

TUGAS AKHIR
STUDI PUSTAKA
PENGUNAAN GEOTEKSTIL
PADA PONDASI KOLOM PASIR VERTIKAL
DI TANAH KOHESIF



Disusun Oleh :

TEDY SETIAWAN SUKARNO

No. Mhs. : 92 310 128
NIRM : 92 0051013114120 128

HERLY SULISTYO

No. Mhs. : 94 310 025
NIRM : 94 0051013114120 025

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998**

TUGAS AKHIR
STUDI PUSTAKA
PENGGUNAAN GEOTEKSTIL
PADA PONDASI KOLOM PASIR VERTIKAL
DI TANAH KOHESIF

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

Disusun Oleh :

TEDY SETIAWAN SUKARNO

No. Mhs. : 92 310 128

NIRM : 92 0051013114120 128

HERLY SULISTYO

No. Mhs. : 94 310 025

NIRM : 94 0051013114120 025

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998

TUGAS AKHIR
STUDI PUSTAKA
PENGGUNAAN GEOTEKSTIL
PADA PONDASI KOLOM PASIR VERTIKAL
DI TANAH KOHESIF

Disusun Oleh :

TEDY SETIAWAN SUKARNO

No. Mhs. : 92 310 128
NIRM : 92 0051013114120 128

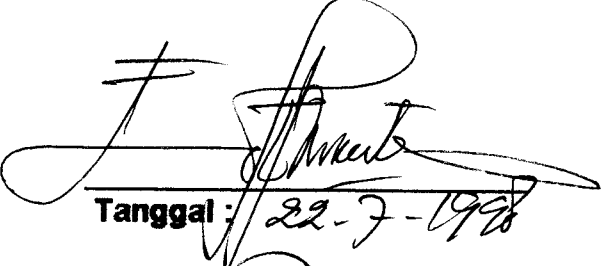
HERLY SULISTYO

No. Mhs. : 94 310 025
NIRM : 94 0051013114120 025

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

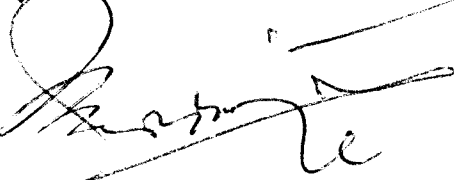
Dr. Ir. Edy Purwanto, CES. DEA.

Dosen Pembimbing


Tanggal : 22-7-1998

Ir. Ibnu Sudarmadji, MS.

Dosen Pembimbing


Tanggal : 22/7/98

*Kupersembahkan sebagai wujud cinta dan baktiku kepada kedua orang tua
dan seluruh anggota keluarga.*

*Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya.
Terima kasih kepada seluruh civitas akademika Universitas Islam Indonesia
dan semua pihak atas bantuan motivasi dan doanya.*

...baik dan benar itu ada di jalan Allah. sesungguhnya segala sesuatu yang dirahmkan Allah adalah yang terbaik bagi kita.

Kebenaran datangnya dari Allah dan kesalahan adalah kekhilafan kita sebagai manusia...

(Yogyakarta tercinta)

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalaamu 'alaikum Wr. Wb.

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta salawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.

Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai syarat dalam rangka menempuh jenjang Strata-1 (S1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Pada Tugas Akhir ini penyusun mengambil topik berhubungan dengan tanah yang berjudul "PENGUNAAN GEOTEKSTIL PADA PONDASI KOLOM PASIR VERTIKAL DI TANAH KOHESIF". Adapun Tugas Akhir ini dimaksudkan agar mahasiswa dapat mengembangkan ilmu dan pengetahuan yang telah diperolehnya selama mengikuti kuliah serta dapat menerapkannya di lapangan.

Selama penyusun mengerjakan Tugas Akhir, masih banyak hambatan dan permasalahan yang dihadapi terutama disebabkan terbatasnya pengetahuan yang kami miliki. Namun berkat bimbingan, bantuan dan pengarahan serta masukan-masukan dari berbagai pihak, alhamdulillah dapat teratasi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini perkenankanlah penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
2. Bapak Ir. Tadjuddin BMA., MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
3. Bapak Ir. Suharyatmo, MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
4. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, CES., DEA., selaku Dosen Pembimbing dan Penguji Tugas Akhir,
5. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji, MS., selaku Dosen Pembimbing dan Penguji Tugas Akhir,
6. Ibu Ir. Endang Tantrawati, MT., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir dalam Sidang Pendaran,
7. Rekan-rekan seprofesi dan semua pihak yang telah memberi masukan dan saran bagi kesempurnaan Tugas Akhir ini,

Akhirnya besar harapan penyusun agar Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penyusun sendiri dan pembaca pada umumnya. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan bagi kesempurnaan dan kemajuan ilmu pengetahuan struktur khususnya di lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Billahittaufiq walhidayah

Wassalaamu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juli 1998

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
ABSTRAKSI.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Umum	1
1.2 Latar Belakang Masalah.....	2
1.2.1 Pokok Masalah	4
1.3 Keaslian Penelitian.....	5
1.4 Tujuan	6
1.5 Manfaat	6
1.6 Batasan Masalah	6
1.7 Metodologi Penelitian	7
1.8 Hipotesa Penelitian.....	8

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Tanah.....	10
2.1.1 Umum.....	10
2.1.2 Klasifikasi Tanah.....	11
2.1.3 Ukuran Partikel Tanah.....	12
2.2 Tanah Kohesif (Lempung).....	13
2.2.1 Karakteristik Mineral Lempung	13
2.2.2 Sifat-sifat Umum Mineral Lempung.....	14
2.2.3 Kadar Air dalam Lempung.....	17
2.3 Kuat Geser Tanah.....	20
2.4 Konsolidasi Tanah Lempung.....	21
2.5 Drainasi Pasir Vertikal.....	25
2.5.1 Metode Drainasi Pasir	25
2.5.2 Susunan Drainasi Vertikal.....	26
2.6 Geosintetik	28
2.6.1 Umum.....	28
2.6.2 Penggunaan Geosintetik di Lapangan	41
2.7 Teori Geotekstil	42
2.8 Kapasitas Dukung Pondasi	44
 BAB III LANDASAN TEORI	 46
3.1 Definisi serta Hubungan antara Susunan Tanah	46
3.2 Konsolidasi.....	48

3.2.1 Konsolidasi Arah Vertikal	53
3.2.2 Konsolidasi Arah Horisontal	54
3.2.3 Konsolidasi Gabungan Arah Vertikal dan Arah Horisontal ..	56
3.2.4 Permeabilitas (<i>Permeability</i>)	56
3.2.5 Penurunan (<i>Settlement</i>)	57
3.2.6 Perhitungan Debit Air	58
3.3 Analisis Pondasi Tiang Pancang	59
3.3.1 Tinjauan Terhadap Tahanan Ujung (<i>End Bearing Pile</i>)	59
3.3.2 Tinjauan Terhadap Gaya Gesekan (<i>Friction Pile</i>)	61
3.3.3 Tinjauan Terhadap <i>End Bearing Pile</i> dan <i>Friction Pile</i>	62
3.3.4 Pondasi Tiang Kelompok	64

BAB IV ANALISIS STRUKTUR KOLOM PASIR VERTIKAL

DISELIMUTI GEOTEKSTIL	67
4.1 Data-data	67
4.2 Perhitungan Konsolidasi	68
4.2.1 Perhitungan Konsolidasi Susunan Bujur Sangkar	69
4.2.2 Perhitungan Konsolidasi Susunan Segi Tiga	87
4.2.3 Superposisi Grafik Konsolidasi Susunan Bujur Sangkar dan Susunan Segi Tiga	104
4.3 Perhitungan Kapasitas Dukung Pondasi	108
4.3.1 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Tunggal	109
4.3.2 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Kelompok	112

BAB V PEMBAHASAN	122
5.1 Konsolidasi.....	122
5.1.1 Hubungan Antara Diameter (d) dengan Waktu Konsolidasi (t_v dan t_r).....	122
5.1.2 Hubungan Antara Diameter (d) dengan Tebal <i>Sand Blanket</i> (h).....	124
5.2 Kapasitas Dukung Pondasi	125
5.2.1 Hubungan Antara Diameter (d) dengan P_t dan Q pada Tiang Tunggal.....	125
5.2.2 Hubungan Antara Diameter (d) dengan Kapasitas Dukung Tiang Kelompok (Q_{pg}).....	126
5.2.3 Hubungan Antara Diameter (d) dengan Kapasitas Dukung Satu Tiang (Q) dalam Tiang Kelompok (Q_{pg}).....	127
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	128
6.1 Kesimpulan	128
6.2 Saran-saran.....	129
DAFTAR PUSTAKA	130
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
2.1	Sistem Klasifikasi Tanah ASTM D 2487-66T	12
2.2	Batas Ukuran Golongan Tanah	13
2.3	Tingkat <i>Swelling Pressure</i> (Chen, 1975)	15
2.4	Aktifitas Meneral Lempung (Mitchel, 1987).....	16
2.5	Tingkatan Plastisitas Tanah Menurut Burmsiter	18
2.6	Tingkatan Plastisitas Tanah Menurut Atterberg.....	18
2.7	Diskripsi Konsistensi Lempung Berdasarkan Kompresi (Terzaghi, 1967).....	19
2.8	Rentang Nilai dari Beberapa Nilai Karakteristik Teknis Geosintetik yang ada di Lapangan (Exxon, 1990).....	40
2.9	Hubungan Antara Bentuk dan Fungsi Geosintetik (Exxon, 1990)	42
3.1	Definisi dan Istilah-istilah dalam Tanah (Wesley, 1977)	46
3.2	Hubungan Antara U_v dan T	49
3.3	Harga T_r untuk Beberapa Nilai U_r dan n (Daruslan, 1994)	56
3.4	Harga $N_{c\epsilon}$ untuk H/B Menurut Skempton, 1951.....	66
4.1	Permeabilitas dan Ketebalan Susunan Bujur Sangkar Tanpa Geotekstil	69
4.2	Perhitungan Waktu Konsolidasi Susunan Bujur Sangkar Tanpa Geotekstil	75

4.3	Perhitungan Tebal <i>Sand Blanket</i> Susunan Bujur Sangkar Tanpa Geotekstil	78
4.4	Permeabilitas dan Ketebalan Susunan Bujur Sangkar Dengan Geotekstil	79
4.5	Perhitungan Waktu Konsolidasi Susunan Bujur Sangkar Dengan Geotekstil	83
4.6	Perhitungan Tebal <i>Sand Blanket</i> Susunan Bujur Sangkar Dengan Geotekstil	86
4.7	Permeabilitas dan Ketebalan Susunan Segi Tiga Tanpa Geotekstil.....	87
4.8	Perhitungan Waktu Konsolidasi Susunan Segi Tiga Tanpa Geotekstil	92
4.9	Perhitungan Tebal <i>Sand Blanket</i> Susunan Segi Tiga Tanpa Geotekstil....	95
4.10	Permeabilitas dan Ketebalan Susunan Segi Tiga Dengan Geotekstil	96
4.11	Perhitungan Waktu Konsolidasi Susunan Segi Tiga Dengan Geotekstil..	100
4.12	Perhitungan Tebal <i>Sand Blanket</i> Susunan Segi Tiga Dengan Geotekstil .	103
4.13	Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Tunggal.....	112
4.14	Kapasitas Dukung Tiang Kelompok 2 x 2.....	114
4.15	Kapasitas Dukung Tiang Kelompok 3 x 3.....	117
4.16	Kapasitas Dukung Tiang Kelompok 4 x 4.....	119
4.17	Kapasitas Dukung Tiang Kelompok 5 x 5.....	121

DAFTAR GAMBAR

No.	Gambar	Halaman
1.1	Struktur Drainasi Pasir Vertikal (Hardiyatmo H. C., 1994)	3
1.2	Struktur Pondasi Kolom Pasir Vertikal yang Dibungkus Dengan Geotekstil	4
2.1	Susunan Bujur Sangkar Drainasi Vertikal (Daruslan, 1994)	27
2.2	Susunan Segi Tiga Drainasi Vertikal (Daruslan, 1994)	27
2.3	Peran dan Fungsi Geosintetik Ditinjau dari Segi Teknik Sipil (Suryolelono, 1991).....	29
2.4	Benang Penyusun Geotekstil (Koerner, 1985).....	30
2.5	Gabungan Dua Set Benang-benang Paralel yang Membentuk Struktur Bidang (Koerner, 1985)	31
2.6 a.	Geotekstil Hasil Proses Penjaruman	32
2.6 b.	Geotekstil Hasil Proses Ikatan Leleh	32
2.7	Geotekstil Tipe Geogrid (Koerner, 1985)	33
2.8	Geotekstil Komposit (Koerner, 1985).....	35
2.9	Perilaku Geotekstil pada Pondasi Kolom Pasir Vertikal	43
3.1	Diagram Susunan Tanah (Daruslan, 1994)	47
3.2	Mekanisme Daya Dukung Tiang (Sosrodarsono, 1983).....	64
3.3	Jarak Antara Tiang dalam Kelompok.....	66
4.1	Susunan Bujur Sangkar Drainasi Vertikal	69
4.2	Kolom Pasir Vertikal Tanpa Geotekstil Susunan Bujur Sangkar	70

4.3	Kolom Pasir Vertikal Dengan Geotekstil Susunan Bujur Sangkar.....	79
4.4	Susunan Segi Tiga Sama Sisi Drainasi Vertikal	87
4.5	Kolom Pasir Vertikal Tanpa Geotekstil Susunan Segi Tiga	88
4.6	Kolom Pasir Vertikal Dengan Geotekstil Susunan Segi Tiga.....	96
4.7	Tiang Tunggal	109
4.8	Tiang Kelompok 2 x 2	113
4.9	Tiang Kelompok 3 x 3	115
4.10	Tiang Kelompok 4 x 4	117
4.11	Tiang Kelompok 5 x 5	120

DAFTAR GRAFIK

No.	Grafik	Halaman
2.1	Kekuatan Geser Tanah (Soedarmo & Purnomo, 1997).....	21
2.2	Fase Proses Konsolidasi (Daruslan, 1994).....	24
2.3	Hubungan Antara Derajat Konsolidasi Rata-rata dan Faktor Waktu (Dunn, Anderson, Kiefer, 1992).....	25
3.1	Hubungan $S - \log t$ (Daruslan, 1994)	49
3.2	Cara Mencari R_s (Daruslan, 1994).....	50
3.3	Hubungan S dan \sqrt{t} (Daruslan, 1994).....	51
3.4	Hubungan $S - \sqrt{t}$ (Daruslan, 1994)	52
4.1	Perbandingan Waktu Konsolidasi (t_v dan t_r) Susunan Bujur Sangkar dengan Susunan Segi Tiga Tanpa Geotekstil	104
4.2	Perbandingan Waktu Konsolidasi (t_v dan t_r) Susunan Bujur Sangkar dengan Susunan Segi Tiga Dengan Geotekstil	104
4.3	Perbandingan Waktu Konsolidasi (t_v dan t_r) Susunan Bujur Sangkar Dengan Geotekstil dan Tanpa Geotekstil	105
4.4	Perbandingan Waktu Konsolidasi (t_v dan t_r) Susunan Segi Tiga Dengan Geotekstil dan Tanpa Geotekstil	105
4.5	Perbandingan Tebal <i>Sand Blanket</i> pada Susunan Bujur Sangkar dan Segi Tiga Tanpa Geotekstil	106

DAFTAR NOTASI

ϕ	=	Sudut Geser Dalam Tanah
τ	=	Tegangan Geser
C	=	Kohesi Tanah
c	=	Harga <i>Cleef</i> Rata-rata
σ	=	Tegangan Tanah
σ_p	=	Tegangan Efektif Akibat Pembebanan
γ	=	Berat Volume Tanah
γ_w	=	Berat Volume Air
k_z	=	Permeabilitas Ekuivalen Arah z
k_x	=	Permeabilitas Ekuivalen Arah x
k	=	Permeabilitas Efektif
K	=	Perbandingan Antara Gaya Pelekatan dengan Kohesi Tanah
U	=	Derajat Konsolidasi Gabungan
U_v	=	Derajat Konsolidasi Arah Vertikal
U_r	=	Derajat Konsolidasi Arah Horisontal/Radial
T_v	=	Faktor waktu Konsolidasi Arah Vertikal
T_r	=	Faktor waktu Konsolidasi Arah Horisontal/Radial
C_v	=	Koefisien Konsolidasi Arah Vertikal
C_h	=	Koefisien Konsolidasi Arah Horisontal
t	=	Waktu Konsolidasi

S	=	Penurunan Maksimum
m_v	=	Koefisien Perubahan Volume
H	=	Panjang Lintasan Drainasi Vertikal
h	=	Tebal <i>Sand Blanket</i>
L	=	Panjang Tiang yang Masuk Dalam Tanah
l	=	Lebar Total Lapisan
Z	=	Ketebalan Total Lapisan
R	=	Jari-jari Pengaruh
a	=	Jarak Antara Kolom
Q	=	Daya Dukung Satu Tiang
Q_t	=	Daya Dukung Keseimbangan
Q_{pg}	=	Daya Dukung Ijin Tiang Kelompok
Q_a	=	Debit Air
v	=	Kecepatan Aliran
i	=	Gradien Hidrolik
d	=	Diameter Tiang
A	=	Luas Kelompok Tiang
A_t	=	Luas Penampang Tiang
B	=	Lebar Kelompok Tiang
Y	=	Panjang Kelompok Tiang
N_c	=	Faktor Daya Dukung Pondasi
SF	=	Angka Keamanan (<i>Safety Factor</i>)

DAFTAR LAMPIRAN

- | No. | Nama Lampiran |
|-----|--|
| 1. | <i>Technical Data Polyfelt-TS Non-Woven Geotextile Product Range</i> |
| 2. | Hasil Penelitian Laboratorium Mekanika Tanah UII |
| | a. Penyondiran Tanah Godean |
| | b. Pengujian Konsolidasi Tanah |

ABSTRAKSI

Kolom pondasi pasir vertikal yang diselimuti geotekstil adalah suatu struktur gabungan antara kolom pasir dengan geotekstil yang berfungsi untuk mempercepat proses konsolidasi dan meningkatkan kapasitas dukungnya pada tanah kohesif.

Geotekstil adalah bagian dari geosintetik yaitu bahan-bahan sintetik yang biasa digunakan di lingkungan tanah untuk suatu konstruksi teknik. Geotekstil mempunyai fungsi sebagai perkuatan tanah, penyaringan, lapisan pemisah, pengendali erosi dan penyaluran air.

Studi Pustaka ini menganalisis kolom pondasi pasir vertikal yang ditinjau terhadap susunan bujur sangkar dan segitiga baik tanpa geotekstil maupun menggunakan geotekstil dengan variasi diameter (d) dan jarak antara kolom (a). Kapasitas dukung kolom pondasi pasir vertikal analisisnya dilakukan pada tiang tunggal dan tiang kelompok.

Hasil analisis menunjukkan secara garis besar bahwa semakin besar diameter kolom semakin lama waktu konsolidasi yang diperlukan baik pada susunan bujur sangkar maupun segitiga. Waktu konsolidasi susunan segitiga lebih cepat dibandingkan dengan susunan bujur sangkar. Penggunaan geotekstil mempercepat proses konsolidasi dan meminimalkan kebutuhan "sand blanket". Kapasitas dukung kolom pondasi pasir vertikal satu tiang dalam tiang kelompok semakin kecil bila jumlah tiang dalam tiang kelompok semakin banyak, demikian pula semakin besar diameter dan jumlah tiang pada tiang kelompok tersebut.

4.6	Perbandingan Tebal <i>Sand Blanket</i> pada Susunan Bujur Sangkar dan Segi Tiga Dengan Geotekstil.....	106
4.7	Perbandingan Tebal <i>Sand Blanket</i> pada Susunan Bujur Sangkar Dengan Geotekstil dan Tanpa Geotekstil	107
4.8	Perbandingan Tebal <i>Sand Blanket</i> pada Susunan Segi Tiga Dengan Geotekstil dan Tanpa Geotekstil	107
4.9	Hasil Penyondiran Tanah Godean	110
5.1	Hubungan Diameter (d) terhadap t_v dan t_r pada Susunan :	
	a. Segi Tiga Dengan Geotekstil.....	123
	b. Bujur Sangkar Dengan Geotekstil.....	123
	c. Segi Tiga Tanpa Geotekstil	123
	d. Bujur Sangkar Tanpa Geotekstil	123
5.2	Hubungan Diameter (d) terhadap h pada Susunan :	
	a. Segi Tiga Dengan Geotekstil.....	124
	b. Bujur Sangkar Dengan Geotekstil.....	124
	c. Segi Tiga Tanpa Geotekstil	124
	d. Bujur Sangkar Tanpa Geotekstil	124
5.3	Hubungan Diameter (d) terhadap P_t dan Q Tiang Tunggal	125
5.4	Perbandingan Kapasitas Dukung Tiang Kelompok (Q_{Pg}).....	126
5.5	Perbandingan Kapasitas Dukung Satu Tiang (Q).....	127

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Umum

Secara umum struktur bangunan yang ada di atas tanah dibangun pada suatu sistem pondasi, baik itu pada permukaan atau di bawah permukaan tanah. Terdapat beberapa jenis sistem pondasi dan pemilihan jenis yang cocok bagi struktur tertentu maupun penentuan kondisi tanah bawah permukaan. Beberapa hal yang perlu menjadi pertimbangan yaitu studi alternatif ekonomis, harga bahan-bahan, tenaga kerja serta hal-hal lain seperti pengendalian air tanah, cara-cara mengatasi agar seminimal mungkin kerusakan pada bangunan didekatnya dan waktu yang diperlukan untuk pembangunan.

Secara garis besar, pondasi dapat digolongkan sebagai pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi-pondasi ini digunakan untuk menyebarkan beban kolom atau dinding yang sangat terpusat pada lapisan tanah dekat permukaan atau menahan semua beban yang berkerja di atasnya. Dalam analisis desain pondasi terdapat banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasilnya. Faktor-faktor tersebut misalnya, kondisi tanah yang berlapis-lapis, tingginya kadar air dalam tanah, kuat geser tanah dan lain-lainnya.

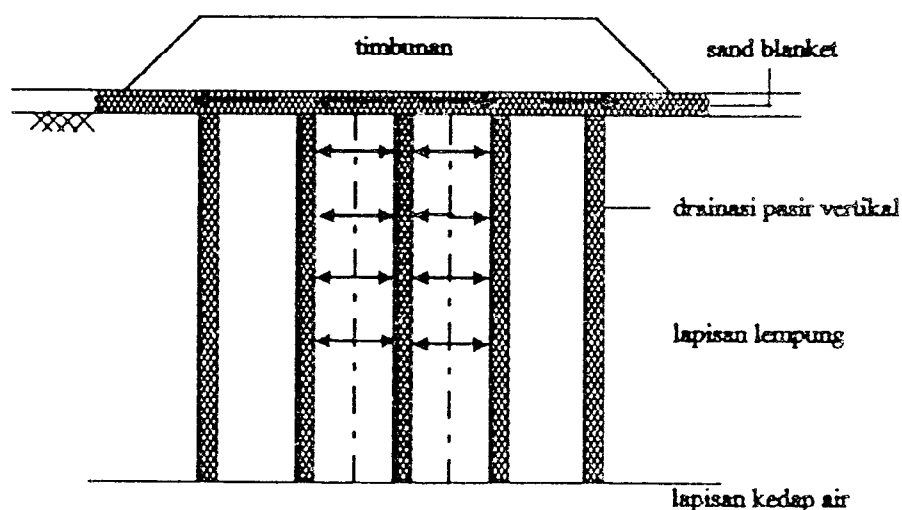
Perbaikan mutu tanah dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti pemadatan secara mekanik, *preloading* untuk mengeluarkan air pori, stabilisasi tanah secara kimia (kapur, semen) dan dengan bahan perkuatan.

1.2 Latar Belakang Masalah

Pembangunan di negara kita mengalami kemajuan yang sangat pesat, ditandai dengan pembangunan sarana dan prasarana untuk berbagai bidang. Pembangunan di bidang fisik erat kaitannya dengan kebutuhan lahan untuk lokasi pembangunan. Kita ketahui bersama bahwa dewasa ini ketersediaan lahan terbatas, kenyataan ini bisa kita lihat dengan tingginya harga tanah di perkotaan, adanya reklamasi pantai dan pengembangan perkotaan ke daerah pinggiran. Dalam menghadapi permasalahan ini kita mencoba mencari pemecahannya, salah satunya adalah memanfaatkan lahan tanah kohesif yang dulunya dihindari untuk pembangunan gedung atau yang lainnya karena daya dukung tanahnya yang relatif kurang baik. Permasalahan yang kita hadapi sekarang adalah tanah kohesif mudah sekali terkonsolidasi yang mengakibatkan penurunan. Untuk itu diperlukan suatu cara untuk mempercepat proses konsolidasi yang terjadi sehingga penurunan sesuai yang diharapkan.

Partikel-partikel tanah akan mengalami deformasi karena beban dan bila deformasi terjadi pada bagian-bagian yang tidak sama dari bangunan dapat menyebabkan tegangan yang berlebihan dalam bagian-bagian bangunan tersebut. Keadaan ini akan menimbulkan suatu keruntuhan struktural. Bilamana suatu lapisan tanah mengalami tambahan beban di atasnya, maka air pori akan mengalir

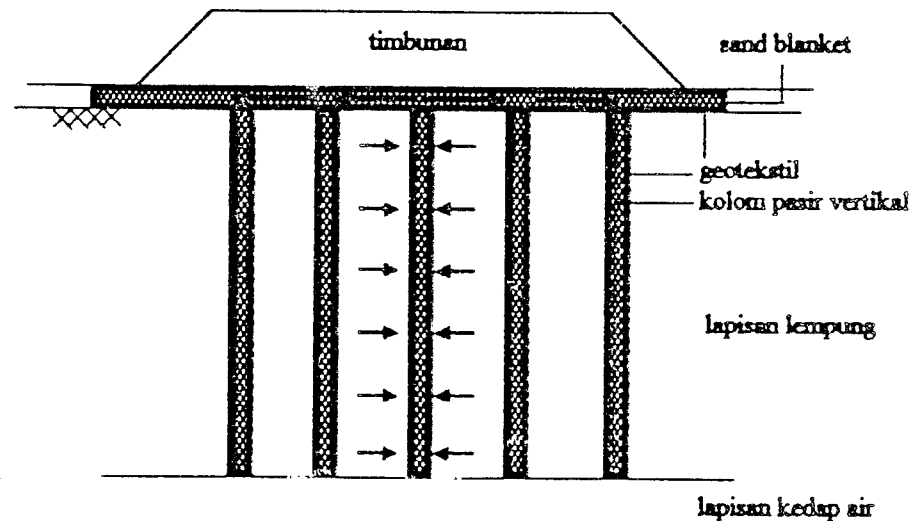
dari lapisan tersebut dan volumenya akan menjadi lebih kecil, yaitu akan terjadi konsolidasi. Kecepatan konsolidasi yang rendah pada tanah-tanah kohesif seperti lempung, lanau dan tanah yang mudah mampat lainnya, dapat dipercepat dengan menggunakan drainasi pasir yang ditanam secara vertikal. Drainasi pasir ini memberikan lintasan air pori yang lebih pendek ke arah horisontal sehingga akan menambah kecepatan proses konsolidasi. Proses konsolidasi ini yang mempercepat pula kenaikan kuat geser tanah asli dan penurunannya.



Gambar 1.1 Struktur drainasi pasir vertikal (Hardiyatmo H. C., 1994)

Penggunaan geotekstil sebagai bahan dalam pondasi kolom vertikal ini akan memberikan perbaikan tanah dengan berbagai cara. Sejumlah anyaman dari bahan sintetis yang digunakan untuk pembuatan geotekstil dapat ditenun atau dirajut. Geotekstil dipakai sebagai lapisan untuk memperkuat massa tanah. Dalam bentuk lembaran geotekstil digunakan untuk membuat bagian tanah menjadi tahan terhadap air, mengontrol erosi maupun sebagai *separator* tanah.

Dengan memperhatikan fungsi dan karakteristik geotekstil tersebut, geotekstil dicoba dipakai untuk proses konsolidasi tanah pada sistem kolom pasir vertikal. Kolom pasir vertikal diselimuti geotekstil pada proses konsolidasi di lapangan. Teknologi gabungan semacam ini diharapkan dapat memberikan hasil konsolidasi yang cepat dan konstan karena kolom pasir vertikal terhindar dari kerusakan yang disebabkan gaya lateral.



Gambar 1.2 Struktur pondasi kolom pasir vertikal yang dibungkus dengan geotekstil

1.2.1 Pokok Masalah

Permasalahan-permasalahan pokok yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

- a. bagaimana proses dan waktu konsolidasi yang diperlukan tanah untuk berkonsolidasi secara sempurna dengan menggunakan kolom pondasi pasir vertikal yang diselimuti dengan geotekstil.

- b. bagaimana kemampuan daya dukung pondasi kolom pasir vertikal ini yang analisisnya dianggap seperti tiang pancang (*friction pile*).

1.3 Keaslian Penelitian

Dalam penelitian Tugas Akhir dikenal ada beberapa macam cara untuk menentukan permasalahan yang akan diteliti. Penelitian awal adalah penelitian yang belum pernah dilakukan penelitian permasalahan ini sebelumnya, atau dengan kata lain penelitian ini dilakukan berdasarkan masalah baru yang muncul kemudian dihubungkan dengan teori-teori yang mendasarinya dan menentukan kesimpulan penyelesaian masalah tersebut.

Penelitian lanjutan adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dan dari kesimpulan hasil akhir penelitian tersebut ada beberapa masalah yang belum dapat terselesaikan serta disarankan melanjutkan penelitian tersebut untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang belum terpecahkan.

Penelitian Tugas Akhir ini dapat dikategorikan sebagai cara yang pertama, karena permasalahan mengenai kolom pondasi pasir vertikal yang diselimuti geotekstil ini baru pertama kali ini dilakukan dengan didasari teori-teori yang sudah ada baik itu dari literatur, brosur-brosur maupun Tugas Akhir mahasiswa yang ada hubungannya dengan permasalahan yang dihadapi.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperkenalkan penggunaan bahan geotekstil pada pondasi kolom pasir vertikal di daerah-daerah yang bertanah kohesif. Adapun tujuan lain yang akan dicapai dalam studi pustaka ini adalah :

1. mengetahui proses konsolidasi pada tanah kohesif,
2. mengetahui daya dukung pondasi kolom pasir vertikal yang dianggap seperti pondasi tiang pancang untuk menahan beban yang bekerja,
3. mengetahui hubungan antara faktor keamanan dengan daya dukung tanah, tegangan ijin pondasi, susunan kolom, diameter kolom dan jarak antara kolom,
4. mengetahui pemakaian geotekstil jenis tidak dianyam (*non woven*) di tanah kohesif.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini diharapkan memberikan pemahaman mengenai konsolidasi serta daya dukung kolom pasir vertikal yang dibalut dengan geotekstil. Manfaat lain yang diperoleh adalah menambah pengetahuan dan pemahaman tentang geosintetik dalam penggunaannya di bidang geoteknik serta menambah wawasan tentang ilmu Mekanika Tanah.

1.6 Batasan Masalah

Permasalahan mengenai tanah dan bahan geotekstil sangat kompleks. Dilihat dari jenisnya yang bermacam-macam tentunya mempunyai sifat dan karakteristik

sendiri-sendiri yang akan berpengaruh pada pembuatan kolom pondasi pasir vertikal. Oleh karena itu untuk menghindari banyaknya masalah yang mungkin akan terjadi maka perlu dilakukan pembatasan masalah. Adapun batasan masalah itu adalah sebagai berikut:

1. Jenis tanahnya adalah tanah kohesif, dalam hal ini diambil data dari tanah lempung asal Godean, Sleman, Yogyakarta.
2. Digunakan geotekstil jenis tidak dianyam (*non woven*) yang mempunyai permeabilitas arah vertikal dan arah horisontal.
3. Pondasi kolom pasir vertikal yang diselimuti dengan geotekstil ini merupakan satu kesatuan yang monolit, dalam analisisnya dianggap seperti tiang pancang dengan perhitungan sebagai pondasi *friction pile*.
4. Lapisan tanah kohesif yang kedap air pada ujung tiang bagian bawah dan lapisan tanah diasumsikan tidak ada air tanah.
5. Beban yang bekerja pada pondasi ini dianggap sebagai beban merata dalam satu kelompok tiang, serta kapasitas dukungnya ditinjau dengan susunan bujur sangkar.
6. Konsolidasi hanya terjadi dalam satu arah yaitu arah ke atas karena lapisan bawah tiang kedap air.

1.7 Metodologi Penelitian

Definisi metodologi penelitian adalah suatu metoda untuk membantu atau memandu peneliti tentang urutan-urutan bagaimana penelitian dilakukan.

Sedangkan prosedur penelitian memberikan kepada peneliti urutan-urutan pekerjaan yang harus dilakukan dalam suatu penelitian (M. Nazir, 1983).

Melihat dari definisi di atas maka banyak peneliti menggabungkan antara prosedur dan metoda penelitian. Secara garis besar metoda penelitian yang kami lakukan adalah :

1. Mengumpulkan data-data mengenai tanah kohesif (lempung), pasir dan geotekstil (*non woven*).
2. Mempelajari beberapa pustaka mengenai konsolidasi dan perancangan suatu pondasi.
3. Menentukan formasi dan jarak antara kolom pasir vertikal yang diselimuti dengan geotekstil.
4. Menghitung kemampuan daya dukung pondasi seperti tiang pancang (*friction pile*).
5. Menganalisis beban yang bekerja, menentukan jumlah kolom, diameter kolom, debit air serta tebal lapisan pasir di atasnya (*sand blanket*).
6. Mengadakan pembahasan mengenai permasalahan-permasalahan yang ada kemudian menyimpulkan penyelesaian permasalahan tersebut.

1.8 Hipotesa Penelitian

Hipotesa adalah jawaban sementara terhadap masalah penelitian yang menyatakan hubungan apa yang kita cari atau yang ingin kita pelajari dan merupakan dasar kerja serta panduan dalam melakukan penelitian. (M. Nazir, 1983)

Konsolidasi dapat dipercepat dengan menggunakan kolom pondasi pasir vertikal yang diselimuti dengan geotekstil. Geotekstil meningkatkan gaya geser antara tanah dengan kolom pondasi pasir vertikal sehingga penggunaan geotekstil akan meningkatkan kapasitas dukung pondasinya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1 Umum

Istilah tanah dalam pengertian teknik secara umum didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. (Das B. M., 1994)

Pembentukan tanah dari bahan induknya berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yaitu proses yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil yang terjadi akibat adanya pengaruh erosi, air, es, angin, manusia atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan cuaca atau suhu. Sedangkan pelapukan akibat proses kimia terjadi karena pengaruh oksigen, karbondioksida, air yang mengandung asam atau alkali dan proses kimia yang lain. (Hardiyatmo H. C., 1994)

Pengertian tanah dalam bidang mekanika tanah dimaksudkan adalah mencakup semua bahan/unsur tanah dari tanah lempung (*clay*) sampai berangkal (batu-batu yang besar), jadi semua endapan alam yang ada bersangkutan dengan Teknik Sipil kecuali batuan tetap. Semua macam tanah ini secara umum terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanahnya sendiri, air, dan udara yang terdapat dalam ruang antara butir-butir tersebut. (Wesley L. D., 1977)

Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas yang telah ditentukan, tetapi juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Misalnya lempung adalah jenis unsur tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis. (Hardiyatmo H. C., 1994)

2.1.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi digunakan untuk mengelompokkan tanah-tanah sesuai dengan perilaku umum dari tanah pada kondisi fisik tertentu. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasar satu kondisi-kondisi fisik tertentu bisa saja mempunyai urutan yang tidak sama jika didasarkan kondisi-kondisi fisik tertentu lainnya. Oleh karena itu, sejumlah sistem klasifikasi telah dikembangkan disesuaikan dengan maksud yang diinginkan oleh sistem itu. Selanjutnya mengenai klasifikasi tanah dapat dilihat dalam tabel 2.1, Sistem Klasifikasi Tanah ASTM D 2487-66T sebagai berikut.

rentang ukuran butiran tanah menurut beberapa spesifikasi dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Batas ukuran golongan tanah

Klasifikasi	Ukuran Butiran Tanah (mm)			
	Kerakal	Pasir	Lempau	Lempung
MIT	> 2	2,0 - 0,06	0,06 - 0,002	< 0,002
USDA	> 2	2,0 - 0,05	0,05 - 0,002	< 0,002
AASHTO	76,2 - 2,0	2,0 - 0,075	0,075 - 0,002	< 0,002
USCS	7,62 - 4,75	4,74 - 0,075	< 0,075	< 0,0075

2.2 Tanah kohefif (Lempung)

2.2.1 Karakteristik Mineral Lempung

Proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya, salah satu penyebab adalah air yang mengandung asam alkali, oksigen, dan karbondioksida. Pelapukan kimiawi menghasilkan pembentukan kelompok-kelompok partikel berukuran koloid (< 0,002 mm) yang dikenal sebagai mineral lempung.

Dari segi mineralnya, tanah lempung dipakai untuk menyebutkan partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat plastis pada tanah bila bercampur dengan air (Grim, 1953). Mineral lempung menunjukkan karakteristik gaya tarik menarik dengan air dan menghasilkan plastisitas yang tidak ditunjukkan oleh material lainnya walaupun material tersebut berukuran lempung.

Sumber utama mineral lempung adalah akibat pelapukan kimiawi dari batuan yang mengandung felsfar ortoklas $[K(Al)Si_3O_8]$, felsfar plagioklas

[Na(Al)Si₃O₈], dan mika [K(Al₂)Si₃Al(O₁₀)(OH)₄], yang semuanya dapat disebut silikat aluminium kompleks. Mineral lempung juga dapat terbentuk dari hampir setiap batuan selama terdapat cukup alkali tanah dan tanah alkalin untuk dapat membentuk reaksi kimia (Bowles J. E., 1983).

2.2.2 Sifat-Sifat Umum Mineral Lempung

1. Hidrasi

Partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air yang disebut air yang mengembun (*adsorbed water*). Permukaan mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga akan menarik kation-kation yang bermuatan positif. Air pori juga akan tertarik oleh mineral lempung karena air merupakan molekul dipole. Lapisan molekul air dengan permukaan lempung membentuk lapisan listrik ganda yang disebut difusi, lapisan ini mempunyai tebal dua molekul yaitu lapisan difusi (*diffuse layer*) dan difusi ganda (*double diffuse*).

Lapisan difusi ini dapat menarik molekul air atau kation disekitarnya sehingga partikel mineral lempung dapat menyerap air dalam jumlah besar (hidrasi). Gaya tarik antara partikel lempung dengan molekul air dan kation positif lainnya relatif kuat sehingga kohesif (Bowles J. E., 1983).

2. Sifat kembang susut

Pada umumnya mengenai sifat kembang susut dari mineral lempung sangat tergantung dari sifat-sifat plastisitasnya, semakin plastis mineral lempung akan

semakin mudah untuk mengembang dan menyusut. Sifat dari kembang susut mineral lempung sendiri adalah :

a. *Swelling pressure*

Swelling pressure adalah besar tekanan yang diperlukan untuk menahan pemuaian tanah sehubungan dengan pengaruh air, juga merupakan tekan yang diperlukan untuk memanfaatkan tanah yang mengalami suatu pemuaian hingga kembali pada keadaan kadar air mula-mula (Chen, 1975). *Swelling pressure* merupakan bentuk energi kinetik yang akan menyebabkan pengembangan pada tanah lempung, sedang tingkat *swelling pressure* sangat dipengaruhi oleh kandungan air dan kepadatan (Kerb, 1971), semakin padat tanahnya tingkat *swelling pressure* akan meningkat.

Tabel 2.3 Tingkat *swelling pressure* (Chen, 1975)

Persentase Saringan no. 200	Liquid Limit (%)	Tekanan Swelling (ksf)	Tekanan Swelling (kg/cm ²)	Tingkat Swelling
> 95	> 60	> 20	> 9,78	very high
60 - 90	40 - 60	5 - 20	2,445 - 9,78	high
30 - 60	30 - 40	3 - 5	1,467 - 2,445	medium
< 30	< 30	1	0,484	low

b. *Swelling potensial*

Mendefinisikan *swelling potensial* sebagai prosentase pemindahan ke arah lateral dimana sampel harus direndam dalam air dengan beban/tekanan yang lebih besar dari satu psi. *Swelling potensial* merupakan bentuk energi potensial yang menyebabkan pengembangan pada tanah lempung akibat pengaruh kadar air yang dikandungnya (Seed, 1975).

3. Aktifitas

Pengembangan tepi mineral lempung mempunyai daya netto negatif, ini mengakibatkan terjadinya usaha untuk menyeimbangkan muatan dengan tarikan kation (ion-ion positif). Aktifitas dapat digunakan pula untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang (*swelling*) dari tanah lempung. Pada sifat tanah lempung yang aktif akan berkaitan dengan perubahan volume sehingga akan menyerap air disekelilingnya menjadikan lempung bersifat plastis.

Tabel 2.4 Aktifitas mineral lempung (Mitchel, 1987)

Mineral	Aktifitas (A)
Montmorillonite	1 - 7
Illite	1,5 - 1
Kaolinite	0,5
Halloysite (2H ₂ O)	0,5
Halloysite (4H ₂ O)	0,1
Attapulgite	0,5 - 1,2
Allophane	0,5 - 1,2

4. Flokulasi dan Dispersi

Partikel lempung berbentuk lempeng-lempeng yang pipih, bulat dan memanjang akan mengendap secara individu. Lempung akan terdispersi apabila muatan negatif pada bagian permukaan lempung dan muatan positif pada bagian tepi (ujung) akan membentuk koloid dalam air, sehingga akan bekerja gaya tolak menolak antara partikel, gaya tarik menarik antara partikel-partikel (ikatan Van Der Waals) dan gaya gravitasi bumi. Gaya-gaya tersebut menyebabkan sebagian partikel mengendap dalam susunan terdispersi yang partikel-partikelnya

berorientasi sejajar, sebagian lainnya akan tinggal dalam larutan dan mengalami gerakan acak dari butiran koloid (gerakan Brown).

Gerakan Brown mengakibatkan beberapa partikel akan saling menempel antara bagian tepi yang bermuatan positif dan bagian permukaan yang bermuatan negatif sehingga partikel-partikel akan mengumpul dalam gumpalan besar. Keadaan ini menyebabkan gumpalan besar akan mengendap dan membentuk struktur terflokulasi.

5. Pengaruh Air

Air selain berpengaruh pada konsistensi mineral lempung juga berpengaruh pada sifat kohesi dan kekuatannya. Pada kadar air mula-mula keadaan kering tanah tanah lempung berbentuk padat dengan kekuatan yang tinggi. Apabila tanah lempung dipecah menjadi butiran-butiran yang kecil maka perilakunya akan bersifat tidak kohesif dan bila lempung tersebut ditambah dengan air kembali akan menjadi plastis sehingga kekuatannya akan lebih kecil bila dibandingkan dengan lempung dalam keadaan kering. Fenomena ini hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar, dan tidak terjadi pada cairan yang tidak bersifat dipolar. Dengan demikian air akan mempunyai pengaruh yang penting terhadap mineral lempung.

2.2.3 Kadar Air dalam Lempung

Konsistensi dari lempung dan tanah-tanah kohesif lainnya sangat dipengaruhi oleh kadar air dari tanah. Tingkatan plastisitas tanah dapat ditentukan apabila batas plastis dan batas cairnya telah diketahui. Tanah dianggap dalam

keadaan plastis apabila dapat dibentuk atau diolah menjadi bentuk baru tanpa retak-retak. Kadar air terendah di mana tanah dianggap dalam keadaan plastis disebut batas plastis dari tanah itu. Perbedaan antara batas plastis dan batas cair dapat ditentukan dengan indeks plastisitasnya (PI) yaitu:

$$PI = LL - PL \quad (2.1)$$

Harga batas cair lebih besar dari batas plastisnya, untuk tanah lempung harga batas cair maupun batas plastis tanah bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa harga-harga dari batas tersebut memungkinkan terjadinya susut pada proses menjadi kering. Harga plastis dari tanah dapat dilihat pada tabel 2.5 dan 2.6.

Tabel 2.5 Tingkatan plastisitas tanah menurut Burmsiter

Indeks Plastisitas	Tingkat Plastisitas
0	tidak plastis
1 - 5	sedikit plastis
5 - 10	plastis rendah
10 - 20	plastis sedang
20 - 40	plastis tinggi
> 40	sangat plastis

Tabel 2.6 Tingkatan plastisitas tanah menurut Atterberg

Indeks Plastisitas	Tingkat Plastisitas	Jenis Tanah
0	non plastis	pasir
$0 < PI < 7$	rendah	lanau
$7 < PI < 17$	sedang	lempung berlanau
$PI > 17$	sangat plastis	lempung/tanah liat

Keadaan konsistensi dari tanah alamiah (*natural*) dapat ditentukan dengan harga indeks kecairannya (*liquidity index*), yaitu dengan hubungan berikut :

$$LI = \frac{LN - LL}{PI} \quad (2.2)$$

Hubungan lain yang terkadang dipergunakan juga yaitu *indeks konsistensi* yang dinyatakan sebagai :

$$IC = \frac{LL - LN}{PI} \quad (2.3)$$

Harga LI mempunyai kadar air natural lebih besar dari batas cair di lapangan bila dibandingkan dengan harga IC, dimana kadar air lebih kecil dari batas cair. Tanah dalam keadaan plastis apabila harganya $0 < LI < 1,0$ dan tanah dalam keadaan cair atau hampir cair bila harga $IL \geq 1,0$ (Bowles, 1983).

Kekuatan kompresi (q_u) dari tanah lempung untuk menentukan harga-harga konsistensinya terdapat dalam tabel 2.7.

Tabel 2.7 Diskripsi konsistensi lempung berdasarkan kompresi (Terzaghi, 1967)

q_u (kg/cm ²)	Konsistensi
< 0,25	sangat lunak
0,25 - 0,50	lunak
0,50 - 1,00	sedang
1,00 - 2,00	kaku
2,00 - 4,00	sangat lunak
> 4,00	keras

2.3 Kuat Geser Tanah

Tanah dapat dianggap sebagai suatu bahan konstruksi teknik maka tanah diperhitungkan terhadap kuat gesernya untuk menahan semua beban yang bekerja di atasnya. Kuat geser tanah adalah kemampuan ultimit tanah melawan tegangan geser yang timbul akibat beban yang bekerja pada tanah tersebut.

Tanah dapat melawan geser dengan dua komponen, yaitu gesekan intern dan kohesi tanah. Menurut Coulomb kuat geser tanah dinyatakan :

$$\tau = C + \sigma \tan \varphi \quad (2.4)$$

Notasi :

$$\begin{aligned} \tau &= \text{tegangan geser,} & C &= \text{kohesi tanah,} \\ \varphi &= \text{sudut gesek dalam,} & \sigma &= \text{tegangan/tekanan normal.} \end{aligned}$$

Tanah lempung didefinisikan sebagai tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir-butirnya, sehingga dianggap tidak mempunyai gesekan intern ($\varphi=0$) kuat gesernya menjadi :

$$\tau = C \quad (2.5)$$

Untuk tanah non kohesif seperti pasir, kerikil tidak ada kohesi ($C=0$) sehingga kuat geser tanahnya :

$$\tau = \sigma \tan \varphi \quad (2.6)$$

Kuat geser menurut Coulomb ini disempurnakan oleh Hvorslev (1937) yang kemudian lebih dikenal dengan persamaan Coulomb-Hvorslev.

$$\tau = c' + \sigma' \tan \varphi' \quad (2.7)$$

Notasi :

τ = tegangan geser,

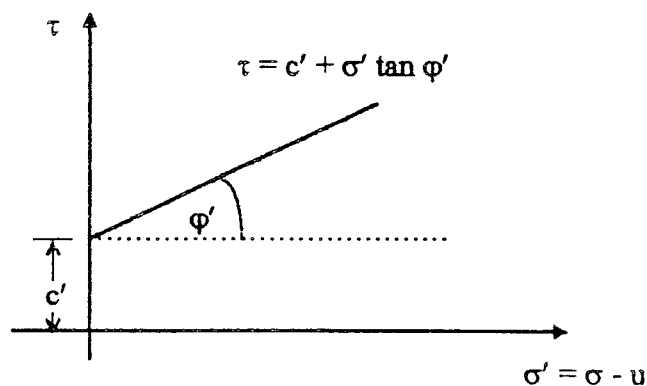
c' = kohesi tanah dalam kondisi tekanan efektif,

σ' = tekanan efektif

= $\sigma - u$, dengan u adalah tekanan air pori,

φ' = sudut gesek dalam tanah kondisi efektif.

Hubungan antara tegangan geser tanah (τ), kohesi (C) dan tekanan efektif (σ') tampak seperti grafik 2.1.



Grafik 2.1 Kekuatan geser tanah (Soedarmo & Purnomo, 1997)

2.4 Konsolidasi Tanah Lempung

Bilamana lapisan tanah jenuh yang berpermeabilitas rendah mengalami tambahan beban di atasnya, maka air pori akan mengalir dari lapisan tersebut dan volumenya akan menjadi lebih kecil, yakni akan terjadi konsolidasi (Wesley, 1977). Pada umumnya konsolidasi dapat terjadi dalam dua arah yaitu arah vertikal dan arah horisontal. Arah horisontal terjadi apabila beban yang bekerja pada tanah

pondasi tersebut dapat memberikan lintasan air pori ke arah horisontal, sedangkan arah vertikal terjadi dikarenakan tanah yang terkena beban tidak dapat bergerak dalam arah horisontal (ditahan oleh tanah sekelilingnya).

Pada waktu konsolidasi berlangsung, gedung atau bangunan di atas lapisan tersebut akan menurun (*settle*). Dalam bidang Teknik Sipil ada dua hal yang perlu diketahui mengenai penurunan itu, yaitu :

- a. Besarnya penurunan yang akan terjadi.
- b. Kecepatan penurunan tersebut.

Bilamana tanah terdiri dari lempung maka penurunan akan agak besar, karena itu lempung dikatakan mempunyai *high compressibility*. Penurunan pada lempung biasanya memakan waktu cukup lama, karena daya rembesan air sangat rendah. Menurut Dunn, Anderson, Kiefer (1992) penyebab utama dari lambatnya waktu penurunan dari tanah lempung adalah:

a. Keterlambatan hidrodinamik

Meskipun lapisan lempung mempunyai sedikit sifat kompresi elastis berupa sedikit perubahan volume pada partikel-partikel tanah dan air secara pasti bagian yang lebih besar dari penurunan harus terjadi karena diperasnya air keluar dari rongga pori. Beban statis menghasilkan suatu gradien tekanan dalam air pori dan menyebabkan aliran menuju permukaan drainasi. Akan tetapi aliran ini lambat karena rendahnya permeabilitas dari tanah lempung, sehingga laju penurunan merupakan fungsi dari permeabilitas. Keterlambatan waktu penurunan disebabkan oleh fenomena ini disebut sebagai keterlambatan hidrodinamik.

b. Keterlambatan kekentalan

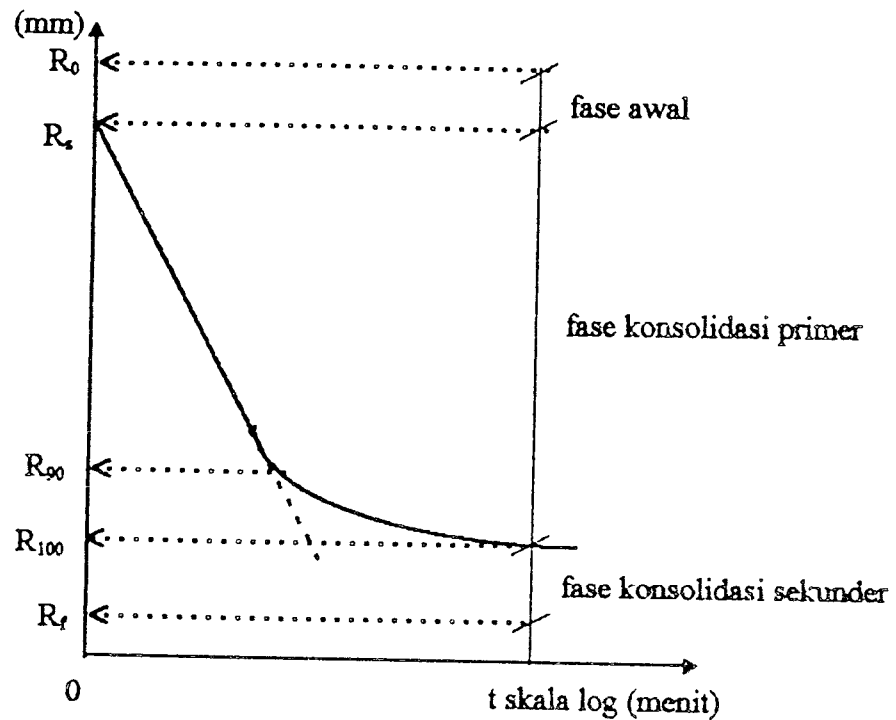
Partikel lempung agar bergerak saling mendekat bersamaan sebagai akibat suatu beban, maka air lapis ganda yang tersusun mengelilingi partikel-partikel lempung harus mengalami deformasi. Deformasi ini bisa disebabkan oleh beban-beban yang dapat cenderung memaksa keluar air lapis ganda atau oleh beban-beban geser yang menyebabkan suatu deformasi geser dalam air yang mengelilingi partikel tersebut. Keterlambatan waktu yang berkaitan dengan perlawanan kekentalan disebut keterlambatan kekentalan.

Proses konsolidasi dapat dikategorikan dalam 3 fase (Hardiyatmo, 1994) yaitu :

a. *Fase awal*, yaitu fase di mana penurunan terjadi dengan segera sesudah beban bekerja. Disini, penurunan terjadi akibat proses penekanan udara keluar dari dalam pori tanahnya. Fase ini disebut penurunan seketika.

b. *Fase konsolidasi primer atau konsolidasi hidrodinamis*, yaitu penurunan yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang meninggalkan tanahnya akibat adanya tekanan. Proses konsolidasi primer sangat dipengaruhi oleh sifat tanahnya seperti permeabilitas, kompresibilitas, angka pori, bentuk geometri tanah termasuk tebal lapisan mampat, pengembangan arah horisontal dari zona mampat dan batas lapisan lolos air, dimana air keluar menuju lapisan yang lolos air ini.

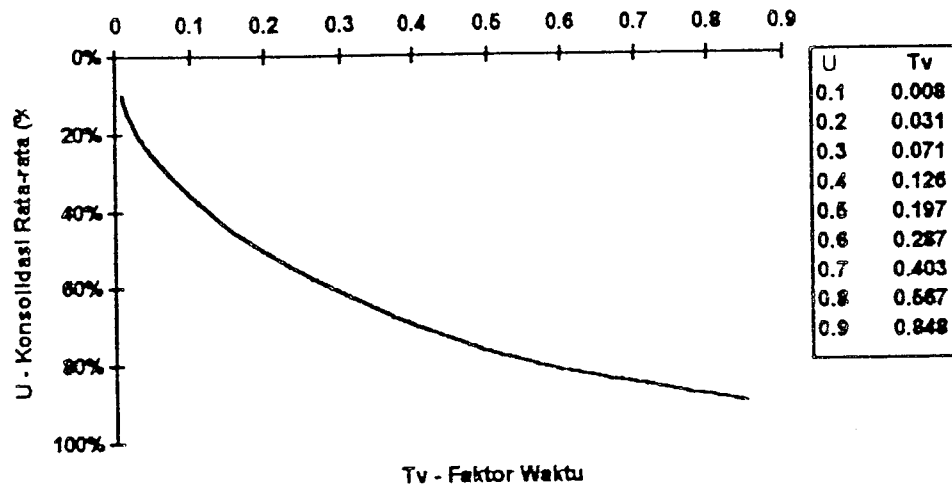
c. *Fase konsolidasi sekunder* merupakan proses lanjutan dari konsolidasi primer, dimana prosesnya berjalan sangat lambat. Penurunannya jarang diperhitungkan karena pengaruhnya biasanya sangat kecil, kecuali pada jenis tanah organik tinggi dan beberapa lempung tak organik yang sangat mudah mampat.



Grafik 2.2 Fase proses konsolidasi (Daruslan, 1994)

Tambahan tegangan di dalam lapisan tanah akibat beban yang bekerja pada pondasi bangunan akan selalu diikuti oleh regangan yang akan mengakibatkan penurunan pada strukturnya. Masalah yang perlu diperhatikan dalam analisis penurunan adalah sifat-sifat mekanis tanah di bawah beban, terutama pada jenis-jenis tanah dengan beban yang direncanakan akan mengalami penurunan yang besar sebagai akibat konsolidasi yang terjadi.

Hubungan antara derajat konsolidasi rata-rata dan faktor waktu bagi tanah dengan beban rata dapat di lihat dalam grafik 2.3 berikut :



Grafik 2.3 Hubungan antara derajat konsolidasi rata-rata dan faktor waktu
(Dunn, Anderson, Kiefer, 1992)

2.5 Drainasi Pasir Vertikal

2.5.1 Metode Drainasi Pasir

Drainasi vertikal dapat berupa tiang-tiang kolom pasir yang dibungkus bahan geotekstil yang dibuat secara vertikal dalam lapisan tanah lempung. Menurut Sosrodarsono (1983) metode ini dibagi dalam beberapa jenis sesuai dengan metode pelaksanaannya yaitu :

a. Jenis dorongan (*driven type*)

Metode ini dilakukan dengan cara tanah dibuat semacam lubang dengan suatu alat *casing* untuk mendapatkan bentuk kolom sebagai tempat dari pasir, selanjutnya pasir didorong ke dalam lapisan tanah untuk dibentuk kolom pasir, dengan suatu alat tumbuk. Untuk mendapatkan kepadatan dan kerapatan yang cukup maka pasir ditumbuk untuk setiap lapisan tertentu.

b. Jenis vibroflotasi (*vibrofloatation type*)

Pada metode ini air disemprotkan ke dalam lapisan tanah dengan bantuan suatu vibrator silinder. Air yang disemprotkan dan bergetar itu dapat memadatkan tanah pondasi yang terdiri dari tanah berpasir. Faktor utama pada pemadatan dalam metode ini adalah gradasi dari pasir yang bersamaan dengan penyemprotan air ke dalam lapisan tanah.

c. Jenis jet air (*water jet type*)

Metode jenis ini pada prinsipnya hampir sama dengan jenis vibroflotasi hanya pada metode ini dibutuhkan bantuan air untuk menyemprotkan dan memadatkan tanah pondasi yang terdiri dari lapisan tanah berpasir.

Metode yang paling tepat untuk pondasi kolom pasir vertikal yang dibungkus dengan bahan geotekstil yaitu dengan metode dorongan (*driven type*). Pada pondasi ini geotekstil dipasang bersamaan dengan pasir saat dibentuk kolom pasir vertikal yang padat. Untuk mendapatkan kepadatan dan kerapatan pasir yang cukup maka pemadatan dilakukan untuk setiap lapisan pasir dengan cermat.

2.5.2 Susunan Drainasi Vertikal

Pada metode drainasi pasir vertikal ini diperlukan suatu pengaturan jarak antara kolom dan susunan dari kolom-kolom pasir vertikal tersebut. Adapun susunan drainasi pasir vertikal tersebut adalah :

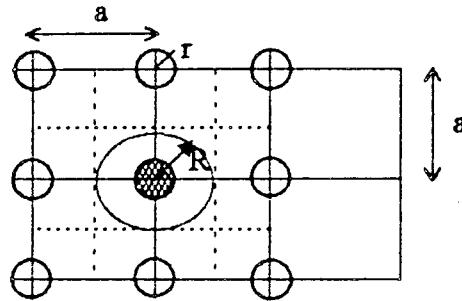
a. Susunan bujur sangkar

Pada drainasi pasir vertikal bentuk susunan bujur sangkar (*gambar 2.1*) dengan jarak antara kolom (a) akan berpengaruh jari-jari sebesar :

$$\pi R^2 = a \times a, \quad (2.8)$$

dengan nilai $\pi = 3,14159$ maka didapatkan harga jari-jari pengaruh (R),

$$R = 0,564 a \quad (2.9)$$



Gambar 2.1 Susunan bujur sangkar drainasi vertikal (Daruslan, 1994)

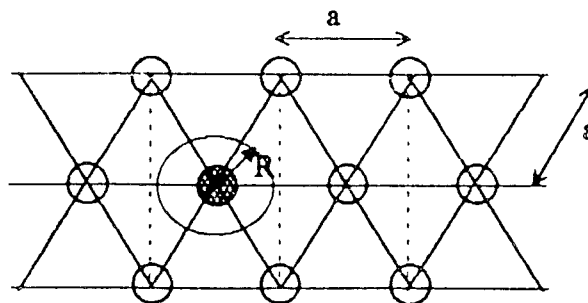
b. Susunan segi tiga sama sisi

Untuk susunan segi tiga sama sisi seperti pada gambar 2.2, persamaannya adalah :

$$\pi R^2 = 1/2 a^2 \sqrt{3} \quad (2.10)$$

selanjutnya harga jari-jari pengaruh sebesar,

$$R = 0,525 a \quad (2.11)$$



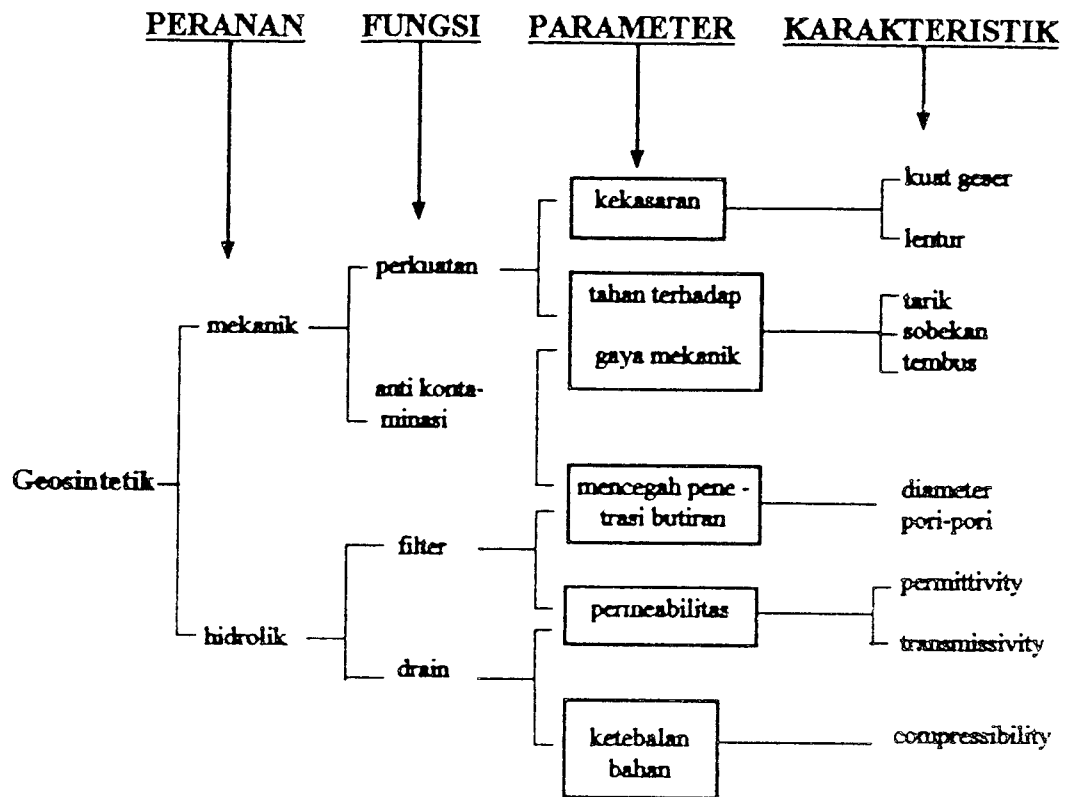
Gambar 2.2 Susunan segi tiga sama sisi drainasi vertikal (Daruslan, 1994)

2.6 Geosintetik

2.6.1 Umum

A synthetic material used in soil (geo) environment didefinisikan oleh ICI Fibers (1986) sebagai geosintetik. Dapat juga dikatakan bahwa semua bahan sintetik yang digunakan dalam pekerjaan teknik bangunan dan bahan tersebut berada dalam lingkungan tanah disebut geosintetik. Meskipun untuk tujuan yang hampir sama dengan salah satu fungsi geosintetik, anyaman bambu atau rerumputan sebagai lapisan perkuatan di bawah timbunan tanah atau di bawah badan jalan tidak dapat disebut sebagai geosintetik karena tidak terbuat dari material sintesis (tiruan/buatan).

Fungsi dan peranan geosintetik dapat dibedakan berdasarkan jenis dan karakteristiknya. Hal itu dapat dijelaskan dengan diagram yang menggambarkan peran serta fungsi geosintetik secara umum (**gambar 2.3**).

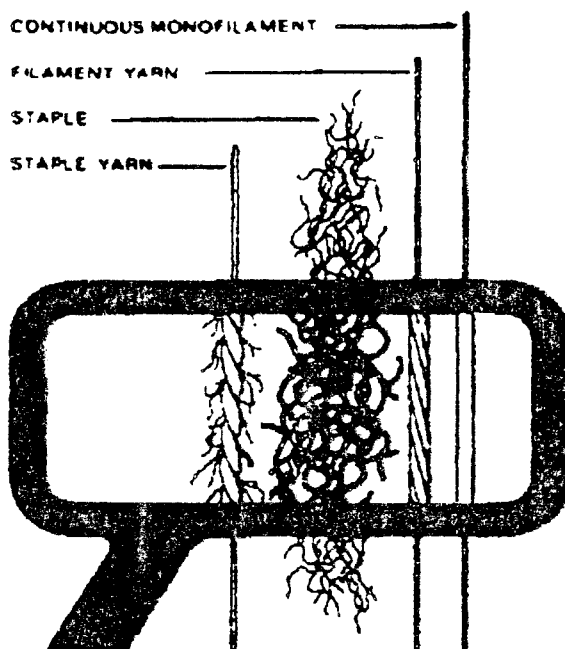


Gambar 2.3 Peran dan fungsi geosintetik ditinjau dari segi teknik sipil (Suryolelono,1991)

Beberapa bentuk dasar yang dapat digolongkan dari berbagai variasi bentuk geosintetik tersebut adalah (ICI Fibers,1992):

1. *Geotextile*, yaitu bahan geosintetik yang bentuknya menyerupai bahan tekstil. Jean Pierre Giroud untuk pertama kalinya mencetuskan nama *geotextile* pada Konferensi Internasional Geosintetik ke-1 tahun 1977, kemudian tercantum dalam *American Society for Testing Materials* (ASTM, 1989-D 4439-87), yaitu “any permeable textile material used with foundation, soil ... etc”. Pengertian pokok dari geotekstil adalah sifat tembus air atau *porous*. Jenis-jenis benang

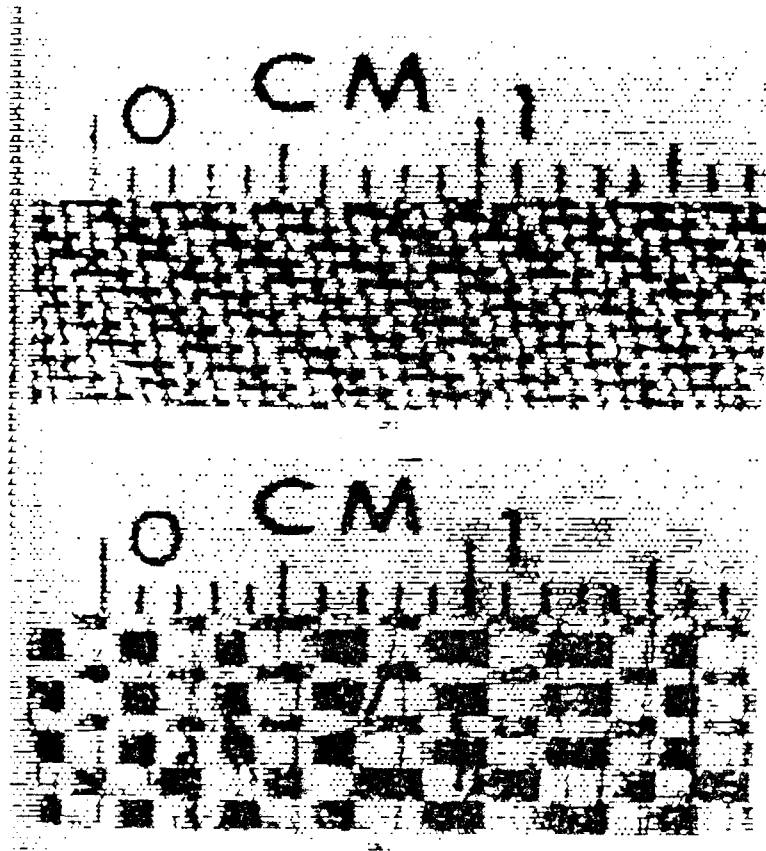
penyusun geotekstil dapat dilihat pada **gambar 2.4**. Menurut J.P. Giroud geotekstil digolongkan menjadi beberapa jenis berdasarkan pembuatannya, yaitu :



Gambar 2.4 Benang penyusun geotekstil (Koerner, 1985)

a. Geotekstil yang ditenun (*Woven*)

Geotekstil yang pembuatannya merupakan gabungan dari dua set benang-benang paralel yang dijalin secara sistematis untuk dapat membentuk suatu struktur bidang (**gambar 2.5**). Geotekstil dibuat dari benang-benang hasil pintalan (*monofilamen, multifilamen, pita* dan lain sebagainya), menjadi benang lungsin (*Warp/sejajar arah pembuatan geotekstil*) dan benang pakan (*Weft/disisipkan tegak lurus Warp*) yang digabungkan secara sistematis memanjang dan melintang untuk membentuk struktur bidang.



Gambar 2.5 Gabungan dua set benang-benang paralel yang membentuk struktur bidang (Koerner, 1985)

b. Geotekstil yang tidak ditenun (*Non Woven*)

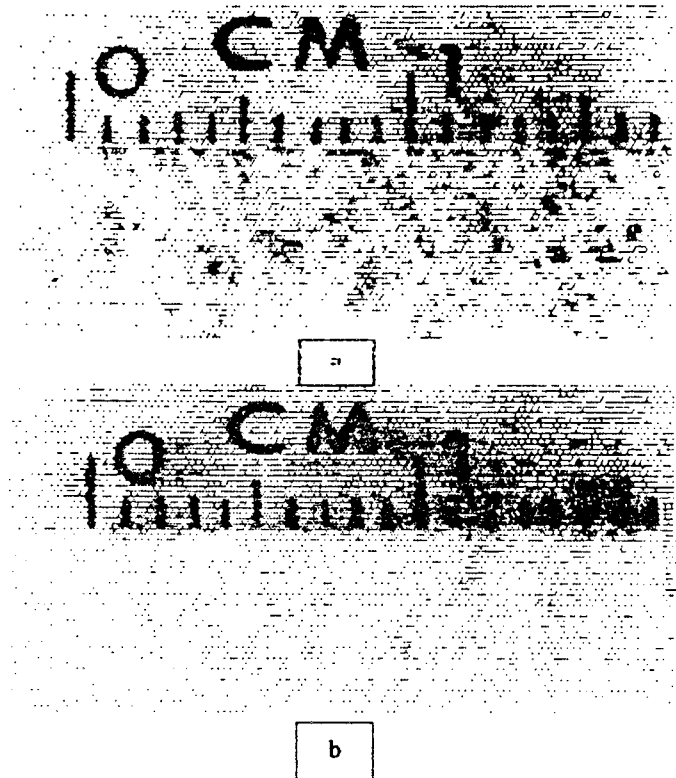
Geotekstil yang pembuatannya tidak dengan ditenun, tetapi jaringan atau serat-serat pembentuknya dilekatkan satu sama lain dengan cara diikat atau dengan bahan perekat.

Beberapa cara produksi dari geotekstil *non woven*, antara lain :

1) *Needle Punch Process* (proses penjaruman)

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

jarum akan menembus dan mengatur kembali arah serat sehingga terjadi ikatan mekanik pada serat-serat tersebut. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.6a.



Gambar 2.6 (a) Geotekstil hasil proses penjaruman
(b) Geotekstil hasil proses ikatan leleh (Koerner, 1985)

2) *Melt (head) Bonded* (proses ikatan leleh)

Geotekstil ini terdiri dari filamen-filamen menerus atau serat yang panjang dan terikat. Pengikatan dicapai dengan operasi kalendering temperatur tinggi dilakukan dengan melewati bahan tersebut diantara dua roller panas. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.6b.

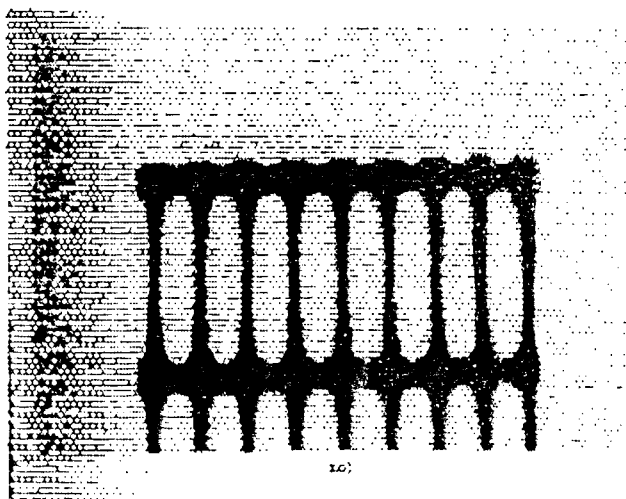
3) *Spun bonded process* (proses ikatan pintal)

4) *Resinbonding/chemical bonding process* (proses ikatan dengan bahan perekat).

2. *Geogrid*, yaitu yang berbentuk mirip anyaman dalam grid dengan ukuran yang cukup besar menyerupai bentuk jaring (*net*) dengan spasi yang lebar pada daun-daunnya. Daun-daun tersebut terdiri dari tiga variasi bentuk tergantung dari penggunaannya, yang terdiri dari :

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

Geogrid relatif lebih kaku dari pada geotekstil sehingga fungsi dan penggunaannya akan menyesuaikan dengan karakter dari masing-masing bahannya. Geogrid tidak dapat digunakan sebagai filter karena mempunyai lubang jaring yang relatif besar. Jika digunakan sebagai drainasi biasanya dilapisi dengan geotekstil yang berfungsi sebagai filter sehingga struktur tersebut menjadi susunan geokomposit. Bentuk dari geogrid dapat dilihat pada gambar 2.7.

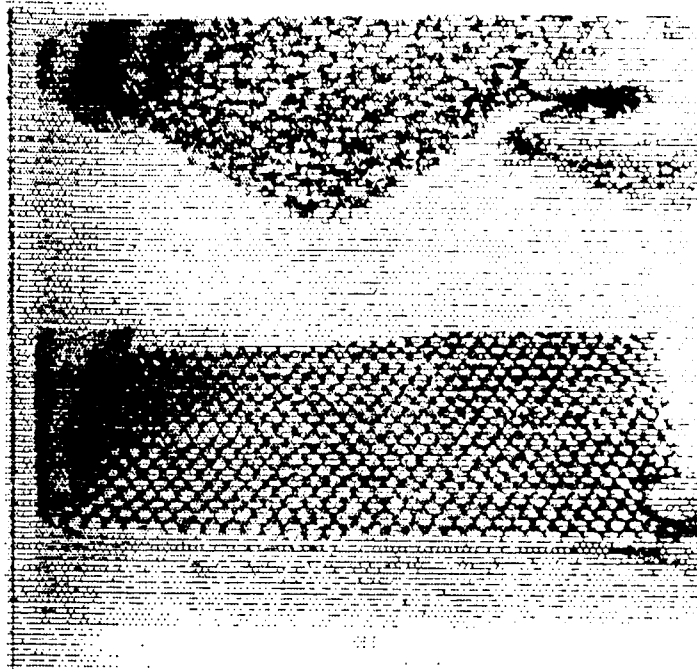


Gambar 2.7 Geotekstil tipe geogrid (Koerner, 1985)

3. *Geomembrane*, yaitu berbentuk lapisan tipis yang kedap air dan berfungsi menyerupai membran. Umumnya terbuat dari lembaran-lembaran plastik atau karet, tetapi dapat juga dibuat dari bahan geotekstil yang dibungkus aspal. Geomembrane sesungguhnya masih bisa dilalui air, tetapi relatif tidak tembus air bila dibandingkan dengan geotekstil. Nilai permeabilitasnya dapat diukur dengan alat vapor transmission test yang memberikan 10^{-10} - 10^{-13} pt/min. Maka fungsi utamanya sebagai penghalang tembusnya air atau penguapan.

4. *Geo-linier Elements*, yaitu bentuknya yang berupa lajur-lajur tunggal berdiri sendiri, baik berwujud pipih maupun seperti pipa. Dibuat dari susunan serat polyster yang dilindungi oleh bahan *heavy duty polyethylene*.

5. *Geocomposite*, yaitu bahan sintetis yang terdiri dari susunan dua atau lebih kombinasi bahan-bahan geosintetik maka geocomposite mempunyai penggunaan yang lebih luas dari jenis bahan-bahan geosintetik yang lain, dalam bidang teknik sipil. Bentuk dari geotekstil komposit dapat dilihat pada gambar 2.8. Apabila terdapat bahan-bahan sintetis lain yang bentuknya tidak termasuk dalam empat bentuk di atas, dikenal sebagai bentuk *hybrid*.



Gambar 2.8 Geotekstil komposit (Koerner, 1985)

Karakteristik teknik meliputi karakteristik fisik, mekanik, hidrolik dan ketahanan dari bahan yang ditinjau mempengaruhi pemilihan bahan geosintetik sebagai acuan dalam perencanaan. Karakteristik-karakteristik tersebut antara lain :

- 1) Karakteristik fisik geosintetik dibedakan sebagai berikut :
 - a. **Massa per satuan luas (mass per unit area)**, adalah massa dari lembaran geosintetik per satuan luas dengan satuan yang digunakan adalah gr/m^2 . Massa per satuan luas geotekstil umumnya berkisar antara $50\text{-}70 \text{ gr/m}^2$ untuk kelas ringan dan untuk yang lebih berat bisa mencapai $700\text{-}800 \text{ gr/m}^2$. Geomembran berkisar antara $600\text{-}3000 \text{ gr/m}^2$, sedang untuk struktur geocomposite berkisar $400\text{-}3000 \text{ gr/m}^2$, (Suryolelono, 1991).
 - b. **Massa per satuan volume (specific gravity)**, didefinisikan sebagai perbandingan antara massa bahan sintesis dengan volume bahan sintesis.

Beberapa nilai massa per satuan volume polimer yang digunakan dalam pembuatan geotekstil adalah (Koerner, 1985) :

Polypropylen	: $0,91 \times 10^6 \text{ gr/m}^3$
Polyester	: 1,22 sampai $1,38 \times 10^6 \text{ gr/m}^3$
Nylon	: 1,05 sampai $1,14 \times 10^6 \text{ gr/m}^3$
Polyethylene	: 0,92 sampai $0,95 \times 10^6 \text{ gr/m}^3$
Polyvinyl alkohol	: 1,26 sampai $1,32 \times 10^6 \text{ gr/m}^3$
Glass	: $2,54 \text{ gr/m}^3$

- c. **Tebal (*thickness*)**, yaitu jarak antara permukaan sampai bagian bawah geosintetik yang diukur dengan tekanan tertentu. ASTM D1777 menyatakan bahwa ketebalan diukur dengan ketelitian sekurang-kurangnya 0.001" (=0.02 mm) pada tekanan tertentu, dengan mengambil kecenderungan tekanan standard 0,29 Psi (=2.0 Kpa). Geotekstil umumnya mempunyai ketebalan berkisar antara 10 sampai 3000 mils (1mil=0.001"), (Koerner, 1985).
- d. **Diameter serat (*df*)**, adalah diameter dari benang sintesis penyusun geosintetik yang umumnya mempunyai bentuk lingkaran/ellips. Satuan yang digunakan oleh industri-industri tekstil sintesis adalah *desitex* (d tex) atau massa dari 10.000 m benang sintesis dalam gram massa, (Suryolelono, 1991).

2) Karakteristik mekanik geosintetik, dalam perencanaan tinjauan karakteristik ini sangat penting. Karakteristik mekanik meliputi :

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

Dari hubungan tegangan-regangan akan diperoleh :

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

Bahan geosintetik disyaratkan dilengkapi dengan berbagai macam kekuatan tarik dari beberapa macam tes kekuatan tarik karena aplikasi penggunaan geosintetik beraneka ragam di lapangan. Tes kekuatan tarik tersebut diantaranya (ICI Fibers, 1992) :

- 1) *Grab tensile strength*, untuk mengetahui kemampuan bahan geotekstil dalam menyebarkan muatan/beban tarik terpusat dengan arah sejajar lembaran geotekstil.

- 2) *Wide width tensile strength*, memberikan kemampuan tarik bahan dengan deformasi lateral sekecil-kecilnya. Tes ini biasanya dilakukan pada lebar lembaran 200 mm sampai 1000 mm. Tes ini biasa juga disebut *Plain Strain Tensile Test* (ASTM D 1682 dan D 1751).
- c. **Kuat pecah (*burst strength*)**, yaitu kekuatan bahan dalam menerima beban terpusat dalam arah tegak lurus lembaran geosintetik. Beban terpusat ini dapat berupa beban pecah (*bursting load*) atau beban coblos (*puncturing load*). Beban pecah terjadi bila geotekstil harus menerima beban terpusat pada luasan yang relatif sempit, arahnya tegak lurus lembaran geotekstil. Kemungkinan *bursting* dapat terjadi pada lekukan-lekukan diantara batuan atau lubang kecil.
- d. **Kuat robek (*tear strength*)**, adalah ketahanan bahan terhadap menjalarnya robekan dalam kondisi menahan tensile. *Tear strength* juga diperlukan pada saat bahan geosintetik menerima beban coblos (*puncture*).
- e. **Kuat geser terhadap bahan butiran**, yaitu pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui besarnya tahanan geser maksimum yang dapat terjadi antara bahan geosintetik dengan tanah. Biasanya yang diberikan adalah sudut geser dalam (ϕ) antara bahan tekstil dengan tanah.
- f. **Kuat lelah (*fatigue strength*)**, yaitu sifat ketahanan bahan yang berkaitan dengan beban berulang (*cyclic loading*) dan kemampuan bahan geotekstil dalam memikul beban berulang/dinamis tersebut.

3) Karakteristik hidrolis geosintetik dapat dibedakan sebagai berikut :

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

$$n = 1 - \frac{m}{p \cdot t} \quad (2.12)$$

Notasi :

n = porositas,

m = massa per satuan luas (gr/m^2),

t = tebal geosintetik (m),

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

b. **Apparent Opening Size (AOS)**, adalah sebuah ukuran yang menunjukkan diameter tertentu pada lubang-lubang geosintetik. Bahan geosintetik yang berfungsi sebagai filter dan drainasi umumnya berbentuk seperti penyaring dimana permukaan geosintetik tersebut mempunyai lubang-lubang dengan diameter yang kecil. AOS dinyatakan dalam simbol O_n , maka untuk AOS pada O_{95} artinya diameter tersebut merupakan diameter yang relatif terbesar pada permukaan bahan geosintetik sedemikian rupa sehingga 95% dari lubang-lubang filter yang lain mempunyai diameter yang relatif lebih kecil dari O_{95} tersebut, (Koerner, 1985).

c. **Percent Open Area (POA)**, yaitu perbandingan antara seluruh lobang/pori diantara benang (*total open area*) dengan seluruh permukaan bahan geosintetik

(total specimen area). Penggunaan POA hanya berlaku untuk bahan geosintetik jenis *monofilamen woven geotextile*.

- d. *Permeability*, adalah koefisien rembesan air tanah arah normal bidang geosintetik (tegak lurus bidang geosintetik).
- e. *Permittivity*, adalah harga koefisien *permeability* arah normal bidang untuk tiap satuan tebal geosintetik. Perlu diketahui bahwa semakin tebal bahan geosintetik maka semakin kecil permeabilitasnya. Besarnya harga *permittivity* relatif konstan. Pada tabel 2.8 diberikan rentang nilai-nilai dari beberapa bahan geosintetik yang ada di lapangan.
- f. *Transmissivity*, adalah koefisien rembesan air ke arah sejajar bidang geosintetik untuk ketebalan tertentu dan jenis geosintetik yang digunakan.

Tabel 2.8 Rentang nilai dari beberapa nilai karakteristik teknis geosintetik yang ada di lapangan (Exxon, 1990)

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

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

Selain dari keempat karakteristik diatas, masalah yang sering muncul pada penggunaan bahan polimer diantaranya (Koerner, 1986) :

- a. ketahanan terhadap bahan-bahan kimia (ASTM D 543).
- b. ketahanan terhadap cahaya dan iklim (ASTM D 1435).
- c. ketahanan terhadap suhu tinggi (ASTM D 794).
- d. ketahanan terhadap pelapukan tanah.
- e. ketahanan terhadap bakteri.

2.6.2 Penggunaan Geosintetik di Lapangan

Geosintetik hampir selalu digunakan untuk lebih dari satu fungsi, kecuali geolinier yang berfungsi sebagai perkuatan saja, untuk itu dapat dilihat bentuk dan fungsi geosintetik seperti pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Hubungan antara bentuk dan fungsi geosintetik (Exxon, 1990).

BENTUK	FUNGSI
1. GEOTEKSTIL	a. Perkuatan Tanah (<i>reinforcement</i>) b. Penyaringan dan Drainasi (<i>filtration & drainage</i>) c. Lapisan Pemisah (<i>separator</i>) d. Pengendali Erosi (<i>erotion control</i>)
2. GEOMEMBRAN	a. Lapisan Pemisah (<i>separator</i>) b. Perkuatan Tanah (<i>reinforcement</i>)
3. GEOGRID	a. Perkuatan Tanah (<i>reinforcement</i>) b. Pengendali Erosi (<i>erotion control</i>)
4. GEOLINIER ELEMEN	a. Perkuatan Tanah (<i>reinforcement</i>)
5. GEOKOMPOSIT	a. Penyaluran air (<i>drainage</i>) b. Pengendali Erosi (<i>erotion control</i>) c. Penyaringan (<i>filtration</i>) d. Perkuatan Tanah (<i>reinforcement</i>)

2.7 Teori Geotekstil

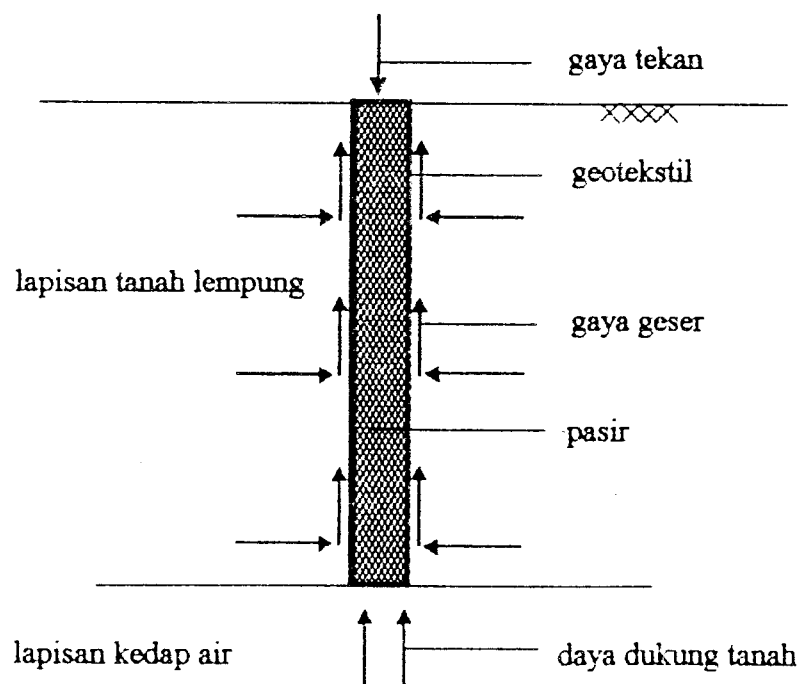
Penggunaan geotekstil pada kolom pondasi pasir vertikal ini sesuai dengan keempat fungsi yang dimiliki oleh geotekstil di atas. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat dari penjelasan berikut ini.

Pemasangan geotekstil pada lapisan tanah kohesif yang diisi dengan pasir dilakukan dengan kepadatan dan kerapatan yang cukup, sehingga antara geotekstil sendiri dan pasirmya diusahakan tidak ada gaya gesekan. Geotekstil dan pasir tersebut menyatu menjadi kesatuan yang monolit sehingga dapat dianggap sebagai tiang pancang.

Geotekstil dan pasir karena merupakan satu kesatuan yang monolit, sehingga gaya yang bekerja akan ditahan oleh gaya geser pondasi dengan tanah (lekatan) dan daya dukung ujung tanah pondasi. Daya dukung pada tanah kohesif sebagian besar akan ditahan oleh gaya lekatan (*adesi*) antara pondasi itu sendiri dengan

tanahnya, sedangkan daya dukung pada ujung pondasi akan relatif lebih kecil, sehingga dalam penelitian ini daya dukung pada ujung pondasi dianggap tidak ada.

Pada pondasi ini penggunaan geotekstil akan menambah gaya lekatan yang lebih besar dengan tanah kohesif, gaya lekatan pada pondasi ini akan lebih dominan menahan beban yang bekerja sehingga pondasi ini dapat dianggap sebagai pondasi *friction pile*, selanjutnya pondasi tersebut akan memperkuat daya dukung tanahnya.



Gambar 2.9 Perilaku geotekstil pada pondasi kolom pasir vertikal

Fungsi yang kedua dari geotekstil adalah sebagai penyaringan dan penyaluran air (*filtration dan drainage*). Akibat adanya aliran air tanah menyebabkan butiran-butiran tanah lempung terbawa arus dan dapat mengotori

kolom pasir. Hal ini dapat menyebabkan terganggunya fungsi kolom pasir sebagai drainasi karena tidak stabilnya angka permeabilitas pasir. Penggunaan geotekstil dapat mencegah permasalahan ini, selain itu geotekstil juga berfungsi untuk mendrainasi air tanah baik itu yang tegak lurus ataupun sejajar bidang geotekstil.

Tanah lempung dan pasir merupakan dua jenis mineral yang berbeda sifatnya, sehingga untuk tetap menjaga sifat dan fungsinya masing-masing maka perlu dibuat pemisah. Penggunaan geotekstil di sini berfungsi sebagai lapisan pemisah antara tanah kohesif dan pasir.

Fungsi geotekstil yang terakhir adalah sebagai pengendali erosi. Seperti telah disebutkan di atas akibat adanya aliran air tanah dapat menyebabkan erosi pada tanah atau pasir. Erosi pada pasir menyebabkan tidak stabilnya bentuk kolom pondasi pasir sehingga mengurangi kemampuan daya dukung pondasi itu sendiri.

2.8 Kapasitas Dukung Pondasi

Pondasi tiang didefinisikan sebagai suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya-gaya orthogonal yang bekerja dengan jalan menyerap lenturan (Sosrodarsono, 1983). Di dalam pelaksanaan sangat jarang digunakan pondasi tiang yang hanya terdiri dari sebuah tiang saja, tetapi pondasi tiang akan terdiri dari kelompok tiang. Pondasi kolom pasir vertikal yang dibungkus dengan bahan geotekstil merupakan satu kesatuan yang monolit, disamping berfungsi sebagai drainasi vertikal pondasi ini juga akan meningkatkan daya dukung tanahnya.

Analisis daya dukung tanah dimaksudkan untuk mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi yang bekerja di atasnya. Perhitungan yang

seksama diperlukan agar beban pondasi tidak mengakibatkan timbulnya tekanan yang berlebihan pada tanah dibawahnya karena tekanan yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan yang besar bahkan dapat mengakibatkan keruntuhan.

Dalam merencanakan suatu pondasi, terdapat 2 faktor yang perlu diperhitungkan, yaitu :

- a. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya daya dukung tanah harus dipenuhi. Dalam hitungan daya dukung pondasi, digunakan faktor aman (SF) 3 dan 5.
- b. Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan, khususnya penurunan yang tak sama (*differential settlement*) harus tidak mengakibatkan kerusakan pada strukturnya.

Tiang-tiang pada umumnya memperoleh dukungan berupa kombinasi dari gesekan/pelekatan sepanjang permukaan badan tiang terhadap tanah (*friction pile*) dan dukungan ujung pada dasar pondasi (*end bearing pile*). Dalam lapisan lempung dukungan ujung akan lebih kecil dari pada perlawanan akibat pelekatan antara tiang dengan tanah. Jenis pondasi ini direncanakan dengan mengabaikan daya dukung ujung pondasi, melainkan pondasi ditinjau sebagai pondasi *friction pile*.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Definisi serta Hubungan Antara Susunan Tanah

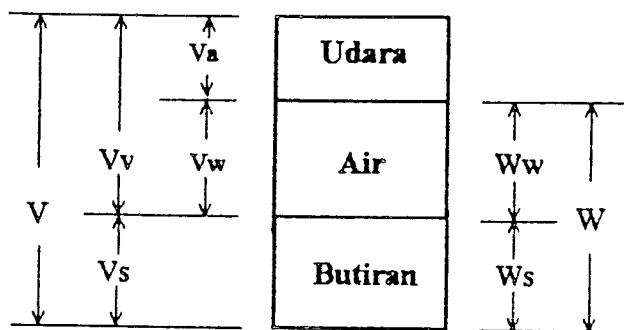
Definisi serta istilah-istilah yang dipakai untuk menyatakan berat isi, banyaknya pori, serta jumlah air dan udara dalam tanah seperti tabel 3.1.

Tabel 3.1 Definisi dan istilah-istilah dalam tanah (Wesley L. D., 1977)

Sifat	Simbol	Definisi
Berat isi tanah	γ	Perbandingan antara berat tanah seluruhnya dengan isi tanah seluruhnya
Berat isi butir	γ_s	Perbandingan antara berat butir dengan isi butir
Berat isi air	γ_w	Perbandingan antara berat air dengan isi air
Berat isi kering	γ_d	Perbandingan antara berat butir dengan isi tanah seluruhnya
Kadar air	w	Perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah
Angka pori	e	Perbandingan antara isi pori dengan isi butir tanah
Porositas	n	Perbandingan antara isi pori dengan isi tanah seluruhnya
Berat jenis	G	Perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air
Derajat kejenuhan	S_r	Perbandingan antara isi air pori dengan isi pori

Untuk mendapatkan hubungan antara berat isi, kadar air, angka pori dan sebagainya, kita dapat meninjau sejumlah tanah yang mengandung satuan isi

butirnya. Tanah tersebut terdiri dari tiga bagian yaitu butiran, sejumlah air, dan sejumlah udara, seperti terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram susunan tanah (Daruslan, 1994)

Notasi :

V = volume total,

V_s = volume butiran,

V_v = volume pori,

W = berat total,

V_a = volume udara,

W_w = berat air,

V_w = volume air,

W_s = berat butiran.

Dengan memakai definisi-definisi pada tabel 3.1, maka hubungan antara berat serta isi dari ketiga susunan tanah dapat dihitung dengan memakai persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$1) \text{ Kadar air } (w) = (W_w / W_s) \cdot 100\%$$

$$w = (e S_r \gamma_w) / (G \gamma_w) = (e S_r) / (G) \quad (3.1)$$

$$2) \text{ Berat isi } (\gamma) = W / V$$

$$\gamma = (\gamma_w (G + e S_r)) / (1 + e)$$

$$= (\gamma_w (G + w G)) / (1 + e)$$

$$= (\gamma_w G (1 + w)) / (1 + e) \quad (3.2)$$

3) Angka pori (e) = V_v / V_s

$$e = ((\gamma_w G (1 + w)) / \gamma) - 1 \quad (3.3)$$

4) Berat isi kering (γ_d) = W_s / V

$$\gamma_d = \gamma / (1 + w) \quad (3.4)$$

5) Porositas (n) = V_v / V

$$n = e / (1 + e) \quad (3.5)$$

6) Berat isi butir (γ_s) = W_s / V_s (3.6)

7) Derajat kejenuhan (S_r) = V_w / V_v (3.7)

3.2 Konsolidasi

Proses konsolidasi dapat dipercepat dengan menggunakan drainasi vertikal yang berupa tiang-tiang kolom pasir yang dibungkus dengan geotekstil yang dimasukkan ke dalam tanah lempung. Dengan drainasi vertikal konsolidasi akan terjadi dalam 3 dimensi, yaitu ke arah vertikal, arah horisontal/radial serta gabungan arah vertikal dan arah horisontal (Daruslan, 1994).

Pada pondasi ini konsolidasi juga sangat dipengaruhi oleh harga dari masing-masing permeabilitas dan koefisien konsolidasi. Dalam menentukan parameter tersebut dicari hubungan antara penurunan dan waktu konsolidasi. Ada 2 cara yang dapat dipakai yaitu :

a. Dari grafik $S - \log t$ (cara Cassagrande)

b. Dari grafik $S - \sqrt{t}$ (cara Taylor)

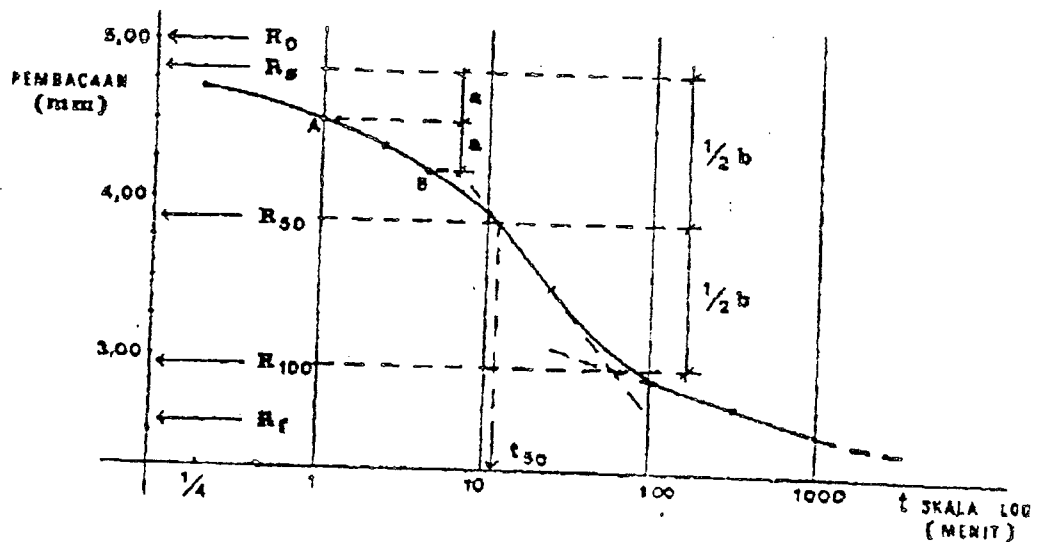
a. Cara Cassagrande (grafik S - log t)

Mula-mula dipelajari adalah hubungan antara derajat konsolidasi dan faktor waktunya ($U - \log Tv$) yang ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 3.2 Hubungan antara U_v dan T

U_v	0	0,1	0,115	0,20	0,357	0,50	0,90	0,93	1,0
T	0	0,008	0,01	0,031	0,10	0,196	0,848	1,0	~

Hubungan antara pengamatan dan penurunan (pembacaan arloji ukur) dalam t skala log, dapat dilihat pada grafik 3.1



Grafik 3.1 Hubungan S - log t (Daruslan, 1994)

Sebagian besar grafik teoritis dan hasil pembacaan laboratorium adalah sama, dengan perbedaan :

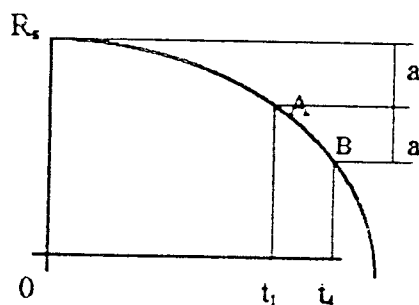
1. Bagian awal saat beban diletakkan terjadi penurunan mendadak karena masih terdapat udara dalam pori, yaitu bagian dari R_0 sampai R_s maka teoritis dianggap R_s sebagai keadaan awal ($U = 0\%$)

2. Dari R_s sampai $\pm R_{60}$ berupa parabola dan dari R_{60} ke $\pm R_{80}$ garis lurus, dianggap bagian garis yang tepat seperti garis teoritis.
3. Bagian akhir teoritis asimtotis ternyata miring berarti masih ada penurunan, disebut konsolidasi sekunder.

Cara mencari R_s ; R_{100} dan R_{50} dari **grafik 3.1** adalah :

1. Mencari R_s ($U = 0\%$)

Digunakan sifat dari parabola, yaitu untuk sembarang jarak horisontal dari 0 ke t_1 dan dari t_1 ke t_2 (kelipatan - 4) akan mempunyai jarak vertikal yang sama.



Grafik 3.2 Cara mencari R_s (Daruslan, 1994)

Maka cara menentukan R_s dari **grafik 3.2** :

- a. Ambil $t_1 = 1$ menit (titik A) dan $t_2 = 4$ menit (titik B)
 - b. Ukur jarak vertikal antara A dan B ($= a$)
 - c. Ukur a di atas A maka diperoleh R_s
2. Mencari R_{100} ($U = 100\%$)

Cari perpotongan kedua bagian lurus dari grafik bagian akhir. Titik perpotongan adalah R_{100} .

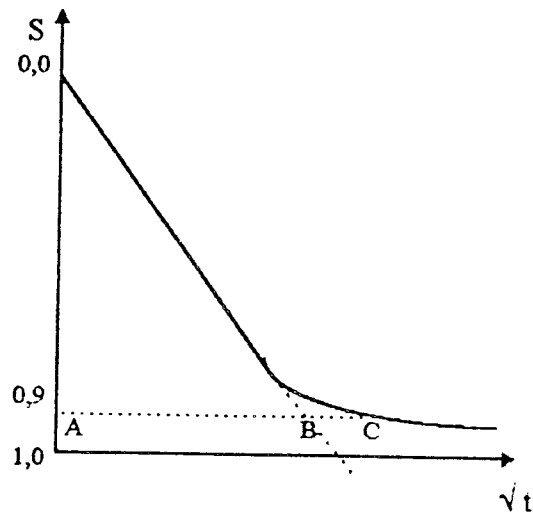
3. Mencari R_{50} ($U = 50 \%$)

Bagi dua sama besar jarak vertikal R_s ke R_{100} .

4. Perpotongan R_{50} dengan grafik mempunyai absis t_{50} . (t_{50} = waktu, dalam menit untuk mencapai konsolidasi 50 % dari benda uji)

b. Cara Taylor (grafik $S - \sqrt{t}$)

Hubungan $S - \sqrt{t}$ pada kondisi $U = 90 \%$ dapat digambarkan dalam grafik 3.3.

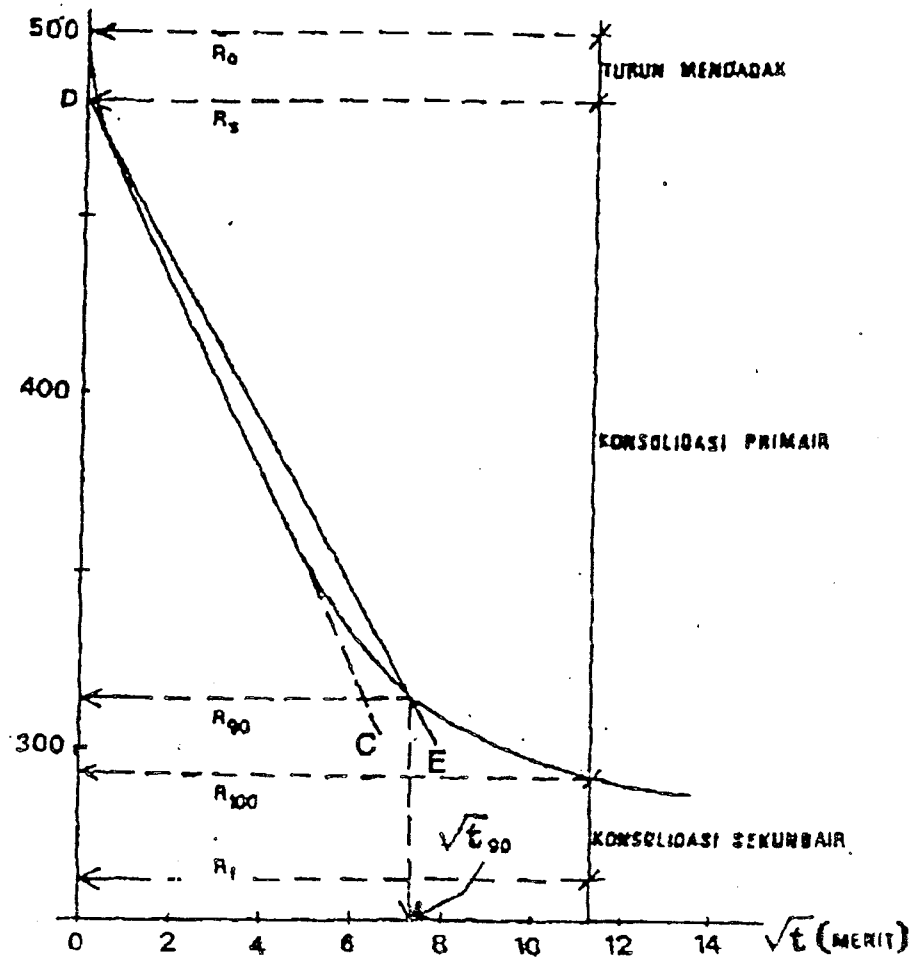


Grafik 3.3 Hubungan $S - \sqrt{t}$ (Darusan, 1994)

Pada grafik 3.3 dari $U = 0 \%$ sampai sekitar $U = 60 \%$ berupa garis lurus dan selanjutnya garis lengkung. Jika ditarik garis $U = 90 \%$ dan dipotongkan dengan perpanjangan bagian lurus (= B) dan dengan kurva $S - \sqrt{t}$ (= C) ternyata $AC = 1,15 \cdot AB$.

Cara mencari t_{90} dengan menggunakan grafik 3.4 berikut.

1. Gambarkan hasil pembacaan arloji ukur hubungan penurunan (S) dan akar waktu (\sqrt{t}) sebagai absis.



Grafik 3.4 Hubungan $S - \sqrt{t}$ (Daruslan, 1994)

Bagian awal lengkung pendek (turun mendadak) kemudian lurus dan bagian akhir lengkung lagi.

2. Cari D ($= R_s$) perpanjangan bagian lurus ke atas.
3. Tarik DE yang lebih landai 1,15 kali dari garis DC.
4. Perpotongan DE dengan grafik $S - \sqrt{t}$ adalah :
 - ordinatnya $= R_{90}$
 - absisnya $= \sqrt{t}_{90}$

Perhitungan koefisien konsolidasi bagi suatu tanah ternyata nilainya tidak konstan terhadap beban yang bekerja. Dalam hal ini angka pori juga sangat berpengaruh terhadap koefisien perubahan volume dan koefisien permeabilitasnya.

Besarnya harga koefisien tersebut dihitung dengan rumus :

$$mv = \frac{e_0 - e_1}{\sigma_p \cdot (1 + e_0)} \quad (3.8)$$

$$Cv = \frac{k}{mv \cdot \gamma_w} \quad (3.9)$$

Notasi :

mv = koefisien perubahan volume (m^2/kN)

e_0 = *void ratio* yang berhubungan dengan *effective overburden* (p_0)

e_1 = *void ratio* yang berhubungan dengan penambahan tekanan

σ_p = tegangan efektif akibat pembebanan (kN/m^2)

Cv = koefisien konsolidasi (m^2/dt)

k = koefisien permeabilitas (m/dt)

γ_w = berat unit air (kN/m^3)

3.2.1 Konsolidasi Arah Vertikal

Konsolidasi dianggap tidak ada drainasi arah horisontal. Derajat konsolidasi arah vertikal yang tercapai dalam waktu t dapat dihitung dengan persamaan :

$$U_v = f_1(T_v) \quad (3.10)$$

dimana :

$$T_v = \frac{C_v}{H^2} t \quad (3.11)$$

Notasi :

U_v = derajat konsolidasi arah vertikal

t = waktu konsolidasi (hari)

T_v = faktor waktu konsolidasi arah vertikal (tak berdimensi)

C_v = koefisien konsolidasi arah vertikal (m^2 / hari)

H = panjang lintasan drainasi vertikal (m)

U_v = $f_1(T_v)$ dapat berupa rumus pendekatan,

untuk $U_v < 0,6$, maka $T_v = (\pi / 4) U_v^2$

untuk $U_v > 0,6$, maka $T_v = -0,933 \log (1-U_v) - 0,085$

3.2.2 Konsolidasi Arah Horisontal

Keadaan dengan anggapan hanya terjadi konsolidasi dan penurunan tanah akibat air mengalir ke arah drainasi vertikal. Hubungan antara derajat konsolidasi arah horisontal/radial dan waktu t , dinyatakan dalam faktor waktu (T_r) adalah :

$$U_r = f_2(T_r) \quad (3.12)$$

dimana :

$$T_r = \frac{C_h}{(2R)^2} t \quad (3.13)$$

Notasi :

U_r = derajat konsolidasi arah horisontal/radial

t = waktu konsolidasi (hari)

C_h = koefisien konsolidasi arah horisontal (m^2 / hari)

R = panjang jari-jari pengaruh (m)

$R = 0,564 a$, untuk susunan bujur sangkar

$R = 0,525 a$, untuk susunan segi tiga dengan,

a = jarak antara masing-masing drainasi kolom pasir vertikal (m)

T_r = faktor waktu konsolidasi arah horisontal (tak berdimensi)

U_r = $f_2(T_r)$ dapat berupa rumus pendekatan,

$$U_r = 1 - e^{-8 T_r/y} \quad (3.14)$$

dengan harga y :

$$y = \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln n - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \quad (3.15)$$

$$T_r = - (y / 8) \ln (1 - U_r) \quad (3.16)$$

$n = R / r$, perbandingan jari-jari pengaruh dan jari-jari drainasi vertikal.

Tabel 3.3 Harga T_r untuk beberapa nilai U_r dan n (Daruslan, 1994)

U_r	$n = 5$	$n = 10$	$n = 20$	$n = 100$
0,1	0,012	0,021	0,030	0,051
0,2	0,026	0,041	0,063	0,107
0,3	0,042	0,070	0,101	0,172
0,4	0,060	0,101	0,144	0,246
0,5	0,081	0,137	0,195	0,334
0,6	0,107	0,180	0,258	0,441
0,7	0,137	0,231	0,330	0,564
0,8	0,187	0,317	0,453	0,715
0,9	0,276	0,455	0,649	1,110
1,0	~	~	~	~

3.2.3 Konsolidasi Gabungan Arah Vertikal dan Arah Horisontal

Apabila tanah mengalami konsolidasi vertikal dan horisontal/radial, masing-masing mencapai derajat konsolidasi arah vertikal dan derajat konsolidasi arah horisontal, sehingga derajat konsolidasi gabungan yang akan dicapai :

$$(1 - U) = (1 - U_v) \cdot (1 - U_r) \quad (3.17)$$

Notasi :

U = derajat konsolidasi gabungan

U_v = derajat konsolidasi arah vertikal

U_r = derajat konsolidasi arah horisontal/radial

3.2.4 Permeabilitas (*Permeability*)

Permeabilitas adalah sifat bahwa zat cair dapat mengalir lewat bahan berpori (Daruslan, 1994). Derajat permeabilitas suatu tanah ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya ukuran pori, jenis tanah, kepadatan tanah. Permeabilitas dapat terjadi dalam satu lapisan tanah atau beberapa lapisan tanah, baik arah sejajar maupun arah vertikal.

Dalam penelitian ini tanah lempung, geotekstil dan pasir dianggap sebagai suatu ketebalan yang terdiri dari beberapa lapisan dan mempunyai harga permeabilitas (k) yang berbeda, dimana arah aliran air pori tagak lurus bidang. Perhitungan permeabilitas ekuivalen arah tegak lurus bidang berlapis adalah :

a. permeabilitas ekuivalen arah z (k_z)

$$k_z = \frac{Z}{(z_1 / k_1) + \dots + (z_n / k_n)} \quad (3.18)$$

b. permeabilitas ekuivalen arah x (k_x)

$$k_x = \frac{(z_1 \cdot k_1) + \dots + (z_n \cdot k_n)}{Z} \quad (3.19)$$

c. permeabilitas efektif (k)

$$k = \sqrt{k_x \cdot k_z} \quad (3.20)$$

Notasi :

Z = ketebalan total lapisan (cm)

n = jumlah lapisan

z_n = ketebalan lapisan ke- n (cm)

k_n = permeabilitas lapisan ke- n (cm/dt)

3.2.5 Penurunan (*Settlement*)

Analisis penurunan dimaksudkan untuk memperkirakan penurunan suatu konstruksi sebagai akibat tanah yang mengalami konsolidasi. Pada umumnya tanah lempung penurunannya jauh lebih besar dibandingkan dengan pasir atau lanau (Soedarmo & Purnomo, 1997).

Penurunan terdiri dari penurunan segera (*immediate settlement*), penurunan pertama konsolidasi (*primary consolidation settlement*) dan penurunan kedua konsolidasi/rangkak (*secondary consolidation settlement/creep*). Pada lapisan tanah lempung penurunan yang lebih dominan terjadi adalah penurunan akibat pertama konsolidasi, walaupun penurunan segera dan kedua konsolidasi juga terjadi.

Pada penelitian ini yang diperhitungkan penurunan maksimum akibat pertama konsolidasi dengan rumusan :

$$S = mv \cdot H \cdot \sigma_p \quad (3.21)$$

Notasi :

S = penurunan maksimum (m)

mv = koefisien perubahan volume (m^3/kN)

H = tebal lapisan tanah (m)

σ_p = tegangan efektif akibat pembebanan (kN/m^2)

3.2.6 Perhitungan Debit Air

Debit air adalah volume air atau jumlah air yang lewat per satuan waktu. Debit air ditentukan oleh luasan yang dilewati dan kecepatan aliran dalam lapisan tersebut. Permeabilitas lapisan dikalikan dengan gradien hidrolik menentukan kecepatan aliran atau dikenal dengan rumus Darcy (Daruslan, 1994).

$$Q_a = A \cdot v \quad (3.22)$$

dimana :

$$v = k \cdot i \quad (3.23)$$

sehingga dirumuskan :

$$Q_a = A \cdot k \cdot i \quad (3.24)$$

Notasi :

Q_a = debit air (cm^3/dt)

A = luas area (cm^2)

v = kecepatan aliran (cm/dt)

k = permeabilitas lapisan (cm/dt)

i = gradien hidrolik

- arah vertikal (z), $i = (h/Z)$

- arah horisontal (x), $i = (h/l)$

h = selisih aliran air (cm)

Z = tebal total lapisan (cm)

l = lebar total lapisan (cm)

3.3 Analisis Pondasi Tiang Pancang

3.3.1 Tinjauan Terhadap Tahanan Ujung (*End Bearing Pile*)

Tiang pancang yang dihitung berdasarkan pada tahanan ujung (*end bearing pile*) ini dipancang sampai pada lapisan keras, yang mampu memikul beban yang diterima oleh tiang pancang tersebut. Untuk menghitung gaya perlawanan lapisan tanah keras tersebut terhadap ujung tiang cara yang paling banyak dipakai adalah dengan alat sondir. Kemampuan tiang untuk menahan beban yang bekerja ditinjau terhadap :

a. Kekuatan bahan tiang

$$P_t = \sigma_b \cdot A_t \quad (3.25)$$

Notasi :

P_t = kekuatan yang diijinkan (kg)

σ_b = tegangan tekan ijin bahan tiang (kg/cm^2)

A_t = luas penampang tiang (cm^2)

b. Kekuatan tanah

1) berdasarkan konus

$$Q_t = \frac{A_t \cdot p}{3} \quad (3.26)$$

Notasi :

Q_t = daya dukung keseimbangan tiang (kg)

A_t = luas penampang tiang (cm^2)

p = nilai konus dari hasil sondir (kg/cm^2)

3 = angka keamanan

Nilai konus yang dipakai untuk menentukan daya dukung tiang diambil rata-rata dari hasil konus pada kedalaman $4D$ diatas ujung bawah tiang dan $4D$ dibawah ujung tiang dengan D adalah ukuran diameter tiang (Wesley, 1977).

2) Dengan perumusan Terzaghi

$$Q_t = \frac{A_t \cdot q}{3} \quad (3.27)$$

Notasi :

Q_t = daya dukung keseimbangan tiang (kg)

A_t = luas penampang tiang (cm^2)

q = daya dukung keseimbangan tiang (kg/cm^2)

3 = angka keamanan

3.3.2 Tinjauan Terhadap Gaya Gesekan (*Friction Pile*)

Daya dukung berdasarkan pelekatan antara tiang dengan tanah (*cleef*) apabila lapisan tanah keras letaknya sangat dalam atau memancangkan tiang pada lapisan tanah lempung. Dalam hal ini perlawanan pada ujung tiang akan jauh lebih kecil daripada perlawanan akibat pelekatan antara tiang dengan tanah. Besarnya gaya pelekatan antara tiang dengan tanah dapat diukur dengan percobaan sondir yang memakai alat *biconus*, kemampuan tiangnya adalah :

1) Berdasarkan hasil sondir (*cleef*)

$$Q_t = \frac{0 \cdot L \cdot c}{5} \quad (3.28)$$

Notasi :

Q_t = daya dukung tiang (kg)

0 = keliling tiang (cm)

L = panjang tiang yang masuk dalam tanah (cm)

c = harga *cleef* rata-rata (kg/cm^2)

5 = angka keamanan

2) Secara teoritis dengan perumusan (Wesley, 1977)

$$Q_t = (C \cdot N_c \cdot A) + (0 \cdot L \cdot c \cdot K) \quad (3.29)$$

Notasi :

Q_t = daya dukung tiang (kg)

A_t = luas penampang tiang (cm^2)

O = keliling tiang (cm)

L = panjang tiang yang masuk dalam tanah (cm)

C = harga kohesi tanah (kg/cm^2)

c = harag *cleef* rata-rata (kg/cm^2)

N_c = faktor daya dukung pondasi

K = perbandingan antara gaya pelekatan dengan kohesi tanah ($K=1$).

3.3.3 Tinjauan Terhadap *End Bearing Pile* dan *Friction Pile*

Perhitungan berdasarkan tahanan ujung dan pelekatan antara tiang dengan tanah apabila tiang dipancang sampai kedalaman tanah keras melalui lapisan tanah lempung. Kemampuan tiang ditinjau terhadap :

a. kekuatan bahan tiang

$$P_t = \sigma_b \cdot A_t \quad (3.30)$$

Notasi :

P_t = kekuatan yang diijinkan (kg)

σ_b = tegangan tekan ijin bahan tiang (kg/cm^2)

A_t = luas penampang tiang (cm^2)

b. kekuatan tanah

1) beban sementara :

$$Q_t = \frac{A_t \cdot p}{2} + \frac{0 \cdot L \cdot c}{5} \quad (3.31)$$

2) beban tetap/statis :

$$Q_t = \frac{A_t \cdot p}{3} + \frac{0 \cdot L \cdot c}{5} \quad (3.32)$$

3) beban dinamis :

$$Q_t = \frac{A_t \cdot p}{5} + \frac{0 \cdot L \cdot c}{8} \quad (3.33)$$

Notasi :

Q_t = daya dukung tiang (kg)

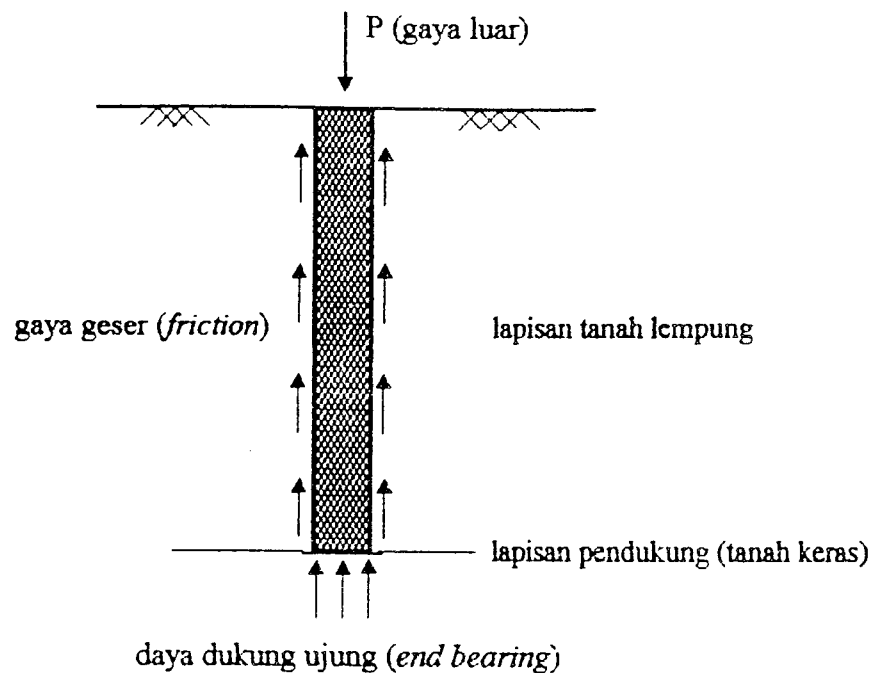
A_t = luas penampang tiang (cm^2)

p = nilai konus dari hasil sondir (kg/cm^2)

0 = keliling tiang (cm)

L = panjang tiang yang masuk dalam tanah (cm)

c = harga *cleef* rata-rata (kg/cm^2)



Gambar 3.2 Mekanisme daya dukung tiang (Sosrodarsono, Nakazawa, 1983)

3.3.4 Pondasi Tiang Kelompok (*Pile Group*)

a. Kapasitas Dukung Tiang Kelompok

Setiap tiang dalam satu kelompok *pile cap* sebagai akibat beban sentris di atasnya akan mengalami penurunan yang sama, sehingga dapat dianggap bahwa setiap tiang akan mendukung beban yang sama pula. Perhitungan kapasitas dukung kelompok tiang berdasarkan perhitungan daya dukung tanah oleh Direktorat Jendral Bina Marga Departemen P.U.T.L. (Sardjono HS., 1996). Perumusan untuk pondasi akibat perlawanan geser (*shear resistance*) pada permukaan luar keliling kelompok tiang adalah :

$$Q_t = C \cdot N_c \cdot A + 2(B + Y) \cdot L \cdot c \cdot K \quad (3.34)$$

daya dukung tiang kelompok :

$$Q_{pg} = (C \cdot N_c \cdot A) / 3 + (2 (B + Y) \cdot L \cdot c \cdot K) / 5 \quad (3.35)$$

Notasi :

Q_t = daya dukung keseimbangan pada kelompok tiang (kg)

Q_{pg} = daya dukung yang diijinkan pada kelompok tiang (kg)

C = harga kohesi tanah (kg/cm^2)

L = panjang tiang dalam tanah (m)

c = harga *cleef* rata-rata (kg/cm^2)

A = luas kelompok tiang (m^2)

B = lebar kelompok tiang (m)

Y = panjang kelompok tiang (m)

3, 5 = angka keamanan (SF)

N_c = faktor daya dukung pondasi

K = perbandingan gaya pelekatan dengan kohesi tanah ($K = 1$)

Harga N_c menurut Skempton, 1951 dirumuskan :

$$N_c = (1 + 0,2 (B / Y)) \cdot N_{cs} \quad (3.36)$$

dimana :

N_{cs} adalah nilai N_c untuk perbandingan kedalaman dan lebar pondasi (H/B) yang dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Harga N_{cs} untuk H/B menurut Skempton, 1951

Perbandingan H/B	N_{cs}
0	6,2
0,5	7,1
1	7,6
1,5	8,4
2	8,6
3	9,1
4	9,3
74	9,3

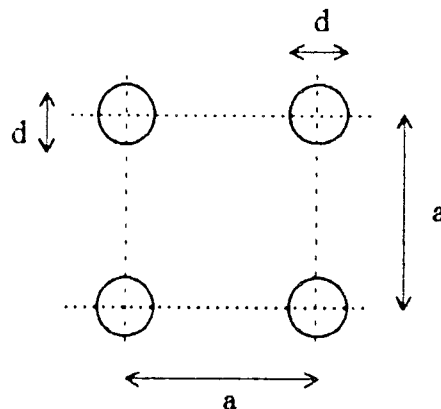
b. Jarak Antara Tiang Kelompok

Jarak antara tiang dalam kelompok sangat mempengaruhi perhitungan kapasitas dukung dari tiang kelompok. Untuk bekerja sebagai tiang kelompok jarak antara tiang (a) ini, biasanya harus memenuhi peraturan-peraturan bangunan pada daerah masing-masing. Pada umumnya jarak antara tiang (a) bervariasi antara :

- jarak minimum $a = 2d$

- jarak maksimum $a = 6d$

Berdasarkan daya dukung tanah oleh Direktorat Jendral Bina Marga Departemen P.U.T.L. disyaratkan yaitu jarak antara tiang $a \geq 2,5d$ atau $a \geq 3,0d$.



Gambar 3.3 Jarak antara tiang dalam tiang kelompok (Sardjono HS., 1996)

BAB IV
ANALISIS STRUKTUR
KOLOM PASIR VERTIKAL DISELIMUTI GEOTEKSTIL

4.1 Data-data

1) *Data-data tanah*

Data karakteristik tanah menggunakan data tanah dari Godean, Sleman, Yogyakarta. Data tanah hasil penelitian oleh Laboratorium Mekanika Tanah UII adalah :

- Angka pori awal (e_0) = 1,606
- Angka pori akhir (e_1) = 1,539
- Kohesi tanah (C) = 0,124 kg/cm²
- Berat volume tanah (γ) = 1,89 kg/cm³
- Koefisien permeabilitas tanah (k_s) = 2,0015 . 10⁻⁹ cm/dt
- Koefisien permeabilitas pasir (k_p) = 1,00 . 10⁻⁵ cm/dt

2) *Data-data pasir dan geotekstil*

- Tegangan ijin pondasi kolom pasir (σ_{bahan}) = 2,80 kg/cm²
- Geotekstil *non-woven* tipe *Polyfelt* TS 800 (kuat tekan bahan 200 kPa) :
 - Massa = 400 gr/m²
 - Permeabilitas arah vertikal (z) = 6 . 10⁻² cm/s

- Permeabilitas arah horisontal (α) = $2 \cdot 10^{-1}$ cm/s
- Ketebalan bahan = 1,6 mm

(Data dari *Polyfelt Asia Sdn Bhd, Malaysia*)

4.2 Perhitungan Konsolidasi

Waktu konsolidasi dapat diketahui dengan menggunakan suatu perhitungan numerik. Waktu konsolidasi dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya diameter (d), jarak antara kolom (a) dan susunan kolom, baik untuk susunan bujur sangkar maupun susunan segi tiga. Untuk perhitungan konsolidasi tanah dalam penelitian ini hanya menggunakan satu contoh hitungan dan dilakukan terhadap 2 jenis kolom pasir yaitu :

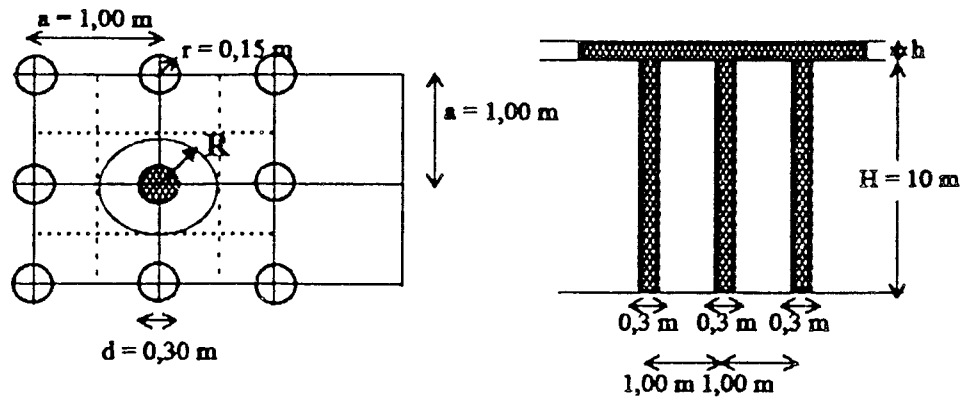
1. Kolom pasir vertikal tanpa geotekstil
2. Kolom pasir vertikal dengan geotekstil

Sedangkan untuk perhitungan yang lainnya (variasi diameter dan jarak antar kolom) digunakan program *Excel (Microsoft Corporation Production Copyright 1985-1993, Microsoft Excel Version 5.0)*. Contoh hasil perhitungan konsolidasi tanah dengan program *Excel* adalah sebagai berikut :

Data-data yang dimasukkan (Input).

- tebal lapisan tanah lempung (H) = 10,00 m
- σ_p (asumsi beban untuk pelat pondasi satu kolom) = 120 kN/m²

4.2.1 Perhitungan Konsolidasi Susunan Bujur Sangkar



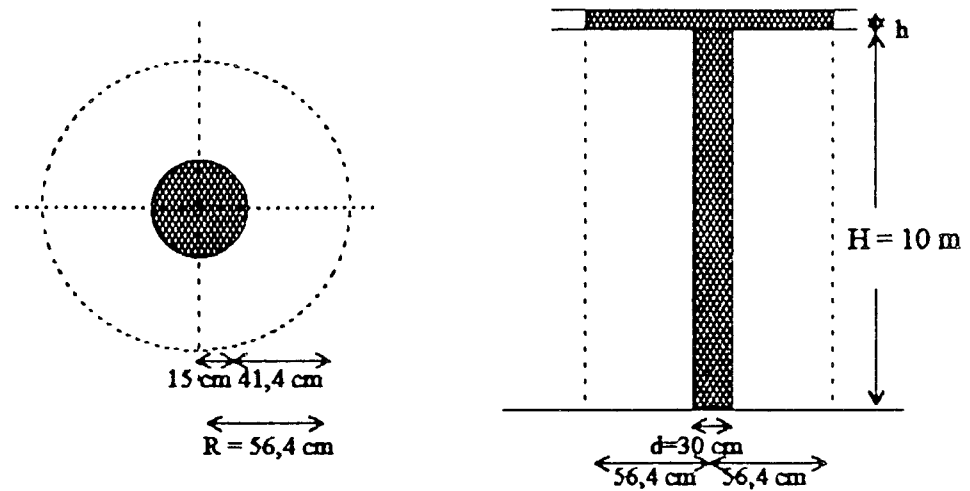
Gambar 4.1 Susunan bujur sangkar drainasi vertikal

1) Kolom pasir vertikal tanpa geotekstil susunan bujur sangkar

Pada perhitungan ini dengan harga permeabilitas yang berbeda, perhitungan pada $d = 30 \text{ cm}$ dan $a = 1,00 \text{ m}$ akan mempunyai jari-jari pengaruh sebesar $R = 0,564 a = 56,4 \text{ cm}$ yang dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.1 Permeabilitas dan ketebalan susunan bujur sangkar tanpa geotekstil

Jenis	Tebal (cm)	Permeabilitas (m/df)
Pasir (0.5d)	15,00	$1 \cdot 10^{-7}$
Tanah Lempung	41,40	$2,0015 \cdot 10^{-11}$
Jari-jari pengaruh (R)	$\Sigma = 56,40$	



Gambar 4.2 Kolom pasir vertikal tanpa geotekstil susunan bujur sangkar

Data-data yang diproses (Process)

Perhitungan koefisien perubahan volume (mv)

Digunakan rumus : (3.8)

$$\begin{aligned}
 mv &= \frac{e_0 - e_1}{\sigma_p \cdot (1 + e_0)} \\
 &= \frac{1,606 - 1,539}{120 \cdot (1 + 1,606)} \\
 &= 2,142 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan permeabilitas (k)

Digunakan rumus : (3.18), (3.19), (3.20)

a. permeabilitas ekuivalen arah z (k_z)

$$k_z = \frac{Z}{\sum(z_j / k_j)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{56,40}{\frac{41,40}{2,0015 \cdot 10^{-9}} + \frac{15,00}{1 \cdot 10^{-5}}} \\
 &= 2,726 \cdot 10^{-9} \text{ cm/dt} \\
 &= 2,726 \cdot 10^{-11} \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

b. permeabilitas ekuivalen arah x (k_x)

$$\begin{aligned}
 k_x &= \frac{\Sigma(z_j \cdot k_j)}{Z} \\
 &= \frac{(41,40 \cdot 2,0015 \cdot 10^{-9}) + (15,00 \cdot 1 \cdot 10^{-5})}{56,40} \\
 &= 2,661 \cdot 10^{-6} \text{ cm/dt} \\
 &= 2,661 \cdot 10^{-8} \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

c. permeabilitas efektif (k)

$$\begin{aligned}
 k &= \sqrt{k_x \cdot k_x} \\
 &= \sqrt{(2,726 \cdot 10^{-9}) \cdot (2,661 \cdot 10^{-6})} \\
 &= 8,518 \cdot 10^{-8} \text{ cm/dt} \\
 &= 8,518 \cdot 10^{-10} \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien konsolidasi (C_v)

Digunakan rumus : (3.9)

$$\begin{aligned}
 C_v &= \frac{k}{m_v \cdot \gamma_w} \longrightarrow \gamma_w = 1 \text{ t/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^3 \\
 &= \frac{8,518 \cdot 10^{-10}}{2,142 \cdot 10^{-4} \cdot 10} = 3,977 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_h &= 1,67 \cdot C_v \text{ *)} \\
 &= 1,67 \cdot 3,977 \cdot 10^{-7} \\
 &= 6,641 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu konsolidasi (t)

Digunakan rumus : (3.11), (3.13), (3.14), (3.15), (3.16), (3.17)

$$\begin{aligned}
 R &= 0,564 \text{ a} \\
 &= 0,564 \cdot 1,00 \\
 &= 0,564 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= R / r \\
 &= 0,564 / 0,15 = 3,760
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln n - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \\
 &= \frac{3,76^2}{3,76^2 - 1} \ln 3,76 - \frac{3 \cdot 3,76^2 - 1}{4 \cdot 3,76^2} \\
 &= 0,6929
 \end{aligned}$$

Faktor konsolidasi arah vertikal (T_v) :

$$T_v = \frac{C_v}{H^2} \cdot t \rightarrow t = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v} \quad (4.1)$$

Faktor konsolidasi arah horisontal/radial (T_r) :

$$T_r = \frac{C_h}{(2R)^2} \cdot t \rightarrow t = \frac{T_r \cdot (2R)^2}{C_h} \quad (4.2)$$

*) $C_h = (1 - 2) C_v$ diambil $C_h = 1,67 \cdot C_v$ seperti pada contoh perhitungan konsolidasi (Soedarmo, Purnomo, 1997 dan Deruslan, 1994)

Derajat konsolidasi gabungan adalah :

$$(1 - U) = (1 - U_v) \cdot (1 - U_r) \quad (4.3)$$

diperkirakan $U_v < 60\%$ sehingga,

$$U_v = \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)} \quad (4.4)$$

$$U_r = 1 - e^{-8 \cdot T_r / y} \quad (4.5)$$

dari persamaan (4.1) dan (4.2) didapat,

$$\frac{T_v \cdot H^2}{C_v} = \frac{T_r \cdot (2R)^2}{C_h}$$

$$T_r = \frac{T_v \cdot H^2 \cdot C_h}{C_v \cdot (2R)^2} \quad (4.6)$$

Derajat konsolidasi gabungan terjadi pada $U = 90\%$ selanjutnya dari persamaan (4.3), (4.4), (4.5) dihitung,

$$(1 - U) = (1 - U_v) \cdot (1 - U_r)$$

$$(1 - 0,90) = (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{-8 \cdot T_r / y})) \quad (4.7)$$

Dari persamaan (4.6) dimasukkan ke persamaan (4.7)

$$(1 - U) = (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{((-8 \cdot T_v \cdot d^2 \cdot C_h) / (C_v \cdot (2R)^2 \cdot y))}))$$

$$(1 - 0,90) = (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{((-8 \cdot T_v \cdot 10^2 \cdot 6,641E-7) / (3,977E-7 \cdot (2 \cdot 0,564)^2 \cdot 0,6929))}))$$

$$(1 - 0,90) = (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{(-1515,337 \cdot T_v)}))$$

$$0,10 = (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{(-1515,337 \cdot T_v)}))$$

masukkan perhitungan *trial and error* ke dalam persamaan di atas :

$$\text{jika } T_v = 0,00140 \longrightarrow 0,1148$$

$$\text{jika } T_v = 0,00149 \longrightarrow 0,10002$$

$$\text{jika } T_v = 0,00150 \longrightarrow 0,0985$$

dimasukkan ke persamaan (4.4)

$$\begin{aligned} U_v &= \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)} \\ &= \sqrt{((4 \cdot 0,00149) / \pi)} \\ &= 4,355 \% < 60 \% \text{ ok.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_v = 0,00149 \longrightarrow T_r &= \frac{T_v \cdot H^2 \cdot C_h}{C_v \cdot (2R)^2} = \frac{0,00149 \cdot 10^2 \cdot 6,641 \cdot 10^{-7}}{3,977 \cdot 10^{-7} \cdot (2 \cdot 0,564)^2} \\ &= 0,1956 \end{aligned}$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

waktu konsolidasi arah vertikal (t_v) pada t_{90} :

Digunakan rumus : (3.11)

$$t_v = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v} = \frac{0,00149 \cdot 10^2}{3,977 \cdot 10^{-7} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 4,337 \text{ hari}$$

waktu konsolidasi arah radial (t_r) pada t_{90} :

Digunakan rumus : (3.13)

$$t_r = \frac{T_r \cdot (2R)^2}{C_h} = \frac{0,1956 \cdot (2 \cdot 0,564)^2}{6,641 \cdot 10^{-7} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 4,337 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 0,30 - 1,00$ m, interval $0,10$ m) dan jarak antar tiang ($a = 1,00 - 2,75$ m, interval $0,25$ m) dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perhitungan waktu konsolidasi susunan bujur sangkar tanpa geotekstil

d (m)	a (m)	R (m)	m_v (m^2/kN)	k_z (m/dt)	k_x (m/dt)	k (m/dt)	C_v (m^2/dt)	C_h (m^2/dt)	n	y	T _v	t _v (hari)	Tr	t _r (hari)
0.3	1	0.564	0.0002142	2.726E-11	2.661E-08	8.518E-10	3.977E-07	6.641E-07	3.76	0.6929	0.00149	4.3368	0.1956	4.3368
0.4	1.25	0.705	0.0002142	2.794E-11	2.838E-08	8.905E-10	4.157E-07	6.943E-07	3.525	0.6403	0.00214	5.9633	0.1799	5.9633
0.5	1.5	0.846	0.0002142	2.841E-11	2.956E-08	9.165E-10	4.278E-07	7.145E-07	3.384	0.6075	0.00291	7.8842	0.17	7.8842
0.6	1.75	0.987	0.0002142	2.875E-11	3.041E-08	9.351E-10	4.365E-07	7.29E-07	3.29	0.5852	0.00381	10.091	0.1631	10.091
0.7	2	1.128	0.0002142	2.902E-11	3.104E-08	9.491E-10	4.431E-07	7.399E-07	3.223	0.569	0.00481	12.573	0.1579	12.573
0.8	2.25	1.269	0.0002142	2.923E-11	3.153E-08	9.6E-10	4.482E-07	7.485E-07	3.173	0.5567	0.00594	15.327	0.1539	15.327
0.9	2.5	1.41	0.0002142	2.939E-11	3.193E-08	9.688E-10	4.523E-07	7.553E-07	3.133	0.5471	0.00717	18.351	0.1506	18.351
1	2.75	1.551	0.0002142	2.953E-11	3.225E-08	9.76E-10	4.556E-07	7.609E-07	3.102	0.5393	0.00852	21.635	0.1478	21.635

Data-data yang diproses (Process)Perhitungan penurunan maksimum (S)

Digunakan rumus : (3.21)

$$\begin{aligned}
 S &= H \cdot m_v \cdot \sigma_p \\
 &= 10 \cdot 2,142 \cdot 10^{-4} \cdot 120 \\
 &= 0,257 \text{ m} \\
 &= 25,7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit air (Q_a)

Digunakan rumus : (3.22), (3.23), (3.24)

a. Debit air yang melewati lapisan tanah lempung, geotekstil dan pasir secara tegak

lurus adalah :

$$Q_a = A \cdot v \longrightarrow v = k \cdot i = k \cdot (h/Z)$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \cdot R^2 \\
 &= \pi \cdot (0,564)^2 \\
 &= 0,9993 \text{ m}^2 \\
 k &= 8,518 \cdot 10^{-10} \text{ m/dt} \\
 i &= (h/Z) = 0,564/0,564 = 1,0
 \end{aligned}$$

sehingga harga Q_a

$$\begin{aligned}
 Q_a &= A \cdot k \cdot i \\
 &= 0,9993 \cdot 8,518 \cdot 10^{-10} \cdot 1,0 \\
 &= 8,512 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Debit air sedalam 10 m adalah :

$$Q_a = 10 \cdot 8,512 \cdot 10^{-10} = 8,512 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{dt}$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

b. Debit air yang melewati lapisan pasir pada permukaan tanah (*sand blanket*) arah sejajar lapisan dan setebal h . Tebal *sand blanket* (h) dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Q_a = A \cdot k_x \cdot i \longrightarrow i = (h/l) = (0,564/0,564) = 1,0$$

$$8,512 \cdot 10^{-9} = (h \cdot 0,9993) \frac{(h \cdot 1,00 \cdot 10^{-7})}{h} \cdot 1,0$$

didapatkan tebal *sand blanket* (h) = 0,0852 m = 8,52 cm

Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 0,30 - 1,00$ m, interval 0,10 m) dan jarak antar tiang ($a = 1,00 - 2,75$ m, interval 0,25 m) dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perhitungan tebal *sand blanket* susunan bujur sangkar tanpa geotekstil

d (m)	a (m)	R (m)	kz (m/dt)	kx (m/dt)	k (m/dt)	A (m ²)	mv (m ² /kN)	S (m)	Q (m ³ /dt)	h (m)
0.3	1	0.564	2.726E-11	2.661E-08	8.518E-10	0.99933	0.0002142	0.257	8.51207E-09	0.08518
0.4	1.25	0.705	2.794E-11	2.838E-08	8.905E-10	1.56145	0.0002142	0.257	1.39049E-08	0.08905
0.5	1.5	0.846	2.841E-11	2.956E-08	9.165E-10	2.24849	0.0002142	0.257	2.06063E-08	0.09165
0.6	1.75	0.987	2.875E-11	3.041E-08	9.351E-10	3.06044	0.0002142	0.257	2.8617E-08	0.09351
0.7	2	1.128	2.902E-11	3.104E-08	9.491E-10	3.99731	0.0002142	0.257	3.79373E-08	0.09491
0.8	2.25	1.269	2.923E-11	3.153E-08	9.6E-10	5.05909	0.0002142	0.257	4.85674E-08	0.096
0.9	2.5	1.41	2.939E-11	3.193E-08	9.688E-10	6.2458	0.0002142	0.257	6.05074E-08	0.09688
1	2.75	1.551	2.953E-11	3.225E-08	9.76E-10	7.55741	0.0002142	0.257	7.37573E-08	0.09759

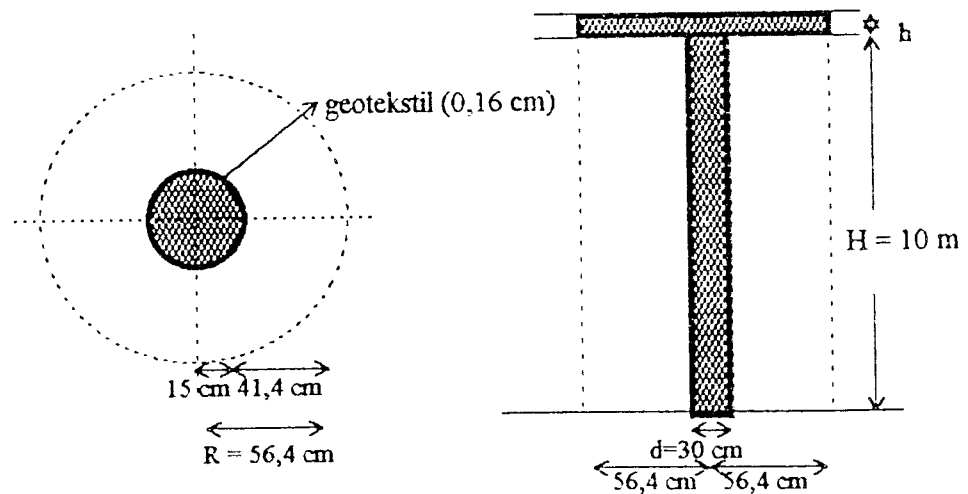
Data-data yang dimasukkan (Input)

2) Kolom pasir vertikal dengan geotekstil susunan bujur sangkar

Harga permeabilitas dan ketebalan dengan $d = 30$ cm dan $a = 1,00$ m akan mempunyai jari-jari pengaruh sebesar $R = 0,564 a = 56,4$ cm yang dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.4 Permeabilitas dan ketebalan susunan bujur sangkar dengan geotekstil

Jenis	Tebal (cm)	Permeabilitas (m/dt)
Pasir (0.5d)	15,00	$1 \cdot 10^{-7}$
Geotekstil : - (arah z) - (arah x)	0,16	$6 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-3}$
Tanah Lempung	41,24	$2,0015 \cdot 10^{-11}$
Jari-jari pengaruh (R)	$\Sigma = 56,40$	



Gambar 4.3 Kolom pasir vertikal dengan geotekstil susunan bujur sangkar

Data-data yang diproses (Process)

Perhitungan koefisien perubahan volume (mv)

Digunakan rumus : (3.8)

$$\begin{aligned}
 mv &= \frac{e_0 - e_1}{\sigma_p \cdot (1 + e_0)} \\
 &= \frac{1,606 - 1,539}{120 \cdot (1 + 1,606)} \\
 &= 2,142 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan permeabilitas (k)

Digunakan rumus : (3.18), (3.19), (3.20)

a. permeabilitas ekuivalen arah z (k_z)

$$\begin{aligned}
 k_z &= \frac{Z}{\sum(z_j / k_j)} \\
 &= \frac{56,40}{\frac{41,24}{2,0015 \cdot 10^{-9}} + \frac{0,16}{6 \cdot 10^{-2}} + \frac{15,00}{1 \cdot 10^{-5}}} \\
 &= 2,737 \cdot 10^{-9} \text{ cm/dt} \\
 &= 2,737 \cdot 10^{-11} \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

b. permeabilitas ekuivalen arah x (k_x)

$$\begin{aligned}
 k_x &= \frac{\sum(z_j \cdot k_j)}{Z} \\
 &= \frac{(41,24 \cdot 2,0015 \cdot 10^{-9}) + (0,16 \cdot 2 \cdot 10^{-2}) + (15,00 \cdot 1 \cdot 10^{-5})}{56,40} \\
 &= 5,700 \cdot 10^{-4} \text{ cm/dt} \\
 &= 5,700 \cdot 10^{-6} \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

c. permeabilitas efektif (k)

$$\begin{aligned} k &= \sqrt{k_z \cdot k_x} \\ &= \sqrt{(2,737 \cdot 10^{-9} \cdot 5,700 \cdot 10^{-4})} \\ &= 1,249 \cdot 10^{-6} \text{ cm/dt} = 1,249 \cdot 10^{-8} \text{ m/dt} \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien konsolidasi (Cv)

Digunakan rumus : (3.9)

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{k}{m_v \cdot \gamma_w} \longrightarrow \gamma_w = 1 \text{ t/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^3 \\ &= \frac{1,249 \cdot 10^{-8}}{2,142 \cdot 10^{-4} \cdot 10} \\ &= 5,831 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt} \\ C_h &= 1,67 \cdot C_v \text{ *)} \\ &= 1,67 \cdot 5,831 \cdot 10^{-6} \\ &= 9,738 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt} \end{aligned}$$

Perhitungan waktu konsolidasi (t)

Derajat konsolidasi gabungan terjadi pada $U = 90 \%$

Dari persamaan (4.6) dimasukkan ke persamaan (4.7)

$$\begin{aligned} (1 - U) &= (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{((-8 \cdot T_v \cdot d^2 \cdot C_h) / (C_v \cdot (2 \cdot R)^2 \cdot y)}))) \\ (1 - 0,90) &= (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{((-8 \cdot T_v \cdot 10^2 \cdot 9,7381 \cdot 10^{-6}) / (5,831 \cdot 10^{-6} \cdot (2 \cdot 0,564)^2 \cdot 0,6929)}))) \\ (1 - 0,90) &= (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{(-1515,337 \cdot T_v)})) \\ 0,10 &= (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{(-1515,337 \cdot T_v)})) \end{aligned}$$

*) $C_h = (1 - 2) C_v$ diambil $C_h = 1,67 C_v$ seperti pada contoh perhitungan konsolidasi (Soedarmo, Purnomo, 1997 dan Daruslan, 1994)

masukkan perhitungan *trial and error* ke dalam persamaan di atas :

$$\text{jika } T_v = 0,00140 \longrightarrow 0,1148$$

$$\text{jika } T_v = 0,00149 \longrightarrow 0,10002$$

$$\text{jika } T_v = 0,00150 \longrightarrow 0,0985$$

dimasukkan ke persamaan (4.4)

$$\begin{aligned} U_v &= \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)} \\ &= \sqrt{((4 \cdot 0,00149) / \pi)} \\ &= 4,355 \% < 60 \% \text{ ok.} \end{aligned}$$

$$T_v = 0,00149 \longrightarrow T_r = \frac{T_v \cdot H^2 \cdot C_h}{C_v \cdot (2R)^2} = \frac{0,00149 \cdot 10^2 \cdot 9,738 \cdot 10^{-6}}{5,831 \cdot 10^{-6} \cdot (2 \cdot 0,564)^2} = 0,1956$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

waktu konsolidasi arah vertikal (t_v) pada t_{90} :

Digunakan rumus : (3.11)

$$t_v = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v} = \frac{0,00149 \cdot 10^2}{5,831 \cdot 10^{-6} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,296 \text{ hari}$$

waktu konsolidasi arah radial (t_r) pada t_{90} :

Digunakan rumus : (3.13)

$$t_r = \frac{T_r \cdot (2R)^2}{C_h} = \frac{0,1956 \cdot (2 \cdot 0,564)^2}{9,738 \cdot 10^{-6} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,296 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 0,30 - 1,00$ m interval $0,10$ m) dan jarak antar tiang ($a = 1,00 - 2,75$ m interval $0,25$ m) dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perhitungan waktu konsolidasi susunan bujur sangkar dengan geotekstil

d (m)	a (m)	R (m)	m_v (m^2/kN)	k_z (m/dt)	k_x (m/dt)	k (m/dt)	C_v (m^2/dt)	Ch (m^2/dt)	n	y	TV	t_v (hari)	Tr	t_r (hari)
0.3	1	0.564	0.0002142	2.737E-11	5.7E-06	1.249E-08	5.831E-06	9.738E-06	3.76	0.6929	0.00149	0.2957	0.1956	0.2957
0.4	1.25	0.705	0.0002142	2.803E-11	4.567E-06	1.131E-08	5.282E-06	8.821E-06	3.525	0.6403	0.00214	0.4693	0.1799	0.4693
0.5	1.5	0.846	0.0002142	2.848E-11	3.812E-06	1.042E-08	4.865E-06	8.124E-06	3.384	0.6075	0.00291	0.6934	0.17	0.6934
0.6	1.75	0.987	0.0002142	2.882E-11	3.273E-06	9.712E-09	4.534E-06	7.572E-06	3.29	0.5852	0.00381	0.9716	0.1631	0.9716
0.7	2	1.128	0.0002142	2.908E-11	2.868E-06	9.132E-09	4.263E-06	7.12E-06	3.223	0.569	0.00481	1.3067	0.1579	1.3067
0.8	2.25	1.269	0.0002142	2.928E-11	2.553E-06	8.646E-09	4.036E-06	6.741E-06	3.173	0.5567	0.00594	1.7018	0.1539	1.7018
0.9	2.5	1.41	0.0002142	2.944E-11	2.301E-06	8.232E-09	3.843E-06	6.418E-06	3.133	0.5471	0.00717	2.1597	0.1506	2.1597
1	2.75	1.551	0.0002142	2.958E-11	2.095E-06	7.873E-09	3.675E-06	6.138E-06	3.102	0.5393	0.00852	2.682	0.1478	2.682

Data-data yang diproses (Process)Perhitungan penurunan maksimum (S)

Digunakan rumus : (3.21)

$$\begin{aligned} S &= H \cdot m_v \cdot \sigma_p \\ &= 10 \cdot 2,142 \cdot 10^{-4} \cdot 120 \\ &= 0,257 \text{ m} \\ &= 25,7 \text{ cm} \end{aligned}$$

Perhitungan debit air (Q_a)

Digunakan rumus : (3.22), (3.23), (3.24)

a. Debit air yang melewati lapisan tanah lempung, geotekstil dan pasir secara tegak lurus adalah :

$$Q_a = A \cdot v \longrightarrow v = k \cdot i = k \cdot (h/Z)$$

dimana :

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot R^2 \\ &= \pi \cdot (0,564)^2 \\ &= 0,9993 \text{ m}^2 \\ k &= 1,249 \cdot 10^{-8} \text{ m/dt} \\ i &= (h/Z) = 0,564/0,564 = 1,0 \end{aligned}$$

sehingga harga Q_a

$$\begin{aligned} Q_a &= A \cdot k \cdot i \\ &= 0,9993 \cdot 1,249 \cdot 10^{-8} \cdot 1,0 \\ &= 1,248 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Debit air sedalam 10 m adalah :

$$Q_a = 10 \cdot 1,248 \cdot 10^{-8} = 1,248 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{dt}$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

b. Debit air yang melewati lapisan pasir dan geotekstil pada permukaan tanah (*sand blanket*) arah sejajar lapisan dan setebal h . Tebal *sand blanket* (h) dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Q_a = A \cdot k_x \cdot i \quad \longrightarrow \quad i = (h/l) = (0,564/0,564) = 1,0$$

$$1,248 \cdot 10^{-7} = (h \cdot 0,9993) \frac{(h \cdot 1,00 \cdot 10^{-7}) + (0,0016 \cdot 2 \cdot 10^{-3})}{(h + 0,0016)} \cdot 1,0$$

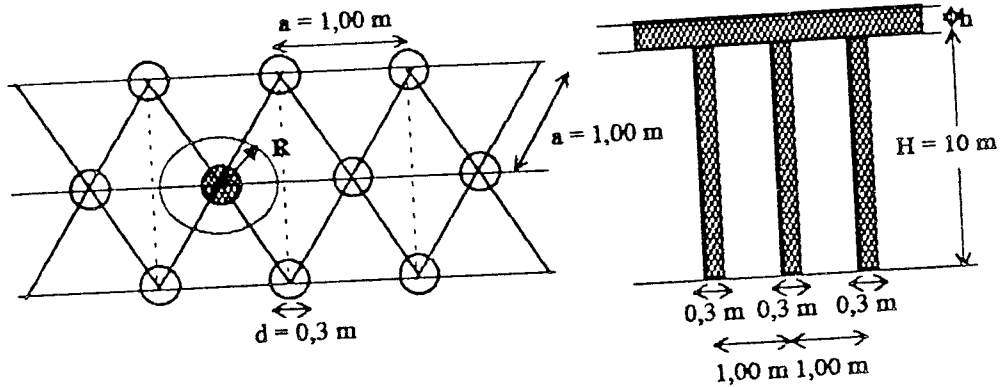
didapatkan tebal *sand blanket* (h) = 0,000065 m = 0,0065 cm

Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 0,30 - 1,00$ m, interval 0,10 m) dan jarak antar tiang ($a = 1,00 - 2,75$ m, interval 0,25 m) dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan tebal sand blanket susunan bujur sangkar dengan geotekstil

d (m)	a (m)	R (m)	kz (m/dt)	kx (m/dt)	k (m/dt)	A (m ²)	mv (m ² /kN)	s (m)	Q (m ³ /dt)	h (m)
0.3	1	0.564	2.737E-11	5.7E-06	1.249E-08	0.99933	0.0002142	0.257	1.24825E-07	0.000065
0.4	1.25	0.705	2.803E-11	4.567E-06	1.131E-08	1.56145	0.0002142	0.257	1.76669E-07	5.865E-05
0.5	1.5	0.846	2.848E-11	3.812E-06	1.042E-08	2.24849	0.0002142	0.257	2.34302E-07	0.000054
0.6	1.75	0.987	2.882E-11	3.273E-06	9.712E-09	3.06044	0.0002142	0.257	2.97216E-07	0.0000501
0.7	2	1.128	2.908E-11	2.868E-06	9.132E-09	3.99731	0.0002142	0.257	3.65024E-07	0.000047
0.8	2.25	1.269	2.928E-11	2.553E-06	8.646E-09	5.05909	0.0002142	0.257	4.37416E-07	4.443E-05
0.9	2.5	1.41	2.944E-11	2.301E-06	8.232E-09	6.2458	0.0002142	0.257	5.14139E-07	4.225E-05
1	2.75	1.551	2.958E-11	2.095E-06	7.873E-09	7.55741	0.0002142	0.257	5.94981E-07	4.035E-05

4.2.2 Perhitungan Konsolidasi Susunan Segi Tiga



Gambar 4.4 Susunan segi tiga sama sisi drainasi vertikal

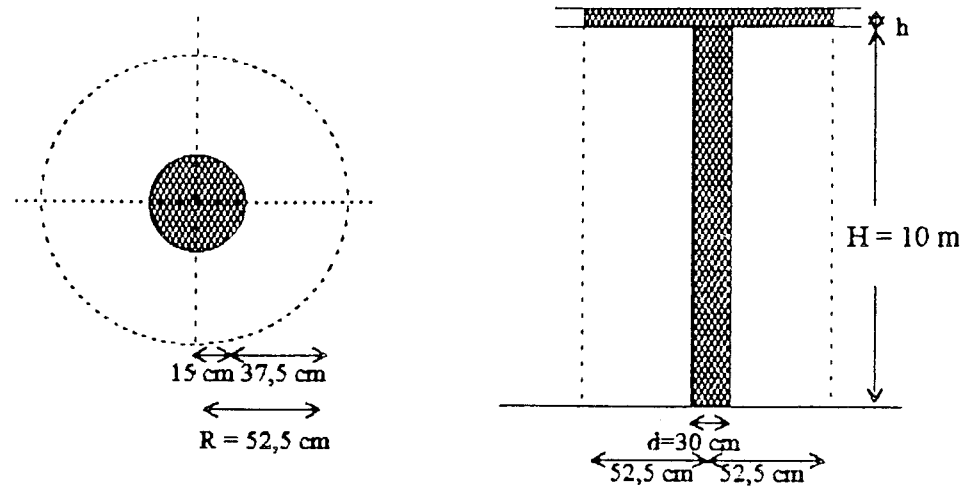
Data-data yang dimasukkan (Input)

1) Kolom pasir vertikal tanpa geotekstil susunan segi tiga

Pada perhitungan ini dengan harga permeabilitas yang berbeda, perhitungan pada $d = 30$ cm dan $a = 1,00$ m akan mempunyai jari-jari pengaruh sebesar $R = 0,525 a = 52,5$ cm yang dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.7 Permeabilitas dan ketebalan susunan segi tiga tanpa geotekstil

Jenis	Tebal (cm)	Permeabilitas (m/dt)
Pasir (0.5d)	15,00	$1 \cdot 10^{-7}$
Tanah Lempung	37,50	$2,0015 \cdot 10^{-11}$
Jari-jari pengaruh (R)	$\Sigma = 52,50$	



Gambar 4.5 Kolom pasir vertikal tanpa geotekstil susunan segi tiga

Data-data yang diproses (Process)

Perhitungan koefisien perubahan volume (mv)

Digunakan rumus : (3.8)

$$\begin{aligned}
 mv &= \frac{e_0 - e_1}{\sigma_p \cdot (1 + e_0)} \\
 &= \frac{1,606 - 1,539}{120 \cdot (1 + 1,606)} \\
 &= 2,142 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan permeabilitas (k)

Digunakan rumus : (3.18), (3.19), (3.20)

a. permeabilitas ekuivalen arah z (k_z)

$$k_z = \frac{Z}{\sum(z_j / k_j)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{52,50}{\frac{37,50}{2,0015 \cdot 10^{-9}} + \frac{15,00}{1 \cdot 10^{-5}}} \\
 &= 2,802 \cdot 10^{-9} \text{ cm/dt} \\
 &= 2,802 \cdot 10^{-11} \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

b. permeabilitas ekuivalen arah x (k_x)

$$\begin{aligned}
 k_x &= \frac{\sum(z_j \cdot k_j)}{Z} \\
 &= \frac{(37,50 \cdot 2,0015 \cdot 10^{-9}) + (15,00 \cdot 1 \cdot 10^{-5})}{52,50} \\
 &= 2,859 \cdot 10^{-6} \text{ cm/dt} \\
 &= 2,859 \cdot 10^{-8} \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

c. permeabilitas efektif (k)

$$\begin{aligned}
 k &= \sqrt{k_z \cdot k_x} \\
 &= \sqrt{(2,802 \cdot 10^{-9}) \cdot (2,859 \cdot 10^{-6})} \\
 &= 8,949 \cdot 10^{-8} \text{ cm/dt} \\
 &= 8,949 \cdot 10^{-10} \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien konsolidasi (C_v)

Digunakan rumus : (3.9)

$$\begin{aligned}
 C_v &= \frac{k}{mv \cdot \gamma_w} \longrightarrow \gamma_w = 1 \text{ t/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^3 \\
 &= \frac{8,949 \cdot 10^{-10}}{2,142 \cdot 10^{-4} \cdot 10} = 4,178 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_h &= 1,67 \cdot C_v^* \\
 &= 1,67 \cdot 4,178 \cdot 10^{-7} \\
 &= 6,977 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu konsolidasi (t)

Digunakan rumus : (3.15)

$$\begin{aligned}
 R &= 0,525 a \\
 &= 0,525 \cdot 1,00 \\
 &= 0,525 \text{ m} \\
 n &= R / r \\
 &= 0,525 / 0,15 = 3,50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln n - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \\
 &= \frac{3,50^2}{3,50^2 - 1} \ln 3,50 - \frac{3 \cdot 3,50^2 - 1}{4 \cdot 3,50^2} \\
 &= 0,6345
 \end{aligned}$$

Derajat konsolidasi gabungan terjadi pada $U = 90 \%$

Dari persamaan (4.6) dimasukkan ke persamaan (4.7)

$$(1 - U) = (1 - \sqrt{(4 \cdot T_v) / \pi}) \cdot (1 - (1 - e^{(-8 T_v d^2 C_h) / (C_v (2 R)^2 y)}))$$

$$(1 - 0,90) = (1 - \sqrt{(4 \cdot T_v) / \pi}) \cdot (1 - (1 - e^{(-8 T_v 10^2 6,977E-7) / (4,178E-7 (2 \cdot 0,564)^2 0,6929)}))$$

$$(1 - 0,90) = (1 - \sqrt{(4 \cdot T_v) / \pi}) \cdot (1 - (1 - e^{(-1909,753 T_v)}))$$

$$0,10 = (1 - \sqrt{(4 \cdot T_v) / \pi}) \cdot (1 - (1 - e^{(-1909,753 T_v)}))$$

*) $C_h = (1 - 2) C_v$ diambil $C_h = 1,67 C_v$ seperti pada contoh perhitungan konsolidasi (Soedarmo, Purnomo, 1997 dan Daruslan, 1994)

masukkan perhitungan *trial and error* ke dalam persamaan di atas :

$$\text{jika } T_v = 0,001 \longrightarrow 0,1434$$

$$\text{jika } T_v = 0,001185 \longrightarrow 0,10008$$

$$\text{jika } T_v = 0,0012 \longrightarrow 0,0976$$

dimasukkan ke persamaan (4.4)

$$\begin{aligned} U_v &= \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)} \\ &= \sqrt{((4 \cdot 0,001185) / \pi)} \\ &= 3,884 \% < 60 \% \text{ ok.} \end{aligned}$$

$$T_v = 0,001185 \longrightarrow T_r = \frac{T_v \cdot H^2 \cdot C_h}{C_v \cdot (2R)^2} = \frac{0,001185 \cdot 10^2 \cdot 6,977 \cdot 10^{-7}}{4,178 \cdot 10^{-7} \cdot (2 \cdot 0,525)^2} = 0,1794$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

waktu konsolidasi arah vertikal (t_v) pada t_{90} :

Digunakan rumus : (3.11)

$$t_v = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v} = \frac{0,001185 \cdot 10^2}{4,178 \cdot 10^{-7} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 3,281 \text{ hari}$$

waktu konsolidasi arah radial (t_r) pada t_{90} :

Digunakan rumus : (3.13)

$$t_r = \frac{T_r \cdot (2R)^2}{C_h} = \frac{0,1794 \cdot (2 \cdot 0,525)^2}{6,977 \cdot 10^{-6} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 3,281 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 0,30 - 1,00$ m, interval $0,10$ m) dan jarak antar tiang ($a = 1,00 - 2,75$ m, interval $0,25$ m) dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan waktu konsolidasi susunan segi tiga tanpa geotekstil

d (m)	a (m)	R (m)	m_v (m^2/kN)	kz (m/dt)	kx (m/dt)	k (m/dt)	Cv (m^2/dt)	Cl (m^2/dt)	n	y	Tv	tv (hari)	Tr	tr (hari)
0.3	1	0.525	0.0002142	2.802E-11	2.859E-08	8.95E-10	4.178E-07	6.977E-07	3.5	0.6345	0.00118	3.2813	0.1794	3.2813
0.4	1.25	0.656	0.0002142	2.879E-11	3.049E-08	9.369E-10	4.374E-07	7.304E-07	3.281	0.5831	0.0017	4.4854	0.1643	4.4854
0.5	1.5	0.788	0.0002142	2.932E-11	3.176E-08	9.65E-10	4.505E-07	7.524E-07	3.15	0.5512	0.0023	5.9063	0.1548	5.9063
0.6	1.75	0.919	0.0002142	2.972E-11	3.267E-08	9.853E-10	4.6E-07	7.682E-07	3.063	0.5295	0.003	7.5362	0.1481	7.5362
0.7	2	1.05	0.0002142	3.002E-11	3.335E-08	1.001E-09	4.671E-07	7.801E-07	3	0.5137	0.00378	9.3713	0.1432	9.3713
0.8	2.25	1.181	0.0002142	3.026E-11	3.388E-08	1.012E-09	4.727E-07	7.894E-07	2.953	0.5018	0.00466	11.406	0.1394	11.406
0.9	2.5	1.313	0.0002142	3.045E-11	3.43E-08	1.022E-09	4.771E-07	7.968E-07	2.917	0.4924	0.00562	13.64	0.1363	13.64
1	2.75	1.444	0.0002142	3.062E-11	3.465E-08	1.03E-09	4.808E-07	8.03E-07	2.888	0.4849	0.00668	16.068	0.1337	16.068

Data-data yang diproses (Process)Perhitungan penurunan maksimum (S)

Digunakan rumus : (3.21)

$$\begin{aligned}
 S &= H \cdot mv \cdot \sigma_p \\
 &= 10 \cdot 2,142 \cdot 10^{-4} \cdot 120 \\
 &= 0,257 \text{ m} \\
 &= 25,7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit air (Q_a)

Digunakan rumus : (3.22), (3.23), (3.24)

a. Debit air yang melewati lapisan tanah lempung, geotekstil dan pasir secara tegak

lurus adalah :

$$Q_a = A \cdot v \longrightarrow v = k \cdot i = k \cdot (h/Z)$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \cdot R^2 \\
 &= \pi \cdot (0,525)^2 \\
 &= 0,8659 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$k = 8,949 \cdot 10^{-10} \text{ m/dt}$$

$$i = (h/Z) = 0,525/0,525 = 1,0$$

sehingga harga Q_a

$$\begin{aligned}
 Q_a &= A \cdot k \cdot i \\
 &= 0,8659 \cdot 8,949 \cdot 10^{-10} \cdot 1,0 \\
 &= 7,749 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Debit air sedalam 10 m adalah :

$$Q_a = 10 \cdot 7,749 \cdot 10^{-10} = 7,749 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{dt}$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

b. Debit air yang melewati lapisan pasir pada permukaan tanah (*sand blanket*) arah sejajar lapisan dan setebal h . Tebal *sand blanket* (h) dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Q_a = A \cdot k_x \cdot i \longrightarrow i = (h/l) = (0,525/0,525) = 1,0$$

$$8,512 \cdot 10^{-9} = (h \cdot 0,8659) \frac{(h \cdot 1,00 \cdot 10^{-7})}{h} \cdot 1,0$$

didapatkan tebal *sand blanket* (h) = 0,0895 m = 8,95 cm

Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 0,30 - 1,00$ m, interval 0,10 m) dan jarak antar tiang ($a = 1,00 - 2,75$ m, interval 0,25 m) dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan tebal sand blanket susunan segi tiga tanpa geotekstil

d (m)	a (m)	R (m)	kz (m/dt)	kx (m/dt)	k (m/dt)	A (m ²)	m _v (m ² /kN)	S (m)	Q (m ³ /dt)	h (m)
0.3	1	0.525	2.802E-11	2.859E-08	8.95E-10	0.8659	0.0002142	0.257	7.74938E-09	0.0895
0.4	1.25	0.656	2.879E-11	3.049E-08	9.369E-10	1.35297	0.0002142	0.257	1.26753E-08	0.09371
0.5	1.5	0.788	2.932E-11	3.176E-08	9.65E-10	1.94828	0.0002142	0.257	1.88011E-08	0.0965
0.6	1.75	0.919	2.972E-11	3.267E-08	9.853E-10	2.65182	0.0002142	0.257	2.61272E-08	0.0985
0.7	2	1.05	3.002E-11	3.335E-08	1.001E-09	3.4636	0.0002142	0.257	3.46542E-08	0.10005
0.8	2.25	1.181	3.026E-11	3.388E-08	1.012E-09	4.38362	0.0002142	0.257	4.43822E-08	0.10125
0.9	2.5	1.313	3.045E-11	3.43E-08	1.022E-09	5.41188	0.0002142	0.257	5.53112E-08	0.10221
1	2.75	1.444	3.062E-11	3.465E-08	1.03E-09	6.54837	0.0002142	0.257	6.74414E-08	0.10299

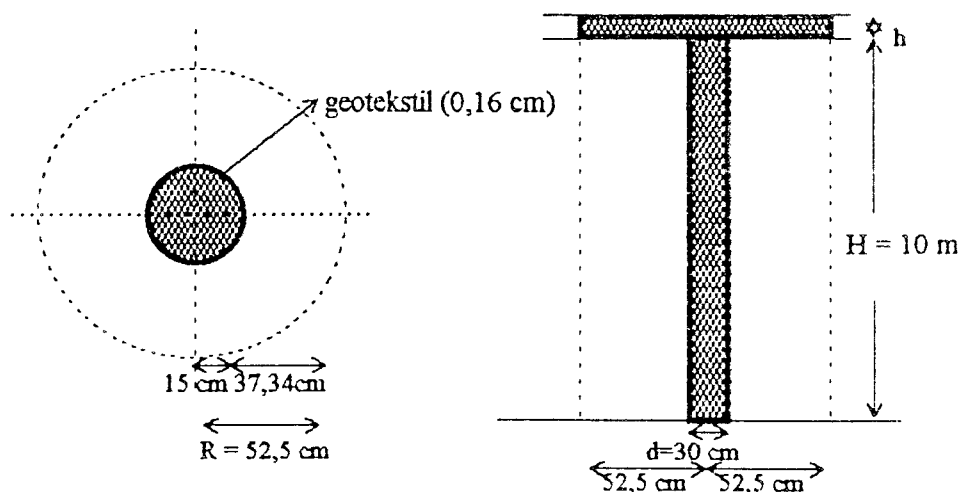
Data-data yang dimasukkan (Input)

2) kolom pasir vertikal susunan segi tiga dengan geotekstil

Harga permeabilitas dan ketebalan dengan $d = 30$ cm dan $a = 1,00$ m akan mempunyai jari-jari pengaruh sebesar $R = 0,525 a = 52,5$ cm yang dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.10 Permeabilitas dan ketebalan susunan segi tiga dengan geotekstil

Jenis	Tebal (cm)	Permeabilitas (m/dt)
Pasir (0.5d)	15,00	$1 \cdot 10^{-7}$
Geotekstil : - (arah z) - (arah x)	0,16	$6 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-3}$
Tanah lempung	37,34	$2,0015 \cdot 10^{-11}$
Jari-jari pengaruh (R)	$\Sigma = 52,50$	



Gambar 4.6 Kolom pasir vertikal dengan geotekstil susunan segi tiga

Data-data yang diproses (Process)

Perhitungan koefisien perubahan volume (mv)

Digunakan rumus : (3.8)

$$\begin{aligned}
 mv &= \frac{e_0 - e_1}{\sigma_p \cdot (1 + e_0)} \\
 &= \frac{1,606 - 1,539}{120 \cdot (1 + 1,606)} \\
 &= 2,142 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan permeabilitas (k)

Digunakan rumus : (3.18), (3.19), (3.20)

a. permeabilitas ekuivalen arah z (k_z)

$$\begin{aligned}
 k_z &= \frac{Z}{\sum(z_j / k_j)} \\
 &= \frac{52,50}{\frac{37,34}{2,0015 \cdot 10^{-9}} + \frac{0,16}{6 \cdot 10^{-2}} + \frac{15,00}{1 \cdot 10^{-5}}} \\
 &= 2,814 \cdot 10^{-9} \text{ cm/dt} \\
 &= 2,814 \cdot 10^{-11} \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

b. permeabilitas ekuivalen arah x (k_x)

$$\begin{aligned}
 k_x &= \frac{\sum(z_j \cdot k_j)}{Z} \\
 &= \frac{(37,34 \cdot 2,0015 \cdot 10^{-9}) + (0,16 \cdot 2 \cdot 10^{-2}) + (15,00 \cdot 1 \cdot 10^{-5})}{52,50} \\
 &= 6,124 \cdot 10^{-4} \text{ cm/dt} \\
 &= 6,124 \cdot 10^{-6} \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

c. permeabilitas efektif (k)

$$\begin{aligned} k &= \sqrt{k_z \cdot k_x} \\ &= \sqrt{(2,814 \cdot 10^{-9} \cdot 6,124 \cdot 10^{-4})} \\ &= 1,313 \cdot 10^{-6} \text{ cm/dt} = 1,313 \cdot 10^{-8} \text{ m/dt} \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien konsolidasi (Cv)

Digunakan rumus : (3.9)

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{k}{m_v \cdot \gamma_w} \longrightarrow \gamma_w = 1 \text{ t/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^3 \\ &= \frac{1,313 \cdot 10^{-8}}{2,142 \cdot 10^{-4} \cdot 10} \\ &= 6,128 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt} \\ C_h &= 1,67 \cdot C_v \text{ *)} \\ &= 1,67 \cdot 6,128 \cdot 10^{-6} \\ &= 1,023 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{dt} \end{aligned}$$

Perhitungan waktu konsolidasi (t)

Derajat konsolidasi gabungan terjadi pada $U = 90 \%$

Dari persamaan (4.6) dimasukkan ke persamaan (4.7)

$$\begin{aligned} (1 - U) &= (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{((-8 \cdot T_v \cdot d^2 \cdot C_h) / (C_v \cdot (2 \cdot R)^2 \cdot y))})) \\ (1 - 0,90) &= (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{((-8 \cdot T_v \cdot 10^2 \cdot 1,023 \cdot 10^{-5}) / (6,128 \cdot 10^{-6} \cdot (2 \cdot 0,525)^2 \cdot 0,6345))})) \\ (1 - 0,90) &= (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{(-1909,753 \cdot T_v)})) \\ 0,10 &= (1 - \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)}) \cdot (1 - (1 - e^{(-1909,753 \cdot T_v)})) \end{aligned}$$

*) $C_h = (1 - 2) C_v$ diambil $C_h = 1,67 C_v$ seperti pada contoh perhitungan konsolidasi (Soedarmo, Purnomo, 1997 dan Daruslan, 1994)

masukkan perhitungan *trial and error* ke dalam persamaan di atas :

$$\text{jika } T_v = 0,00140 \longrightarrow 0,1148$$

$$\text{jika } T_v = 0,001185 \longrightarrow 0,10008$$

$$\text{jika } T_v = 0,00150 \longrightarrow 0,0985$$

dimasukkan ke persamaan (4.4)

$$\begin{aligned} U_v &= \sqrt{((4 \cdot T_v) / \pi)} \\ &= \sqrt{((4 \cdot 0,001185) / \pi)} \\ &= 3,884 \% < 60 \% \text{ ok.} \end{aligned}$$

$$T_v = 0,001185 \longrightarrow T_r = \frac{T_v \cdot H^2 \cdot C_h}{C_v \cdot (2R)^2} = \frac{0,001185 \cdot 10^2 \cdot 1,023 \cdot 10^{-5}}{6,128 \cdot 10^{-6} \cdot (2 \cdot 0,525)^2} = 0,1794$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

waktu konsolidasi arah vertikal (t_v) pada t_{90} :

Digunakan rumus : (3.11)

$$t_v = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v} = \frac{0,001185 \cdot 10^2}{6,128 \cdot 10^{-6} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,224 \text{ hari}$$

waktu konsolidasi arah radial (t_r) pada t_{90} :

Digunakan rumus : (3.13)

$$t_r = \frac{T_r \cdot (2R)^2}{C_h} = \frac{0,1794 \cdot (2 \cdot 0,525)^2}{1,023 \cdot 10^{-5} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,224 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 0,30 - 1,00$ m, interval 0,10 m) dan jarak antara tiang ($a = 1,00 - 2,75$ m, interval 0,25 m) dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perhitungan waktu konsolidasi susunan segi tiga dengan geotekstil

d (m)	a (m)	R (m)	m_{iv} (m^2/kN)	k_z (m/dt)	k_x (m/dt)	k (m/dt)	C_v (m^2/dt)	C_h (m^2/dt)	n	y	T_v	t_v (hari)	T_r	t_r (hari)
0.3	1	0.525	0.0002142	2.814E-11	6.124E-06	1.313E-08	6.128E-06	1.023E-05	3.5	0.6345	0.00118	0.2237	0.1794	0.2237
0.4	1.25	0.656	0.0002142	2.889E-11	4.907E-06	1.191E-08	5.558E-06	9.282E-06	3.281	0.5831	0.0017	0.353	0.1643	0.353
0.5	1.5	0.788	0.0002142	2.941E-11	4.095E-06	1.097E-08	5.123E-06	8.556E-06	3.15	0.5512	0.0023	0.5194	0.1548	0.5194
0.6	1.75	0.919	0.0002142	2.979E-11	3.516E-06	1.023E-08	4.778E-06	7.979E-06	3.063	0.5295	0.003	0.7255	0.1481	0.7255
0.7	2	1.05	0.0002142	3.009E-11	3.081E-06	9.628E-09	4.495E-06	7.507E-06	3	0.5137	0.00378	0.9738	0.1432	0.9738
0.8	2.25	1.181	0.0002142	3.032E-11	2.743E-06	9.12E-09	4.258E-06	7.11E-06	2.953	0.5018	0.00466	1.2663	0.1394	1.2663
0.9	2.5	1.313	0.0002142	3.051E-11	2.472E-06	8.685E-09	4.053E-06	6.771E-06	2.917	0.4924	0.00562	1.605	0.1363	1.605
1	2.75	1.444	0.0002142	3.067E-11	2.251E-06	8.309E-09	3.879E-06	6.478E-06	2.888	0.4849	0.00668	1.9917	0.1337	1.9917

Data-data yang diproses (Process)Perhitungan penurunan maksimum (S)

Digunakan rumus : (3.21)

$$\begin{aligned}
 S &= H \cdot mv \cdot \sigma_p \\
 &= 10 \cdot 2,142 \cdot 10^{-4} \cdot 120 \\
 &= 0,257 \text{ m} \\
 &= 25,7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit air (Q_a)

Digunakan rumus : (3.22), (3.23), (3.24)

a. Debit air yang melewati lapisan tanah lempung, geotekstil dan pasir secara tegak lurus adalah :

$$Q_a = A \cdot v \longrightarrow v = k \cdot i = k \cdot (h/Z)$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \cdot R^2 \\
 &= \pi \cdot (0,525)^2 \\
 &= 0,8659 \text{ m}^2 \\
 k &= 1,313 \cdot 10^{-8} \text{ m/dt} \\
 i &= (h/Z) = 0,525/0,525 = 1,0
 \end{aligned}$$

sehingga harga Q_a

$$\begin{aligned}
 Q_a &= A \cdot k \cdot i \\
 &= 0,8659 \cdot 1,313 \cdot 10^{-8} \cdot 1,0 \\
 &= 1,137 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Debit air sedalam 10 m adalah :

$$Q_a = 10 \cdot 1,137 \cdot 10^{-8} = 1,137 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{dt}$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

b. Debit air yang melewati lapisan pasir dan geotekstil pada permukaan tanah (*sand blanket*) arah sejajar lapisan dan setebal h . Tebal *sand blanket* (h) dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Q_a = A \cdot k_x \cdot i \longrightarrow i = (h/l) = (0,525/0,525) = 1,0$$

$$1,137 \cdot 10^{-7} = (h \cdot 0,8659) \frac{(h \cdot 1,00 \cdot 10^{-7}) + (0,0016 \cdot 2 \cdot 10^{-3})}{(h + 0,0016)} \cdot 1,0$$

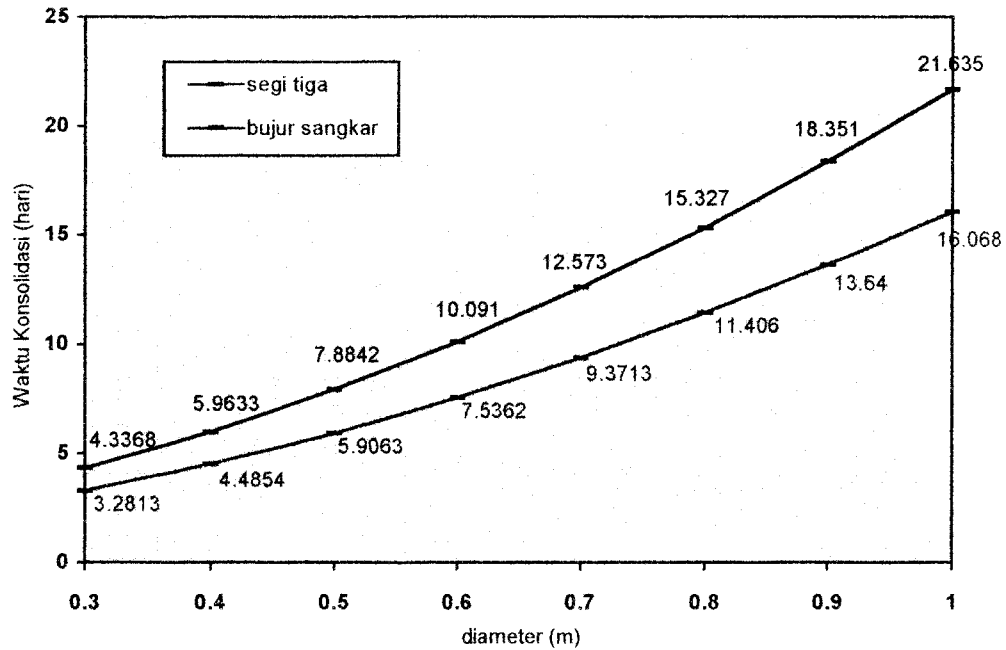
didapatkan tebal *sand blanket* (h) = 0,0000684 m = 0,00684 cm

Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 0,30 - 1,00$ m, interval 0,10 m) dan jarak antar tiang ($a = 1,00 - 2,75$ m, interval 0,25 m) dapat dilihat pada tabel 4.12

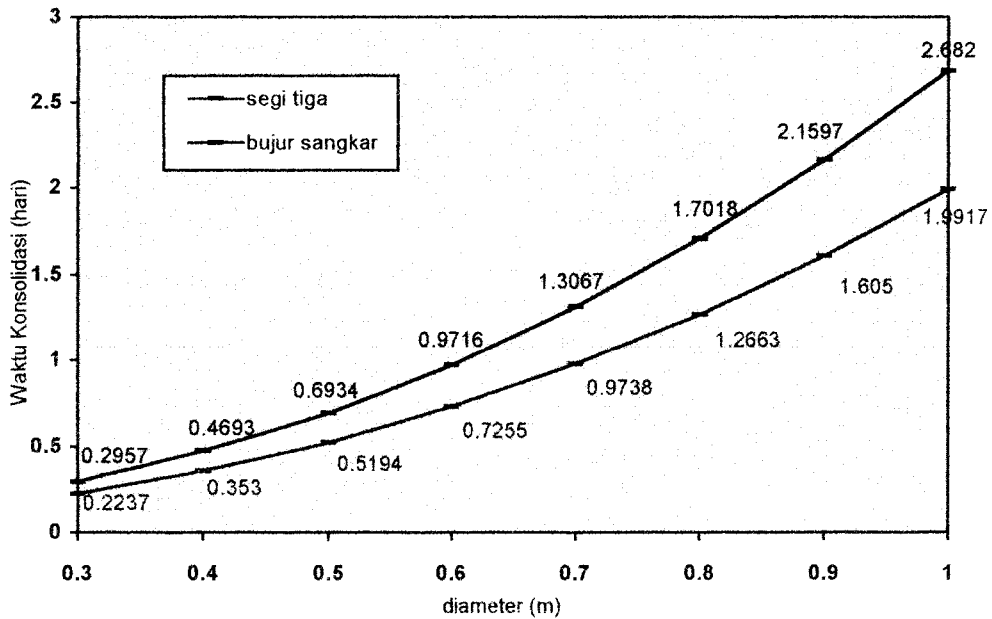
Tabel 4.12 Perhitungan tebal sand blanket susunan segi tiga dengan geotekstil

d (m)	a (m)	R (m)	kz (m/dt)	kx (m/dt)	k (m/dt)	A (m ²)	mv (m ² /kN)	S (m)	Q (m ³ /dt)	h (m)
0.3	1	0.525	2.814E-11	6.124E-06	1.313E-08	0.8659	0.0002142	0.257	1.13666E-07	0.0000684
0.4	1.25	0.656	2.889E-11	4.907E-06	1.191E-08	1.35297	0.0002142	0.257	1.61078E-07	0.0000618
0.5	1.5	0.788	2.941E-11	4.095E-06	1.097E-08	1.94828	0.0002142	0.257	2.13812E-07	0.0000568
0.6	1.75	0.919	2.979E-11	3.516E-06	1.023E-08	2.65182	0.0002142	0.257	2.71399E-07	0.0000529
0.7	2	1.05	3.009E-11	3.081E-06	9.628E-09	3.4636	0.0002142	0.257	3.3348E-07	0.0000496
0.8	2.25	1.181	3.032E-11	2.743E-06	9.12E-09	4.38362	0.0002142	0.257	3.99772E-07	0.0000469
0.9	2.5	1.313	3.051E-11	2.472E-06	8.685E-09	5.41188	0.0002142	0.257	4.70041E-07	0.0000447
1	2.75	1.444	3.067E-11	2.251E-06	8.309E-09	6.54837	0.0002142	0.257	5.44091E-07	0.0000427

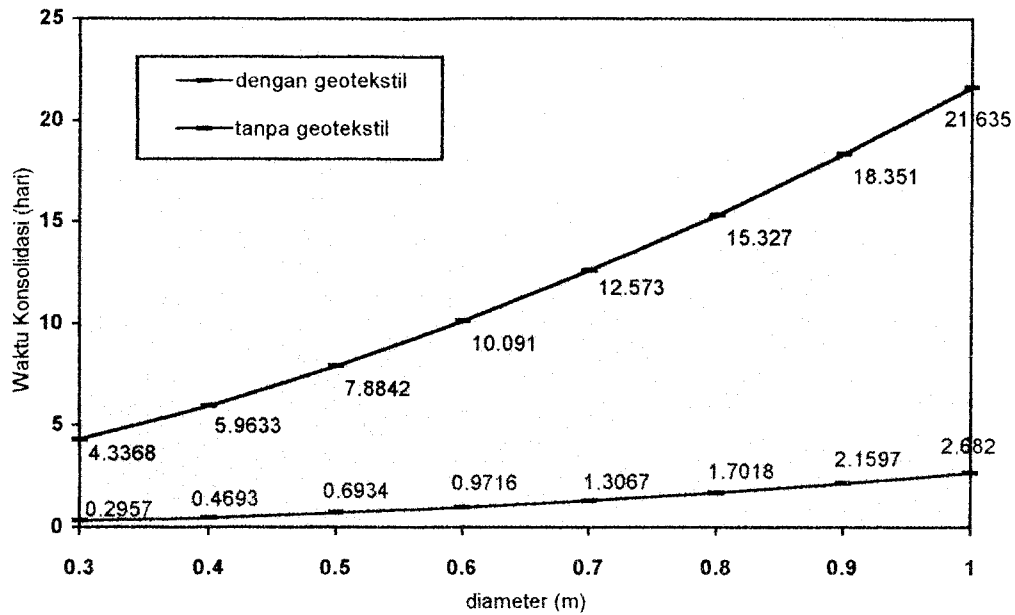
4.2.3 Superposisi Grafik Konsolidasi Susunan Bujur Sangkar dan Segi Tiga



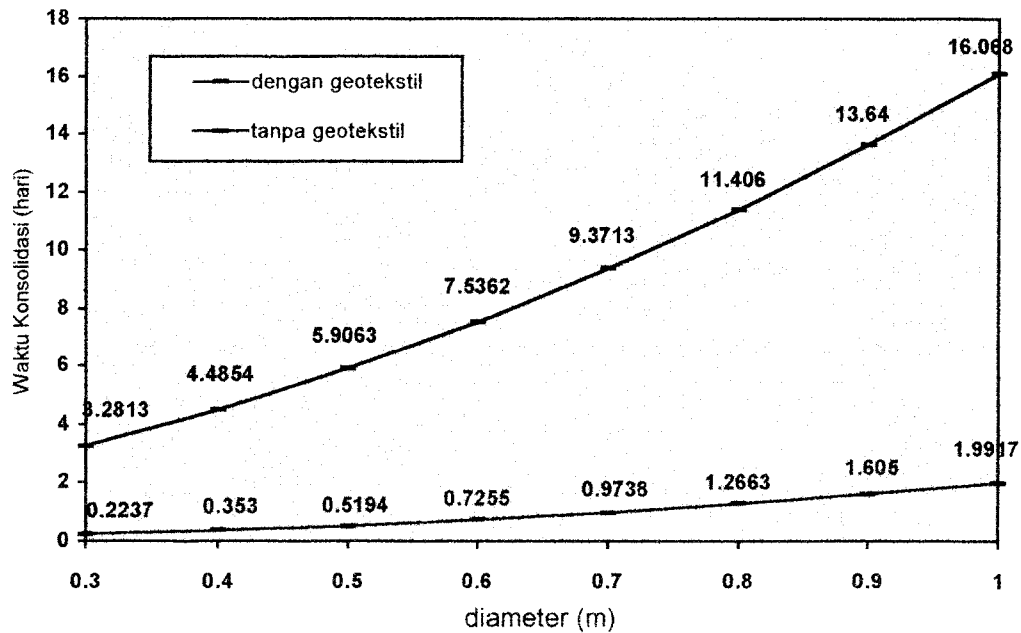
Gambar 4.1 Perbandingan waktu konsolidasi (t_v dan t_r) susunan bujur sangkar dengan susunan segi tiga tanpa geotekstil.



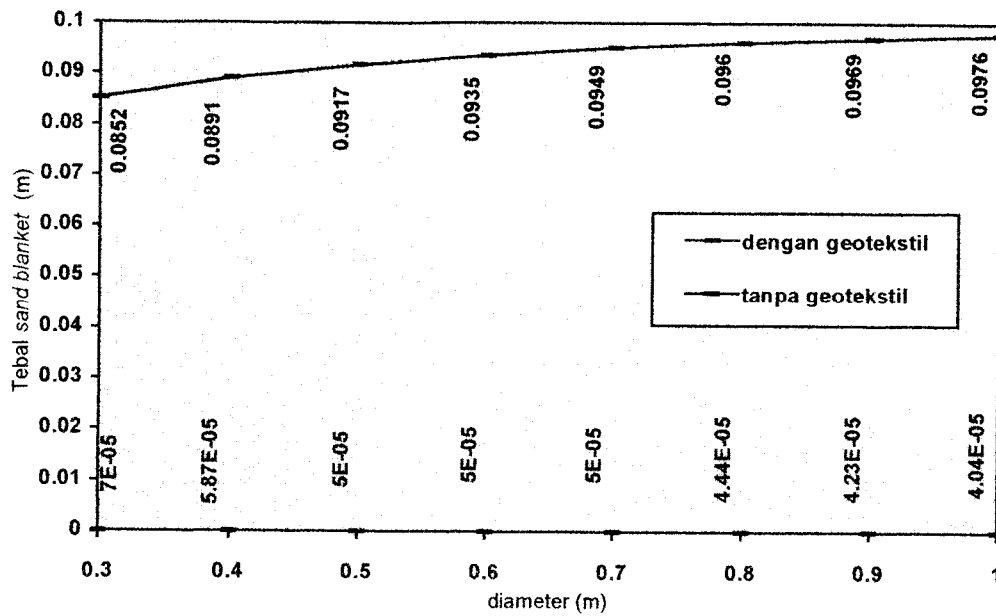
Grafik 4.2 Perbandingan waktu konsolidasi (t_v dan t_r) susunan bujur sangkar dengan susunan segi tiga dengan geotekstil.



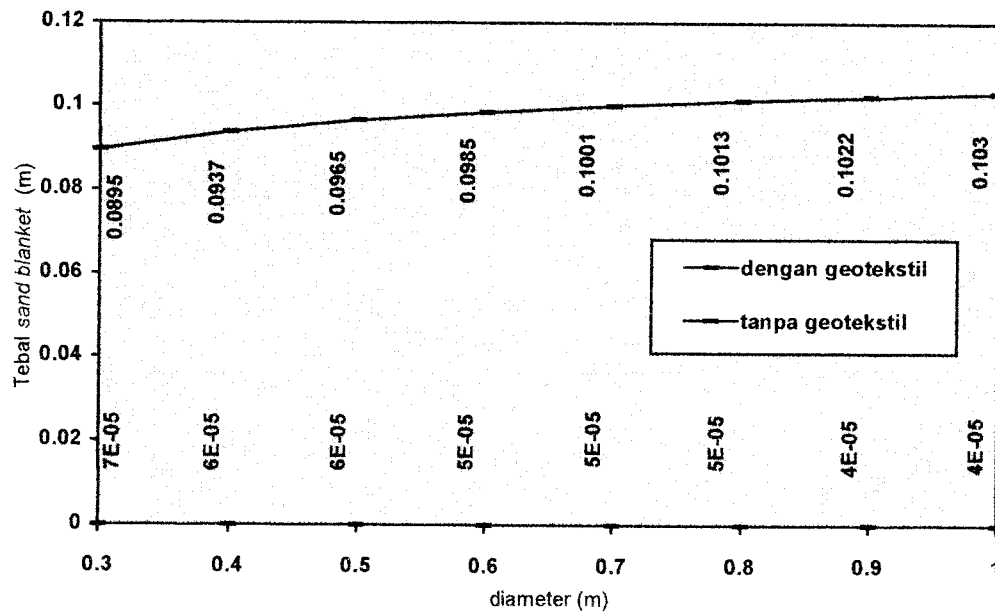
Grafik 4.3 Perbandingan waktu konsolidasi (t_v dan t_r) susunan bujur sangkar dengan geotekstil dan tanpa geotekstil.



Grafik 4.4 Perbandingan waktu konsolidasi (t_v dan t_r) susunan segi tiga dengan geotekstil dan tanpa geotekstil.



Grafik 4.7 Perbandingan tebal *sand blanket* pada susunan bujur sangkar dengan geotekstil dan tanpa geotekstil.



Grafik 4.8 Perbandingan tebal *sand blanket* pada susunan segi tiga dengan geotekstil dan tanpa geotekstil

4.3 Perhitungan Kapasitas Dukung Pondasi

Perhitungan kapasitas dukung pondasi ditinjau sebagai pondasi tiang pancang. Pondasi ini dalam analisisnya dianggap sebagai pondasi *friction pile*.

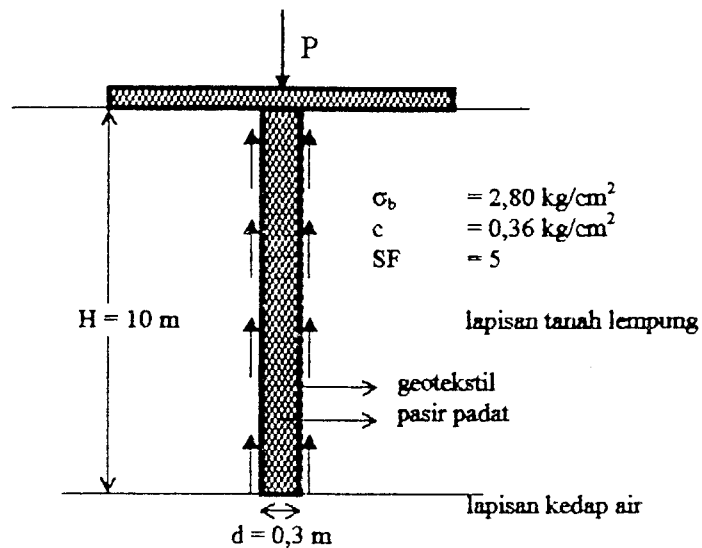
Perhitungan kapasitas dukung ditinjau sebagai tiang tunggal dan tiang kelompok. Dalam perhitungan ini hanya menggunakan satu contoh hitungan, sedangkan untuk perhitungan yang lain digunakan program *Excel (Microsoft Corporation Production Copyright 1985-1993, Microsoft Excel Version 5.0)*.

Contoh perhitungan kapasitas dukung pondasi dengan program *Excel*, adalah :

Data-data yang dimasukkan (Input)

- tebal lapisan tanah lempung (H) = 10,00 m
- diameter tiang (d) = 30 cm
- jarak antara tiang (a) = 1,00 m
- σ_{bahan} (asumsi untuk tiang pasir padat) = 2,80 kg/cm²
- σ_p (asumsi beban untuk pelat pondasi satu kolom) = 120 kN/m²

4.3.1 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Tunggal



Gambar 4.7 Tiang tunggal

Kekuatan bahan tiang

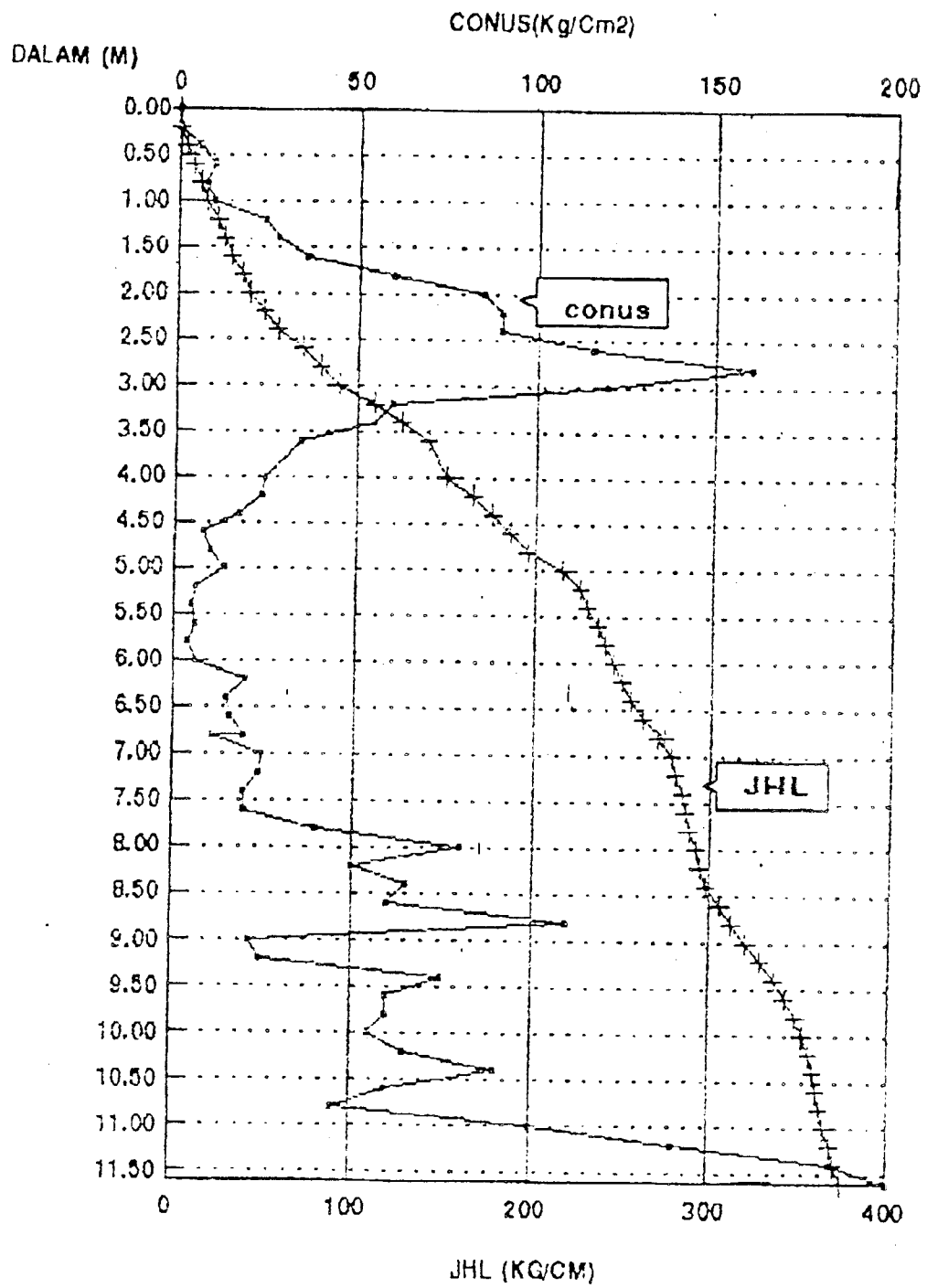
Digunakan rumus : (3.25)

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang tiang } (A_t) &= 1/4 \cdot \pi \cdot (d)^2 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot (30)^2 \\ &= 706,858 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan ijin tiang } (P_t) &= (\sigma_b) \cdot (A_t) \\ &= 2,80 \cdot 706,858 \\ &= 1979,2034 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan tanah

Data hasil penyondiran pada tanah Godean yang dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah UII, dapat dilihat pada grafik 4.9.



Grafik 4.9 Hasil penyondiran tanah Godean

Data-data yang diproses (Process)

Harga *cleef* rata-rata (c) dengan panjang tiang (H) = 10,00 m yang dibagi menjadi 5 bagian :

$$\begin{aligned}
 &\bullet 0,00 - 2,00 \rightarrow c = (45 - 0) / 200 && = 0,225 \text{ kg/cm}^2 \\
 &\bullet 2,00 - 4,00 \rightarrow c = (150 - 45) / 200 && = 0,525 \text{ kg/cm}^2 \\
 &\bullet 4,00 - 6,00 \rightarrow c = (245 - 150) / 200 && = 0,475 \text{ kg/cm}^2 \\
 &\bullet 6,00 - 8,00 \rightarrow c = (295 - 245) / 200 && = 0,250 \text{ kg/cm}^2 \\
 &\bullet 8,00 - 10,00 \rightarrow c = (360 - 295) / 200 && = 0,325 \text{ kg/cm}^2 \\
 &&& \hline
 &&& \Sigma c = 1,80 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Harga *cleef* rata-rata (c)

$$\begin{aligned}
 c &= \Sigma c / 5 \\
 &= 1,80 / 5 \\
 &= 0,360 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling tiang (O)

$$\begin{aligned}
 O &= \pi \cdot d \\
 &= \pi \cdot 30 \\
 &= 94,248 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kapasitas tiang tunggal (Q), diambil angka keamanan (SF) = 5

Digunakan rumus : (3.28)

$$\begin{aligned}
 Q &= (O \cdot L \cdot c) / 5 \\
 &= (94,248 \cdot 1000 \cdot 0,360) / 5 \\
 &= 6786,86 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 30 - 100$ cm, interval 10 cm) dapat dilihat pada **tabel 4.13**

Tabel 4.13 Perhitungan kapasitas dukung tiang tunggal

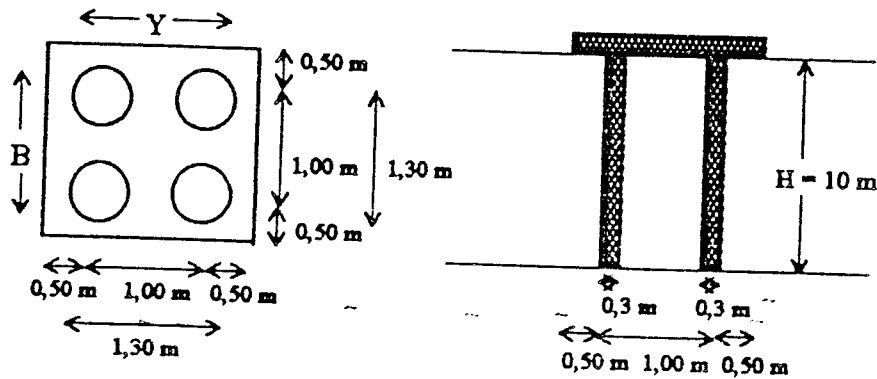
d (cm)	A (cm²)	L (cm)	O (cm)	c (kg/cm)	P_a (kg)	Q (kg)
30	706.9	1000	94.248	0.36	1979.2034	6785.84
40	1257	1000	125.66	0.36	3518.5838	9047.787
50	1963	1000	157.08	0.36	5497.7871	11309.73
60	2827	1000	188.5	0.36	7916.8135	13571.68
70	3848	1000	219.91	0.36	10775.663	15833.63
80	5027	1000	251.33	0.36	14074.335	18095.57
90	6362	1000	282.74	0.36	17812.83	20357.52
100	7854	1000	314.16	0.36	21991.149	22619.47

4.3.2 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Kelompok

Perhitungan kapasitas dukung tiang kelompok berdasarkan perhitungan daya dukung tanah Direktorat Jendral Bina Marga Departemen P.U.T.L. Analisis perhitungan dilakukan dengan variasi jumlah tiang, diameter dan jarak antara tiang dengan bantuan program *Excel (Microsoft Corporation Production Copyright 1984-1993, Microsoft Excel Version 5.0)*.

Data-data yang diproses (Process)

Tiang Kelompok 2 x 2



Gambar 4.8 Tiang kelompok 2 x 2

Daya dukung keseimbangan :

Digunakan rumus : (3.34)

$$Q_t = C \cdot N_c \cdot A + 2(B+Y) \cdot L \cdot c \cdot K \longrightarrow K = 1,0$$

Luas *pile cap* (A)

$$A = B \cdot Y$$

$$= 130 \cdot 130$$

$$= 16900 \text{ cm}^2$$

Untuk jenis pondasi lingkaran menurut Skempton, 1951.

Digunakan rumus : (3.36)

$$N_c = (1 + 0,2 (B/Y)) \cdot N_{c\alpha}$$

Dari interpolasi pada tabel 3.4 dengan $H/B = 10/2 = 5$ didapat $N_{c\alpha} = 9,30$

$$N_c = (1 + 0,2 (130/130)) \cdot 9,30 = 11,20$$

sehingga daya dukung keseimbangan (Q_t)

$$Q_t = (0,124 \cdot 11,20 \cdot 16900) + (2 (130 + 130) \cdot 1000 \cdot 0,360 \cdot 1)$$

$$= 23387 + 187200 = 210587 \text{ kg}$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

diambil angka keamanan (SF) = 3 dan 5, kapasitas dukung tiang kelompok (Q_{pg})

Digunakan rumus : (3.35)

$$\begin{aligned} Q_{pg} &= Q_t / SF \\ &= (23387 / 3) + (187200 / 5) \\ &= 45235,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kapasitas dukung satu tiang dalam tiang kelompok 2 x 2

$$\begin{aligned} Q &= 1/4 \cdot Q_{pg} \\ &= 1/4 \cdot 45235,6 \\ &= 11309 \text{ kg} \end{aligned}$$

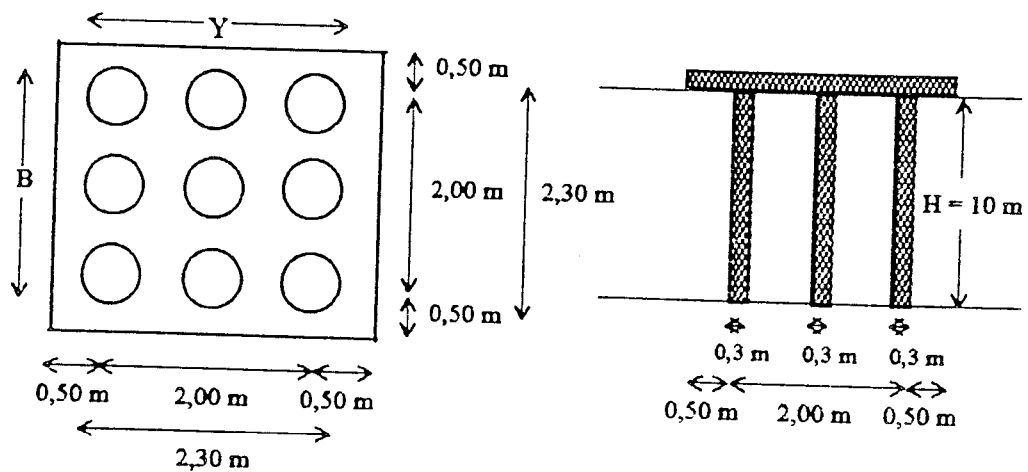
Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 30 - 100$ cm, interval 10 cm) dan jarak antar tiang ($a = 100 - 275$ cm, interval 25 cm) dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Kapasitas dukung tiang kelompok 2 x 2

d (cm)	a (cm)	B (cm)	Y (cm)	A (cm ²)	C (kg/cm ²)	c (kg/cm ²)	N _{cs}	N _c	Q _t (kg)	Q _{pg} (kg)	Q (kg)
30	100	130	130	16900	0.124	0.360	9.30	11.16	210587	45235.6	11309
40	125	165	165	27225	0.124	0.360	9.30	11.16	275275	60078.3	15020
50	150	200	200	40000	0.124	0.360	9.16	10.99	342520	75773.4	18943
60	175	235	235	55225	0.124	0.360	9.03	10.84	412604	92414.6	23104
70	200	270	270	72900	0.124	0.360	8.85	10.62	484801	109760	27440
80	225	305	305	93025	0.124	0.360	8.71	10.45	559765	128028	32007
90	250	340	340	115600	0.124	0.360	8.60	10.32	637531	147230	36808
100	275	375	375	140625	0.124	0.360	8.53	10.24	718490	167497	41874

Data-data yang diproses (Process)

Tiang Kelompok 3 x 3



Gambar 4.9 Tiang kelompok 3 x 3

Daya dukung keseimbangan :

Digunakan rumus : (3.34)

$$Q_t = C \cdot N_c \cdot A + 2(B+Y) \cdot L \cdot c \cdot K \longrightarrow K = 1,0$$

Luas *pile cap* (A)

$$\begin{aligned} A &= B \cdot Y \\ &= 230 \cdot 230 \\ &= 52900 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk jenis pondasi lingkaran menurut Skempton, 1951.

Digunakan rumus : (3.36)

$$N_c = (1 + 0,2(B/Y)) \cdot N_{cs}$$

Dari interpolasi pada tabel 3.4 dengan $H/B = 10/3 = 3,3333$ didapat $N_{cs} = 9,16$

$$N_c = (1 + 0,2(230/230)) \cdot 9,16 = 10,992$$

sehingga daya dukung keseimbangan (Q_t)

$$\begin{aligned} Q_t &= (0,124 \cdot 10,992 \cdot 52900) + (2 (230 + 230) \cdot 1000 \cdot 0,360 \cdot 1) \\ &= 72103 + 331200 \\ &= 403303 \text{ kg} \end{aligned}$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

diambil angka keamanan (SF) = 3 dan 5, kapasitas dukung tiang kelompok (Q_{pg})

Digunakan rumus : (3.35)

$$\begin{aligned} Q_{pg} &= Q_t / SF \\ &= (72103 / 3) + (331200 / 5) \\ &= 90274,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

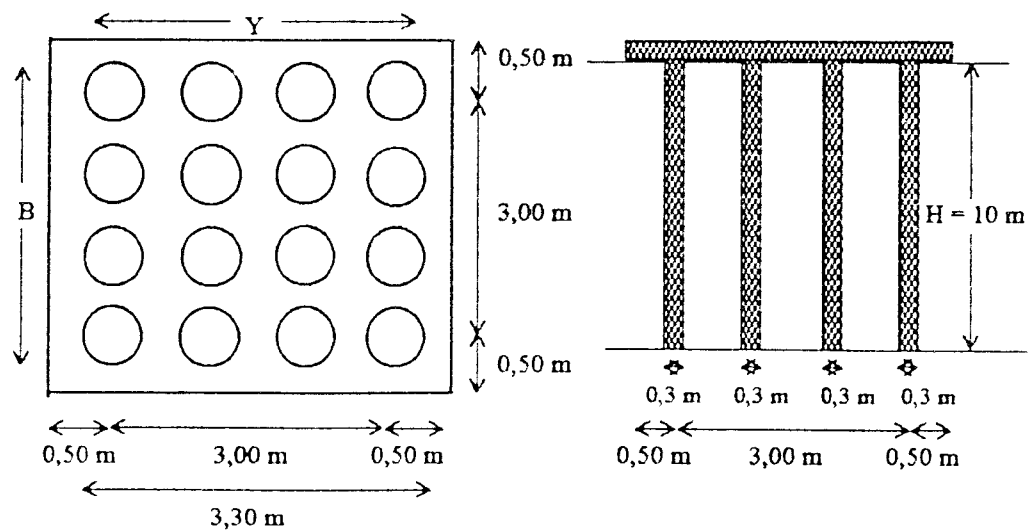
Kapasitas dukung satu tiang dalam tiang kelompok 3 x 3

$$\begin{aligned} Q &= 1/9 \cdot Q_{pg} \\ &= 1/9 \cdot 90274,4 \\ &= 10030 \text{ kg} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 30 - 100$ cm, interval 10 cm) dan jarak antara tiang ($a = 100 - 275$ cm, interval 25 cm) dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Kapasitas dukung tiang kelompok 3 x 3

d (cm)	a (cm)	B (cm)	Y (cm)	A (cm ²)	C (kg/cm ²)	c (kg/cm ²)	N _{cs}	N _c	Q _t (kg)	Q _{pg} (kg)	Q (kg)
30	100	230	230	52900	0.124	0.360	9.16	10.99	403303	90274.4	10030
40	125	290	290	84100	0.124	0.360	9.93	11.92	541865	124942	13882
50	150	350	350	122500	0.124	0.360	8.71	10.45	662766	153722	17080
60	175	410	410	168100	0.124	0.360	8.56	10.27	804514	189451	21050
70	200	470	470	220900	0.124	0.360	8.46	10.15	954880	228053	25339
80	225	530	530	280900	0.124	0.360	8.05	9.66	1099673	264798	29422
90	250	590	590	348100	0.124	0.360	7.91	9.492	1259316	306492	34055
100	275	650	650	422500	0.124	0.360	7.75	9.3	1423227	349609	38845

Data-data yang diproses (Process)Tiang Kelompok 4 x 4

Gambar 4.10 Tiang kelompok 4 x 4

Daya dukung keseimbangan :

Digunakan rumus : (3.34)

$$Q_t = C \cdot N_c \cdot A + 2 (B+Y) \cdot L \cdot c \cdot K \longrightarrow K = 1,0$$

Luas *pile cap* (A)

$$\begin{aligned} A &= B \cdot Y \\ &= 330 \cdot 330 \\ &= 108900 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk jenis pondasi lingkaran menurut Skempton, 1951.

Digunakan rumus : (3.36)

$$N_c = (1 + 0,2 (B/Y)) \cdot N_{cs}$$

Dari interpolasi pada tabel 3.4 dengan $H/B = 10/4 = 2,50$ didapat $N_{cs} = 8,85$

$$N_c = (1 + 0,2 (330/330)) \cdot 8,85 = 10,62$$

sehingga daya dukung keseimbangan (Q_t)

$$\begin{aligned} Q_t &= (0,124 \cdot 10,62 \cdot 108900) + (2 (330 + 330) \cdot 1000 \cdot 0,360 \cdot 1) \\ &= 143408 + 475200 = 618608 \text{ kg} \end{aligned}$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

diambil angka keamanan (SF) = 3 dan 5, kapasitas dukung tiang kelompok (Q_{pg})

Digunakan rumus : (3.35)

$$\begin{aligned} Q_{pg} &= Q_t / SF \\ &= (143408 / 3) + (475200 / 5) \\ &= 142843 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kapasitas dukung satu tiang dalam tiang kelompok 4 x 4

$$\begin{aligned}
 Q &= 1/16 \cdot Q_{pg} \\
 &= 1/16 \cdot 142843 \\
 &= 8928 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

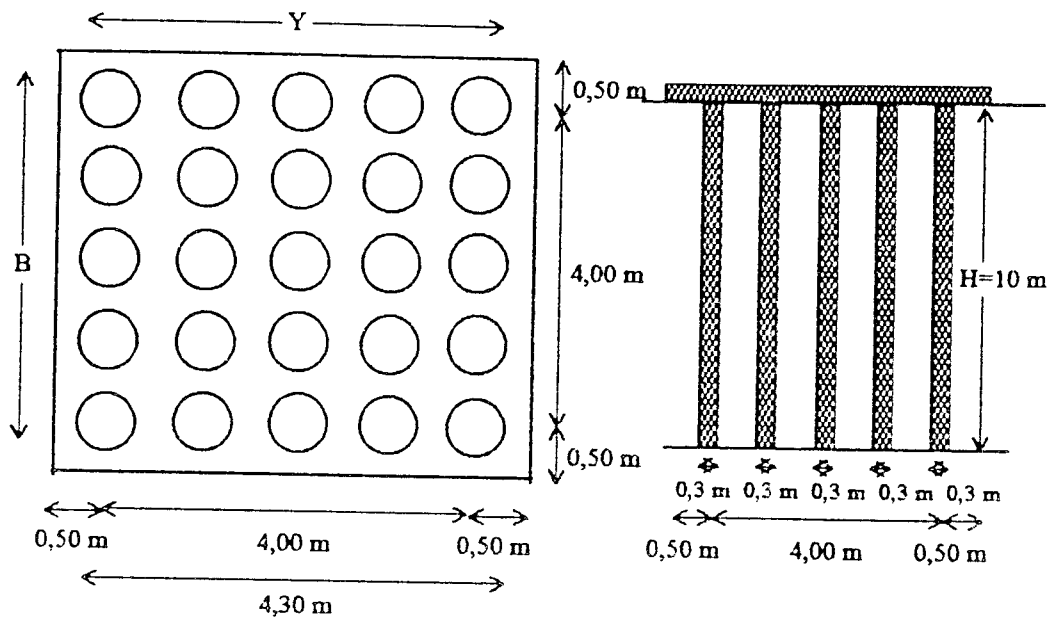
Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 30 - 100 \text{ cm}$, interval 10 cm) dan jarak antara tiang ($a = 100 - 275 \text{ cm}$, interval 25 cm) dapat dilihat pada tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16 Kapasitas dukung tiang kelompok 4 x 4

d (cm)	a (cm)	B (cm)	Y (cm)	A (cm ²)	C (kg/cm ²)	c (kg/cm ²)	Nes	Ne	Q ₁ (kg)	Q _{pg} (kg)	Q (kg)
30	100	330	330	108900	0.124	0.360	8.85	10.62	618608	142843	8928
40	125	415	415	172225	0.124	0.360	8.60	10.32	817993	192984	12062
50	150	500	500	250000	0.124	0.360	8.46	10.15	1034712	248904	15557
60	175	585	585	342225	0.124	0.360	8.01	9.612	1250294	304445	19028
70	200	670	670	448900	0.124	0.360	7.85	9.42	1489151	367744	22984
80	225	755	755	570025	0.124	0.360	7.65	9.18	1736071	433730	27108
90	250	840	840	705600	0.124	0.360	7.61	9.132	2008599	508253	31766
100	275	925	925	855625	0.124	0.360	7.55	9.06	2293243	586814	36676

Data-data yang diproses (Process)

Tiang Kelompok 5 x 5



Gambar 4.11 Tiang kelompok 5 x 5

Daya dukung keseimbangan :

Digunakan rumus : (3.34)

$$Q_t = C \cdot N_c \cdot A + 2(B+Y) \cdot L \cdot c \cdot K \longrightarrow K = 1,0$$

Luas *pile cap* (A)

$$\begin{aligned} A &= B \cdot Y \\ &= 430 \cdot 430 = 184900 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk jenis pondasi lingkaran menurut Skempton, 1951.

Digunakan rumus : (3.36)

$$N_c = (1 + 0,2 (B/Y)) \cdot N_{cs}$$

Dari interpolasi pada tabel 3.4 dengan $H/B = 10/5 = 2,0$ didapat $N_{cs} = 8,60$

$$N_c = (1 + 0,2 (430/430)) \cdot 8,60 = 10,32$$

sehingga daya dukung keseimbangan (Q_t)

$$Q_t = (0,124 \cdot 10,32 \cdot 184900) + (2 (430 + 430) \cdot 1000 \cdot 0,360 \cdot 1)$$

$$= 236613 + 619200 = 855813 \text{ kg}$$

Data-data yang dihasilkan (Output)

diambil angka keamanan (SF) = 3 dan 5, kapasitas dukung tiang kelompok (Q_{pg})

Digunakan rumus : (3.35)

$$Q_{pg} = Q_t / SF$$

$$= (236613 / 3) + (619200 / 5)$$

$$= 202711 \text{ kg}$$

Kapasitas dukung satu tiang dalam tiang kelompok 5 x 5

$$Q = 1/25 \cdot Q_{pg}$$

$$= 1/25 \cdot 202711 = 8108 \text{ kg}$$

Hasil perhitungan dengan variasi diameter tiang ($d = 30 - 100 \text{ cm}$, interval 10 cm) dan jarak antara tiang ($a = 100 - 275 \text{ cm}$, interval 25 cm) dapat dilihat pada tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17 Kapasitas dukung tiang kelompok 5 x 5

d (cm)	a (cm)	B (cm)	Y (cm)	A (cm ²)	C (kg/cm ²)	c (kg/cm ²)	Ncs	Nc	Qt (kg)	Qpg (kg)	Q (kg)
30	100	430	430	184900	0.124	0.360	8.60	10.32	855813	202711	8108
40	125	540	540	291600	0.124	0.360	8.44	10.13	1143812	277591	11104
50	150	650	650	422500	0.124	0.360	7.91	9.492	1433286	352962	14118
60	175	760	760	577600	0.124	0.360	7.63	9.156	1750175	437472	17499
70	200	870	870	756900	0.124	0.360	7.61	9.132	2109889	536256	21450
80	225	980	980	960400	0.124	0.360	7.48	8.976	2480148	638556	25542
90	250	1090	1090	1188100	0.124	0.360	7.33	8.796	2865465	745875	29835
100	275	1200	1200	1440000	0.124	0.360	6.95	8.34	3217190	841997	33680

BAB V

PEMBAHASAN

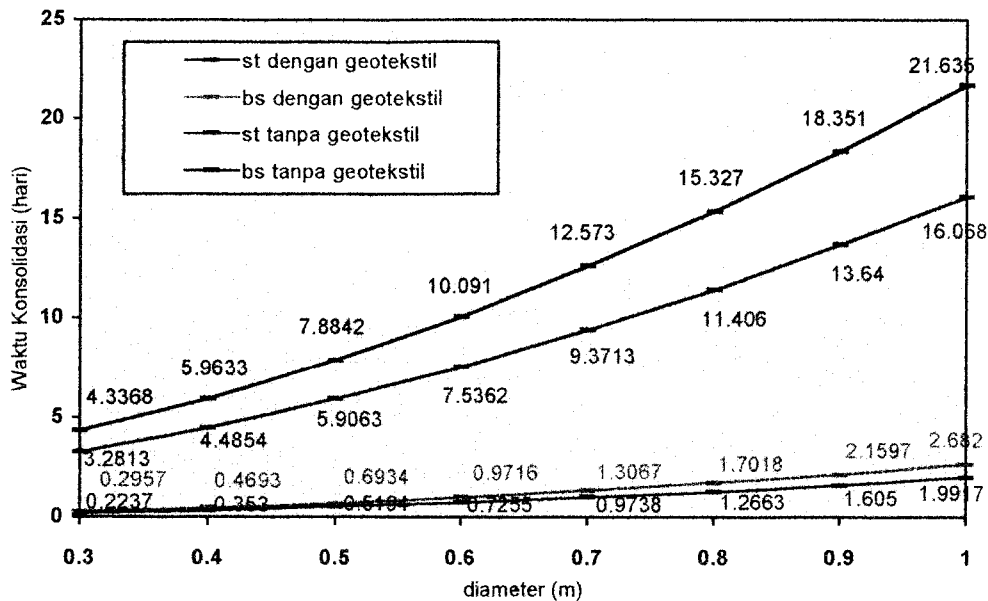
Hasil analisis konsolidasi tanah dan kapasitas dukung pondasi pada penelitian ini beberapa parameternya ditentukan dengan pengasumsian. Hal tersebut dikarenakan terbatasnya data yang ada. Parameter tersebut misalnya σ_p (tegangan efektif) yaitu beban pelat pondasi satu kolom untuk perhitungan waktu konsolidasi dan σ_b (tegangan ijin pondasi kolom pasir yang diselimuti geotekstil) pada perhitungan kapasitas dukung pondasi.

5.1 Konsolidasi

5.1.1 Hubungan Antara Diameter (d) dengan Waktu Konsolidasi (t_v dan t_r)

Ada beberapa parameter yang mempengaruhi waktu konsolidasi. Permeabilitas (k) dan ketebalan suatu lapisan (h) berpengaruh pada koefisien konsolidasi (C_v dan C_h), disamping koefisien perubahan volume (m_v) dan berat volume air (γ_w). Diameter (d) dan jarak antara tiang (a) akan mempengaruhi besarnya jari-jari pengaruh (R), sedangkan jari-jari pengaruh sendiri akan berpengaruh pada harga faktor waktu konsolidasinya (T_v dan T_r).

Waktu konsolidasi yang akan dicapai tergantung dari besarnya harga faktor waktu konsolidasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa hubungan antara diameter dengan waktu konsolidasi dapat dilihat pada **grafik 5.1** berikut ini.



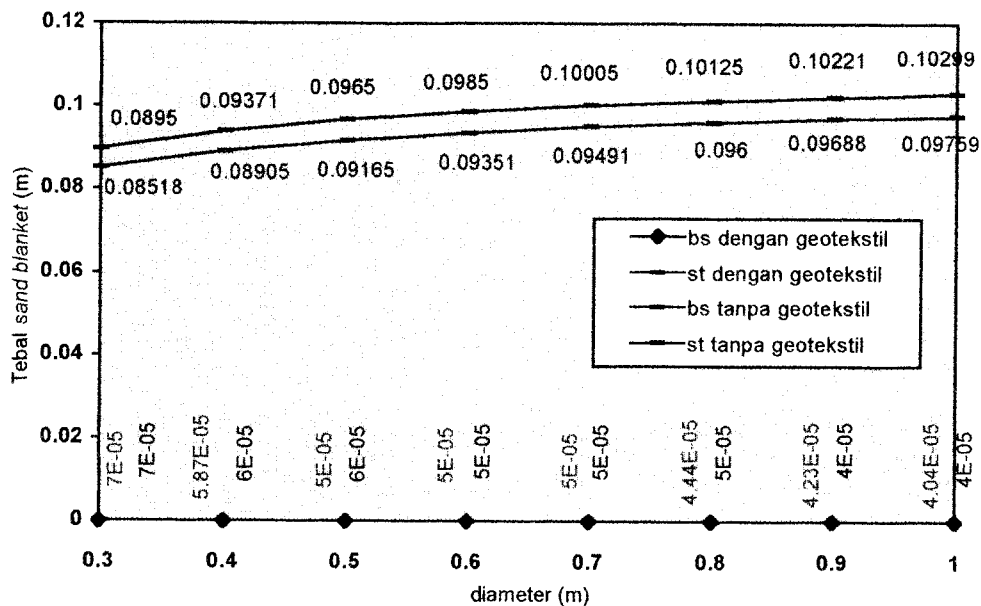
Grafik 5.1 Hubungan d terhadap t_v dan t_r pada susunan :
 a. segi tiga dengan geotekstil
 b. bujur sangkar dengan geotekstil
 c. segi tiga tanpa geotekstil
 d. bujur sangkar tanpa geotekstil.

Secara garis besar **grafik 5.1** menunjukkan bahwa semakin besar diameter kolom pasir waktu konsolidasi yang dibutuhkan juga semakin besar, karena daerah yang didrainasi semakin luas. Selain itu dengan diameter yang sama pada susunan bujur sangkar maupun susunan segi tiga, penggunaan geotekstil mempercepat waktu konsolidasi. Hal ini disebabkan geotekstil mempunyai permeabilitas lebih besar daripada permeabilitas pasir

Pada susunan segitiga mempunyai jari-jari pengaruh yang lebih kecil daripada susunan bujur sangkar sehingga waktu konsolidasi susunan segitiga lebih cepat dari susunan bujur sangkar.

5.1.2 Hubungan Antara Diameter (d) dengan Tebal *Sand Blanket* (h)

Debit air (Q_a) dipengaruhi oleh besarnya jari-jari pengaruh dan harga permeabilitas. Dari debit air yang dihasilkan dapat ditentukan tebal *sand blanket*. Hasil analisis dapat dilihat pada **grafik 5.2** berikut.



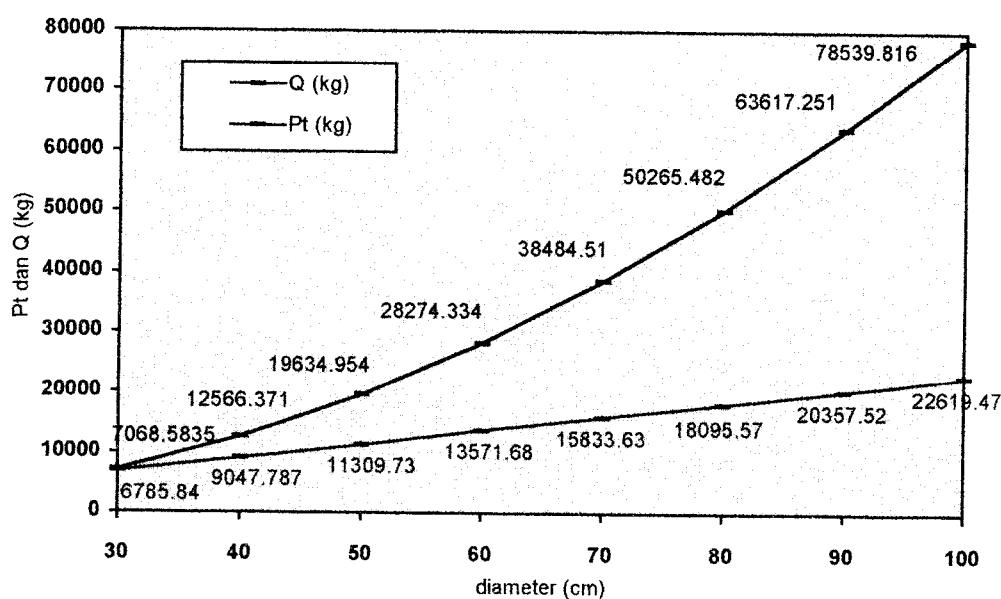
Grafik 5.2 Hubungan antara d terhadap h pada susunan :
 a. bujur sangkar dengan geotekstil
 b. segi tiga dengan geotekstil
 c. bujur sangkar tanpa geotekstil
 d. segi tiga tanpa geotekstil

Dari **grafik 5.2** di atas menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil memperkecil tebal *sand blanket* yang dibutuhkan. Semakin besar jari-jari pengaruh akan semakin memperkecil tebal *sand blanket*. Hal ini sebagai akibat pengaruh dari geotekstil yang mempunyai permeabilitas lebih besar dari permeabilitas pasir seperti disebutkan di atas. Pada kolom pasir vertikal dengan geotekstil ketebalan *sand blanket* sangat kecil dan hampir tidak diperlukan karena debit air yang keluar sudah cukup dialirkan melalui geotekstil.

5.2 Kapasitas Dukung Pondasi

5.2.1 Hubungan Antara Diameter dengan P_t dan Q pada Tiang Tunggal

Salah satu parameter yang berpengaruh dalam analisis kapasitas dukung pondasi besarnya harga lekatan c (*cleef*) yang bekerja sepanjang tiang. Besarnya diameter tiang berbanding lurus dengan luas penampang dan keliling tiang, sehingga akan mempengaruhi kekuatan ijin tiang dan daya dukungnya. Hasilnya dapat dilihat pada **grafik 5.3** berikut.

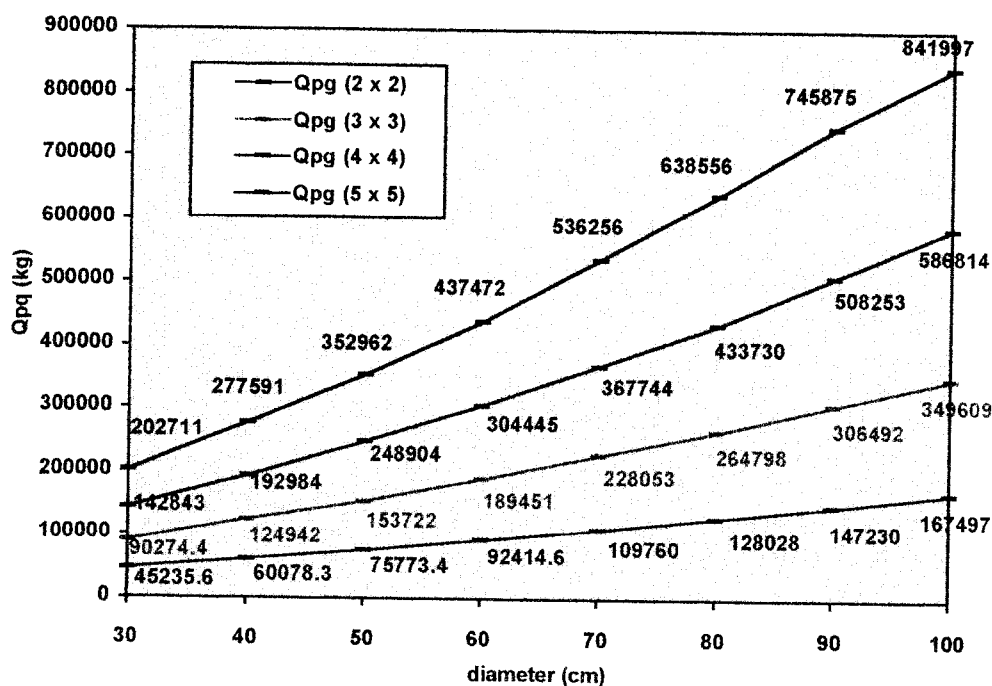


Grafik 5.3 Hubungan d terhadap P_t dan Q tiang tunggal

Dari **grafik 5.3** di atas menunjukkan bahwa dengan bertambahnya diameter tiang akan memperbesar kekuatan bahan tiang dan daya dukungnya. Harga kekuatan ijin tiang (P_t) dipengaruhi oleh diameter dan tegangan ijin bahan (σ_b).

5.2.2 Hubungan Antara Diameter dengan Kapasitas Dukung Tiang Kelompok (Q_{pg})

Beberapa parameter seperti kohesi (C), faktor daya dukung (N_c), *cleef* tanah (c) dan faktor keamanan (SF) mempengaruhi besarnya daya dukung tiang. Jumlah tiang, diameter dan jarak antara tiang berpengaruh terhadap besarnya luas *pile cap* dimana luasan tersebut juga akan mempengaruhi besarnya daya dukung tiang. Besarnya daya dukung tiang kelompok dapat dilihat pada **grafik 5.4** berikut.

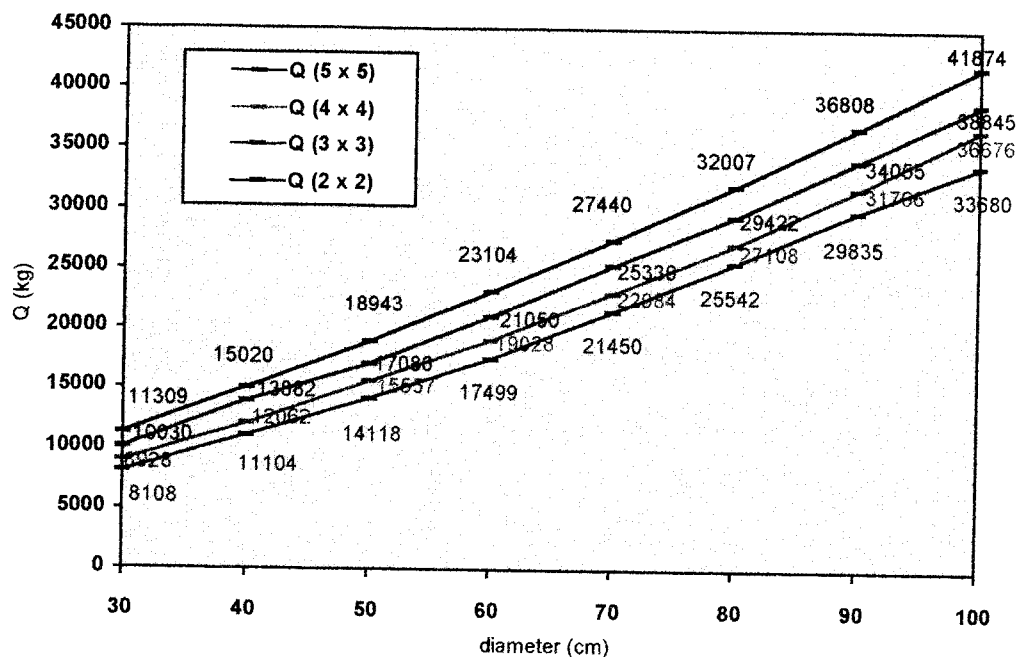


Grafik 5.4 Perbandingan kapasitas dukung tiang kelompok (Q_{pg})

Dari **grafik 5.4** di atas terlihat dengan bertambahnya jumlah tiang dan besar diameter dalam tiang kelompok akan semakin besar kapasitas dukungnya. Dengan harga *cleef*, kohesi dan faktor keamanan yang tetap serta faktor daya dukung yang semakin kecil akibat luas *pile cap* juga memperbesar kapasitas dukung tiang kelompok.

5.2.3 Hubungan Antara Diameter dengan Kapasitas Dukung Satu Tiang (Q) dalam Tiang Kelompok (Q_{pg})

Seperti yang telah dijelaskan pada kapasitas dukung tiang kelompok di atas maka kapasitas dukung satu tiang besarnya adalah satu per jumlah tiang dalam tiang kelompok, yang dapat dilihat pada **grafik 5.5** berikut.



Grafik 5.5 Perbandingan kapasitas dukung satu tiang (Q)

Dari **grafik 5.5** di atas bahwa kapasitas dukung satu tiang dalam tiang kelompok dengan bertambahnya jumlah tiang akan semakin kecil daya dukungnya, meskipun kapasitas dukung kelompoknya semakin besar. Dalam hal ini angka keamanan mempengaruhi besarnya kapasitas dukung pondasi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis studi pustaka mengenai penggunaan geotekstil pada pondasi kolom pasir vertikal di tanah kohesif yang ditinjau terhadap konsolidasi dan kapasitas dukungnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Geotekstil *non woven* mempercepat proses konsolidasi arah vertikal dan horisontal/radial karena mempunyai permeabilitas arah sejajar dan arah tegak lurus serat yang besar.
2. Penggunaan geotekstil akan memisahkan antara tanah dengan pasir sehingga fungsi kolom pasir relatif konstan pada waktu yang lama.
3. Waktu konsolidasi dengan susunan segi tiga lebih cepat dibandingkan susunan bujur sangkar baik untuk kolom pasir vertikal tanpa geotekstil maupun dengan geotekstil.
4. Susunan bujur sangkar tanpa geotekstil maupun dengan geotekstil juga susunan segi tiga tanpa geotekstil maupun dengan geotekstil masing-masing mempunyai waktu konsolidasi arah vertikal (t_v) yang sama dengan waktu konsolidasi arah horisontalnya (t_h).

5. Semakin bertambahnya ukuran diameter dan jarak antar tiang akan semakin lama waktu konsolidasinya.
6. Semakin banyak jumlah kolom dan baris dalam kelompok tiang maka kapasitas dukung pondasinya akan semakin besar.

6.2 Saran-saran

Melihat dari hasil studi pustaka ini terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Perlu diadakan perhitungan yang lebih teliti untuk kondisi tanah yang lain dan ukuran diameter, jarak antara tiang serta variasi susunan tiang yang berbeda, sebagai pembandingan perhitungan yang sudah dilakukan.
2. Perlu penggunaan aplikasi program komputer untuk mempercepat proses perhitungan dan memperoleh hasil yang akurat.
3. Perlu diadakan perhitungan kembali dengan jenis geotekstil dan jenis tiang yang lain untuk dijadikan sebagai bahan pertimbangan pada perencanaan pondasi.
4. Agar geotekstil dilapangan benar-benar dapat berfungsi dengan baik maka pemadatan pasir pada waktu pemasangan geotekstil di lapangan perlu diuji kepadatannya agar didapatkan hasil yang optimum.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, J. E., P. E., S. E., 1983, 1991, ANALISA DAN DESAIN PONDASI (Jilid 1 dan 2), Penerbit Erlangga, Jakarta.
2. Daruslan, H. Ir., 1994, MEKANIKA TANAH (Jilid 1 dan 2), Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.
3. Das, B. M., 1994, MEKANIKA TANAH (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Penerbit Erlangga, Jakarta.
4. Dunn, I. S., Anderson, L. R., Kiefer, F. W., 1992, DASAR-DASAR ANALISIS GEOTEKNIK, Terjemahan oleh IKIP Semarang.
5. Efendi, A. H., Wahyudi, H., 1997, TUGAS AKHIR STUDI PUSTAKA PERANCANGAN STRUKTUR PENAHAN TANAH YANG DIPERKUAT DENGAN GEOSINTETIK PADA PEMBEBANAN STATIS, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
6. Hardiyatmo, H. C., Ir., MEng., D.E.A., 1994, MEKANIKA TANAH 2, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
7. ICI Fibers, 1992, GEOTEXTILE OR GEOSYNTHETICS, Proceeding Technical Sesion of The Thirth Asian ICI Fibers Geotextile Conference, Bangkok, Thailand.
8. Koerner, R. M., Ph.D., P.E., 1985, CONSTRUCTION AND GEOTECHNICAL METHODS IN FOUNDATION ENGINEERING, Penerbit McGraw-Hill Book Co, Singapore.

9. Mitchel, James K., 1987 REINFORCEMENT OF EARTH SLOPES AND EMBANKMENT, Mc Graw Hill, New York.
10. Nazir, M., Ph.D., 1983, METODOLOGI PENELITIAN, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
11. Oktavianti, I., Asmaheni, 1997, STUDI KOMPARASI KAPASITAS DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG ANTARA METODE MAYERHOF DENGAN METODE TOMLINSON, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
12. Sardjono, HS., Ir., 1988, 1996, PONDASI TIANG PANCANG (Jilid 1 dan 2), Penerbit Sinar Wijaya, Surabaya.
13. Soedarmo, GD., Ir, Purnomo, SJ., Ir, 1993, MEKANIKA TANAH 2, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
14. Sosrodarsono, S., Ir., Nakazawa, K., 1983, MEKANIKA TANAH DAN TEKNIK PONDASI, Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
15. Suryolelono, K. B., 1991, TEKNIK PONDASI BAGIAN I, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
16. Wesley, L. D., Dr., Ir., 1977, MEKANIKA TANAH, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Technical Data

TEST METHOD		TEST STANDARD	UNIT	TS 21	TS 22	TS 500	TS 510	TS 550	TS 600	TS 650	TS 700	TS 720	TS 750	TS 800
PRINCIPAL CHARACTERISTICS	Nominal mass	ASTM D 3776 DIN53855/3	g/m ²	95	110	130	150	180	200	235	280	315	350	400
	Thickness under pressure 2kPa 200kPa	ASTM D 1777 DIN53855	mm mm	1.0 0.4	1.2 0.5	1.3 0.6	1.5 0.7	1.8 0.8	2.0 0.9	2.3 1.0	2.5 1.2	2.9 1.3	3.0 1.4	3.3 1.6
STRENGTH CHARACTERISTICS	Tensile strength	ASTM D 4595 B.S. 6906/1	KN/M	6.5	7.5	9.2	10.4	12.5	13.9	16.3	19.3	21.8	24.0	26.8
	Elongation at break	ASTM D 4595 B.S. 6906/1	%	70/40	70/40	80/45	80/45	80/45	80/45	80/45	80/45	80/45	80/45	80/45
	Grab strength	ASTM D4632	N	380	470	540	600	740	835	990	1190	1320	1450	1650
PUNCTURE RESISTANCE	Puncture strength (CBR Method)	DIN 54307 B.S. 6903/3	N	1015	1175	1500	1720	2060	2300	2700	3200	3500	3850	4200
	Pyramid Puncture Resistance Method A Method B	ASTM D 5494	N N	290 n/a	340 n/a	400 n/a	450 n/a	540 n/a	595 n/a	680 n/a	795 260	890 300	980 340	1100 380
	Dynamic puncture strength (Drop Cone Method)	SN 640550	mm/(dia)	40	34	30	28	26	23	21	17	16	15	14
HYDRAULIC & FILTRATION CHARACTERISTICS	Effective opening size O ₉₀ (Dw)	Franzius Inst.	mm	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09
	Vertical permeability under pressure 2kPa 200kPa	Franzius Inst.	m/s	4x10 ⁻³ 5x10 ⁻⁴	4x10 ⁻³ 5x10 ⁻⁴	4x10 ⁻³ 5x10 ⁻⁴	4x10 ⁻³ 5x10 ⁻⁴	4x10 ⁻³ 5x10 ⁻⁴	4x10 ⁻³ 5x10 ⁻⁴	4x10 ⁻³ 6x10 ⁻⁴	4x10 ⁻³ 6x10 ⁻⁴	4x10 ⁻³ 6x10 ⁻⁴	4x10 ⁻³ 6x10 ⁻⁴	4x10 ⁻³ 6x10 ⁻⁴
	Vertical water flow under pressure 2kPa 200kPa		l/m ² /Sec	400 125	330 100	300 90	280 80	220 65	200 60	170 58	150 50	140 45	130 40	120 38
	Permeability horizontal within sheet under pressure 2kPa 200kPa	Franzius Inst.	m/s	1x10 ⁻² 1x10 ⁻³	1x10 ⁻² 1x10 ⁻³	1x10 ⁻² 2x10 ⁻³	1x10 ⁻² 2x10 ⁻³	1x10 ⁻² 2x10 ⁻³	1x10 ⁻² 2x10 ⁻³	1x10 ⁻² 2x10 ⁻³	1x10 ⁻² 2x10 ⁻³	1x10 ⁻² 2x10 ⁻³	1x10 ⁻² 2x10 ⁻³	1x10 ⁻² 2x10 ⁻³
	Water flow horizontal within sheet under pressure 2kPa 200kPa		l/m-h	36 1.0	43 2.0	47 4.0	50 4.0	65 6.0	72 6.0	82 7.0	86 8.0	94 9.0	108 10.0	119 11.0
BIOLOGICAL STRESS AND CHEMICAL RESISTANCE	Resistance to long term U.V. exposure	Independent Comparative testing	-	Excellent resistance. Retains 90% strength after 3 months exposure to tropical sunlight. Result available on request.										
	Resistance to alkali hydrolysis	Standard Chemical Assessment	-	No effect. Polyfelt is manufactured from 100% polypropylene fibres. No effect in solutions PH2 - 13 observed.										
	Resistance to effects of industrial waste & leachate solutions	Standard Chemical Assessment	-	Excellent resistance to most solutions. Results of independent testing available on request. Should be checked if considered a problem.										
	Resistance to salt seawater & other biological effects	Standard Chemical Assessment	-	No effect. 100% strength retention for all grades. Polyfelt certification available on request.										

- NOTES:
- 1) The data published in this leaflet supercedes all previous documents and is to the best of our knowledge true and correct. Data may be changed at any time without notice. No warranty is expressed or implied.
 - 2) The test methods quoted in this leaflet are the most current and applicable international geotextile test standards, i.e. ASTM methods quoted supercede all previous standards.
 - 3) Reference to, or use of industrial textile testing methods that are not primary geotextile tests are purposely excluded as results in most instances have little civil engineering relevance or value.
 - 4) Engineers wishing to design on the basis of the above values should refer to the relevant Polyfelt® design literature for further information.
 - 5) * Denotes QC tests that can be conducted by SISIR, Singapore.

Asia Polyfelt Office

Polyfelt Asia Sdn Bhd

No. 2, Jalan SS 21/62,
Jamansara Utama,
47400 Petaling Jaya,
Selangor Darul Ehsan,
Malaysia.

TEL: (03) 719 1157
FAX: (03) 719 1117

SINGAPORE
TEL: (065) 762 0115
FAX: (065) 762 3554

KOTA KINABALU
(088) 421 271
(088) 421 317

BANGKOK
(662) 692 66802
(662) 692 6679

MANILA
(632) 773 807
(632) 796 430

KUCHING
TEL: (082) 258 994
FAX: (082) 233 519

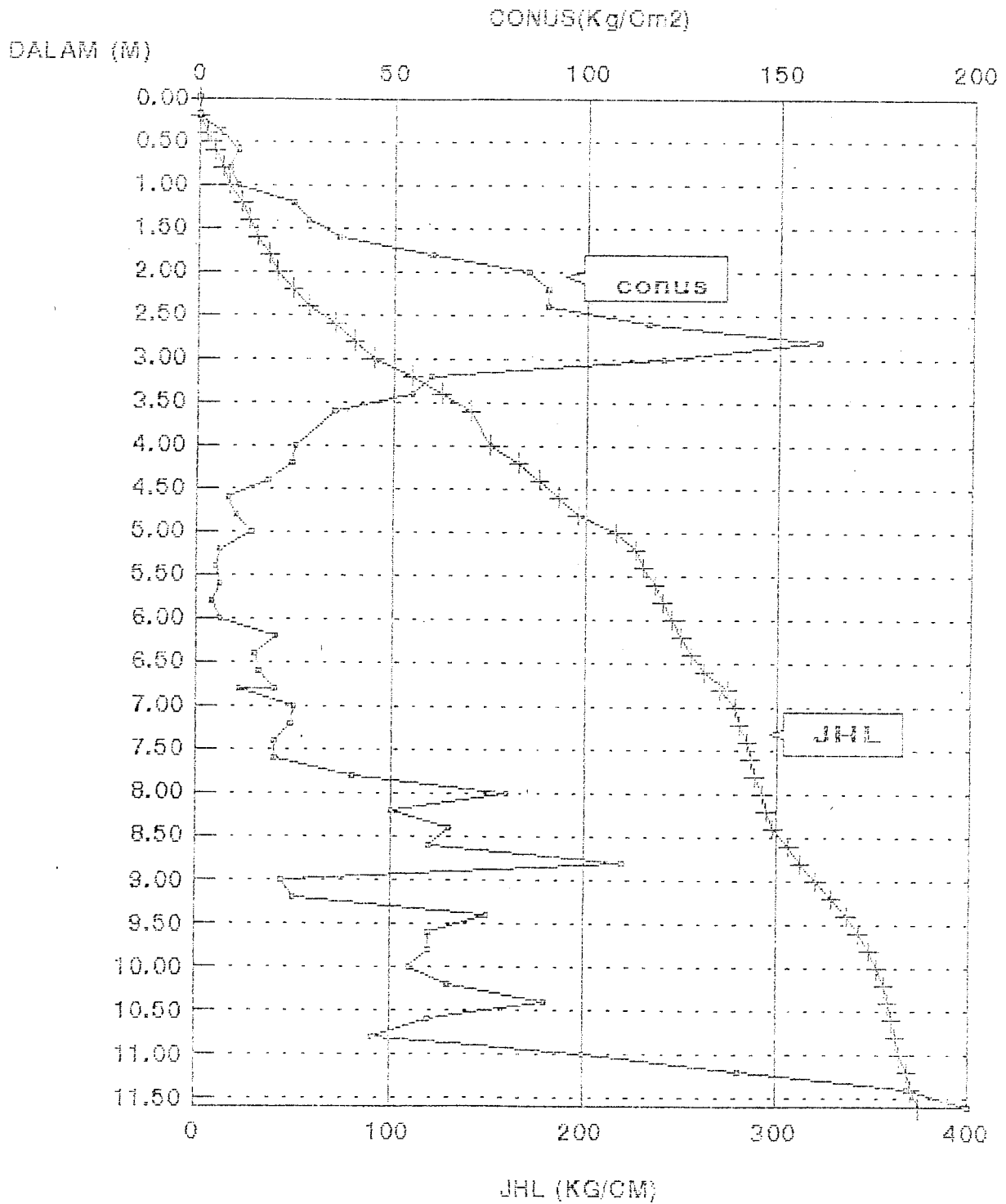
BRUNEI
(0673-2) 652 306
(0673-2) 651 709

JAKARTA
(6221) 386 7465
(6221) 386 7466

DHAKA
(880-2) 885 397
(880-2) 883 621

GRAFIK PENYONDIRAN
PROYEK RUKO GODEAN YK

(Titik 03, -0,60 m)





PENGUJIAN KONSOLIDASI DAN PENURUNAN TANAH

Lokasi : Godean, Yogyakarta

No. Titik : 03

Kedalaman : 2 m

Tanggal : 2 Maret 1998

Berat jenis tanah $G_s = 2,732$

Tinggi cincin = 2,02 cm

Berat cincin, $W_c = 31,36$ gram

Luas cincin $A_c = 20,02$ cm²

Diameter cincin = 7,05 cm

Volume cincin $V_c = 40,44$ cm³

Sebelum pengujian

No. Pengujian	I	II
Berat Container (W_1) gram	22,2	21,68
Berat Cont. + tanah basah (W_2) gram	69,89	60,45
Berat Cont. + tanah kering (W_3) gram	53,13	46,30
Kadar air (w) = $\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	54,19 %	57,47 %
Kadar air rata-rata (w_r)	55,83 %	

Berat cincin + tanah basah (W_4)	100,36	gram
Berat tanah basah ($W_b = W_4 - W_c$)	66,10	gram
Berat tanah kering ($W_t = \frac{W_b}{1 + w_r}$)	42,41	gram
Berat volume tanah kering ($\gamma_d = \frac{W_t}{V}$)	1,049	grm/cm ³
Tinggi bagian padat ($H_t = \frac{W_t}{G_s \cdot A}$)	0,775	cm
Angka pori ($e_o = \frac{H_o - H_t}{H_t}$)	1,606	
Derajat kekenyangan ($S_o = \frac{w_o \cdot G_s}{e_o}$)	60,25	%

Setelah pengujian

Berat cincin + tanah basah (W_5)	97,7	gram
Berat cincin + tanah kering (W_6)	76,08	gram
Berat tanah kering ($W_k = W_6 - W_c$)	41,82	gram
Kadar air ($w_{sp} = \frac{W_5 - W_6}{W_k}$)	51,70	%
Angka pori ($e_{sp} = \frac{H_{sp} - H_t}{H_t}$)	0,606	
Derajat kekenyangan ($S_{sp} = \frac{w_{sp} \cdot G_s}{e_{sp}}$)	1,76	%

Yogyakarta,

Asisten praktikum,

(.....)