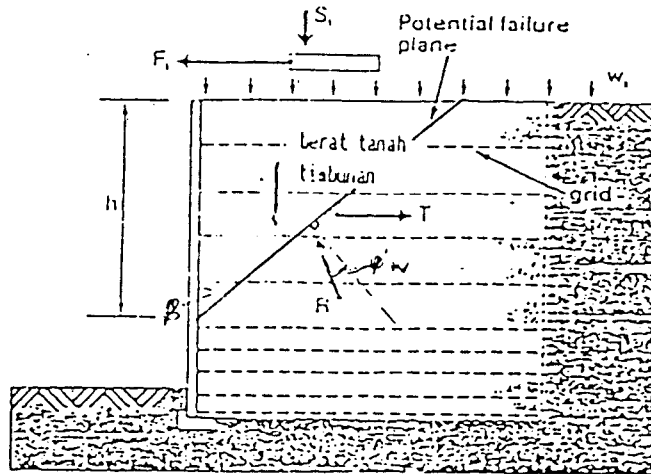
- Gaya yang diterima (*Mobilising force*)

$$T = \frac{W}{\tan(\phi' + \beta)} \dots\dots\dots(2-25)$$

Jika beban-beban yang bekerja pada dinding hanya beban luar dan tanah timbunannya non-kohesif, maka :

$$T = \frac{h \tan \beta (\gamma_v \cdot h + W_s)}{2 \cdot \tan (\phi' \cdot v + \beta)} \dots \dots \dots (2-26)$$

Dan T maksimum terjadi pada $\beta = 45^\circ - \phi' \cdot v / 2 \dots \dots \dots (2-27)$



Gambar 2.30.

Analisis keruntuhan "pull-out" menurut The Tie Back Method

Sedangkan untuk beban-beban seperti pada gambar 2.30. maka :

$$T = \frac{h \tan \beta (\gamma_v \cdot h + 2W_s) + 2S_i}{2 \cdot \tan (\phi' \cdot v + \beta)} + F_i \dots \dots \dots (2-28)$$

- Gaya penahan (*Resisting force*)

Besarnya gaya penahan (T_{ai}) dihitung berdasarkan kemiringan permukaan tanah timbunannya. Untuk menghitung T_{ai} pada tulangan grid pada kedalaman h_i dan panjang Lip . Untuk menentukan panjang Lip , dapat dilihat pada gambar 2.31.

a. Permukaan tanah rata (dengan beban luar W_s)

$$T = \frac{Lip \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi' \cdot v \cdot (\gamma_v \cdot h_i + W_s)}{\text{Faktor Keamanan}} \dots \dots \dots (2-29)$$



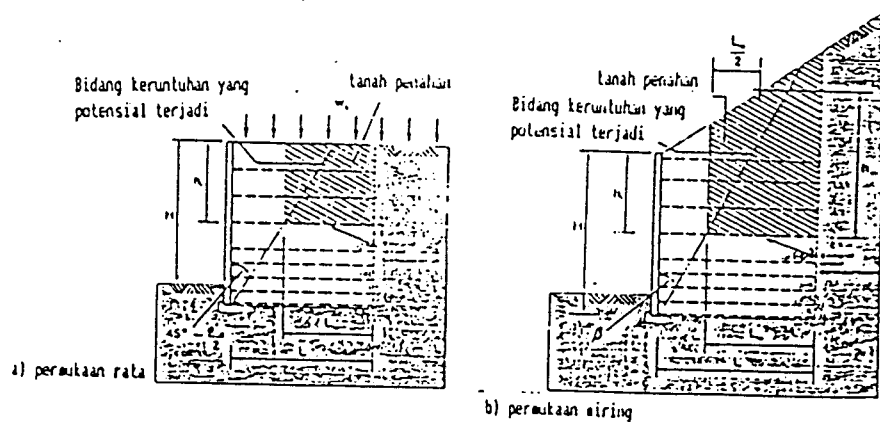
b. Permukaan tanah miring (tanpa beban luar W_s)

$$T = \frac{\text{Lip} \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi' \cdot v \cdot (\gamma \cdot v \cdot h_i + W_s)}{\text{Faktor Keamanan}} \dots (2-30)$$

dimana :

- α = Koefisien interaksi antara tanah timbunan dan grid
- = 0.9 - 1.0 (untuk tanah berbutir)
- = < 0.9 (untuk tanah kohesif)

dan pemberian angka 2 pada rumus diatas karena adanya interaksi pada kedua sisi grid.



Gambar 2. 31.

Penentuan panjang Lip

- Perbandingan antara Gaya yang diterima dan gaya penahan.

Untuk menjaga terhadap keruntuhan yang mungkin terjadi, maka, : $T_{ai} \geq T$. Jika besarnya $T_{ai} > T_{ijin}$ dari grid (*The Safe Design Strength of the Grid*), maka T_{ai} yang dipakai sama dengan T_{ijin} (*The Safe Design Strength of the Grid*). Dengan demikian struktur akan aman.

2.7. KUALITAS GEOGRID DARI HASIL UJI LABORATORIUM

Bahan geosintetis termasuk geogrid diproduksi dari bahan polyethylene dengan rapat jenis yang tinggi dengan perlindungan jangka panjang dari kerusakan sinar ultra violet dari sinar matahari karena tensar geogrid telah dilindungi secara optimum dengan dilapisi oleh "carbon-black". Berbagai bagian tensar geogrid ini pada sinar matahari pada iklim sedang mampu menghasilkan 90% dari kekuatan kontrol kualitasnya untuk jangka waktu lebih dari 50 tahun.

Ketahanan terhadap bahan kimia, geogrid ini sukar berubah untuk semua bahan kimia alami yang terdapat dalam tanah. Geogrid tidak dirusak oleh larutan cairan garam, larutan asam dan larutan basa.

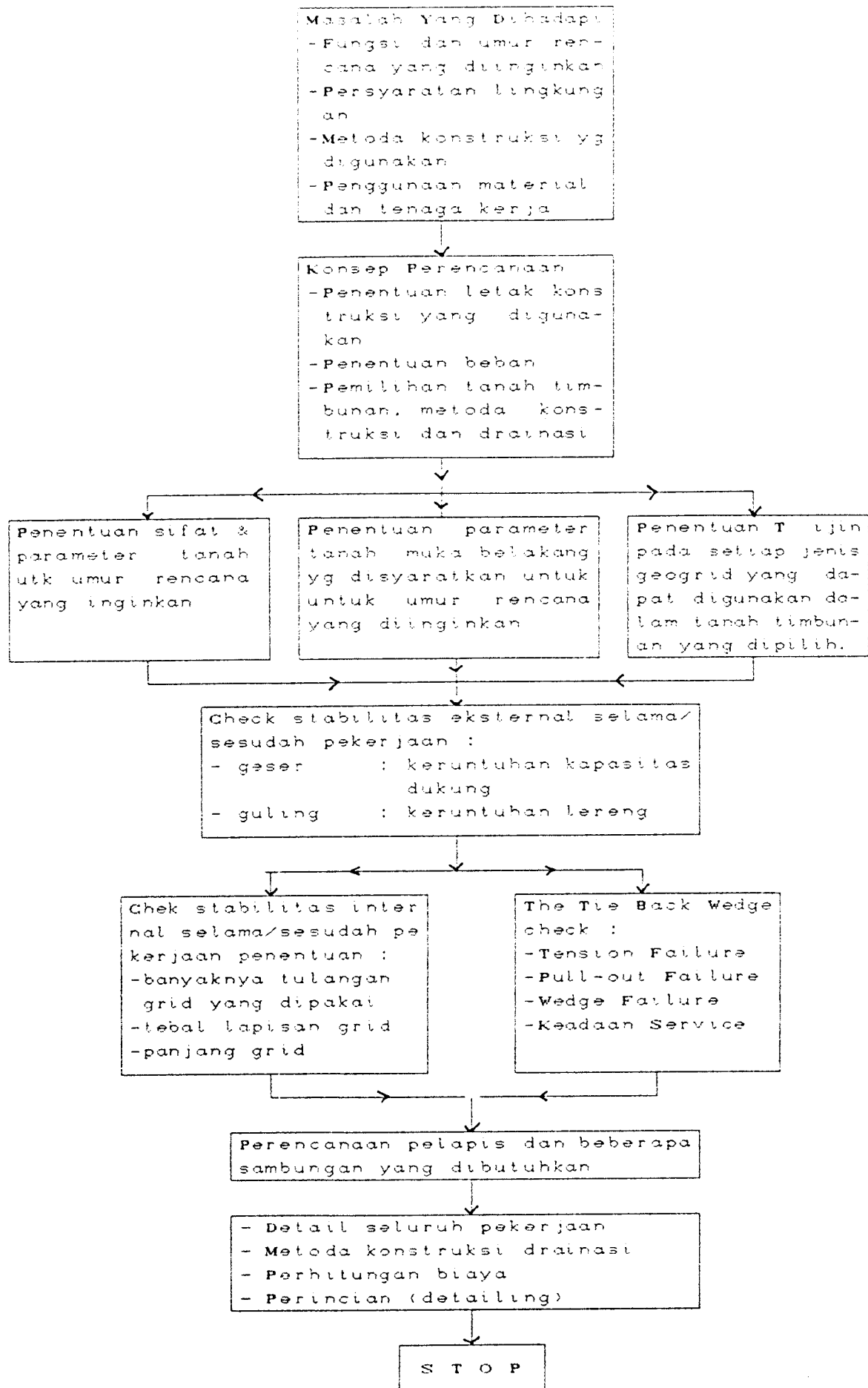
Ketahanan terhadap bahan mikro-organisma, polyethylene mempunyai kerapatan tinggi sehingga bukan merupakan bahan medium bagi perkembangbiakan bagi mikro-organisma sehingga geogrid ini tidak terpengaruh.

Ketahanan terhadap suhu, dari geogrid ini mempunyai ketahanan suhu berkisar antara -50° C sampai $+80^{\circ}$ C.

(sumber: Netlon Limited Nomer sertifikat registrasi Q5288, oleh "The British Standards Institution System for the Registration of Firm of Assessed Quality")

2.8. URUTAN PEKERJAAN DINDING TANAH YANG DIPERKUAT GEOGRID

Dalam merencanakan struktur dinding tanah yang diperkuat geogrid dibutuhkan urutan pekerjaan, agar memudahkan pelaksanaannya. Adapun urutan pekerjaan dinding tanah yang diperkuat geogrid adalah :



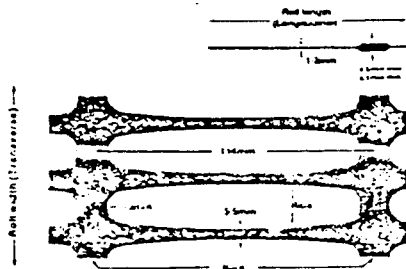
gambar 2.27.

Urutan pekerjaan dinding tanah yang diperkuat geogrid

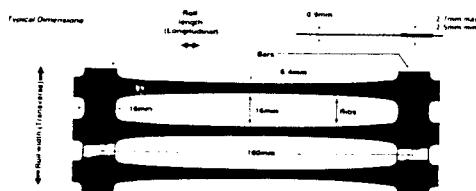
Sumber : Nelson Limited, 1990

2.9. JENIS-JENIS GEOGRID YANG DIGUNAKAN SEBAGAI DINDING TANAH

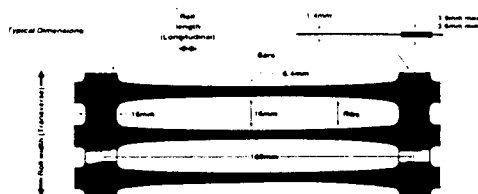
Jenis geogrid yang digunakan sebagai dinding tanah adalah jenis uniaxial. Untuk Tensar geogrid dipakai jenis : SR2 geogrid, SR55 geogrid, SR80 geogrid, SR110 geogrid.



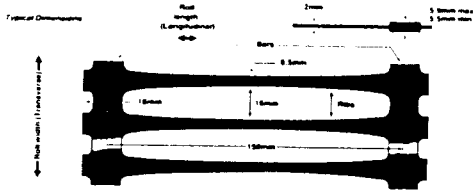
Tensar SR2 Geogrid
 Polymer = high density poly ethylene
 Berat = 0.85 kg/m²
 Kualitas
 Kekuatan = 80 kN/m
 Tegangan karakteristik (umur rencana 120 tahun) :
 29.0 kN/m (pada temperatur tanah 20°C)
 29.0 kN/m (pada temperatur tanah 20°C)
 Ukuran Lembaran :
 30 m x 1 m



Tensar SR55 geogrid
 Polymer = high density poly ethylene
 Berat = 0.5 kg/m²
 Kualitas
 Kekuatan = 55 kN/m
 Tegangan karakteristik (umur rencana 120 tahun) :
 20.5 kN/m (pada temperatur tanah 20°C)
 22.0 kN/m (pada temperatur tanah 10°C)
 Ukuran lembaran
 30 m x 1 m



Tensar SR80 geogrid
 Polymer = high density poly ethylene
 Kualitas
 Kekuatan = 80 kN/m
 Tegangan karakteristik (umur rencana 120 tahun) :
 30.5 kN/m (pada temperatur tanah 20°C)
 32.5 kN/m (pada temperatur tanah 10°C)
 Ukuran lembaran :
 30 m x 1 m



Tensar SR110 geogrid
 Polymer = high density polyethylene
 Berat = 1.1 kg/m
 Kualitas
 Kekuatan = 110 kN/m
 Tegangan karakteristik
 (umur rencana 120 tahun) :
 42.0 kN/m (pada temperatur tanah 20°C)
 45.0 kN/m (pada temperatur tanah 10°C)
 Ukuran lembaran
 30 m x 1 m

gambar 2.28.

Jenis SR Tensar geogrid

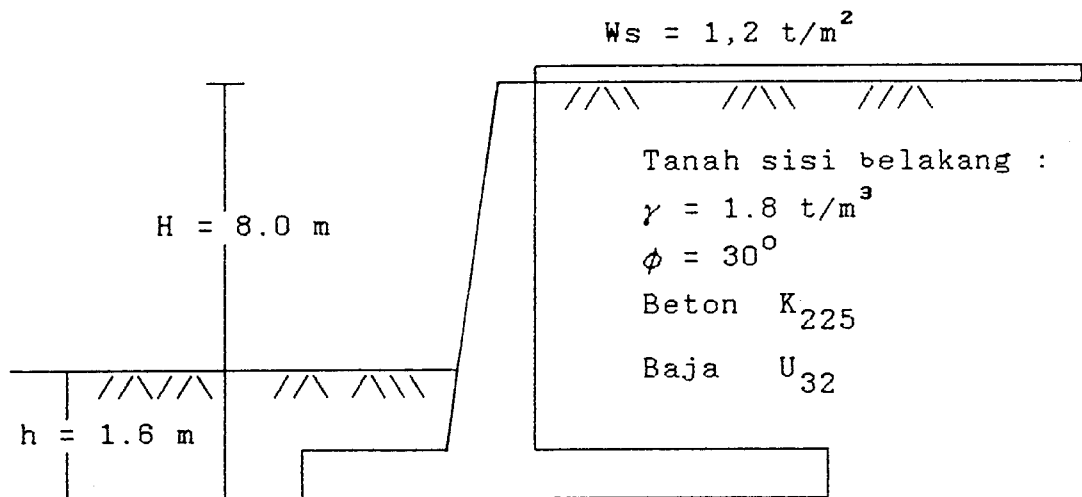
Sumber : Netlon Limited. 1990

BAB III PERENCANAAN

3.1. ANALISIS PERHITUNGAN

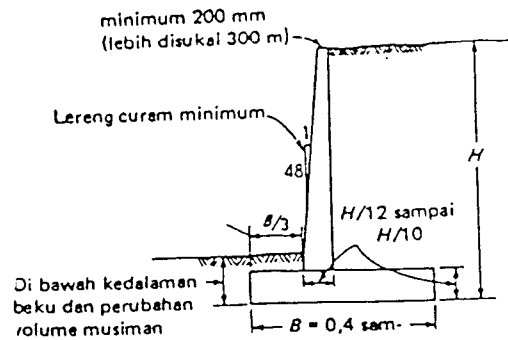
Analisis perhitungan dimaksudkan untuk membandingkan analisis struktur dari dinding tanah yang diperkuat geogrid dengan dinding penahan tanah beton bertulang (kantilever) pada kondisi tanah yang sama dalam hal ini hanya dibahas pada struktur tanah non kohesif.

3.1.1. DINDING KANTILEVER



Gambar 3.1.
Dinding kantilever

Dimensi perencanaan tentatif untuk sebuah dinding konsol berdasarkan *Bowles, 1986* seperti terlihat dalam gambar di-bawah ini :



Gambar 3.2.

Dimensi perencanaan tentatif untuk sebuah dinding konsol

Data tanah :

Tanah muka belakang/tanah asli : $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$

$$\phi = 30^\circ \quad c = 0$$

Letak air tanah jauh dibawah dasar pondasi.

a. Menentukan dimensi dinding kantilever.

$$\begin{aligned} \text{Tebal plat dasar diambil minimum } 1/12 H &= 800/12 \\ &= 66,7 \Rightarrow 70 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$B \text{ dicoba} \quad 0,65 H \quad = 520 \text{ cm}$$

Tekanan tanah aktif :

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 (45^\circ - 30^\circ/2) \\ &= 1/3 \end{aligned}$$

ambil panjang dinding 1 m

$$\begin{aligned} \text{Pada dinding bekerja } P &= k_a \cdot W_s \cdot h + K_a \cdot 1/2 \gamma \cdot h^2 \\ &= 1/3 \cdot 1,2 \cdot 7,3 + 1/3 \cdot 1/2 \cdot 1,8 \cdot 7,3^2 \\ &= 18,907 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kemiringan dinding diambil minimum 1/48

maka tebal dinding bagian dasar (tb) :

$$\tau_{bu} = \frac{L_f \cdot P}{7/8 \cdot b \cdot h} \leq \bar{\tau}_{bu} (=9,5 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\begin{aligned} \tau_{bu} &= \frac{1,5 \cdot 18,907 \cdot 1000}{7/8 \cdot 100 \cdot 70} \\ &= 4,63 \leq \bar{\tau}_{bu} (=9,5 \text{ kg/cm}^2) \end{aligned}$$

Menurut persyaratan tebal total sebelah atas (t_a) minimum 20 cm, jadi $t_b = t_a + 730 \cdot 1/48$

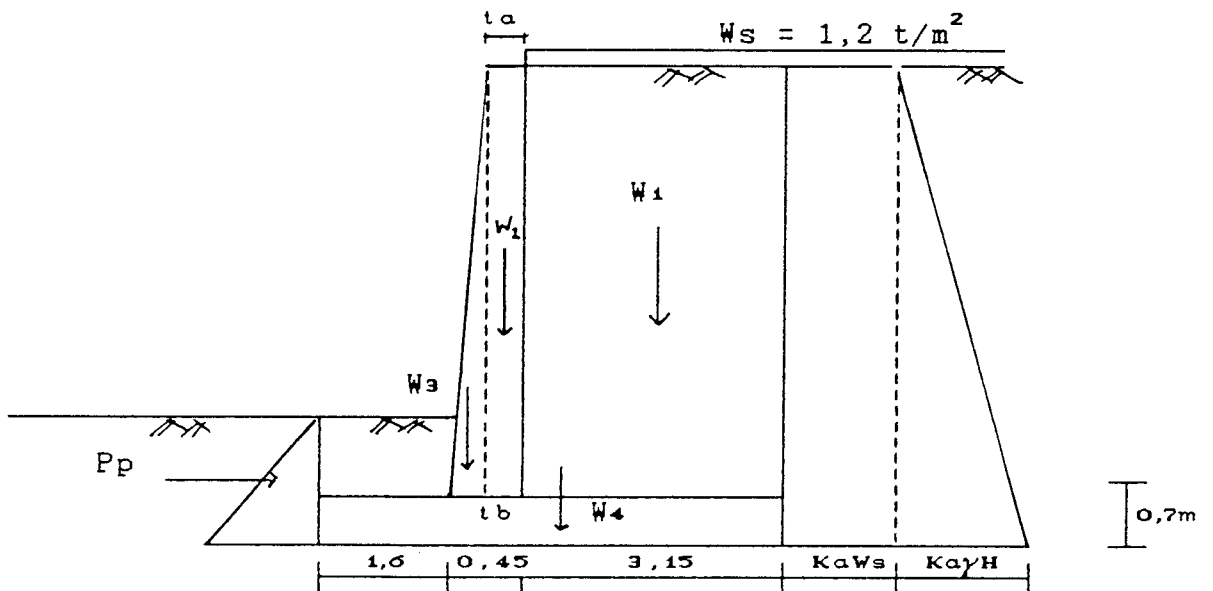
ambil $t_a = 30$ cm (yang umum dipakai/lebih disukai)

$$t_b = 330 + 730 \cdot 1/48$$

$$= 45,2 \text{ cm} \Rightarrow \text{ambil } t_b = 45 \text{ cm}$$

maka ukuran dinding seperti tertera di gambar 4.5.

$$\begin{aligned} \text{Tekanan tanah aktif (Pa)} &= K_a \cdot W_s \cdot H + 1/2 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \\ &= 1/3 \cdot 1,2 \cdot 8 + 1/2 \cdot 1,8 \cdot 8^2 \cdot 1/3 \\ &= 22,4 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$



Gambar 3.3.

Ukuran dinding kantilever

b. Menentukan stabilitas terhadap guling

Berat dinding + berat tanah diatas kantilever (R) =

$$W_1 = L.(H-t).\gamma + W_s.L = 3,15.7,3.1,8 + 1,2.3,15 \\ = 45,171 \text{ ton}$$

$$W_2 = t_a.(H-t).\gamma_{\text{beton}} = 0,3.7,3.2,4 \\ = 5,256 \text{ ton}$$

$$W_3 = 1/2.(t_b-t_a).(H-t).\gamma_{\text{beton}} = 1/2.0,15.7,3.2,4 \\ = 1,314 \text{ ton}$$

$$W_4 = B.t.\gamma_{\text{beton}} = 5,2.0,7.2,4 \\ = 8,736 \text{ ton}$$

maka, $R = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \\ = 60,477 \text{ ton}$

$$\text{Momen penahan } \Sigma M_r = W_1.3,625 + W_2.1,9 + W_3.1,7 + W_4.2,6 \\ = 198,6787 \text{ tm}$$

$$\text{Momen pengguling } \Sigma M_o = K_a.W_s.H.1/2H + K_a.1/2\gamma H^2.1/3H \\ = 1/3.1,2.8.1/2.8 + 1/3.1/2.1,8.8^2. \\ 1/3.8 \\ = 64 \text{ tm}$$

$$FK_{\text{guling}} = \frac{\Sigma M_r}{\Sigma M_o} = \frac{198,6787}{64} \\ = 3,104 > 1,5 \text{ OK!}$$

c. Menentukan stabilitas geser

$$F_r = R.\tan \phi + P_p$$

$$\text{dimana } P_p = K_p.1/2.\gamma.h_1^2 \quad ; \quad K_p = \tan^2(45^\circ + 30^\circ/2) = 3 \\ = 3.1/2.1,8.1,6^2 \\ = 6,912 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} Fr &= 60,477 \cdot \tan 30^\circ + 6,912 \\ &= 41,828 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$F_h = P_a = 22,4 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } FK_{\text{geser}} &= \frac{Fr}{F_h} = \frac{41,828}{22,4} \\ &= 1,867 > 1,5 \text{ OK!!} \end{aligned}$$

Jika tekanan tanah pasif dimuka dinding tidak diperhitungkan, maka :

$$\begin{aligned} FK_{\text{geser}} &= \frac{R \cdot \tan \phi}{F_h} = \frac{34,916}{22,4} \\ &= 1,56 > 1,5 \text{ OK!!} \end{aligned}$$

c. Menentukan apakah pada pelat dasar bekerja tegangan

sejenis :

$$\begin{aligned} X &= \frac{\sum M_r - \sum M_o}{F_h} = \frac{198,6787 - 64}{22,40} \\ &= 2,23 \text{ m} \end{aligned}$$

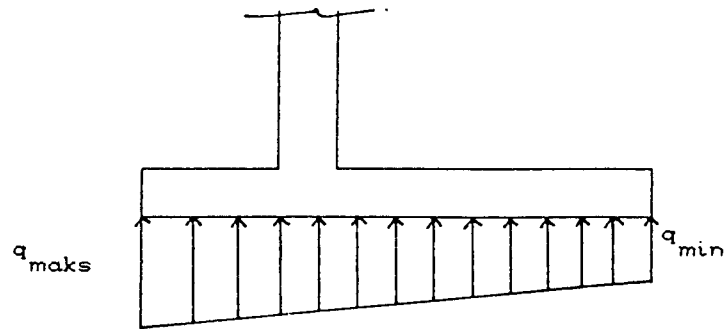
$$e = B/2 - X = 5,2/2 - 2,23$$

$$= 0,37 \text{ m} < B/6 (=0,867)$$

terjadi tegangan sejenis \Rightarrow tekan

d. Menentukan besarnya tegangan pada pelat dasar

$$\begin{aligned} q_{\text{max/min}} &= \frac{R}{B \cdot l} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) \\ &= \frac{60,477}{5,2 \cdot 1} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,37}{5,20} \right) \\ q_{\text{maks}} &= 16,595 \text{ t/m}^2 \\ q_{\text{min}} &= 6,665 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$



Gambar 3.4.

Tegangan pada pelat dasar

e. Menentukan daya dukung pelat :

$$q_{ult} = c.Nc.dc.ic + q.Nq.iq + 1/2.\gamma.B'.N\gamma.dy.i\gamma$$

dimana $\phi = 30^\circ \Rightarrow Nc = 30,1 \quad N\gamma = 15,1$

$$B' = B - 2.e = 5,20 - 2.0,37 = 4,46 \text{ cm}$$

$$iq = \left(1 - \frac{0,5.22,4}{60,477}\right)^5 = 0,359$$

$$i\gamma = \left(1 - \frac{0,7.22,4}{60,477}\right)^5 = 0,223$$

$$dq = 1 + 2 \tan 30^\circ . (1 - \sin 30^\circ)^2 . 1,6/4,46 = 1,104$$

$$dy = 1,0$$

$$\text{maka } q_{ult} = 0 + 1,8.1,6.18,4.1,104.0,359 + 1/2.1,8.4,46.15,1.1.0,223 = 34,519 \text{ t/m}^2$$

$$q_a = q_{ult}/2 = 17,259 \text{ t/m}^2 > q_{maks} \quad \text{OK !!}$$

f. Perhitungan tulangan pelat dasar

- Pada bagian tumit :

Berat tanah dan beban terbagi rata yang menekan bagian tumit selebar 1 m = $\gamma.(H-t) + Ws.b$

$$q_1 = 1,8.7,3 + 1,2.1 = 14,34 \text{ t/m}^2$$

berat pelat $q_2 = t.\gamma_{beton}$

$$q_2 = 0,7 \cdot 2,4 = 1,68 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{total}} = q_1 + q_2 = 16,02 \text{ t/m}^2$$

- Pada bagian tapak :

Berat tanah yang menekan bagian tapak selebar 1 m

$$q_1 = (h-t) \cdot \gamma = 0,9 \cdot 1,8 \quad q_1 = 1,62 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Berat pelat sendiri} \quad q_2 = t \cdot \gamma_{\text{beton}} = 0,7 \cdot 2,4$$

$$q_2 = 1,68 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{total}} = q_1 + q_2 = 3,3 \text{ t/m}^2$$

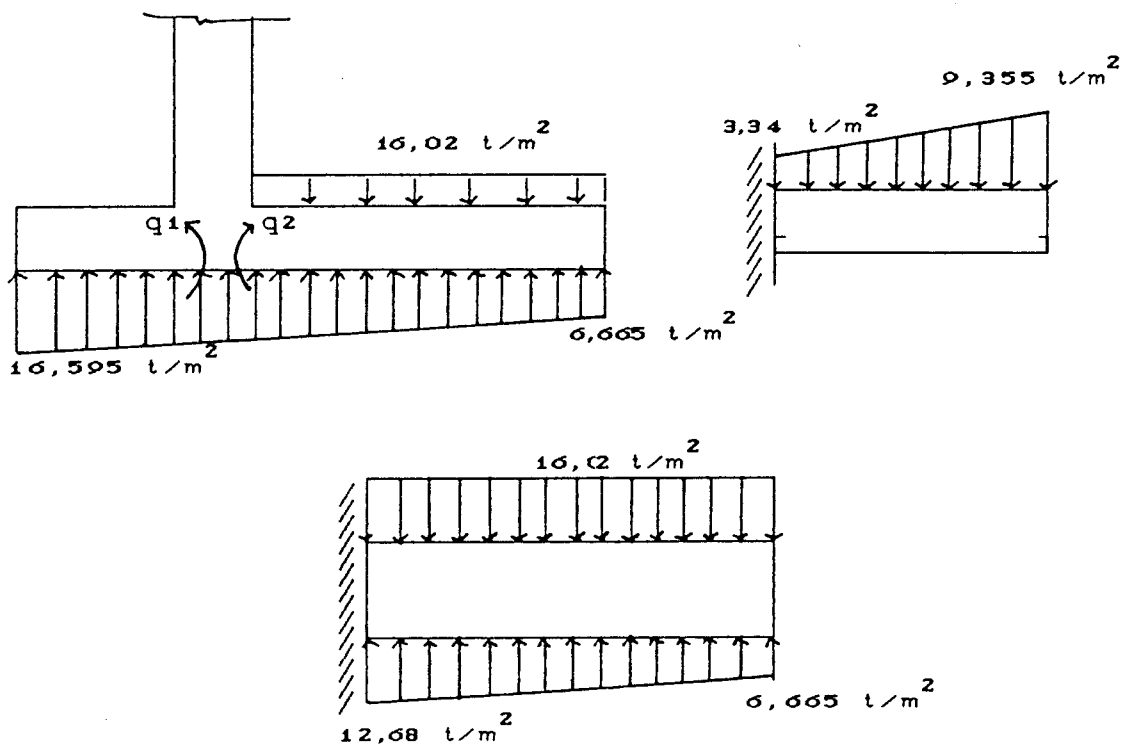
$$q_1 = (6,665 \cdot 1,60 + 16,595 \cdot 3,60) / 5,2 = 13,54 \text{ t/m}^2$$

$$q_2 = (6,665 \cdot 2,05 + 16,595 \cdot 3,15) / 5,2 = 12,68 \text{ t/m}^2$$

$$M_{\text{maks}} = 1/2 \cdot 3,34 \cdot 3,15^2 + 1/2 \cdot (9,355 - 3,34) \cdot 3,15 \cdot 2/3 \cdot 3,15$$

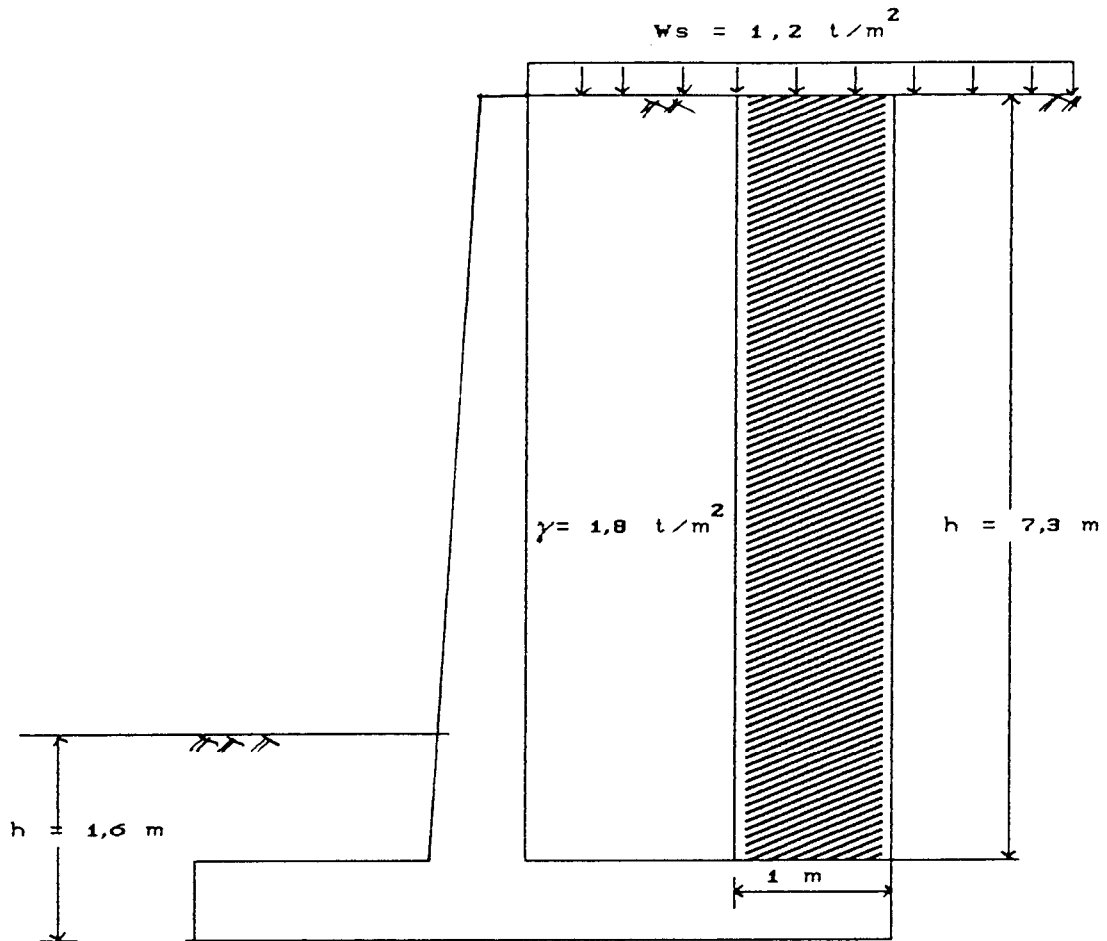
$$= 36,465 \text{ tm}$$

selimut beton dipakai : 5 cm



Gambar 3.5.

Tegangan pada pelat dasar



Gambar 3. 6.

Berat dan beban merata yang menekan bagian tumit

$$C_u = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_u}{2 \cdot K_o \cdot \sigma'_{bk} \cdot b}}} \quad ; \quad h = h_t - d = 70 - 5 = 65 \text{ cm}$$

$$C_u = \frac{65}{\sqrt{\frac{1,5 \cdot 36,465 \cdot 1000}{2 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 225}}} = 4,169$$

diambil, $\rho = 0,2$ \Rightarrow dari diagram "chard" diperoleh :
(lihat lampiran)

$$100 \rho = 6,1$$

$$A = \frac{q \cdot b \cdot h \cdot 2 \cdot K_o \cdot \sigma'_{bk}}{\sigma_{au} \cdot \lambda} = \frac{0,061 \cdot 100 \cdot 65 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 225}{2780}$$

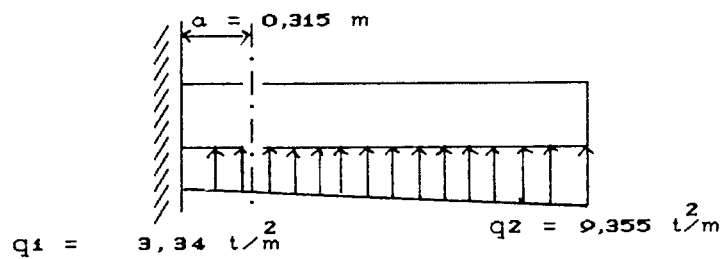
$$= 32,091 \text{ cm}^2 \quad (\text{dipakai tulangan } \phi 16-10 \text{ dan } \phi 12-8)$$

$$A' = 0,2 \cdot A = 6,418 \text{ cm}^2 \quad (\text{dipakai tulangan } \phi 10-10)$$

Tulangan pembagi = 20% . A

$$= 6,418 \text{ cm}^2 \quad (\text{dipakai tulangan } \phi 10-10)$$

- Cek terhadap geser :



Gambar 3. 7.

Diagram tegangan pada bagian tumit

- Pada potongan a-a

$$q' = (9,355 \cdot 0,315 + 3,34 \cdot (3,15 - 0,315)) / 3,15 = 3,9415 \text{ t/m}^2$$

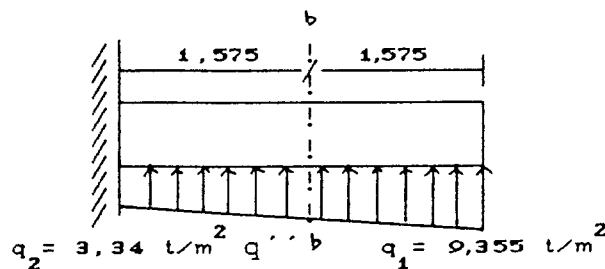
$$D = 1/2(q' + q_2) \cdot (b-a)$$

$$= 1/2 \cdot (3,9415 + 9,355) \cdot (3,15 - 0,315) = 18,848 \text{ ton}$$

$$\tau_{bu} = \frac{SF \cdot D}{7/8 \cdot b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot 18,848 \cdot 1000}{7/8 \cdot 100 \cdot 65}$$

$$= 4,97 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_{bu} (=9,5 \text{ kg/m}^2)$$

- Pada potongan b-b (berjarak $0,5 \cdot 3,15 = 1,575 \text{ m}$)



Gambar 3. 8.

Momen di tengah tumit



$$q'' = (9,355 + 3,34)/2 = 6,3475 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{b-b} &= 1/2 \cdot q'' \cdot l^2 + 1/2 \cdot (q_1 - q'') \cdot l \cdot 2/3 \cdot l \\ &= 1/2 \cdot 6,3475 \cdot 1,575^2 + 1/2 \cdot (9,355 - 6,3475) \cdot 1,575 \cdot 2/3 \cdot 1,575 \\ &= 10,3596 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$C_u = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_u}{2 \cdot K_o \cdot \sigma'_{bk}}}} \quad ; \quad h = h_t - d = 65 \text{ cm}$$

$$C_u = \frac{65}{\sqrt{\frac{1,5 \cdot 10,3597 \cdot 1000}{2 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 225}}} = 7,820 > 5$$

diambil, $\phi = 0,2$, $7,820 > 5$ maka dipakai ;

$$\begin{aligned} A_{min} &= 0,25\% \cdot b \cdot h \\ &= 0,25\% \cdot 100 \cdot 70 \end{aligned}$$

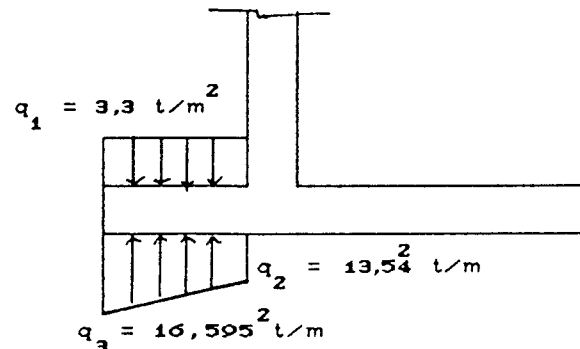
$$A_{min} = 17,5 \text{ cm}^2 \quad (\text{dipakai } \phi 16-10 = 20,106 \text{ cm}^2)$$

$$\begin{aligned} A' &= 0,2 \cdot A_{min} \\ &= 0,2 \cdot 17,5 \\ &= 3,5 \text{ cm}^2 \quad (\text{dipakai } \phi 10-20 = 3,9 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

Sebagai tulangan pembagi = $20\% \cdot A_{min}$

$$= 3,5 \text{ cm}^2 \quad (\text{dipakai } \phi 10-20 = 3,9 \text{ cm}^2)$$

- Pada bagian tapak :



Gambar 3.9.

Tegangan pada bagian tapak

$$\begin{aligned}
 M_{\text{maks}} &= 1/2 \cdot (q_2 - q_1) \cdot l^2 + 1/2 \cdot (q_3 - q_2) \cdot l \cdot 2/3 \cdot l \\
 &= 1/2 \cdot (13,54 - 3,3) \cdot 1,6^2 + 1/2 \cdot (16,595 - 13,54) \cdot 1,6 \\
 &\quad 2/3 \cdot 1,6 \\
 &= 15,714 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

$$C_u = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_u}{2 \cdot K_o \cdot \sigma'_{bk}}}} \quad ; \quad h = h_t - d = 65 \text{ cm}$$

$$C_u = \frac{65}{\sqrt{\frac{1,5 \cdot 15,7140 \cdot 1000}{2 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 225}}} = 6,350 > 5$$

diambil, $\delta = 0,2$, $6,350 > 5$ maka dipakai ;

$$\begin{aligned}
 A_{\text{min}} &= 0,25\% \cdot b \cdot h \\
 &= 0,25\% \cdot 100 \cdot 70
 \end{aligned}$$

$$A_{\text{min}} = 17,5 \text{ cm}^2 \quad (\text{dipakai } \phi 16-10 = 20,106 \text{ cm}^2)$$

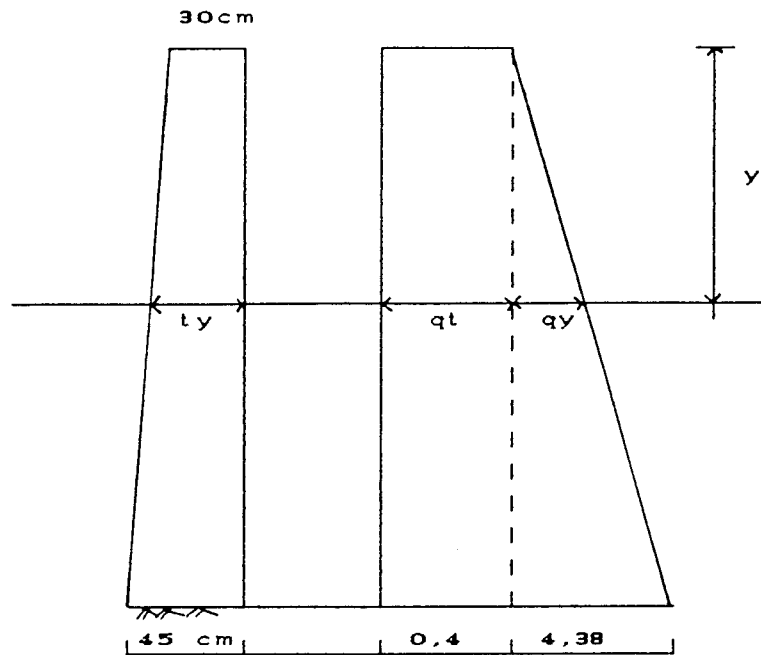
$$\begin{aligned}
 A' &= 0,2 \cdot A_{\text{min}} \\
 &= 0,2 \cdot 17,5
 \end{aligned}$$

$$= 3,5 \text{ cm}^2 \quad (\text{dipakai } \phi 10-20 = 3,9 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Sebagai tulangan pembagi} = 20\% \cdot A_{\text{min}} = 3,5 \text{ cm}^2$$

$$(\text{dipakai } \phi 10-20 = 3,9 \text{ cm}^2)$$

g. Perhitungan tulangan badan



Gambar 3.10.

Tegangan pada badan dinding

$$qy : 4,38 = y : 7,3$$

$$qy = 0,6 \cdot y$$

$$qt = 0,4 + 0,6 \cdot y$$

$$My = 1/2 \cdot 0,4 \cdot y^2 + 1/2 \cdot 0,6 \cdot y \cdot y \cdot 1/3 \cdot y$$

$$= 0,2 \cdot y^2 + 0,1 \cdot y^3$$

$$ty = (0,45 \cdot y + 0,3 \cdot (7,3 - y)) / 7,3$$

maka,	y (m)	My (tm)	ty (m)
	2,0	1,6	0,341
	4,0	9,6	0,382
	6,0	28,8	0,423
	7,3	49,5597	0,450

Penulangan pada $M_{maks} = 49,5597 \text{ tm}$, selimut beton (d) 4 cm.

$$C_u = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_u}{2 \cdot K_o \cdot \tau'_{bk} \cdot b}}} \quad ; \quad h = h_t - d \quad ; \quad h_t = 45$$

$$h = 45 - 4 \Rightarrow 41 \text{ cm}$$

$$C_u = \frac{41}{\sqrt{\frac{1,5 \cdot 49,5597 \cdot 1000}{2 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 225}}} = 2,2556$$

diambil, $\phi = 0,4$ dari "chard" diperoleh $100q = 20,5$

$$A = \frac{q \cdot b \cdot h \cdot 2 \cdot K_o \cdot \sigma'_{bk}}{\sigma_{au}^*} = \frac{0,205 \cdot 100 \cdot 41 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 225}{2780}$$

$$= 68,026 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{pakai } \phi 21-10 \text{ dan } \phi 10-10 = 69,28 \text{ cm}^2$$

$$A' = 0,4 \cdot A = 0,4 \cdot 69,28 = 27,210 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{pakai } \phi 16-10 \text{ dan } \phi 10-10 = 27,96 \text{ cm}^2$$

Tulangan pembagi = 20%.A

$$= 13,605 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{pakai } \phi 12-8 = 14,14 \text{ cm}^2$$

- Pada jarak 6 m dari ujung atas :

$$M = 28,8 \text{ tm},$$

$$t_y = 0,423 \text{ cm}$$

$$C_u = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_u}{2 \cdot K_o \cdot \tau'_{bk} \cdot b}}} \quad ; \quad h = h_t - d \quad ; \quad h_t = 42,3$$

$$h = 42,3 - 4 \Rightarrow 38,3 \text{ cm}$$

$$C_u = \frac{38,3}{\sqrt{\frac{1,5 \cdot 28,8000 \cdot 1000}{2 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 225}}} = 2,7640$$

diambil, $\phi = 0,2$ dari "chard" diperoleh $100q = 14,5$

$$A = \frac{q \cdot b \cdot h \cdot 2 \cdot K_o \cdot \sigma'_{bk}}{\sigma_{au}^*} = \frac{0,145 \cdot 100 \cdot 38,3 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 225}{2780}$$

$$= 44,947 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{pakai } \phi 21-10 \text{ dan } \phi 21-30 = 46,18 \text{ cm}^2$$

$$A' = 0,2.A = 0,2.46,18 = 8,9894 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{pakai } \phi 16-20$$

$$= 10,05 \text{ cm}^2$$

Tulangan pembagi = 20%.A

$$= 8,9894 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{pakai } \phi 16-20$$

$$= 10,05 \text{ cm}^2$$

- Pada jarak 4 m dari ujung atas :

$$M = 9,6 \text{ tm},$$

$$t_y = 0,382 \text{ m}$$

$$C_u = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_u}{2.K_o.\tau'_{bk}.b}}} \quad ; \quad h = h_t - d \quad ; \quad h_t = 38,2$$

$$h = 38,2 - 4 \Rightarrow 34,2 \text{ cm}$$

$$C_u = \frac{34,2}{\sqrt{\frac{1,5.9,60000.1000}{2.0,5.1.225}}} = 4,2750$$

diambil, $\delta = 0,2$ dari "chard" diperoleh $100q = 5,90$

$$A = \frac{q.b.h.2.K_o.\sigma'_{bk}}{\sigma_{au}^*} = \frac{0,059.100.34,2.2.0,5.225}{2780}$$

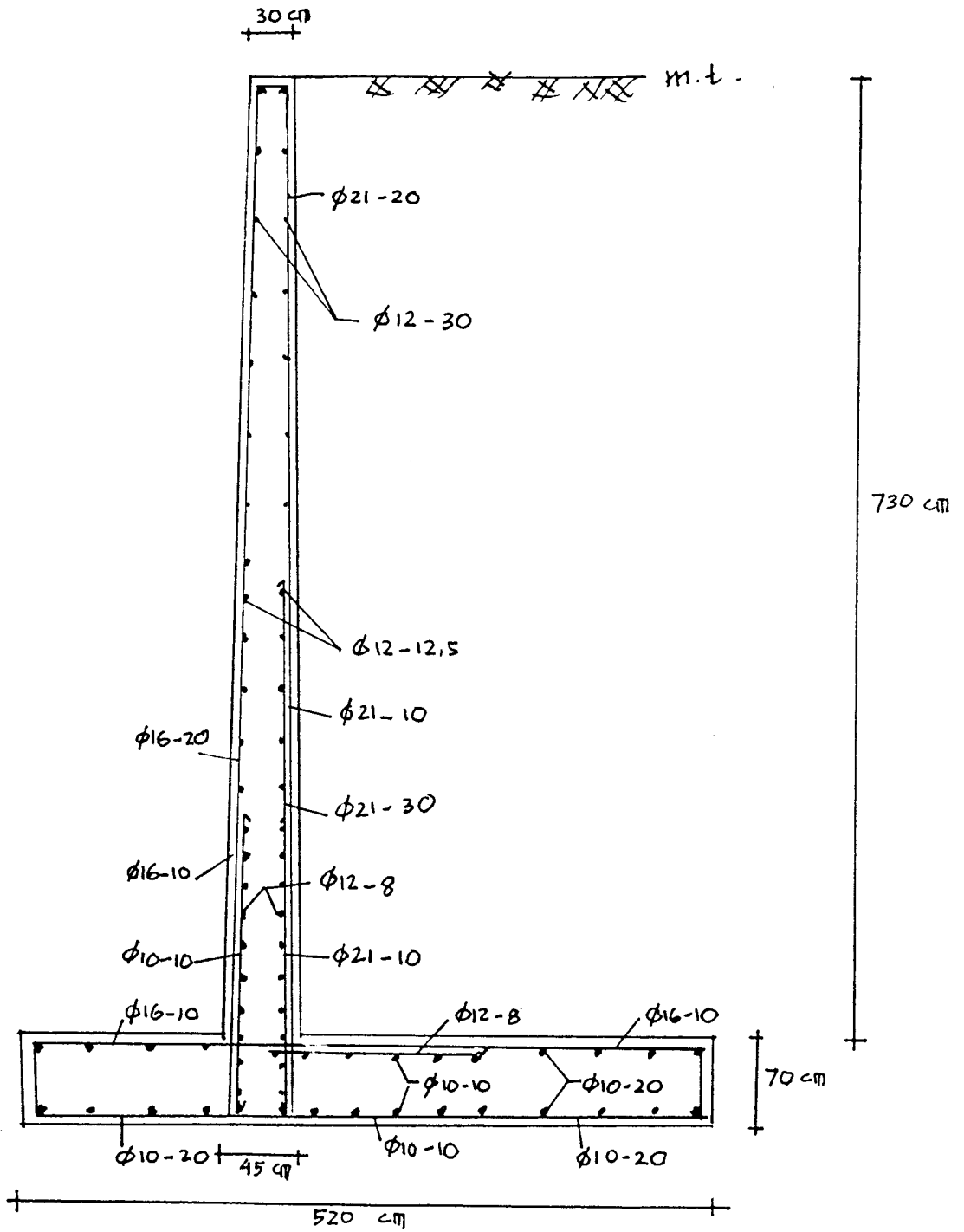
$$= 16,331 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{pakai } \phi 21-20 = 17,38 \text{ cm}^2$$

$$A' = 0,2.A = 0,2.46,18 = 3,27 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{pakai } \phi 16-30$$

$$= 6,7 \text{ cm}^2$$

Tulangan pembagi = 20%.A

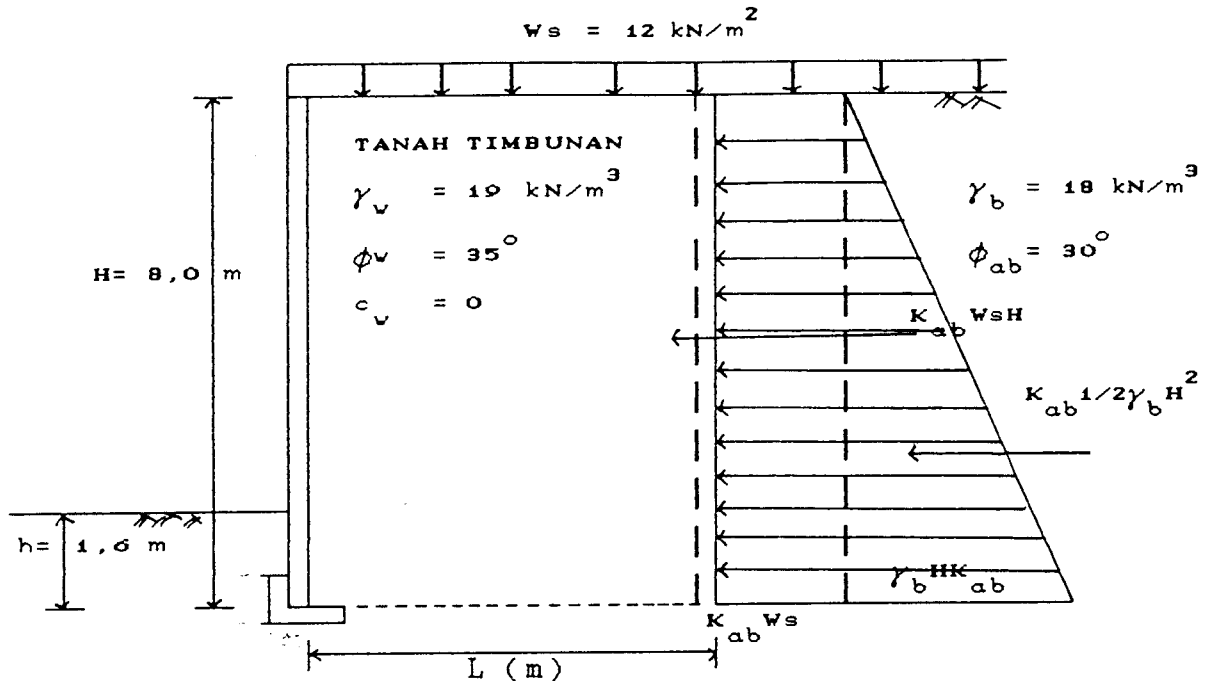
$$= 3,27 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{pakai } \phi 12-30 = 3,77 \text{ cm}$$



Gambar 3.11.

Penulangan dinding kantilever

3.1.2. DINDING TANAH YANG DIPERKUAT GEOGRID.



Gambar 3.12.

Dinding tanah yang diperkuat dengan geogrid

Dipakai Tensar SR80 dan SR110, umur rencana 120 tahun

Koefisien interaksi grid dan tanah (α) = 0,9

a. Stabilitas Eksternal

$$\begin{aligned}
 K_{ab} &= \tan^2(45^\circ - \phi_{ab}/2) \\
 &= \tan^2(45^\circ - 30^\circ/2) = 1/3.
 \end{aligned}$$

b. Stabilitas terhadap geser

Koefisien gesekan didasar dinding (μ) dimisalkan 0,5

$$\begin{aligned}
 F_{\text{penahan}} &= \mu(\gamma_w \cdot H \cdot L + W_s \cdot L) \\
 &= 0,5(19 \cdot 8,0 \cdot L + 12 \cdot L) = 82L \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{\text{pendorong}} &= K_{ab} \cdot W_s \cdot H + K_{ab} \cdot \gamma_b \cdot H^2 / 2 \\
 &= 1/3 \cdot 12 \cdot 8,0 + 1/3 \cdot 18^2 / 2 = 224 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FK_{\text{geser}} &= \frac{F_{\text{penahan}}}{F_{\text{pendorong}}} \geq 2 \\
 &= \frac{82.L}{224} \geq 2 \\
 &L = 5,465 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Stabilitas terhadap guling

$$\begin{aligned}
 \text{Momen pengguling terhadap tapak } (\Sigma Mo) & \\
 &= 1/6.Kab.H^2.(\gamma_b.H + 3Ws) \\
 &= 1/6.1/3.8,0^2.(18.8,0 + 3.12) = 640 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen penahan terhadap tapak } (\Sigma Mr) & \\
 &= 1/2.L^2.(\gamma_w.H + Ws) \\
 &= 1/2.L^2.(19.8,0 + 12) = 82L^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FK_{\text{guling}} &= \frac{\Sigma Mo}{\Sigma Mr} \\
 &= \frac{82L^2}{640} \geq 2 \\
 &L = 3,951 \text{ m}
 \end{aligned}$$

dicoba $L = 6.00 \text{ m}$,

d. Tekanan daya dukung didasar dinding

$$\sigma = R/L \pm 6.R.e/L^2$$

$$\text{dimana } R = \gamma_w.H.L + Ws.L = 984 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{\Sigma Mr - \Sigma Mo}{R} = \frac{984.6,0^2 - 640}{984} \\
 &= 2,350 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= L/2 - x \\
 &= 6,0/2 - 2,350 = 0,650 \text{ m} < L/6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{mak}} = \frac{984}{6,0} + \frac{6.984.0,650}{6,0^2} = 270,6 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = \frac{984}{6,0} - \frac{6.984.0,650}{6,0^2} = 57,40 \text{ kN/m}^2$$

e. Chek terhadap daya dukung tanahnya

$$\sigma_{\text{ult}} = c.Nc.dc.ic + q.Nq.dq.iq + 0,5.\gamma.B'.N\gamma.d\gamma.i\gamma$$

$$\text{dimana : } q = \gamma_{\text{ab}}.D \quad D = 1,6$$

$$B' = B - 2.e = 5,654$$

$$\phi_{\text{ab}} = 30^\circ \quad Nc = 30,1 \quad Nq = 18,4 \quad N\gamma = 15,1$$

$$iq = 0,547 \quad i\gamma = 0,42 \quad dq = 1,098 \quad d\gamma = 1$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ult}} &= 0 + 18.1,6.18,4.1,098.0,547 + 0,5.18.4,7.15,1.1. \\ &\quad 0,42 \\ &= 586,54 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ijin}} &= \sigma_{\text{ult}} / 2 \\ &= 293,27 \text{ kN/m}^2 > \sigma_{\text{maks}} \quad \text{ok !!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Kaw &= \tan^2(45^\circ - \phi_v/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 35^\circ/2) = 0,271 \end{aligned}$$

dari tabel 2 dan tabel 3 didapat ;

$$\text{SR80} \quad \gamma_m = 1,20 \quad fk = 32,5 \text{ kN/m}$$

$$\text{SR110} \quad \gamma_m = 1,10 \quad fk = 45,0 \text{ kN/m}$$

Dengan "overall faktor of safety" (FK) = 1,35 maka, Tijin

$$\text{SR80} = \frac{fk}{\gamma_m \times FK} = \frac{32,5}{1,2 \times 1,35} = 20,1 \text{ kN/m}$$

$$\text{SR110} = \frac{fk}{\gamma_m \times FK} = \frac{45,0}{1,1 \times 1,35} = 30,3 \text{ kN/m}$$

f. Chek terhadap "tension of failure"

$$T_i = K_{aw} \cdot \sigma_{vi} \cdot v_i$$

dimana, $\sigma_{vi} = \sigma_{maks}$

$$\begin{aligned} &= \gamma_v \cdot h_i + W_s + K_{ab} \cdot (\gamma_b \cdot h_i + 3W_s) \cdot (h_i/L)^2 \\ &= 19 \cdot h_i + 12 + 1/3 \cdot (18 \cdot h_i + 3 \cdot 12) \cdot (h_i/6,0)^2 \end{aligned}$$

$$T_i = K_{aw} \cdot (19 \cdot h_i + 12 + 1/3 \cdot (18 \cdot h_i + 3 \cdot 12) \cdot (h_i/6,0)^2) \cdot v_i$$

$$T_i \leq T_{ijin}$$

$$V_{i_{maks}} = \frac{T_{ijin}}{0,271 \cdot (19 \cdot h_i + 12 + 1/3 \cdot (18 \cdot h_i + 3 \cdot 12) \cdot (h_i/6,0)^2)}$$

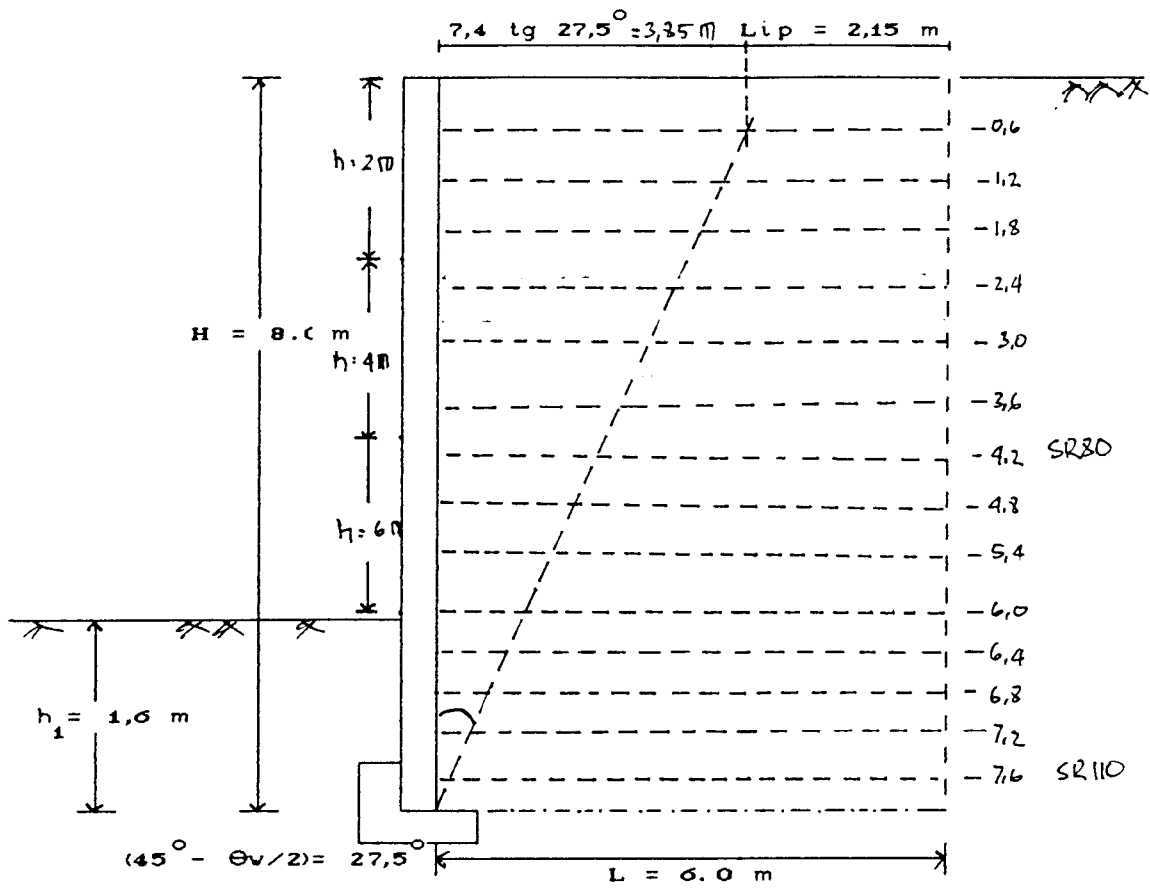
Tabel 3.1. Hubungan h_i dengan V_i tensar geogrid

h_i (m)	$V_{i_{maks}}$ SR80 (m)	$V_{i_{maks}}$ SR110 (m)
0	6,18	9,32
0,5	3,43	5,18
1	2,35	3,55
1,5	1,77	2,67
2	1,41	2,12
2,5	1,15	1,74
3	0,97	1,46
3,5	0,83	1,25
4	0,71	1,07
4,5	0,62	0,94
5	0,54	0,82
5,5	0,48	0,72
6	0,43	0,64
6,5	0,38	0,57
7	0,34	0,51
7,5	0,30	0,46
8	0,27	0,41

g. Besarnya gaya yang diterima :

Dengan W_s :

$$\begin{aligned} T &= \frac{h \cdot \tan \beta \cdot (\gamma_v \cdot h + 2 \cdot W_s)}{2 \cdot \tan(\phi_v + \beta)} = \frac{h \cdot \tan 27,5^\circ (19 \cdot h + 24)}{2 \cdot \tan(35 + 27,5)} \\ &= 0,1355 \cdot h \cdot (19 \cdot h + 24) \end{aligned}$$



Gambar 3.3.
Penulangan grid

Tanpa W_s :

$$T = \frac{h \cdot \tan \beta \cdot (\gamma_v \cdot h)}{2 \cdot \tan(\phi_v + \beta)} = \frac{h \cdot \tan 27,5^\circ \cdot (19 \cdot h)}{2 \cdot \tan 62,5}$$

$$= 2,5744 \cdot h^2$$

h. Besarnya gaya penahan dari tulangan grid :

- Dengan W_s :

$$T_{ai} = \frac{Lip \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi_v \cdot (\gamma_v \cdot h_i + W_s)}{FK}$$

- Tanpa Ws

$$T_{ai} = \frac{Lip.2.\alpha.\tan\phi_v.(\gamma_v.h_i)}{FK}$$

- Dengan Ws

$$T_{ai} = \frac{(6-6\tan27,5^\circ).2.0,9.\tan35.(19.2 + 12)}{1,35} = 134,281$$

- Tanpa Ws

$$T_{ai} = \frac{(6-6\tan27,5).2.0,9.\tan35.(19.2)}{1,35} = 102,054$$

Tabel 3.2. Besarnya gaya penahan tulangan geogrid.

h (m)	T (kN/m)		Jml. Grid		T _{ai} (kN/m)	
	dengan WS	tanpa Ws	SR80	SR110	dgn WS	Tnp Ws
2	16,80	10,30	3	-	134,281	102,05
4	54,20	41,19	6	-	321,87	277,98
6	112,19	92,68	7	2	583,34	527,78
8	190,78	164,76	7	7	918,67	851,45

Dari setiap bidang keruntuhan "pull-out" yang dicoba, ternyata $\Sigma T_{ai} > T$, sehingga aman terhadap keruntuhan "pull-out".

BAB IV PERHITUNGAN BIAYA

4.1. DINDING TANAH YANG DIPERKUAT GEOGRID

1. Tanah galian ± 48 m³

1 m³ galian tanah

0,75 pekerja @ Rp 3.000,- = Rp 2250,-

0,025 mandor @ Rp 5.000,- = Rp 125,-

Rp 2.375,-

maka, 48 x 2.375,- = Rp 114.000,-

2. Tanah timbunan ± 48 m³

25% galian tanah = 25% x 114.000,-

= Rp 28.500,-

Pemadatan/m² = Rp 2.500,-

Setiap 20 cm dipadatkan, maka

8.0/0,2 x 6 x 1 x 2.500 = Rp 600.000,-

3. Bahan Tensar Geogrid

SR80 /m² = Rp 23.500,-

6,150 x 7 x Rp 23.500,- = Rp 1.011.675,-

SR110 /m² = Rp 30.000,-

6,150 x 7 x Rp 30.000,- = Rp 1.291.500,-

4. Pelapis dinding penahan tanah

Tebal pelapis 150 mm, tinggi 8.0 m

a. Bekisting /m²

0,40 m³ kayu @ Rp 3.600,- = Rp 1.440,-

4.0 kg paku @ Rp 1.500,- = Rp 6.000,-

2.0 pekerja @ Rp 3.000,- = Rp 6.000,-

5.0 tukang kayu @ Rp 5.000,- = Rp 25.000,-

0.5 kepala tukang @ Rp 5.500,- = Rp 2.750,-

0.1 mandor @ Rp 5.000,- = Rp 500,-
 4.0 pekerja bongkaran @ Rp 3.000,- = Rp 12.000,-
Rp = 53.690,-

Luas dinding 9,2 m²
 9,20 x 53.690,- = Rp 493.948,-

b. Pekerjaan besi beton /m³
 untuk 100 kg tulangan baja
 100 kg besi beton = Rp 163.925,-
 2 kg bendrad @ Rp 2.550,- = Rp 5.100,-
 6,75 pekerja @ Rp 3.000,- = Rp 20.250,-
 6,75 tukang besi @ Rp 5.000,- = Rp 33.750,-
 2,25 kepala tukang @ Rp 5.500,- = Rp 12.375,-
Rp 235.400,-

volume bangunan 1,20 m³
 1,20 x 235.400,- = Rp 282.480,-

c. Pekerjaan beton dengan adukan 1 : 2 : 3 /m³
 0,82 m³ kerikil @ Rp 15.000,- = Rp 12.300,-
 0,54 m³ pasir beton @ Rp 8.000,- = Rp 4.320,-
 8.5 zak semen PC @ Rp 10.000,- = Rp 85.000,-
 0,30 mandor @ Rp 5.000,- = Rp 1.500,-
 1 tukang batu @ Rp 4.000,- = Rp 4.000,-
 0,10 kepala tukang @ Rp 4.500,- = Rp 450,-
 6.0 pekerja @ Rp 3.000,- = Rp 18.000,-
Rp 125.570,-

Volume 1,20 m³
 1,20 x Rp 125.570 = Rp 150.684,-

d. Pekerjaan pondasi
 volume pondasi 0,09 m³, harga bahan dan upah pekerjaan (pembesian & pekerjaan beton) :

$$0,09 \times (235.400 + 125.570) = \underline{\text{Rp } 32.487,300,-}$$

pekerjaan bekesting, luas dinding : $0,69 \text{ m}^2$:

$$0,69 \times 53.690 = \text{Rp } 37.046,100,-$$

e. Beton lantai kerja per m^3 (volume $0,045 \text{ m}^3$)

$$0,82 \text{ m}^3 \text{ kerikil} \quad @ \text{ Rp } 15.000,- = \text{Rp } 12.300,-$$

$$0,54 \text{ m}^3 \text{ pasir} \quad @ \text{ Rp } 8.000,- = \text{Rp } 4.320,-$$

$$6,80 \text{ zak PC} \quad @ \text{ Rp } 10.000,- = \text{Rp } 68.000,-$$

$$6,00 \text{ pekerja} \quad @ \text{ Rp } 3.000,- = \text{Rp } 18.000,-$$

$$1,00 \text{ tukang batu} \quad @ \text{ Rp } 4.000,- = \text{Rp } 4.000,-$$

$$0,10 \text{ kepala tukang} \quad @ \text{ Rp } 4.500,- = \text{Rp } 450,-$$

$$0,30 \text{ mandor} \quad @ \text{ Rp } 5.000,- = \text{Rp } 1.500,-$$

$$\text{Rp } 108.570,-$$

$$0,045 \times 108.570 = \text{Rp } 4.885,65,-$$

$$\text{Total biaya} = \underline{\text{Rp } 4.047.206,050,-} \quad \checkmark$$

4.2. DINDING KANTILEVER

1. Tanah galian $\pm 27,76 \text{ m}^3$

1 m^3 galian tanah

$$0,75 \text{ pekerja} \quad @ \text{ Rp } 3.000,- = \text{Rp } 2250,-$$

$$0,025 \text{ mandor} \quad @ \text{ Rp } 5.000,- = \text{Rp } 125,-$$

$$\text{Rp } 2.375,-$$

$$\text{maka,} \quad 27,76 \times 2.375,- = \underline{\text{Rp } 65.930,-}$$

2. Tanah timbunan $\pm 27,76 \text{ m}^3$

$$25\% \text{ galian tanah} = 0,25 \times 59.375,-$$

$$= \underline{\text{Rp } 16.482,50,-}$$

3. Bekisting $/\text{m}^2$

$$0,40 \text{ m}^3 \text{ kayu} \quad @ \text{ Rp } 3.600,- = \text{Rp } 1.440,-$$

$$4.0 \text{ kg paku} \quad @ \text{ Rp } 1.500,- = \text{Rp } 6.000,-$$

$$2.0 \text{ pekerja} \quad @ \text{ Rp } 3.000,- = \text{Rp } 6.000,-$$



5.0 tukang kayu	@ Rp 5.000,-	= Rp 25.000,-
0.5 kepala tukang	@ Rp 5.500,-	= Rp 2.750,-
0.1 mandor	@ Rp 5.000,-	= Rp 500,-
4.0 pekerja bongkaran	@ Rp 3.000,-	= Rp 12.000,-
		<hr/>
		Rp = 53.690,-

Luas dinding 22,3775 m²

22,3775 x 53.690,- = Rp 1.201.447,975,-

4. Pekerjaan besi beton /m³

untuk 125 kg tulangan baja

125 kg besi beton		= Rp 204.906,250,-
2 kg bendrad	@ Rp 2.550,-	= Rp 5.100,-
6,75 pekerja	@ Rp 3.000,-	= Rp 20.250,-
6,75 tukang besi	@ Rp 5.000,-	= Rp 33.750,-
2,25 kepala tukang	@ Rp 5.500,-	= Rp 12.375,-
		<hr/>
		Rp 276.381,250,-

volume bangunan 6,3775 m³

6,3775 x 276.381,250,- = Rp 1.762.621,422,-

5. Pekerjaan beton dengan adukan 1 : 2 : 3 /m³

0,82 m ³ kerikil	@ Rp 15.000,-	= Rp 12.300,-
0,54 m ³ pasir beton	@ Rp 8.000,-	= Rp 4.320,-
8.5 zak semen PC	@ Rp 10.000,-	= Rp 85.000,-
0,30 mandor	@ Rp 5.000,-	= Rp 1.500,-
1 tukang batu	@ Rp 4.000,-	= Rp 4.000,-
0,10 kepala tukang	@ Rp 4.500,-	= Rp 450,-
6.0 pekerja	@ Rp 3.000,-	= Rp 18.000,-
		<hr/>
		Rp 125.570,-

Volume 6,3775 m³

6,3775 x Rp 125.570 = Rp 800.822,675,-

6. Beton lantai kerja	per m ³ (volume 0,520 m ³)	
0,82 m ³ kerikil	@ Rp 15.000,-	= Rp 12.300,-
0,54 m ³ pasir	@ Rp 8.000,-	= Rp 4.320,-
6,80 zak PC	@ Rp 10.000,-	= Rp 68.000,-
6,00 pekerja	@ Rp 3.000,-	= Rp 18.000,-
1,00 tukang batu	@ Rp 4.000,-	= Rp 4.000,-
0,10 kepala tukang	@ Rp 4.500,-	= Rp 450,-
0,30 mandor	@ Rp 5.000,-	= Rp 1.500,-
		Rp 108.570,-
0,520 x 108.570	= Rp	56.456,400,-
Total biaya	= <u>Rp 3.903.760,967</u>	✓

Keterangan :

1. Data harga bahan dan upah tenaga diperoleh dari *PUSAT INFORMASI TEKNIK BANGUNAN - DIY DWIWULAN III, SEPTEMBER 1994*)
2. Data harga Tensar Geogrid diperoleh dari *PT. PURI TEKNIK PURNAMA JL. LAMPERSARI No. 62 Semarang.*
3. Dinding ditinjau per meter panjang.

BAB V PEMBAHASAN

Berdasarkan pada BAB IV Perhitungan Biaya di atas dapat penyusun kemukakan bahwa harga dari dinding penahan tanah yang diperkuat dengan geogrid pada ketinggian dinding penahan tanah setinggi 8.0 meter dengan selish harga seperti tercantum pada tabel 5.1.

Tabel 5.1. Perbandingan harga bahan

Bahan	Harga	Pembulatan	Perbandingan
Tensar Geogrid	Rp 4. 047.206,050,-	Rp 4. 100. 000,-	1 : 1,025
Kantilever	Rp 3. 903.760,967,-	Rp 4. 000. 000,-	

Dari tabel tersebut di atas ternyata harga untuk Tensar Geogrid sedikit lebih mahal, hal ini dikarenakan beberapa hal, antara lain bahan tensar geogrid masih merupakan bahan yang masih harus di impor dari negara produsen, sehingga harga dari tensar geogrid ini masih relatif mahal, tetapi dari segi waktu pelaksanaan pekerjaan yang dibutuhkan , dinding tanah yang diperkuat dengan tensar geogrid jauh lebih cepat, karena pemasangan atau pelaksanaan pekerjaan jauh lebih mudah. Ini merupakan kelebihan yang ada pada tensar geogrid, dinding penahan tanah beton bertulang yakni beton bertulang biasa pada keadaan tanah yang sama, dalam hal ini penyusun menganalisis struktur tanah yang non kohesif.

Dalam hal harga bahan dan upah tenaga kerja yang diperlukan, dinding penahan tanah beton bertulang yakni kantilever ternyata lebih murah dibandingkan dengan harga dinding penahan tanah yang diperkuat dengan geogrid. Tetapi untuk kondisi akhir-akhir ini dimana harga semen cenderung tidak menentu dimana harga semen dipasaran yang tidak sesuai lagi dengan harga patokan semen dari pemerintah maka perbandingan harga tensar geogrid dengan dinding kantilever bisa mendekati harga tensar geogrid, maka harga upah dan tenaga kerja yang dibutuhkan akan semakin mengecil.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN

Dari pembahasan-pembahasan baik teori maupun analisis perhitungan maka penyusun dapat menyimpulkan bahwa :

1. Pelaksanaan pekerjaan dinding tanah yang diperkuat dengan geogrid lebih mudah dan dapat dilaksanakan di daerah terpencil atau yang sulit dijangkau.
2. Untuk di Indonesia, manfaat geogrid dari segi biaya bahan masih sedikit mahal, hal ini karena geogrid masih merupakan bahan impor dari negara produsen sehingga memiliki harga yang relatif mahal dibandingkan dengan harga material bangunan di daerah pelaksanaan proyek. Tetapi dari segi waktu pekerjaan dan keuntungan lain, geogrid dapat dibuktikan disamping kualitas yang telah dijamin oleh pihak produsen yang dibuktikan lewat test di laboratorium di Inggris
3. Dari Bab V Pembahasan bahwa dinding penahan tanah dengan geogrid lebih menguntungkan daripada dinding penahan tanah beton bertulang oleh karena itu jenis geogrid layak menjadi bahan alternatif.

6.2. SARAN-SARAN

1. Perlu diadakan penelitian yang lebih mendalam tentang perilaku atau sifat dari dinding tanah yang diperkuat geogrid, tentang pengaruh kohesi tanah timbunan pada dinding tanah yang diperkuat geogrid terhadap stabilitas dinding.
2. Perlunya usaha agar geogrid dapat diproduksi di dalam negeri, sehingga harga bahan akan lebih murah dan keuntungan dari segi biaya dapat dibuktikan di Indonesia.
3. Perlunya diadakan penelitian tentang penurunan atau *settlement* pada dinding tanah yang diperkuat geogrid, terutama pengaruhnya terhadap stabilitas dinding.
4. Seyogyanya diadakan seminar tentang geogrid pada lingkungan kampus teknik sipil khususnya, sehingga mahasiswa teknik sipil tidak buta terhadap perkembangan geosintetik yang sangat berkaitan dengan bidang ke teknik sipil-an, guna bekal pada masa-masa yang akan datang.

PENUTUP

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah swt, penyusun telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir Studi Komparasi antara dinding penahan tanah yang diperkuat dengan Geogrid dengan dinding penahan tanah beton bertulang yakni beton bertulang biasa, dan atas bimbingan-Nya-lah maka penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Penyusun Tugas Akhir ini menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangannya, dikarenakan keterbatasan yang ada pada penyusun, walaupun sudah diusahakan semaksimal mungkin. Namun demikian tanpa mengurangi arti dari Bapak Pembimbing kami, penyusun banyak mengucapkan terima kasih, karena atas bimbingan beliau kekurangan-kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat terlengkapi.

Aklhir kata, kepada semua yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penyusun mengucapkan banyak-banyak terima kasih, semoga Allah swt senantiasa meridhoi umatnya.

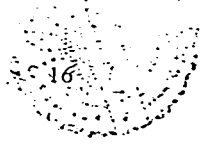
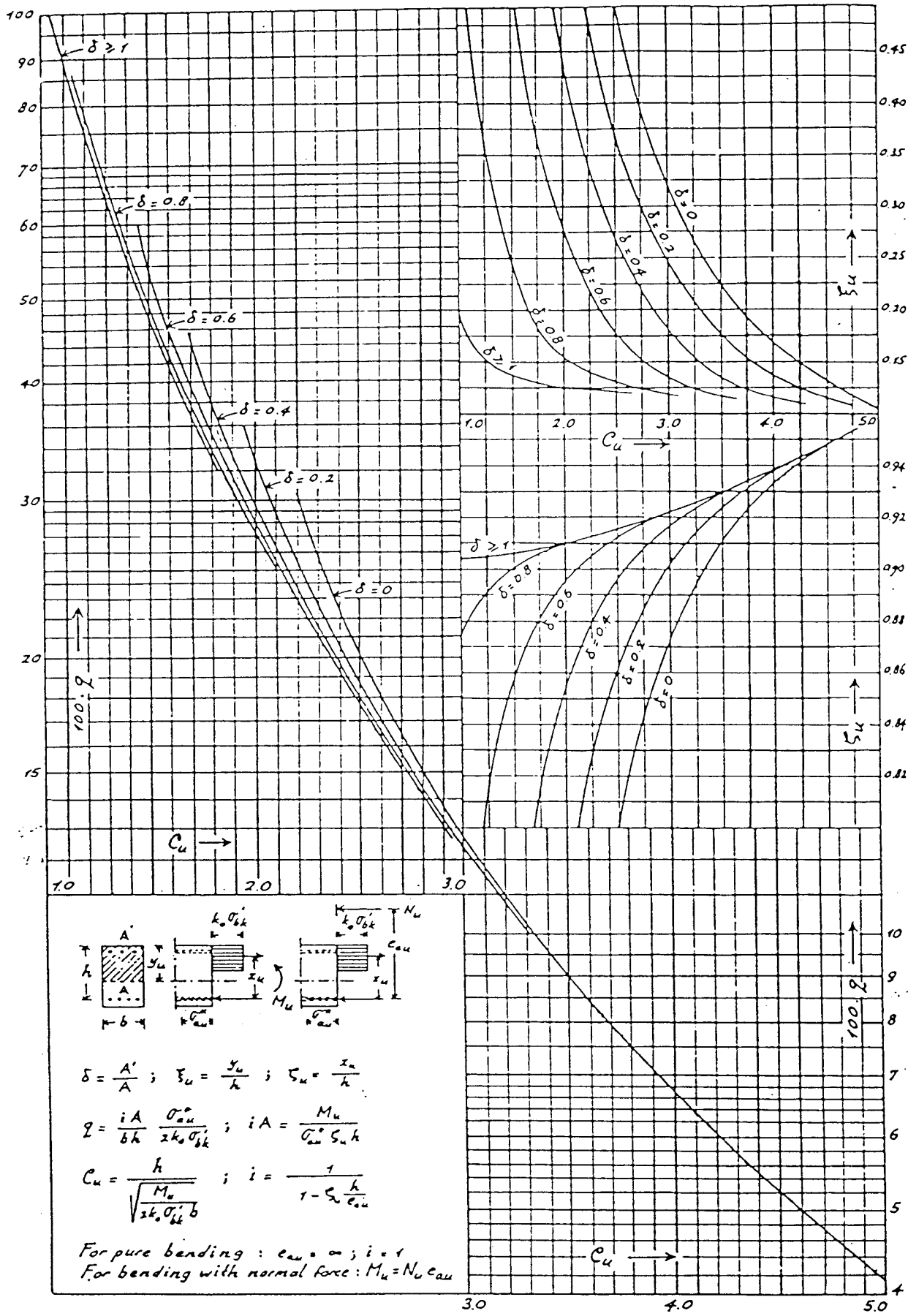
Amien.

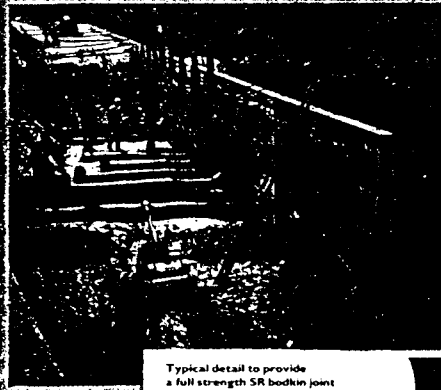
DAFTAR PUSTAKA

1. BOWLES JOSEPH.E, "Analisis dan Desain Pondasi" , jilid 2 penerbit Erlangga, 1986 Jakarta
2. JEWEL.R.A,DR, "*Geotextiles Designing For Soil Reinforcement*", Exxon Chemical Geopolymer Ltd, 1992
3. JONES COLIN JFP, "*Earth Reinforcement and Soil Structure*" Butterworths Advanced Series in Geotechnical Engineering, 1985
4. KOERNER R.M, "*Construction and Geotechnical Method in Foundation Engineering*", McGraw Hill, 1988
5. LUTHFI HASAN, Ir,MS, "Penggunaan Bahan Geosintetik Dalam Bidang Teknik Sipil", Materi Kuliah Umum, UII, Yogyakarta
6. NETLON LIMITED, "*Guidehines For the Design and Construction of Reinforced Soil Retaining Walls Using Tensar Geogrid*", Kelly Street, Blackburn, Lancashire.
7. Wesley L.D. Ir,Dr, "*Mekanika Tanah*" Penerbit Badan Penerbit Pekerjaan Umum,1977 cetakan ke 6 Jakarta.
8. Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971.NI-2 Penernit Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1979 Cetakan ke 7 Bandung.

LAMPIRAN

Charts for the ultimate strength analysis of reinforced concrete sections

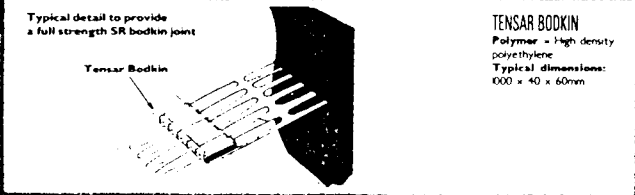




TENSAR GEOGRID TIPE SR UMUMNYA DIGUNAKAN PADA :

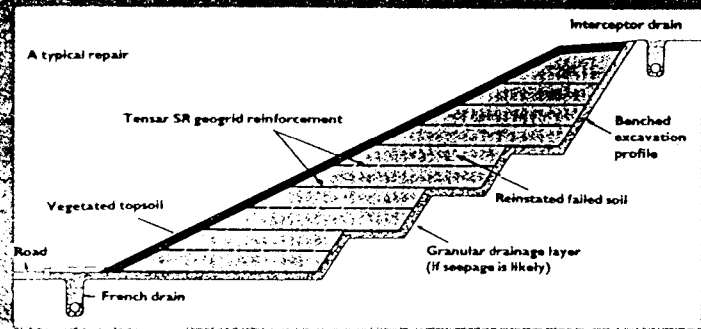
Dinding Penahan Tanah dan Jembatan. Pemakaian Tensar Geogrid dapat menggunakan bermacam-macam jenis tanah dan sistem penutup dinding penahan tanah. Pemakaian secara horizontal memberikan kestabilan struktur dinding yang berlainan urugan. Perkuatan atau pendungan tanah mempunyai toleransi tinggi terhadap penurunan setempat, dengan demikian dapat melindungi jenis pondasi yang mahal.

Sebagai penguat permukaan dinding penahan tanah, sistem ini dapat dikombinasikan dengan panel beton, kayu, batu bata atau bronjong. Alternatif yang lebih sederhana adalah dengan cara melipat ujung Tensar Geogrid tersebut dan permukaannya dapat ditumbuhi dengan tanaman.



LERENG YANG CURAM

Dengan meningkatnya harga tanah dan sempitnya lahan kerja, Tensar Geogrid dapat digunakan untuk pembuatan embankment (tanggul) dengan sudut kemiringan hingga mencapai 90°. Untuk lereng dengan kemiringan 45° s/d 90° dibutuhkan perkuatan permukaan. Ujung Tensar Geogrid dapat dilipat untuk tiap-tiap lapisan urugan sehingga tidak dibutuhkan lagi struktur penutup permukaan lereng yang struktural (rigid).



Secara umum pemakaian Tensar Geogrid untuk perkuatan lereng dengan kemiringan < 45° tidak membutuhkan lipatan untuk kestabilan permukaan setempat.

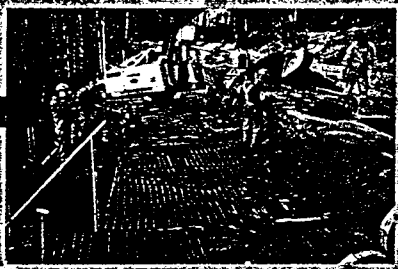
Untuk beberapa kasus, Tensar Mat dipasang pada permukaan lereng sebagai pencegah erosi dan mempercepat pertumbuhan tanaman (rumput).



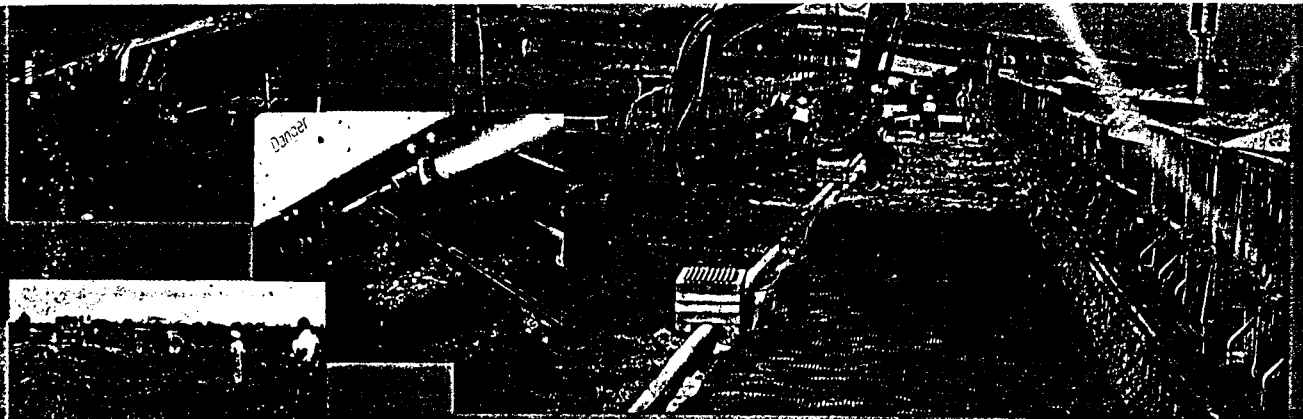
PERBAIKAN KELONGSORAN

Perbaikan kelongsoran yang umum dilakukan adalah dengan cara membuang tanah lama dan menggantikannya dengan urugan baru. Dengan menggunakan tanah itu sendiri, perbaikan kelongsoran dengan memakai Tensar Geogrid yang ditempatkan memotong garis kelongsoran, biaya yang timbul akan lebih hemat seperempat dari sistem biasa. Disamping itu, pekerjaan juga tidak banyak mengganggu kegiatan lalu lintas.

TENSAR SR110 GEOGRID
 Polymer = High density polyethylene
 Weight = 1.1 kg/m²
 Quality Control Strength = 110 kN/m
 Characteristic Strength (longitudinal) [120 year design life]
 : 42.0 kN/m (at soil temperature 20°C)
 : 45.0 kN/m (at soil temperature 0°C)
 Roll dimensions: 30 x 1 m



Penempatan sistem drainase dengan menggunakan pasir atau material berbutir dapat dikerjakan pada saat pelaksanaan perbaikan untuk menambah kestabilan. Penambahan kapur dapat diberikan pada tanah lempung untuk memudahkan proses pemadatan dan hal ini tidak mempengaruhi daya guna Tensar.



Perbaikan struktur tanah yang umumnya dilakukan dengan cara penggalian dan pengurangan material baru atau pemancangan akan dapat dihindari dengan cara penggunaan beberapa lapis **TENSAR Geogrid** tipe SS dengan urugan material berbutir. Untuk mendapatkan kemampuan perkuatan yang maksimum, jarak pemasangan lapisan Tensar Geogrid tidak boleh lebih dari 500mm. Pemasangan berlapis-lapis memungkinkan terjadinya sistem pengunci (interlocking) material sub-base yang tidak menciptakan lapisan yang lemah.

Jika pemancangan memang dibutuhkan, beberapa lapis Tensar Geogrid yang digunakan dengan material urugan dapat menciptakan lapisan kaku yang mampu menyebarkan beban tanggul (embankment) keujung tiang pancang. Sistem ini dapat menghilangkan konstruksi "pile caps" (kepala pondasi) dan "ground beams".

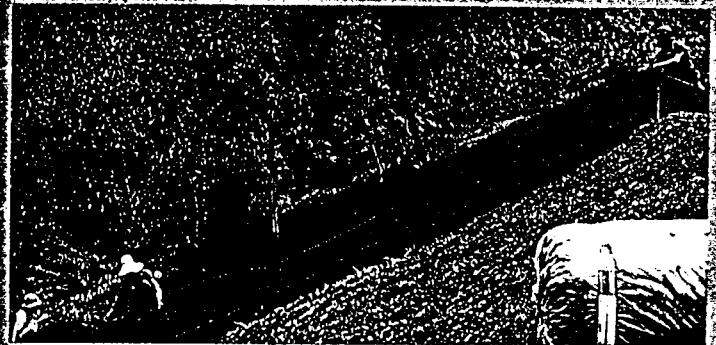
ENGATUR EROSI (EROSION CONTROL)

Tensar Mat merupakan bentukan tiga dimensi yang unik dan mempunyai tegangan tarik yang tinggi yang berfungsi untuk menjaga hubungan dengan antara tanaman dengan permukaan tanah.

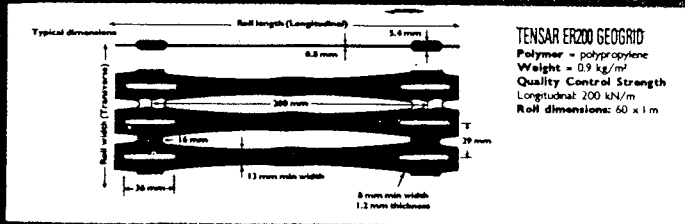
Dengan **Tensar Mat** yang telah terisi tanah serta akar-akar tanaman yang sudah mengikat secara baik, gabungan ini akan berfungsi sebagai pencegah erosi yang permanen.

Tensar MAT terbuat dari bahan polymer yaitu High Density Polyethylene dimana merupakan salah satu bahan polymer yang tahan terhadap ultra violet (cahaya matahari), bakteri dan unsur kimia yang terdapat di dalam tanah.

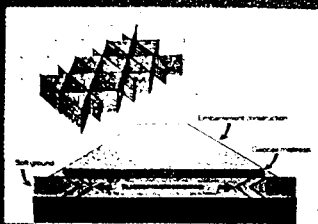
Bentukan **Tensar Mat** akan menyebabkan bertambahnya proses aerasi terhadap tanaman sehingga akan menambah oksigen ke jaringan akar di dalam struktur tanah. Tanaman akan mudah tumbuh secara baik.



TENSAR MAT For dry & intermittently wetted slopes
 Polymer = polyethylene. Thickness: 8 mm. Weight = 0.45 kg/m². Tensile Strength: 3.2 kN/m. Roll dimensions: 30 m x 4.5 m (30 m x 1.5 m and 30 m x 3.0 m rolls are available to order)



PONDAS TANGGUL (tambak/tebet)
 Tensar Geogrid dapat mengatasi masalah pekerjaan pemeliharaan pondas untuk konstruksi tanggul tembok/tebet di atas tanah lunak pada beberapa lokasi tidak dibatasi dengan menggunakan bahan-bahan dari pemupukan lapisan tanah lunak. Kemampuan menggambalnya dengan material 100% built.



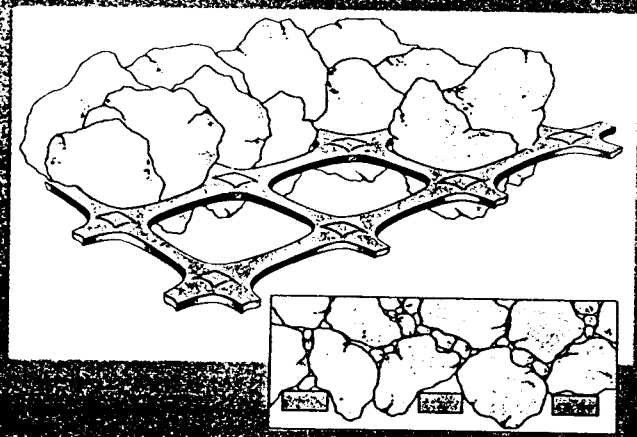
Pemakaian Tensar Geogrid pada pekerjaan diatas dapat pula membantu percepatan penutupan tanah lunak pada pekerjaan pemeliharaan.

Suatu bentuk pemakaian Tensar Geogrid tipe SK yang dibentuk sebagai pondas tanggul disebut Tensar Geocel Matrix.

Konstruksi tersebut dituang dengan material berbutir atau batuan sehingga membentuk pondas yang kuat untuk tanggul. Konstruksi ini juga berfungsi sebagai lapisan drainase, sehingga akan meminimalkan penurunan setempat sehingga penurunan yang akan lebih merata.

ALAN, LINTASAN KERETA API, PERKERASAN LAPANGAN UDARA

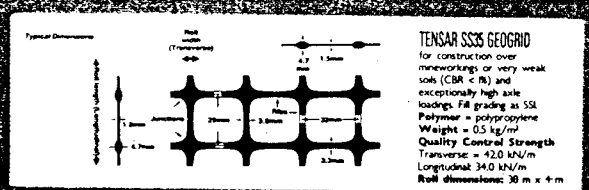
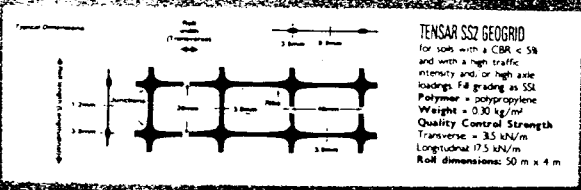
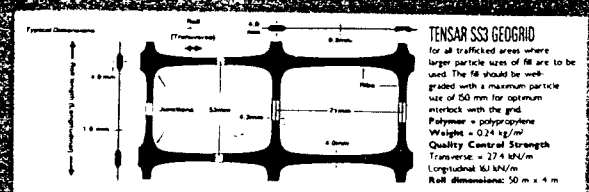
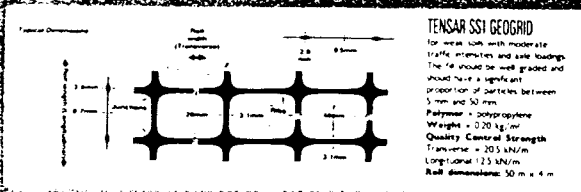
Ketika material berbutir (granular) dipadatkan diatas Tensar Geogrid tipe SS, butiran tersebut akan masuk dan menembus lubang-lubang dan membentuk susunan batuan yang saling mengunci atau terpaat antara batuan dengan grid.



Penguncian ini memungkinkan grid untuk melawan gaya gesel horizontal dari urugan dan dengan demikian memaksimalkan daya dukung tanah lunak. Sistem ini akan menghemat 30% s/d 40% ketebalan urugan secara umum. Sistem pengunci (interlock) antara grid dengan batuan well graded akan dapat mencegah pergerakan mendatar (lateral) partikel bahan urugan.

Tensar Geogrid tipe SS ini berbentuk kotak mempunyai kekuatan tinggi untuk arah memanjang maupun melintang.

Tensar Geogrid tipe SS digunakan untuk penguatan batuan sub-base, lapisan penutup dan lapisan ballast diatas tanah lunak.



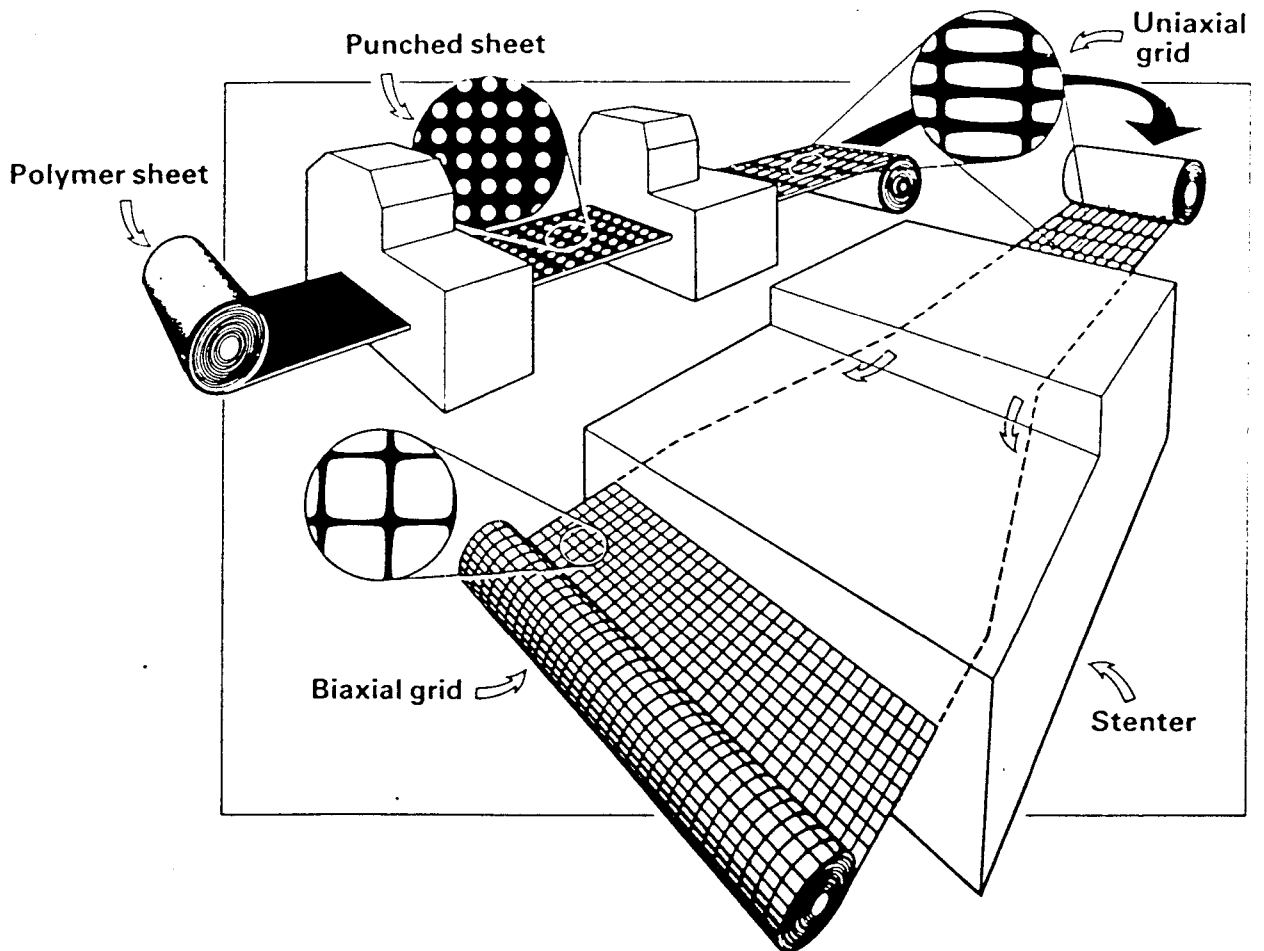
SS1	SS2	TENSAR SS3	SS35	AR1	MAT	TENSAR TURF MAT	MACADAMAT	GM4	TENSAR GABIONS	MATTRESSES	TENSAR NETS
									•		
									•		
									•		
	•				•	•					
	•										
	•				•	•					
	•		•								
				•							
	•										
•	•	•	•								
	•	•	•								
•	•	•	•								
•	•		•								
	•	•	•								
					•	•				•	
					•	•	•			•	
							•			•	
								•			
•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•

The information in this document is of an illustrative nature and is supplied without charge. It does not form part of any contract or intended contract with the user. Final determination of the suitability of any information or material for the use contemplated and the manner of use is the sole responsibility of the user and the user must assume all risk and liability in connection therewith.
 First printed Summer 1987, revised Autumn 1989 and Summer 1991.

Netlon Limited is a private British company employing 350 people at two manufacturing plants in Blackburn, Lancashire.

Tensar geogrids, a range of high strength polymer grids, were first produced in the late 70's. The manufacturing process starts with an extruded sheet of polyethylene or polypropylene which is punched with a regular pattern of holes. Under the application of controlled heating, the sheet is stretched such that the randomly orientated long-chain molecules are drawn to an ordered and aligned state. This process increases the tensile strength and tensile stiffness of the polymer.

Netlon Limited has licensed its proprietary technology in thirty countries around the world during the last 30 years. Two of these licensees, the **Tensar Corporation** in the USA and **Nippon Tensar** in Japan, are manufacturers of the **Tensar** products.



Research and development work has a high priority within the company. The quality of this work is reflected in the many awards received for innovation and technological achievement, and the successful application of **Tensar** geogrids in Civil Engineering.

As polymers are visco-elastic, both time and temperature are important parameters in selecting the appropriate design characteristics of the grids. Facilities for both short- and long-term sustained loading (creep) tests were installed in 1980 at Blackburn to provide Engineers with the product data required for design purposes.

In addition, **Tensar** geogrids have undergone extensive, independent laboratory and field testing with universities and national authorities. This laboratory test programme has been complemented by numerous carefully monitored full scale site installations.

TECHNICAL SUPPORT

Netlon's Civil Engineering Division is composed predominantly of professionally qualified Civil Engineers. A team of experienced Area Civil Engineers is available to provide technical assistance on the use of the grids:

- ★ *at project feasibility stage with information on the range of options and outline costs*
- ★ *with advice on the preparation of Drawings and Specifications*
- ★ *with practical advice on construction techniques and installation methods*

In addition, a large Design Group based at Blackburn is able to provide a free design suggestion service to Engineers around the world. This provides the opportunity to either save time during the initial design phase or confirm existing designs and indicate budget costs. Extensive use is made of in-house computer software for the design of reinforced soil walls, steep slopes, and embankments over soft ground.

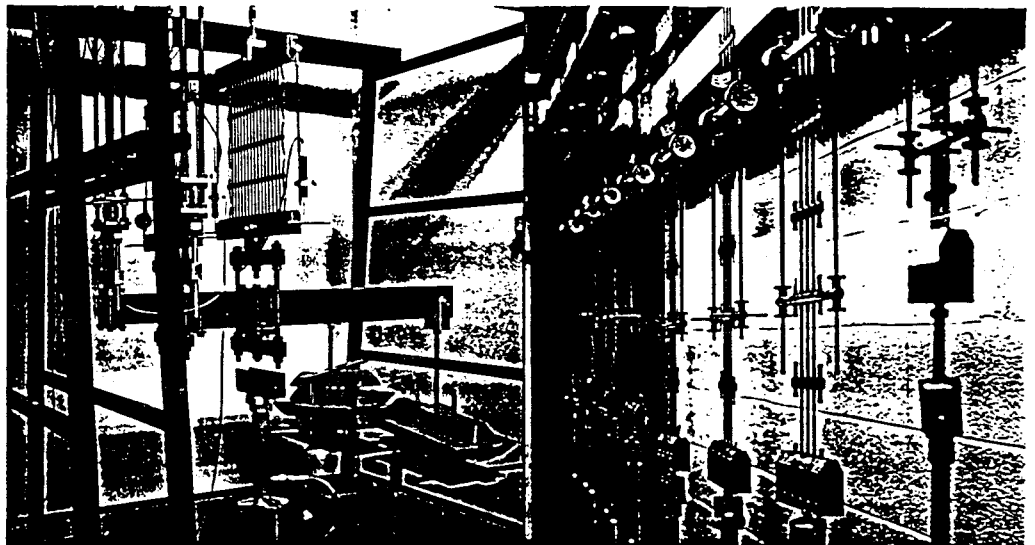
Most applications are supported with design and construction guidelines and technical notes to assist in the production of contract documents and installation procedures. These publications complement a range of case studies and product specifications.

A design and supply service is available for **Tensar** geogrid reinforced soil structures.

QUALITY CONTROL & CHARACTERISTIC STRENGTHS

The Q.C. strength indicated on all **Tensar** geogrid specifications is a simple index measurement intended for comparison and quality control.

Long-term sustained load tests are carried out in temperature controlled conditions. These are used to define the load/strain/time relationships and derive the **Characteristic Strengths** that are required for design purposes. This is particularly important since many reinforced soil structures require the reinforcement to be subjected to loads for periods of up to 120 years.



QUALITY ASSURANCE

The quality assurance procedures operated at the **Tensar** manufacturing plant have been certified by the British Standards Institution System for the Registration of Firms of Assessed Quality.

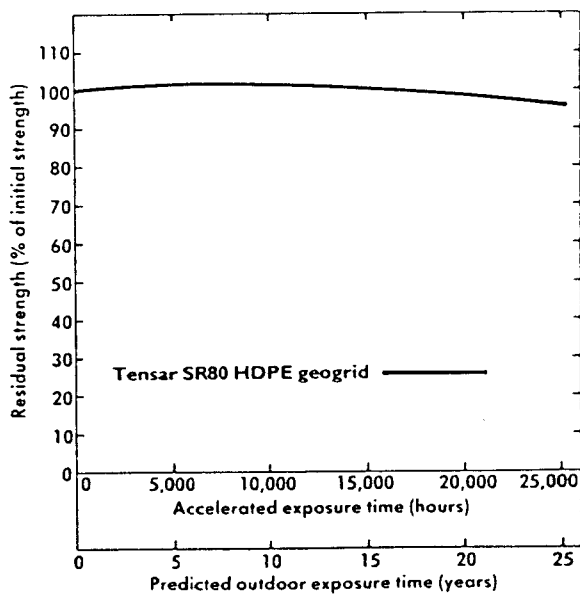
DURABILITY

As a result of careful material selection and product design, **Tensar** geogrids are among the most durable of reinforcing materials available to Civil Engineers.

- The engineering grades of polypropylene and high density polyethylene used in the production of **Tensar** geogrids have been chosen to ensure freedom of attack from all aqueous solutions of acids, alkalis and salts encountered in soils, asphalt and cement based materials. In addition, these polymers are not attacked by solvents such as petrol and diesel fuel at ambient temperatures.
- Orientation, coupled with material selection, ensures freedom from environmental stress cracking.
- They have no nutritional value and are therefore not attacked by microorganisms.

This resistance to chemical and biological attack is demonstrated by the use of these polymers for such critical applications as the conveyance of gas and drinking water and the storage of aggressive chemicals.

- **Tensar** geogrids are formulated to resist ultraviolet light degradation. When buried or covered by vegetation, their life is indefinite and even when fully exposed to sunlight, their engineering properties are maintained for decades.



Data has been combined from accelerated weatherometer and outdoor exposure tests on **Tensar** geogrids. The increase in strength during the initial period of exposure is due to the thermodynamically determined tendency to approach a state of minimum volume and results in a slight increase in bulk modulus and strength. After this a gradual reduction in strength is observed due to exposure to ultraviolet light.

The durability of **Tensar** geogrids is reflected by three certificates awarded to **Netlon Limited**:

- The Institut für Bautechnik Certificate Number Z 20.1-102 for reinforced soil structures.
- The British Board of Agrément Roads and Bridges Certificate Number 88/43 for use in structures with 120 year design life.
- CESD/GCO Hong Kong Endorsement Certificate RF1/90 for reinforced fill structures.



STRUCTURAL PERFORMANCE

When placed within a medium such as soil or asphalt, the bars or ribs transverse to the direction of primary loading provide a series of bearing points or anchors. As a result, stress is transferred to the grid not merely by surface friction, as with strip reinforcement, but by interaction. This provides a highly efficient mechanism for stress transfer which mobilises the maximum benefit from the grid reinforcement and minimises anchorage lengths.



Rupture patterns observed in a pull-out test on a grid in a bath containing sintered glass and glycerine and viewed under polarised light (courtesy of the University of Oxford)

The efficiency of this interlocking mechanism between grid reinforcement and a cohesive or granular fill has been demonstrated in pull-out tests in the laboratory and on site.

The open grid structure interlocks and interacts with the soil to provide a high resistance to sliding. The value of the coefficient of interaction between soil and reinforcement to be used for design purposes has been quantified by extensive, large scale shear box testing with a variety of soil types.

The molecular orientation of the polymer which takes place during manufacture imparts several significant physical benefits. Firstly, a high modulus ensures mobilisation of the high tensile strength at low strains. Secondly, the tendency for polymers to deform under long-term sustained loading (creep) is dramatically reduced and this has been confirmed by long-term testing. Thirdly, as this orientation passes through the junctions it creates an *integral* grid without weak links such as those found with knitted, woven or welded pseudo geogrids. This means that the **Tensar** products can transfer loads by grid interaction without rupturing the junction.

Extensive field trials have been carried out to measure any changes in the properties of the reinforcement when subjected to the rigours of site conditions, particularly during compaction of the overlying fill. Typical results for all **Tensar SR** geogrids have been tabulated for a range of soil types.

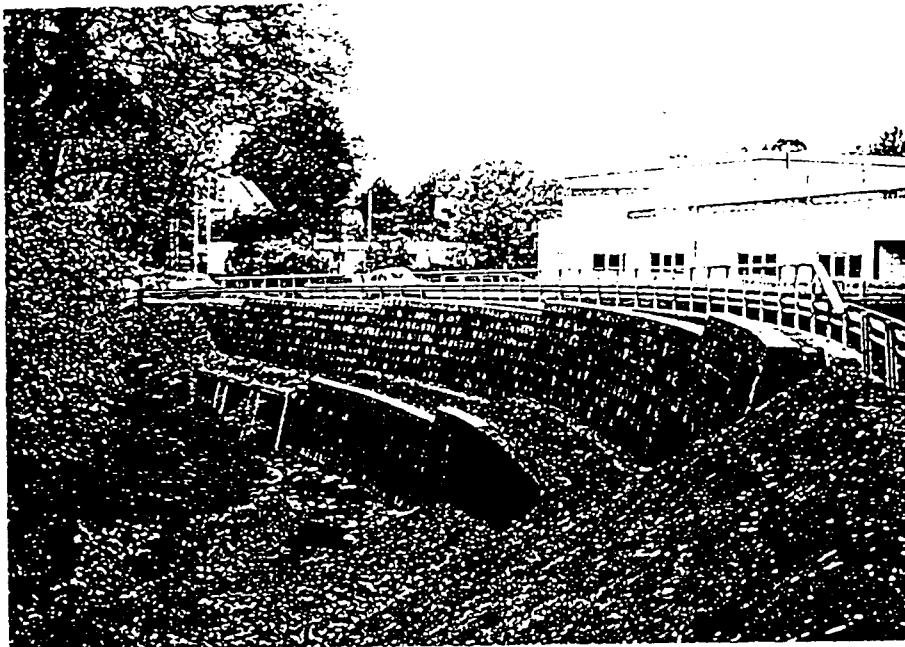
Design methods have been developed from this detailed appreciation of the grid characteristics. Monitored structures have confirmed the suitability of these design methods which have been applied to a wide range of reinforced soil projects.

REINFORCED SOIL

Tensar SR and ER geogrids have been uniaxially orientated during manufacture to produce high strength in the direction of the roll length. SR geogrids are commonly used within reinforced soil walls, slip repairs and steep slopes whereas ER geogrids are used primarily to reinforce embankment foundations. The grids provide:

- *Substantial cost savings compared with traditional techniques*
- *Versatility to reinforce a wide range of fills including cohesive and aggressive soil in conjunction with a variety of facings (where appropriate)*
- *Design confidence arising from: proven performance in many parts of the world, well-established design procedures and a thorough knowledge of the material characteristics.*

REINFORCED SOIL Retaining Walls & Bridge Abutments

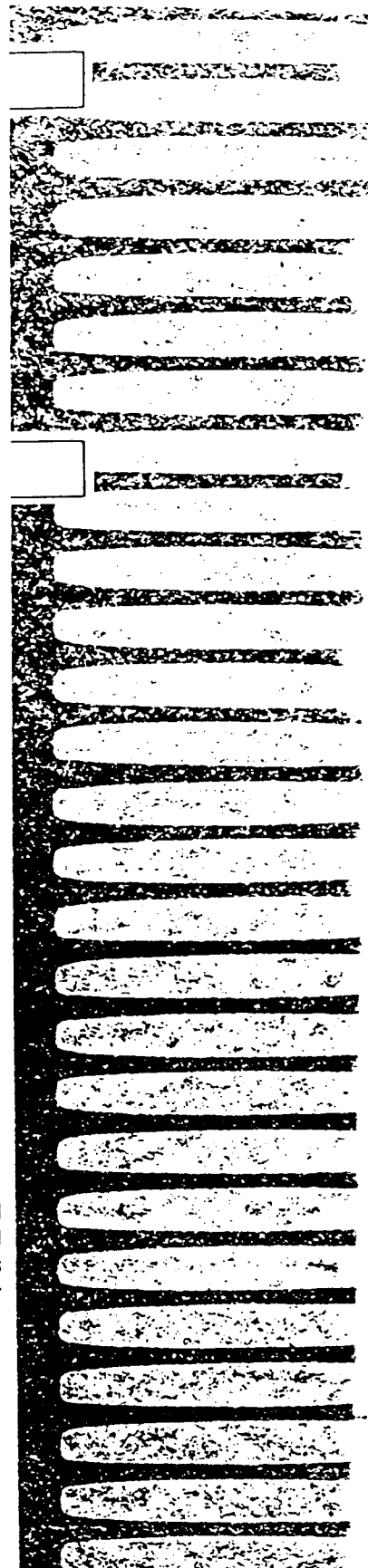


Tensar geogrids are the subject of an Agrément Certificate which satisfies the UK requirements for use in vertical retaining walls and bridge abutments with a design life of 120 years.

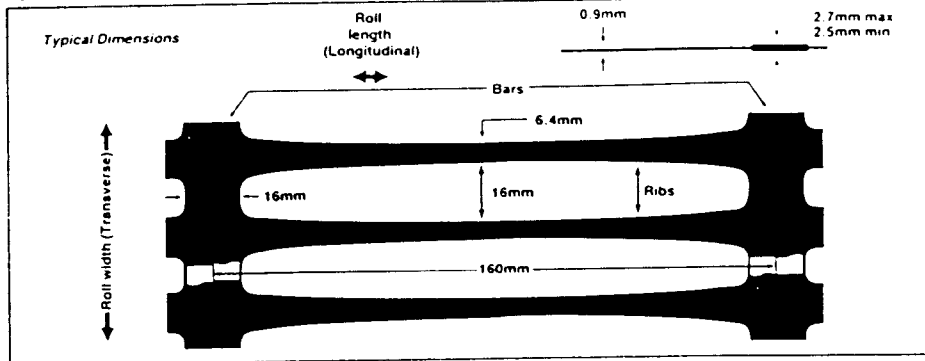
The **Characteristic Strength** quoted for the SR geogrids has been determined using data produced from long-term sustained loading tests. Designs based on an in-soil temperature of 10°C are suitable for temperate climates such as the UK and as recommended by the Department of Transport. The designer may choose a higher in-soil temperature for warmer climates.

The **Characteristic Strength in Service** is derived by the use of a single partial factor of safety which is soil dependent and has been determined by the results of extensive site trials.

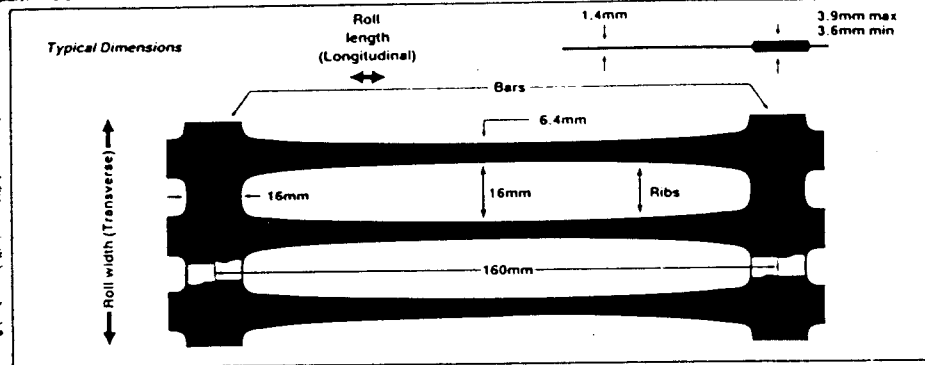
As there are many design variables associated with reinforced soil projects, Engineers are advised to contact one of Netlon's Area Civil Engineers or the appropriate distributor to receive design assistance.



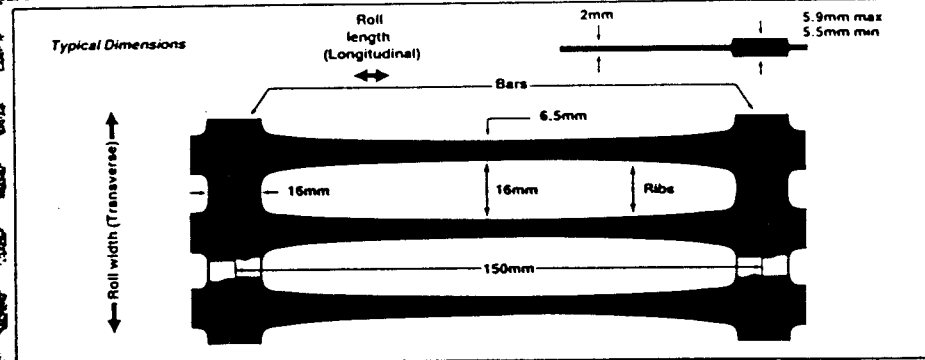
REINFORCED SOIL Retaining Walls & Bridge Abutments



TENSAR SR55 GEOGRID
 Polymer = High density polyethylene
 Weight = 0.5 kg/m²
 Quality Control Strength = 55 kN/m
 Characteristic Strength (longitudinal) [120 year design life]
 : 20.5 kN/m (in-soil temperature 20°C)
 : 22.0 kN/m (in-soil temperature 10°C)
 Roll dimensions: 30 x 1 m



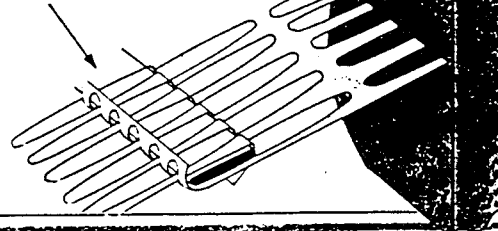
TENSAR SR80 GEOGRID
 Polymer = High density polyethylene
 Weight = 0.7 kg/m²
 Quality Control Strength = 80 kN/m
 Characteristic Strength (longitudinal) [120 year design life]
 : 30.5 kN/m (in-soil temperature 20°C)
 : 32.5 kN/m (in-soil temperature 10°C)
 Roll dimensions: 30 x 1 m



TENSAR SR110 GEOGRID
 Polymer = High density polyethylene
 Weight = 1.1 kg/m²
 Quality Control Strength = 110 kN/m
 Characteristic Strength (longitudinal) [120 year design life]
 : 42.0 kN/m (in-soil temperature 20°C)
 : 45.0 kN/m (in-soil temperature 10°C)
 Roll dimensions: 30 x 1 m

Typical detail to provide a full strength SR bodkin joint

Tensar Bodkin



TENSAR BODKIN

Polymer = High density polyethylene

Typical dimensions:
 1000 x 40 x 60mm

REINFORCED SOIL Retaining Walls & Bridge Abutments

Tensar geogrids permit the use of a wide variety of fill materials and facing details in the construction of reinforced soil retaining walls.

The horizontal grid layers provide the structural stability whilst the facing contains the fill and provides a suitable aesthetic appearance.

Reinforced soil structures have a high tolerance to differential settlement thereby avoiding the requirement for expensive foundations.



(1) Concrete planks and steel stanchions allow the construction of detached masonry facings.

(2) Designs for the grids in temporary works frequently exploit sand bags and the wraparound face detail.

Wall facings can be *hard*, such as full height concrete panels, smaller modular concrete elements, timber, brick, stone or gabions. Alternatively, low cost *soft* facings can be formed by wrapping the grid layers up the face around successive lifts. The face can be detailed to provide vegetation.

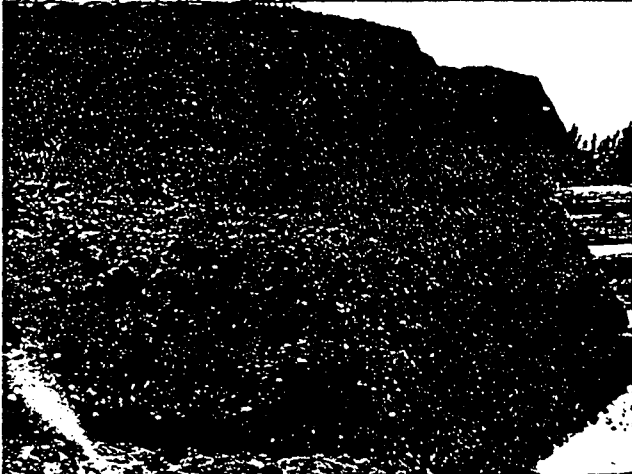
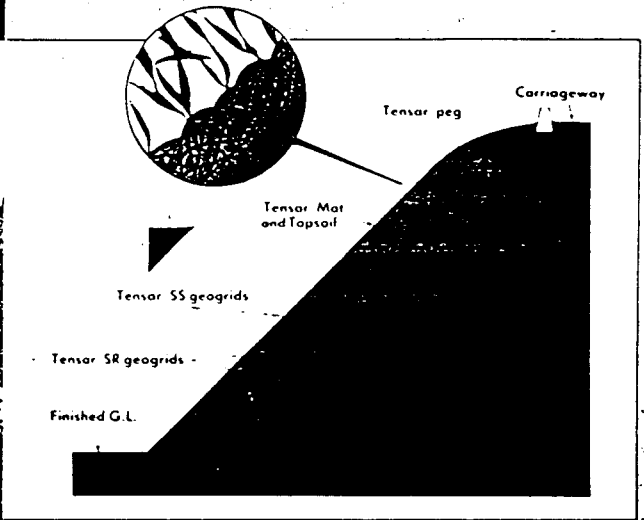
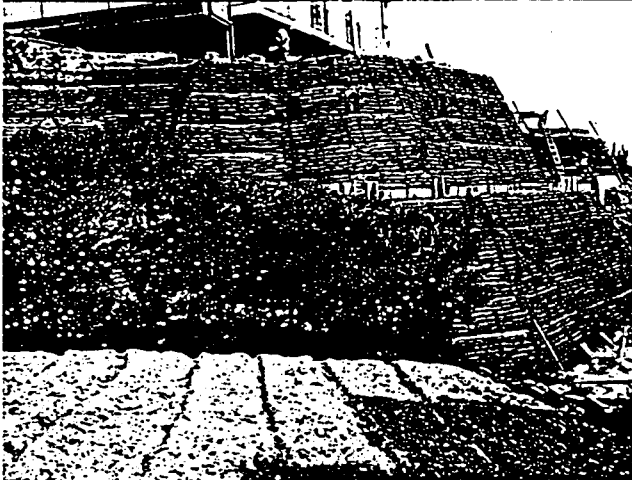
Design guidelines and computer programs have been developed to assist engineers in deriving the most economical designs for vertical retaining walls.

REINFORCED SOIL Steep Slopes



Rising land prices, the scarcity of good quality fill and the need to widen existing highways provide incentives to steepen slopes and to utilise *marginal* fills. Tensar geogrids may be used to steepen embankment slopes up to 90°. A face support is required for slope angles between 45° and 90°. The grids can be wrapped around successive lifts of fill, removing the need for rigid facings.

Steep reinforced slopes for blast traverses around ammunition stores and environmental/noise bunds adjacent to roads have been constructed using this technique.



A 'green' finish is often more desirable for both economical and environmental reasons

In general Tensar geogrid reinforced slopes shallower than 45° do not require the wraparound detail to provide local face stability.

In such cases Tensar Mat is usually installed at the face, at the time of the final topsoiling operation, to resist surface erosion, accelerate germination and promote the growth of healthy vegetation.

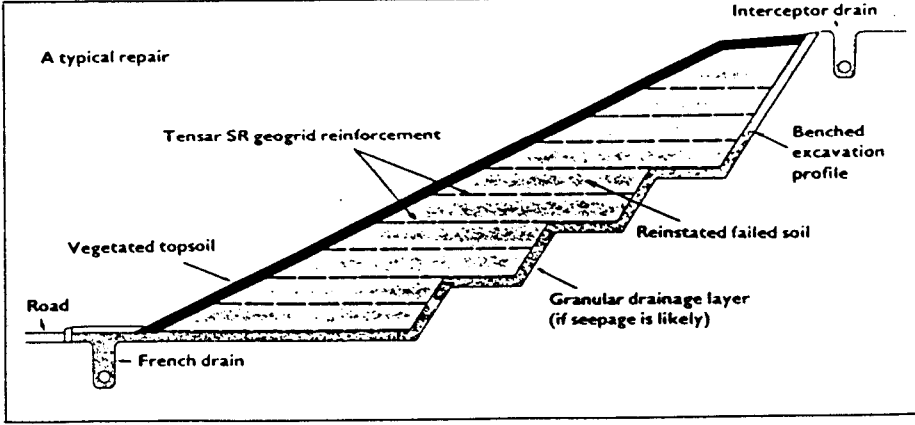
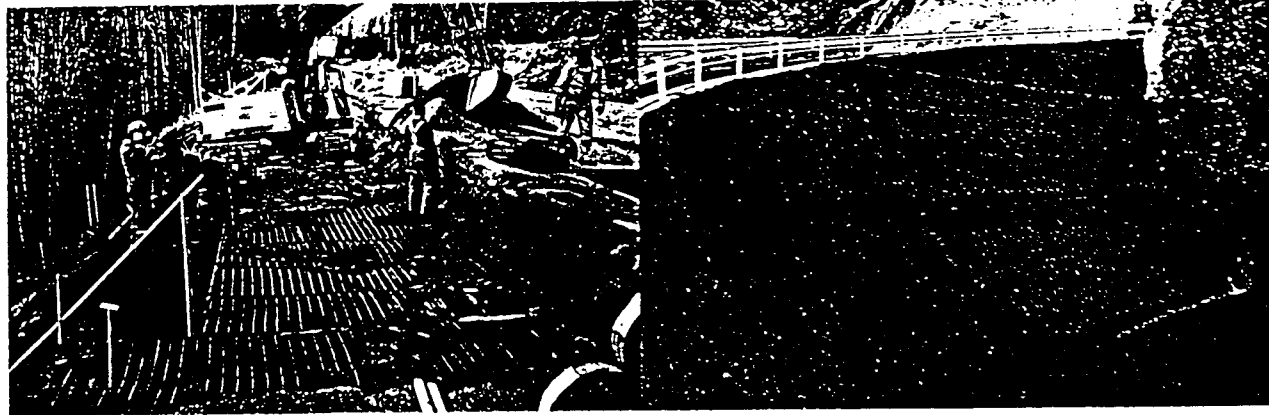


REINFORCED SOIL Repair of Slips and Landslides

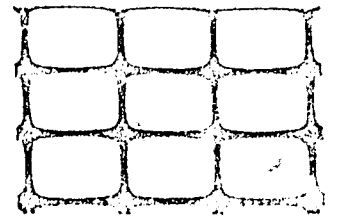
Traditionally, engineers have reinstated slips by excavation and disposal of the failed cohesive soil and substitution with a granular fill. Re-use of the slipped soil, reinforced with **Tensar** geogrids to intersect potential failure surfaces, has enabled repairs to be carried out at a quarter of the traditional cost and with the minimum of disruption to traffic.



Granular drainage layers may be incorporated within the repair to further enhance stability. The addition of lime will aid handling of particularly wet clay fills without affecting the performance of the grid.



Tensar SR80 geogrids



Tensar

Specification

'Tensar' SR80 geogrids are designed for reinforcing soils. e.g. in the construction of embankments and retaining walls.

Roll dimensions

Length: 30m
Width: 1m
Approx. Diameter: 0.32m
Approx. Weight: 23kg

Physical properties of the grids

Weight: 0.7kg/m²
Colour: Black

⊙ The suggested characteristic strength of 'Tensar' SR80 for a design life of 120 years at 10°C is $f_k \approx 32.5 \text{ kN/m}$.

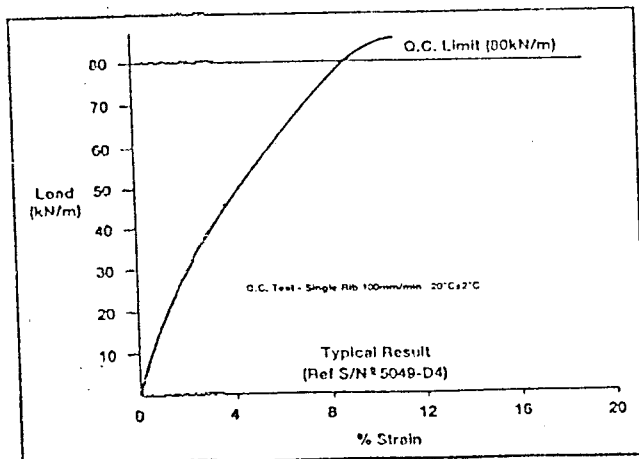
⊙ The strength of the junctions between the longitudinal ribs and transverse bars, as determined by the Geosynthetics Research Institute, Drexel University, USA, Test Method GG2-87, is not less than 100% of the Quality Control Strength.

⊙ To provide continuity of strength between successive rolls of 'Tensar' SR80 a 40mm x 6mm x 1050mm polyethylene bodkin should be used.

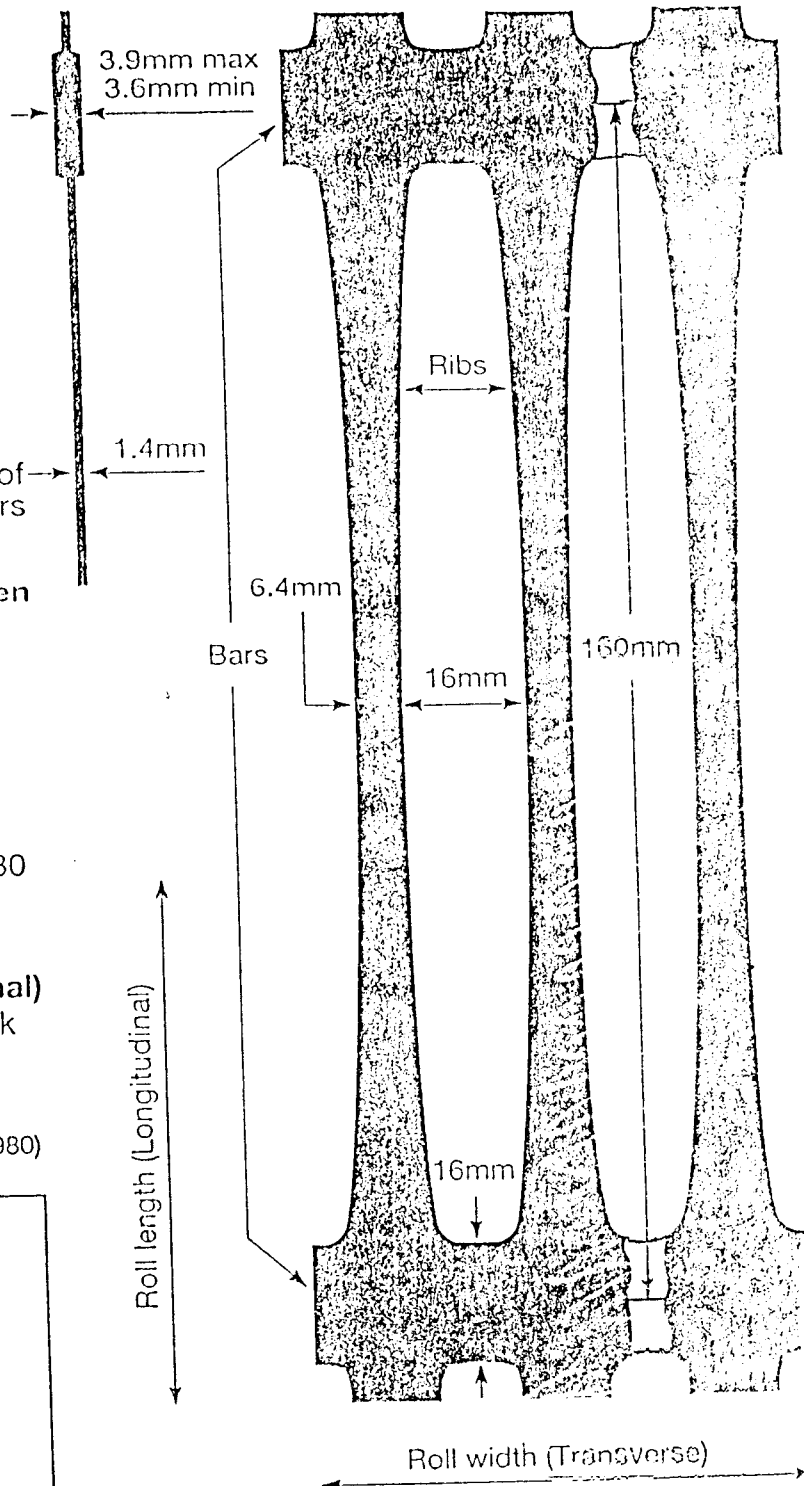
Quality Control Properties (Longitudinal)

*Quality Control Strength (kN/m)	Approx. Peak Strain (%)
80.0	11.2

*Determined as a 95% lower confidence limit in accordance with BS2846 Part 2 1981 (ISO2602 1980)



Typical dimensions



Constituent Polymer – Physical and Chemical Properties

Vicat Softening Point (°C)

BS 2782
Method 120 A, 1976

121

Shore Hardness (D)

65

Ultra violet light (u.v.) stability

'Tensar' SR80 is manufactured from high density polyethylene and long-term protection from ultra violet attack is provided by incorporating the optimum quantity of finely divided carbon black.

Any section of this grid fully exposed to sunlight in temperate climates can be expected to retain 90% of its Quality Control Strength for a period in excess of 50 years.

Chemical resistance

These products are inert to all chemicals naturally found in soils. They are not attacked by aqueous solutions of salts, acids and alkalis. They have no solvents at ambient temperature.

More detailed information on the effect of a particular chemical can be provided on request.

Biological resistance

High density polyethylene is not a nutrient medium for micro-organisms and is, therefore, not affected by them.

Service temperature range

These products have a maximum service temperature range from -50°C to +80°C.

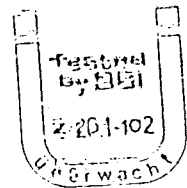
The 'Tensar' Division of Netlon Limited has been issued with Certificate of Registration - Number Q5288, by the British Standards Institution System for the Registration of Firms of Assessed Quality in recognition of its quality assurance system.



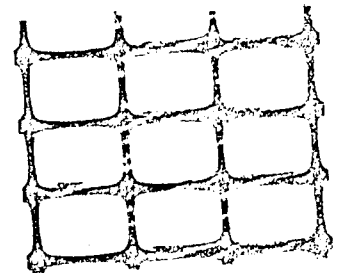
BS 5750 Part 2
Certificate No. Q5288
ISO 9002 EN29002



TENSAR SR2, SR55,
SR80 AND SR110
GEOGRIDS



Further detailed information on the range of 'Tensar' Geogrids including design and construction guidelines, case studies, test methods and properties can be obtained from Netlon Limited.



Tensar

Netlon Limited, Kelly Street, Blackburn, BB2 4PJ, England.
Tel: (0254) 62431. Telex: 63313. Telefax: (0254) 680008

'Netlon' and 'Tensar' are the registered trademarks of Netlon Limited in the UK and other countries.