

TUGAS AKHIR

**ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG DENGAN
PEMBESARAN UJUNG BAWAH DAN SELIMUT PASIR
PADA TANAH LEMPUNG**



Disusun oleh :

AZIZ SALEH

No. Mhs. : 93 310 212
N I R M : 930051013114120209

BAGUS MASFIANTO

No. Mhs. : 93 310 090
N I R M : 930051013114120088

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

1998

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG DENGAN
PEMBESARAN UJUNG BAWAH DAN SELIMUT PASIR
PADA TANAH LEMPUNG

Nama : AZIZ SALEH
No. Mhs : 93310212
Nirm : 930051013114120209

Nama : BAGUS MASFIANTO
No. Mhs : 93310090
Nirm : 930051013114120088

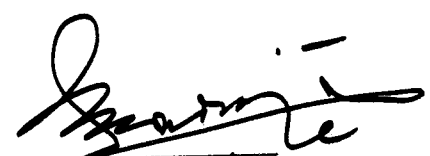
Telah diperiksa dan disetujui

Ir. Ibnu Sudarmadji, MS

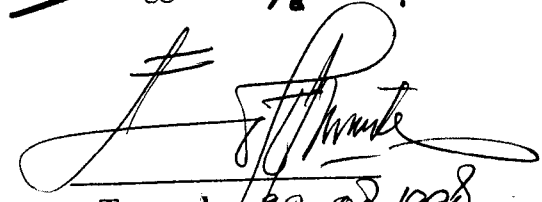
Dosen Pembimbing I

DR.Ir. Edy Purwanto, CES, DEA

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 26/8 '98



Tanggal : 22.08.1998

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena dengan izin-Nya penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya.

Penyusun berharap topik yang disampaikan dalam tugas akhir ini dapat memperkaya wawasan pembaca tentang pondasi tiang khususnya "Cast In Place" pada tanah lunak serta dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu dan teknologi di Indonesia.

Tugas akhir ini masih banyak kekurangannya, penyusun mengharapkan masukan dan kritikan yang bersifat membangun yang dapat memperbaiki apa yang telah dilakukan sehingga menjadi bahan masukan untuk analisis selanjutnya.

Penyusun sadari bahwa tanpa dukungan dari semua pihak, penelitian yang dikembangkan tidak terwujud. Untuk itu diucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ir. Ibnu Sudarnadji, MS, selaku dosen pembimbing I tugas akhir.
2. DR.Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku dosen pembimbing II tugas akhir.
3. DR. Ir. H. Luthfi Hasan, MS, selaku dosen penguji tamu tugas akhir.
4. Semua pihak yang telah membantu penyusun yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Terakhir dan yang tidak terlupakan ucapan terima kasih kepada orang-orang terdekat yang penyusun kasihi dan sayangi yaitu kedua orang tua serta saudara-

saudara kami yang telah memberikan doa, dorongan serta fasilitas-fasilitas yang tidak ternilai harganya.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR GRAFIK.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xi
INTISARI.....	xiv
BAB. I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Manfaat.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Keaslian.....	4
1.6 Metodologi Penelitian.....	4
1.7 Hipotesis.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Klasifikasi Tanah.....	7
2.2 Kuat Geser Tanah Pasir.....	11
2.3 Pondasi Tiang.....	12
2.3.1 Pondasi Tiang Beton.....	13

2.4 Pondasi Tiang dengan Pembesaran Ujung Bawah	14
BAB III LANDASAN TEORI	16
3.1 Tanah	16
3.2 Sifat Tanah Lempung	16
3.2.1 Kuat Geser Tanah	17
3.2.2 Kompresibilitas	17
3.2.3 Kembang Susut	18
3.3 Pondasi	18
3.4 Daya Dukung Tiang	20
3.4.1 Daya Dukung Tiang Tahanan Kulit "Friction Pile"	21
3.4.2 Daya Dukung Tiang Titik Akhir "End Bearing Pile"	23
3.4.3 Daya Dukung Kelompok Tiang	24
3.5 Efisiensi Kelompok Tiang	25
3.6 Penurunan Kelompok Tiang	26
BAB IV ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN KELOMPOK TIANG	32
4.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal	33
4.1.2 Kapasitas Daya dukung Ujung ("End Bearing")	34
4.1.3 Kapasitas Daya Dukung "Friction"	36
4.2 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang	49
4.3 Efisiensi Kelompok Tiang	54
4.4 Penurunan Segera Kelompok Tiang	55

4.5 Penurunan Konsolidasi Primer Kelompok Tiang	67
4.6 Penurunan Kelompok Tiang	46
4.7 Pembahasan	83
4.7.1 Daya Dukung Tiang	83
4.7.2 Efisiensi Kelompok Tiang	88
4.7.3 Penurunan	92
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	93
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran-Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

2.1 Klasifikasi tanah sistem Unified.....	10
2.2 Sudut gesek dalam untuk tanah pasir.....	11
4.1 Kapasitas daya dukung ujung (“end bearing”) berdasarkan tanah asli.....	35
4.2 Kapasitas dukung tiang “Frition” pada tanah asli.....	39
4.3 Tahanan friksi pasir.....	41
4.4 Kapasitas dukung “friction” pada tanah pasir.....	43
4.5 Kapasitas dukung tiang “friction” pada tanah asli.....	44
4.6 Kapasitas dukungtiang tanpa pembesaran terhadap tanah asli.....	45
4.7 Kapasitas dukung tiang dengan pembesaran tanpa selimut pasir.....	46
4.8 Kapasitas daya dukung tiang pembesaran dengan selimut pasir.....	47
4.9 Kapasitas dukung tiang pembesaran dengan selimut pasir monolit.....	48
4.10 Kapasitas dukung tiang kelompok tanpa pembesaran ujung bawah.....	50
4.11 Kapasitas dukung tiang kelompok dengan pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.....	51
4.12 Kapasitas dukung “pile group” dengan pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir monolit.....	53
4.13 Penurunan segera pondasi tiang keiompok tanpa pembesaran ujung terhadap tanah asli.....	59
4.14 Penurunan pondasi tiang kelompok pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.....	63

4.15 Penurunan pondasi tiang kelompok pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir monolit.....	66
4.16 Penurunan konsolidasi primer tiang tanpa pembesaran.....	71
4.17 Penurunan konsolidasi primer tiang pembesaran ujung tanpa selimut pasir.....	75
4.18 Penurunan konsolidasi primer tiang pembesaran dengan selimut pasir monolit.....	80
4.19 Penurunan kelompok tiang tanpa pembesaran.....	80
4.20 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.....	81
4.21 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir.....	82
4.22 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.....	85
4.23 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir.....	86
4.24 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir monolit.....	86
4.25 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang kelompok pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.....	87
4.26 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang kelompok pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir monolit.....	87
4.27 Hubungan efisiensi tiang terhadap daya dukung tiang tunggal tanpa pembesaran.....	88

4.28 Hubungan antara efisiensi terhadap daya dukung tiang dengan pembesaran ujung bawah.....	89
--	----

DAFTAR GAMBAR

1.1 Bagan alir sistematika tahapan penelitian.....	5
2.1 Pondasi tiang pembesaran ujung bawah.....	15
3.1 Kontribusi tegangan tiang pancang kelompok.....	20
3.2 Daya dukung kelompok tiang.....	24
3.3 Efisiensi tiang pancang kelompok.....	26
3.4 Asumsi distribusi tegangan.....	27
3.5 Grafik faktor reduksi μ_0, μ_1	28
4.1 Pondasi tiang Pembesaran ujung bawah.....	33
4.2 Denah tiang pancang.....	49

DAFTAR GRAFIK

4.1 Kapasitas dukung ujung berdasarkan tanah asli.....	36
4.2 Kapasitas dukung tiang "friction" terhadap tanah asli.....	40
4.3 Kapasitas dukung tiang tanpa pembesaran ujung terhadap tanah asli.....	45
4.4 Kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.....	46
4.5 Kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir.....	47
4.6 Kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir monolit.....	48
4.7 Kapasitas dukung tiang kelompok dengan pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.....	52
4.8 Kapasitas dukung "pile group" dengan pembesaran ujung bawah dan selimut pasir monolit.....	54
4.9 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.....	81
4.10 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir.....	82
4.11 Kapasitas dukung tiang diameter 30 cm.....	90
4.12 Kapasitas dukung tiang diameter 40 cm.....	91
4.13 Kapasitas dukung tiang diameter 50 cm.....	91

DAFTAR NOTASI

$A = A_2$ (m ²)	= luas kelompok tiang
A_b (m ²)	= Luas tampang ujung tiang
A_{Sb} (m ²)	= luas permukaan ujung tiang
A_t (m ²)	= luas tampang tiang
A' (m ²)	= luas "poer"
A_1 (m ²)	= luas penyebaran tegangan di tengah-tengah lapisan lempung
B (cm)	= lebar kelompok tiang
B' (cm)	= lebar penyebaran tegangan di tengah-tengah lapisan lempung
B_1 (cm)	= lebar "poer"
$C = C'$ (kg/cm ²)	= kohesi tanah
$C_c = C_\alpha$	= koefisien pemampatan tanah lempung dibawah pondasi
c	= nilai "cleef" tanah
$D = L$ (m)	= kedalaman tiang
d (cm)	= diameter tiang
d_b (cm)	= diameter tiang pembesaran
E (kg/cm ²)	= modulus elastisitas tanah
$E_g = E_q$	= efisiensi tiang kelompok
e_0	= angka pori awal
Δe	= perubahan nilai angka pori
H (cm)	= tebal lapisan tanah lempung

- h = jumlah tiang dalam satu kelompok
 L' (cm) = panjang penyebaran tegangan di tengah-tengah lapisan lempung
 m = jumlah tiang dalam kolom kelompok
 N_c, N_c', N_q' = faktor daya dukung
 n = jumlah tiang dalam baris kelompok
 O (cm) = keliling tiang
 P (kg/cm²) = nilai konus
 P_1 (kg) = berat "poer"
 P_2 (kg) = berat tiang
 P_3 (kg) = berat tanah diatas ujung pembesaran
 p_o' (kg/cm²) = tekanan vertikal efektif mula-mula
 Δp (kg/cm²) = tambahan tegangan di tengah-tengah lapisan tanah lempung
 Q_t (kg) = daya dukung tiang
 $Q_{ta} = Q_a$ (kg) = daya dukung tiang bagian pembesaran ujung
 $Q_{tb} = Q_b$ (kg) = daya dukung tiang bagian batang
 Q_{t1} (kg) = daya dukung tiang tunggal efektif tanpa selimut pasir
 Q_{t2} (kg) = daya dukung tiang tunggal efektif terhadap tanah pasir
 Q_{t3} (kg) = daya dukung tiang tunggal efektif dengan selimut pasir monolit
 Q_{tk1} (kg) = daya dukung kelompok tanpa selimut pasir
 Q_{tk3} (kg) = daya dukung kelompok dengan selimut pasir monolit
 q (kg/cm²) = tekanan pondasi netto
 S_c (cm) = penurunan konsolidasi primer
 S_i (cm) = penurunan segera kelompok tiang

- S_s (cm) = penurunan konsolidasi sekunder
 S_t (cm) = penurunan total kelompok tiang
 s (cm) = jarak antar tiang
 t (cm) = tebal selimut pasir
 Y (cm) = panjang kelompok tiang
 Y_1 (cm) = panjang "poer"
 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ($^\circ$) = sudut anatar garis grafik daya dukung tiang terhadap bidang datar
 ϕ ($^\circ$) = sudut gesek dalam tanah
 μ_1, μ_2 = faktor reduksi penurunan segera

INTISARI

Pondasi adalah suatu bagian struktur yang sangat vital, jika pondasi tidak kuat maka akan terjadi keruntuhan total dari bangunan tersebut. Pondasi sendiri dibagi dalam dua golongan, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi tiang merupakan bagian dari pondasi dalam tersebut. Pondasi tiang digunakan jika kondisi tanah dibawah bangunan tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul beban atau jika lapisan tanah keras yang mempunyai daya dukung cukup kuat letaknya amat dalam. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar kekuatan dukung yang terjadi beserta penurunannya jika menggunakan pondasi tiang pembesaran ujung disertai selimut pasir. Analisis dilakukan dengan membandingkan antara type modifikasi pondasi yang ditinjau dengan pondasi tiang tanpa pembesaran ujung yang nantinya didapatkan kekuatan dukung tiang, penurunan segera, penurunan konsolidasi primer dengan formasi tiang yang sudah ditentukan. Diameter tiang yang dipakai adalah diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dengan penebalan ujung masing-masing tinjauan 10 cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm. Pondasi tiang yang digunakan adalah pondasi tiang vertikal. Diharapkan dengan adanya pembesaran ujung serta selimut pasir didapatkan kekuatan yang lebih besar. Kekuatan daya dukung tiang yang dihasilkan dari analisis yang dilakukan didapatkan kekuatannya meningkat seiring dengan penambahan diameter tiang yang digunakan. Disamping itu juga dengan penambahan ketebalan selimut pasir juga semakin menambah daya dukung tiang. Kenaikan yang terjadi pada kekuatan dukung tiang ini cenderung linier karena sudut yang dibentuk pada grafik cenderung sama nilainya. Penurunan yang terjadi dari hasil analisis ini adalah fluktuatif. Hal ini dapat dilihat pada grafik penurunan kelompok tiang pembesaran ujung dengan selimut pasir.

analisis daya dukung kelompok pondasi tiang dengan pembesaran ujung dan selimut pasir pada dasar lunak. Aziz Saleh, Bagus Masri
1970 1998

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semua struktur bangunan pada umumnya dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu struktur bagian atas dan struktur bagian bawah yang disebut dengan pondasi. Pondasi inilah yang menyalurkan seluruh beban yang diterima ke dalam tanah. Sejauh yang kita ketahui bersama bahwa keberadaan pondasi ini sangat menentukan untuk kokohnya struktur bangunan yang berdiri di atasnya. Suatu bangunan dikatakan stabil bila tanah pendukung mampu menerima beban dari pondasi tersebut.

Dalam menerima beban dari atas tanah mempunyai kriteria sendiri, yaitu tanah baik bila tanah tersebut mempunyai kuat dukung tinggi dan penurunan yang terjadi relatif kecil. Sedangkan tanah jelek yaitu tanah yang sangat pampat dengan kuat dukung rendah serta penurunan besar, sehingga timbul usaha-usaha untuk memperbaiki kemampuan daya dukung tanah serta menentukan jenis pondasi yang cocok untuk tanah tersebut. Usaha-usaha tersebut dilakukan dengan cara perbaikan tanah jelek apabila tebal lapisan tanah jelek dangkal, namun apabila lapisan tanah jelek cukup dalam dapat dilakukan perbaikan dengan cara stabilisasi

(sementasi), stabilitas mekanis dengan cara percepatan konsolidasi dan modifikasi tipe pondasi (Kabul Basah Suryolelono, 1993).

Ada beberapa jenis pondasi yang kita ketahui. Salah satunya adalah pondasi tiang. Beban yang diterima sebuah pondasi tiang terdistribusi oleh sebuah gesekan (“friction”) dan atau oleh sebuah titik ujung (“point bearing”). Pada kenyataannya di lapangan bahwa kekuatan pondasi tiang itu berdasarkan kombinasi antara gesekan dan tahanan ujung.

Pondasi tiang digunakan apabila tanah yang digunakan untuk berdirinya struktur sudah tidak mampu untuk menyebarkan beban yang didukung secara horizontal. Penggunaan tiang sering digunakan pada tanah lempung. Tanah lempung pada umumnya mempunyai tahanan kulit yang relatif kecil. Hal ini menyebabkan berkurangnya kapasitas dukung tiang. Salah satu penanggulangannya adalah dengan modifikasi tipe pondasi yaitu pembesaran ujung bawah tiang serta penggunaan pasir sebagai pengisi antara tiang pancang dan tanah lempung untuk memperkuat tahanan kulit. Hal ini disebabkan karena pasir mempunyai sifat butiran kasar yang menyebabkan terjadinya penguncian-penguncian dan memperkuat tahanan kulitnya. Dari tinjauan latar belakang diatas, maka tugas akhir mengambil judul : Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Dengan Pembesaran Ujung Bawah Dan Selimut Pasir Pada Tanah Lempung.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah menganalisis daya dukung serta

mekanisme yang terjadi pada pondasi pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir pada kedalaman tertentu berdasarkan beban-beban yang bekerja dan data penyelidikan tanah yang ada.

1.3 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini secara umum adalah agar nantinya hasil yang didapat dapat digunakan untuk diversifikasi dalam rekayasa pondasi serta pemahaman lebih dalam di bidang Geoteknik.

1.4 Batasan Masalah

Pada penyusunan tugas akhir ini supaya lebih tajam telaah dari analisis yang dilakukan dan keterbatasan kemampuan penulis, maka diambil batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Pondasi tersebut direncanakan pada tanah lempung lokasi di Pekalongan.
2. Analisis pembebanan menggunakan metode beban statis.
3. Pondasi yang dianalisis adalah pondasi kelompok tiang dengan jumlah tiang tiap kelompok digunakan 6 buah dengan diameter yang ditinjau 30 cm, 40 cm, 50 cm.
4. Pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir dan sebagai pembanding digunakan pondasi tiang pancang tanpa pembesaran dan selimut pasir.
5. Ketebalan pasir pengisi yang ditinjau juga ditentukan masing-masing setebal 10 cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm.

6. Konsolidasi yang terjadi pada lapisan tanah diabaikan
7. Dalam analisis ini dipakai suatu anggapan-anggapan, yaitu:
 - a. Pada kolom pasir tidak ada penurunan
 - b. Pasir dan tiang merupakan satu kesatuan monolit
 - c. Bentuk "poer" adalah persegi panjang
 - d. Kekuatan tiang dan "poer" akibat kekuatan bahan diabaikan
8. Faktor beban gempa dan gaya horisontal lainnya tidak diperhitungkan

1.5 Keaslian

Sejauh pengetahuan penulis, analisis daya dukung pondasi tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir belum pernah dibahas dalam tugas akhir di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, sehingga tingkat keaslian tugas akhir ini dapat dipertanggungjawabkan.

1.6 Metodologi Penelitian

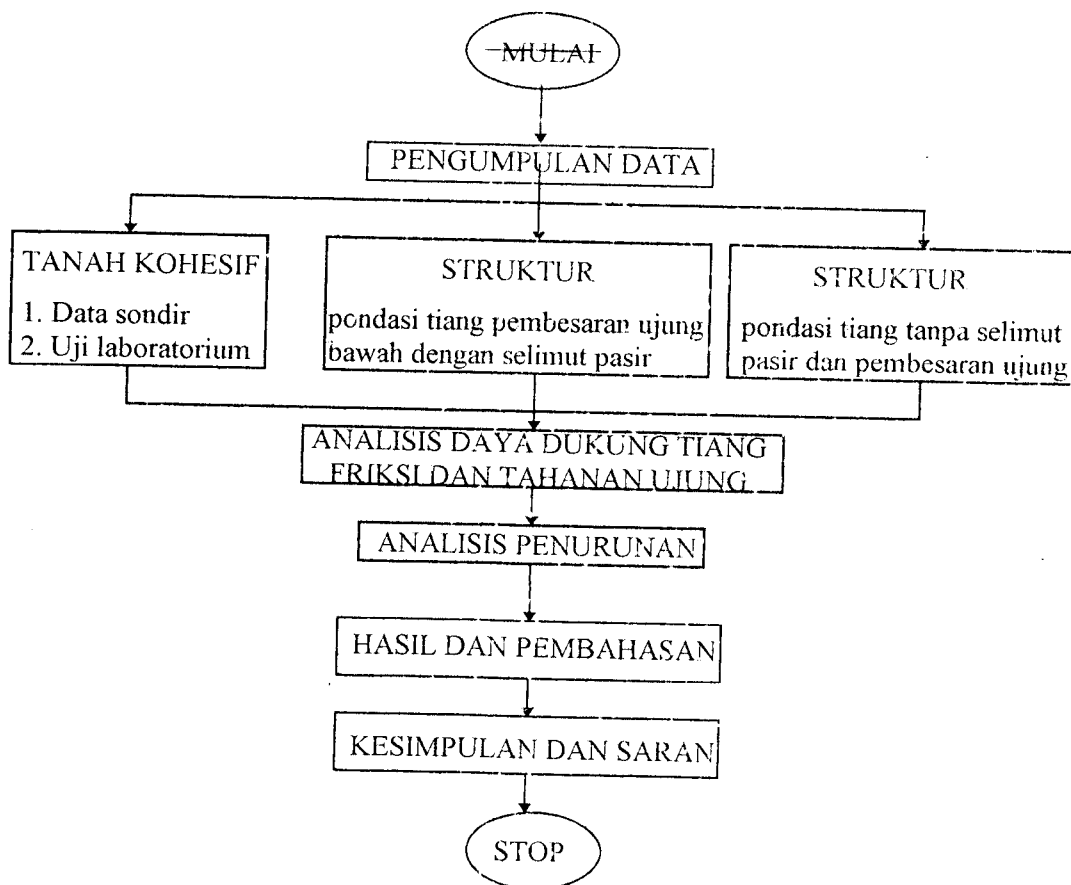
Metodologi penelitian adalah suatu metoda yang dilakukan menurut tata kerja serta langkah-langkah tertentu yang telah dibakukan sebagai suatu sistem untuk mendapatkan informasi ilmiah dalam rangka pemecahan suatu permasalahan (Sutrisno Hadi, 1986)

Secara garis besar metoda penelitian yang kami lakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data-data mengenai tanah kohesif (lempung).

2. Menentukan jenis pondasi yang akan diteliti, yaitu pondasi dengan pembesaran ujung bawah dan selimut pasir.
3. Menentukan diameter pondasi tiang serta kedalamannya, sehingga didapat kekuatan dukung tiang.
4. Menentukan besarnya penurunan yang terjadi.
5. Mengadakan pembahasan mengenai permasalahan-permasalahan dalam point-point diatas yang kemudian dapat memberikan hasil berupa suatu kesimpulan permasalahan.

Dari point-point diatas dapat dibentuk bagan alir sebagai berikut :



Gambar 1.1 Bagan alir sistematika tahapan penelitian

1.7 Hipotesis

Hipotesis 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.

Hipotesis dari penelitian yang dilakukan adalah :

1. Pembesaran pada ujung tiang serta penggunaan pasir sebagai selimut antara tiang dengan lempung akan memperbesar daya dukung tiang tersebut.
2. Daya dukung tiang dipengaruhi faktor-faktor sebagai berikut :
 - a. Diameter batang tiang
 - b. Pembesaran diameter ujung tiang
 - c. Tebal pengisi pasir
 - d. Kedalaman tiang di dalam tanah
 - e. Kekuatan geser tanah terhadap tiang



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Tanah

Umumnya, penentuan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Hasil dari penyelidikan sifat-sifat ini kemudian dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah-masalah tertentu, seperti sebagai berikut :

1. Penentuan penurunan bangunan, yaitu dengan menentukan daya kompresi tanahnya.
2. Penentuan kecepatan air yang mengalir lewat benda uji, guna menghitung permeabilitasnya.
3. Untuk mengevaluasi stabilitas tanah miring, dengan menentukan kuat geser tanahnya.

Tanah mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi terutama sebagai pondasi pendukung bangunan, untuk itu perlu diketahui sifat-sifat dan lapisan-lapisan tanah dalam suatu konstruksi. Penyelidikan kondisi lapisan tanah setempat merupakan prasyarat bagi perancangan elemen bangunan bawah, selain itu informasi yang memadai

pemakaian konstruksi bawah.

Dari kedua sistem klasifikasi USC dan AASHTO di atas, sistem klasifikasi USC cenderung dipakai karena berkaitan dengan perencanaan pondasi.

Sistem klasifikasi digunakan untuk mengelompokkan tanah-tanah, kebanyakan menggunakan indeks tipe pengujian yang sangat sederhana dalam memperoleh karakteristik tanahnya. Karakteristik tersebut digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasinya. Umumnya, klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan (percobaan sedimentasi) dan plastisitasnya.

Berdasarkan sistem USC, tanah dibagi menjadi tiga kelompok besar, yaitu : berbutir kasar, berbutir halus dan sangat organik. Sistem klasifikasi USC mendefinisikan tanah sebagai berbutir halus apabila lebih dari 50% dapat melalui saringan No. 200 (0,074 mm). Untuk tanah sebagai berbutir kasar apabila $\geq 50\%$ tertahan oleh saringan No. 200 . Simbol dari kelompok tanah berbutir kasar ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil ("gravel") atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir ("sand") atau tanah berpasir, sedangkan simbol yang digunakan untuk kelompok tanah berbutir halus adalah M untuk lanau ("silt") anorganik, C untuk lempung ("clay") anorganik dan O untuk lempung organik atau lanau organik. Simbol lainnya yaitu PT digunakan untuk tanah gambut ("peat"), "muck", dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

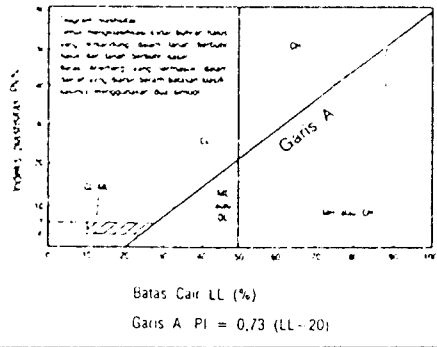
Selanjutnya mengenai klasifikasi tanah sistem USC dapat dilihat dalam

Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Klasifikasi tanah sistem Unified (Hary C.H,1992)

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria-Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW
			GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Pasir bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
		Pasir banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
			SC	Pasir berlanau, campuran pasir-lempung	
			ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang lempung berkerikil lempung berpasir lempung berlanau lempung halus (tanah clay)	
Tanah dengan kadar organik tinggi	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	
		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomari lanau plastis		
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi lempung organik (tanah clay)		
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi		

Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus: Kurang dari 50% lolos saringan no. 200: GM, GP, SW, SP, Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GW, GC, SM, SC, 5% - 12% lolos saringan no. 200: Batas Klasifikasi yang mempunyai simbol dobel



diperlukan untuk pengkajian kemungkinan dan ekonomi dari proyek yang diusulkan (J.E. Bowles, 1991).

Suatu deposit tanah harus diidentifikasi apakah berbutir kasar, halus atau campuran dan perlu diketahui teksturnya (pasir, lanau dan lempung) serta kandungan kerikil atau kebatuan lainnya. Selanjutnya dapat diteliti dan ditentukan sifat-sifat indeks dan parameter-parameter yang diperlukan untuk suatu konstruksi.

Untuk memperoleh hasil klasifikasi yang obyektif, biasanya tanah secara sepintas dibagi dalam tanah yang berbutir kasar dan berbutir halus berdasarkan hasil analisis mekanis, selanjutnya tahap klasifikasi tanah berbutir halus diadakan berdasarkan percobaan konsistensi.

Dari beberapa sistem klasifikasi yang ada, terdapat dua jenis yang erat berkaitan dengan judul tugas akhir, yakni:

1. Sistem klasifikasi tanah Unified ("Unified Soil Classification")

Sistem yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik pondasi seperti bendungan, bangunan gedung.

2. Sistem klasifikasi AASHTO.

Sistem ini dipakai oleh beberapa Departemen Transportasi dari negara bagian di Amerika untuk spesifikasi pekerjaan tanah pada lintasan transportasi.

Sistem klasifikasi tanah disini menggunakan percobaan batas cair dan plastis, serta analisis ukuran butiran, dimaksudkan untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah di lokasi pekerjaan secara sistematis sesuai dengan

2.2 Kuat Geser Tanah Pasir

Kuat geser tanah pasir dapat ditentukan dari salah satu pengujian triaksial atau geser langsung. Kelebihan tekanan air pori akibat adanya beban yang bekerja di atas tanah pasir dalam kondisi jenuh adalah nol. Hal ini disebabkan tanah pasir mempunyai permeabilitas besar, sehingga pada tambahan bebannya, air pori relatif cepat mengalir ke luar tanpa menimbulkan tekanan yang berarti. Jadi, dapat dianggap bahwa kondisi pembebanan pada tanah pasir akan berupa pembebanan pada kondisi dengan drainasi.

Pada pasir padat, butiran berhubungan saling mengunci satu sama lain dan rapat. Hubungan yang saling mengunci ini dapat menambah perlawanan terhadap gesekan pada bidang gesernya. Derajat hubungan saling mengunci antar butirannya akan sangat besar pada tanah-tanah pasir yang bergradasi baik dengan bentuk butiran yang bersudut.

Tanah pasir sifatnya kasar, jika tahanan geser tanah pasir bertambah maka akan menambah pula sudut gesek dalamnya. Pada tanah pasir, hanya kuat geser dengan pengujian "drained", biasanya relevan dalam praktek, sedangkan nilai sudut gesek dalam pada masing-masing kondisi pasir dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sudut gesek dalam untuk tanah pasir (Hary C.H,1992)

Macam	Sudut gesek dalam efektif ϕ'	
	Tidak padat	Padat
Pasir bulat, seragam	27°	35°
Pasir gradasi baik, bentuk bersudut	33°	45°
Kerikil berpasir	35°	50°
Pasir berlanau	27° - 30°	30° - 34°

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah pasir, antara lain :

1. Ukuran butiran,
2. Kekasaran permukaan butirannya,
3. Angka pori atau kerapatan relatif,
4. Distribusi butiran,
5. Bentuk butiran

Dari faktor-faktor di atas yang paling besar pengaruhnya adalah nilai angka pori, karena angka pori akan berpengaruh pada kerapatannya. Jika angka pori rendah atau kerapatan relatif tinggi, nilai kuat geser akan tinggi pula.

Dari keterangan-keterangan di atas maka pasir dapat digunakan untuk menambah kekuatan geser pada tanah untuk menambah kekuatan pondasi tiang berdasarkan tahanan geser kulitnya.

2.3 Pondasi Tiang

Suatu bangunan harus mempunyai pondasi yang terencana dengan baik karena kerusakan atau ketidaksempurnaan konstruksi dapat menimbulkan keruntuhan suatu bangunan. Pondasi dalam ini dipergunakan pada keadaan tanah dimana suatu bangunan akan dibangun merupakan tanah yang lemah untuk menyediakan daya dukung yang cukup kuat, sehingga beban perlu diteruskan ke lapisan yang lebih kuat.

Jenis pondasi dalam digunakan untuk meneruskan beban permukaan pada lapisan pendukung beban yang dalam apabila tanah permukaan tidak mampu lagi mendukung beban yang bekerja. Mekanisme penerusan dukungan pada dasarnya

sama bagi kedua sistem tersebut, perbedaannya adalah pada metode pemasangannya.

Pada umumnya pondasi tiang terdiri dari berbagai variasi ukuran, bentuk dan bahan yang memenuhi persyaratan-persyaratan khusus termasuk persyaratan ekonomis. Menurut bahan yang digunakan, pondasi tiang terbagi atas empat jenis, yaitu tiang kayu, tiang beton, tiang komposit

Sesuai dengan judul tugas akhir pembahasan lebih ditekankan pada tiang beton

2.3.1 Pondasi Tiang Kayu

Pondasi tiang pancang kayu dibuat dari batang pohon yang cabang-cabangnya telah dipotong dan diberi bahan pengawet kemudian didorong ke dalam tanah dengan ujung yang runcing dan biasanya digunakan untuk pekerjaan sementara.

2.3.1 Pondasi Tiang Baja

Tiang pancang terbuat dari profil baja berbentuk H, WF, atau pipa dapat berlubang maupun tertutup ujung-ujungnya. Jenis tiang ini mempunyai keuntungan diantaranya mudah dipancang dan disambung, sedangkan problem utamanya adalah masalah korosi

2.3.3 Pondasi Tiang Beton

Tiang beton dapat dibagi dalam dua jenis, yaitu :

- a. Tiang beton pracetak ("precast concrete pile")

Tiang jenis ini dibentuk di tempat pencoran sentral kemudian dibawa ke tempat lokasi. Tiang beton pracetak dimasukkan dengan cara memancangkannya ke dalam tanah sehingga menimbulkan getaran yang cukup kuat

b. Tiang beton cor di tempat ("cast in place")

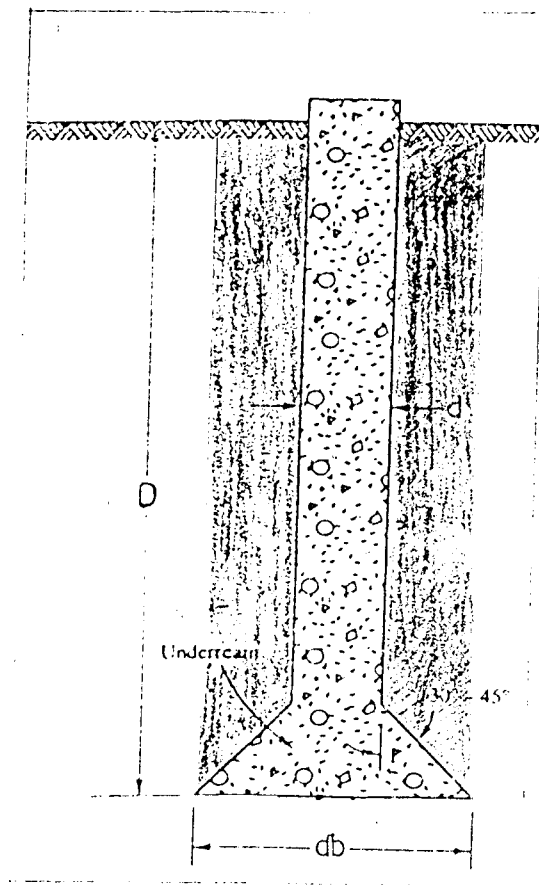
Tiang beton ini dicor langsung di tempat dengan terlebih dahulu membuat lubang di dalam tanah, diisi dengan tulangan kemudian dicor beton. Untuk menghindari keruntuhan tanah pada lubang bor biasa dipakai "casing". Pengecoran harus dilaksanakan dengan seksama guna menghindari pengisian beton yang tidak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

2.4 Pondasi Tiang dengan Pembesaran Ujung Bawah

Pada perhitungan kekuatan dukung pondasi tiang terhadap kekuatan tanah biasanya berdasarkan kekuatan dukung ujung ("end bearing") dan atau kekuatan tahanan geser kulitnya ("friction"). Jika perencanaan tiang sampai mengenai lapisan tanah keras maka biasanya digunakan kekuatan dukung ujungnya, akan tetapi jika lapisan tanah keras tersebut terdapat pada lapisan tanah yang cukup dalam maka yang diperhitungkan adalah kekuatan tahanan kulitnya. Pada kenyataan di lapangan kombinasi keduanya sering digunakan

Jika perhitungan kekuatan dukung pondasi tiang berdasarkan tahanan ujungnya, maka hal yang perlu diperhatikan adalah besarnya penampang tiang. Pondasi tiang dengan pembesaran ujung bawah bertujuan untuk menambah kekuatan dukung ujung. Hal ini disebabkan karena kekuatan dukung ujung

berdasarkan luas penampang tiang dikalikan dengan nilai tahanan ujung. Semakin besar luas penampang tiang pancang maka semakin besar kekuatannya (Donald P. Coduto, 1994). Model dari pondasi tipe yang perlu diperhatikan adalah perbandingan antara diameter ujung (d_b) dengan diameter batang (d) tidak lebih dari 3. Model pondasi ini dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Pondasi tiang pembesaran ujung bawah

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas ("loose"), yang terletak di atas batuan dasar ("bedrock"). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya (Hary Christady H, 1992). Proses terjadinya tanah dari pelapukan batuan dapat terjadi secara fisik maupun kimiawi. Pelapukan secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, dapat terjadi akibat adanya pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel dapat berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbon dioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali).

3.2 Sifat Tanah Lempung

Dari sistem klasifikasi yang ada, baik itu sistem USDA, ASTM, MIT,

terdapat salah satu klasifikasi tanah yaitu lempung. Tanah lempung ini merupakan agregat kristalin berukuran mikroskopis dan mempunyai nilai kohesi yang besar. Kohesi adalah sifat tarik menarik antara partikel atau butiran di dalam tanah. Tanah yang mempunyai nilai kohesi besar seperti tanah lempung, mempunyai sifat sebagai berikut :

1. Kuat geser rendah,
2. Kembang susut tinggi,
3. Kuat geser berkurang jika air bertambah,
4. Material yang sulit meloloskan air,
5. Volume akan berubah seiring dengan bertambahnya waktu akibat beban konstan.

3.2.1 Kuat Geser Tanah

Pengetahuan kekuatan geser tanah diperlukan untuk berbagai macam soal praktis, terutama untuk menghitung daya dukung tanah dan tegangan tanah. Nilai kohesi dan sudut gesek dalam tanah untuk tanah lempung mempunyai banyak variasi. Nilai tersebut didapat dari percobaan triaksial, percobaan tekan bebas.

3.2.2 Kompresibilitas

Bila tanah berbutir halus yang mengandung air dibebani, tanah akan terkompresi dan air pori akan mengalir dari lapisan tersebut dan volume tanah akan lebih kecil. Pengurangan volume tanah ini mengakibatkan penurunan tanah.

3.2.3 Kembang susut

Tanah lempung dalam mendukung beban pondasi sangat tergantung pada sejarah geologi dan kadar air. Pada beban yang sama antara tanah terkonsolidasi normal dan tanah terkonsolidasi berlebihan, maka tanah terkonsolidasi normal akan mengalami penurunan yang lebih besar. Tanah lempung pada saat kering dapat sangat keras dan menyusut disertai dengan retakan, sedangkan saat basah kuat geser akan turun dan lempung menjadi mengembang.

3.3 Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari struktur yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawahnya (DR. B.C.Punmia, 1981). Perencanaan pondasi dikatakan memenuhi syarat jika beban yang didukung pondasi atau beban yang diteruskan pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan daya dukung izin tanah yang bersangkutan. Jika kekuatan daya dukung izin tanah lebih kecil dari beban yang diterima oleh tanah tersebut, maka kerusakan konstruksi di atas pondasi akan terjadi akibat penurunan yang berlebihan dan keruntuhan tanah.

Didasarkan atas beban yang ditopang oleh tanah, pondasi dibagi menjadi dua, yaitu (J.E.Bowles, 1991) :

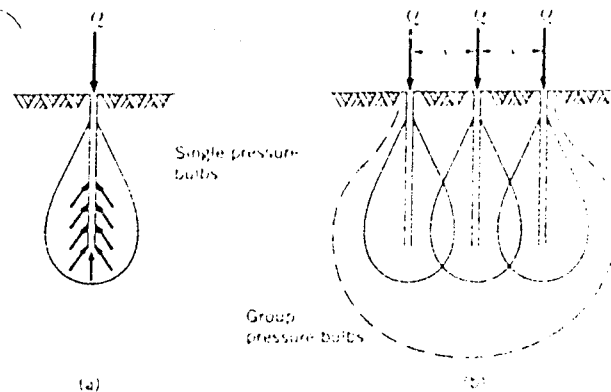
1. Pondasi dangkal, sebagai alas, telapak menerus. Rasio kedalaman (D) dengan lebar (B) adalah $D \leq B$,

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Tiang berfungsi meneruskan beban yang bekerja ke lapisan pendukung yang lebih kuat. Daya dukung pondasi tiang diklasifikasikan menjadi tiang dukungan ujung ("point bearing piles") dan tiang dukungan gesek ("friction piles"). Tiang-tiang yang dimasukkan sampai ke lapisan tanah keras dianggap bahwa seluruh beban tiang dipindahkan ke lapisan keras melalui ujung tiang, sedangkan tiang gesekan mendapat daya dukung dari gesekan antara tanah dengan tiang atau gaya pelekatan antara tanah dengan permukaan badan tiang.

Pada keadaan sesungguhnya sangat jarang dijumpai sebuah tiang tunggal tetapi merupakan kombinasi sebagai kelompok atau group. Tiang yang dipancangkan ke dalam tanah akan selalu mengakibatkan perubahan dalam massa tanahnya. Perilaku kelompok tiang secara langsung tidak dapat dianggap sama dengan perilaku tiang tunggal meskipun tiap tiang menahan beban yang sama dan terletak dalam satu lokasi. Di atas kelompok tiang biasanya diletakkan suatu konstruksi "poer" beton bertulang yang mempersatukan kelompok tiang tersebut. Dalam perhitungan-perhitungan "poer" dianggap kaku sempurna sehingga bila beban-beban yang bekerja pada kelompok tiang menimbulkan penurunan, maka setelah penurunan bidang "poer" akan merupakan bidang datar.

Jarak minimum adalah ketentuan jarak antar masing-masing tiang diukur dari sumbu tiang adalah $2,5D < s \leq 3D$, dengan s adalah jarak antar tiang dan D adalah diameter tiang (Sardjono, 1991). Pengaturan jarak antar tiang ini dimaksudkan

untuk mencegah terjadinya tegangan-tegangan pada lapisan tanah agar tidak “overlap” (gambar 3.1).



Gambar 3.1 Kontribusi tegangan tiang pancang kelompok (S.Prakash,1990)

3.4 Daya Dukung Tiang

Perencanaan pondasi untuk gedung atau bangunan yang lain perlu memperhatikan dua hal utama yaitu daya dukung tanah dan penurunan. Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan beban pondasi tanpa terjadi keruntuhan akibat geser dan penurunan.

Metode yang digunakan untuk menghitung kapasitas ultimit ada dua macam, yaitu metode statis dan metode dinamis. Metode statis menggunakan mekanika tanah untuk menghitung kapasitas dari sifat-sifat tanah dan metode dinamis mengestimasi daya dukung dari data hasil analisis pemancangan tiang. Perhitungan kapasitas tiang statis menggunakan parameter-parameter tanah antara

lain kohesi (C), sudut gesek dalam (ϕ), bila berdasarkan uji laboratorium dan data sondir bila berdasarkan uji lapangan.

Daya dukung pondasi tiang dengan pembebanan statik dapat dihitung berdasarkan data sondir di lapangan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_u = P_{pu} + \sum P_{si} \quad (3.1)$$

$$Q_t = P_u / F_s \quad (3.2)$$

$$Q_t = P_{pu} / F_{sp} + \sum P_{si} / F_{ss} \quad (3.3)$$

dimana : Q_t = daya dukung ijin tiang pancang akhir.

P_u = kapasitas tiang pancang akhir (maksimum).

P_{pu} = kapasitas titik akhir

$\sum P_{si}$ = kontribusi tahanan kulit

F_s = angka keamanan

(J.E. Bowles, 1982)

3.4.1 Daya Dukung Tiang Tahanan Kulit "Friction Pile"

Bila lapisan tanah keras letaknya sangat dalam sehingga pembuatan dan pemancangan tiang sampai ke lapisan tanah keras tersebut sangat sukar dilaksanakan maka dalam hal ini digunakan pondasi tiang yang daya dukungnya berdasar pada kelekatan tanah dengan tiang. Untuk tanah lempung komponen gesekan diperlakukan sebagai adhesi antara badan tiang dengan tanah. Biasanya dihitung sebagai kuat geser tanpa drainase dikalikan luas permukaan.

Besarnya gaya pelekatan antara tiang dengan tanah diperoleh dari percobaan sondir dengan memakai alat "bikonus". Alat "bikonus" ini selain dapat mengukur

perlawanan ujung dapat juga mengukur gaya pelekatan antar "konus" dengan tanah. Gaya ini disebut hambatan pelekatan dan dalam grafik biasanya angka-angka dijumlahkan sehingga didapat jumlah hambatan pelekatan yaitu jumlah pelekatan dari permukaan tanah sampai kedalaman yang bersangkutan.

Secara teoritis berdasarkan hasil sondir kemampuan tiang atau daya dukung tiang dapat dicari dari persamaan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil sondir.

$$Q_t = \frac{O.L.c}{5} \quad (3.4)$$

dimana : Q_t = daya dukung tiang

O = keliling tiang pancang

L = panjang tiang yang masuk ke dalam tanah

c = harga "cleef" rata-rata

5 = angka keamanan

(Sardjono, 1988)

3.4.2 Daya Dukung Tiang Titik Akhir "End Bearing Pile"

Tiang pancang ini dihitung berdasarkan pada tahanan ujung ("end bearing pile") ini dipancang sampai pada lapisan tanah keras, yang mampu memikul beban yang diterima oleh pondasi tiang tersebut.

Lapisan tanah keras ini dapat merupakan lempung keras sampai pada batuan-batuan tetap yang sangat keras. Untuk menaksir gaya perlawanan lapisan tanah keras tersebut terhadap ujung tiang dapat dilakukan dengan alat sondir. Bila lapisan

tanah keras tersebut terdiri dari batuan keras maka penentuan daya dukung tidak akan menjadi soal. Dalam hal ini daya dukung tiang akan tergantung pada kekuatan bahan tiang itu sendiri. Bila lapisan tanah keras tersebut terdiri dari lapisan pasir maka daya dukung tiang tersebut akan sangat tergantung pada sifat-sifat lapisan pasir tersebut terutama mengenai kepadatan pasir ini.

Secara persamaan kemampuan daya dukung tiang berdasarkan kekuatan tanah dapat dihitung sebagai berikut :

1. Berdasarkan data sondir

$$Q_t = \frac{A_t \cdot P}{3} \quad (3.5)$$

dimana : Q_t = daya dukung keseimbangan tiang

A_t = luas penampang tiang pancang

P = nilai konus dari hasil sondir

3 = faktor keamanan.

(Sardjono, 1988)

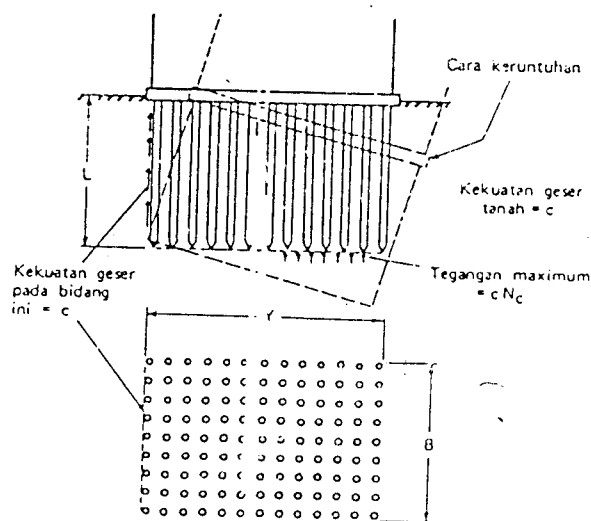
3.4.3 Daya Dukung Kelompok Tiang

Bilamana banyak tiang dipancang saling berdekatan satu dengan yang lain sehingga merupakan kelompok tiang maka perlu diperhatikan adalah daya dukung kelompok tiang ini sama dengan daya dukung sebuah tiang tersendiri dikalikan jumlah tiang dalam kelompok tersebut.

Jika kelompok tiang terdiri dari "point bearing piles" maka memang cukup tepat bilamana daya dukung kelompok dianggap sama dengan daya dukung sebuah

tiang tersendiri dikalikan jumlah tiang. Dalam hal ini boleh dikatakan bahwa hampir tidak ada kemungkinan akan terjadi keruntuhan secara keseluruhan (terkecuali bila ada lapisan yang lembek dibawah lapisan keras tersebut).

Jika kelompok tiang terdiri dari "friction piles" dalam lempung atau lanau maka tetap ada kemungkinan akan terjadi keruntuhan secara keseluruhan (termasuk tanah antara tiang-tiang), dan hal ini harus diperhitungkan. Cara keruntuhan dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Daya dukung kelompok tiang (Sardjono H.S, 1991)

Daya dukung keseimbangan sendiri terdiri dari dua bagian, yaitu tekanan maksimum yang dapat ditahan pada dasar kelompok ditambah dengan perlawanan geser ("shear resistance") pada permukaan luar keliling kelompok tersebut.

Jadi daya dukung kelompok tiang yang diijinkan adalah sebagai berikut :

$$Q_t = \frac{C.N_c.A + 2.(B+Y).L.c}{3} \quad (3.6)$$

dimana : C = kohesi tanah.

Nc = Faktor daya dukung.

L = kedalaman tiang.

c = harga "cleef" rata-rata

B = lebar kelompok tiang.

Y = Panjang kelompok tiang.

A = Luas kelompok tiang.

(L.D Wesley, 1977)

3.5 Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi sebuah pondasi tiang kelompok adalah perbandingan kapasitas kelompok terhadap jumlah kapasitas masing-masing tiang. Menurut persamaan "Converse - Labarre" untuk menghitung efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut :

$$E_g = 1 - \theta \cdot \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n} \quad (3.7)$$

$$\theta = \arctan(d/s) \quad (3.8)$$

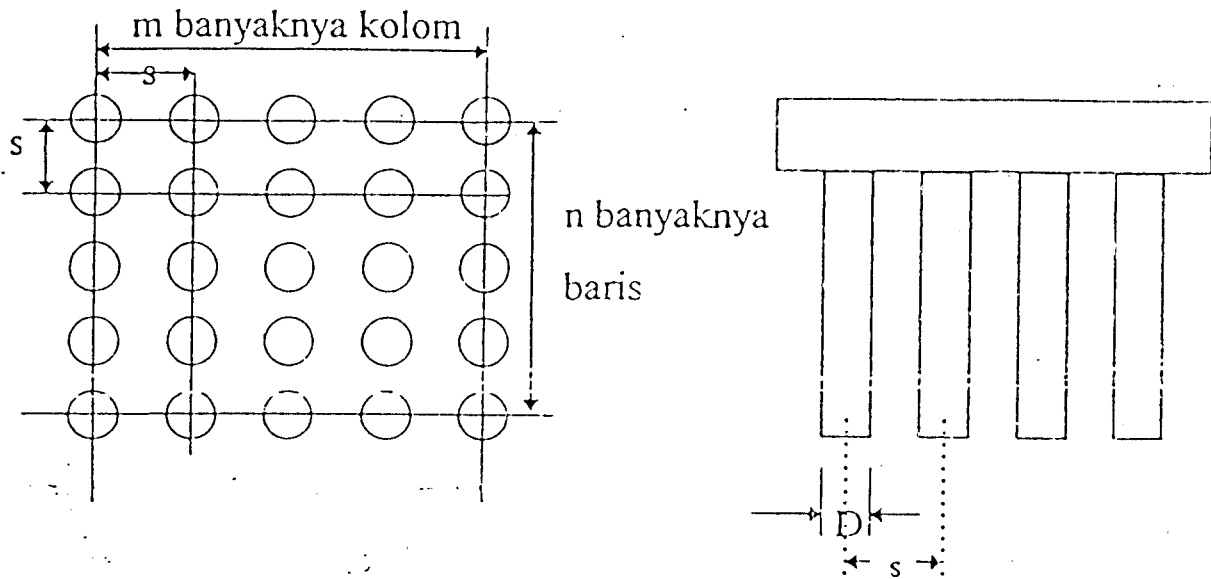
dimana : m = jumlah tiang dalam kolom kelompok.

n = jumlah tiang dalam baris kelompok.

d = diameter tiang.

s = jarak antar tiang dari as ke as.

(J.E. Bowles, 1982)



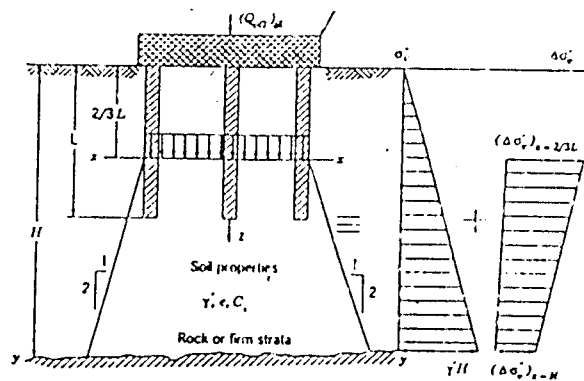
Gambar 3.3 Efisiensi tiang pancang kelompok

3.6 Penurunan Kelompok Tiang

Jika lapisan tanah mengalami pembebanan maka lapisan tanah akan mengalami regangan atau penurunan. Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori didalam tanah tersebut. Jumlah dari regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanahnya. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi.

Untuk tanah lempung perlu diadakan perhitungan penurunan. Tegangan tanah akibat berat bangunan dan muatannya dapat diperhitungkan merata pada

kedalaman $2/3$ dari panjang tiang dan disebarakan dengan sudut 30° . Seperti terlihat dalam gambar 3.4 berikut ini : (Shamsar Prakash, 1990)



Gambar 3.4 Asumsi distribusi tegangan (S.Prakash,1990)

Analisis penurunan tiang kelompok yang terletak pada tanah berbutir halus dapat dilakukan dengan meninjau penurunan yang terjadi dalam jangka waktu dekat (penurunan segera) dan penurunan yang terjadi dalam jangka waktu panjang (penurunan konsolidasi).

Penurunan dalam jangka waktu dekat dapat dicari dengan persamaan Janbu, Bjerrum, Kjaensli berikut ini :

$$S_i = \frac{\mu_1 \cdot \mu_0 \cdot q \cdot B}{E} \quad (3.9)$$

(Hary Christady H, 1994)

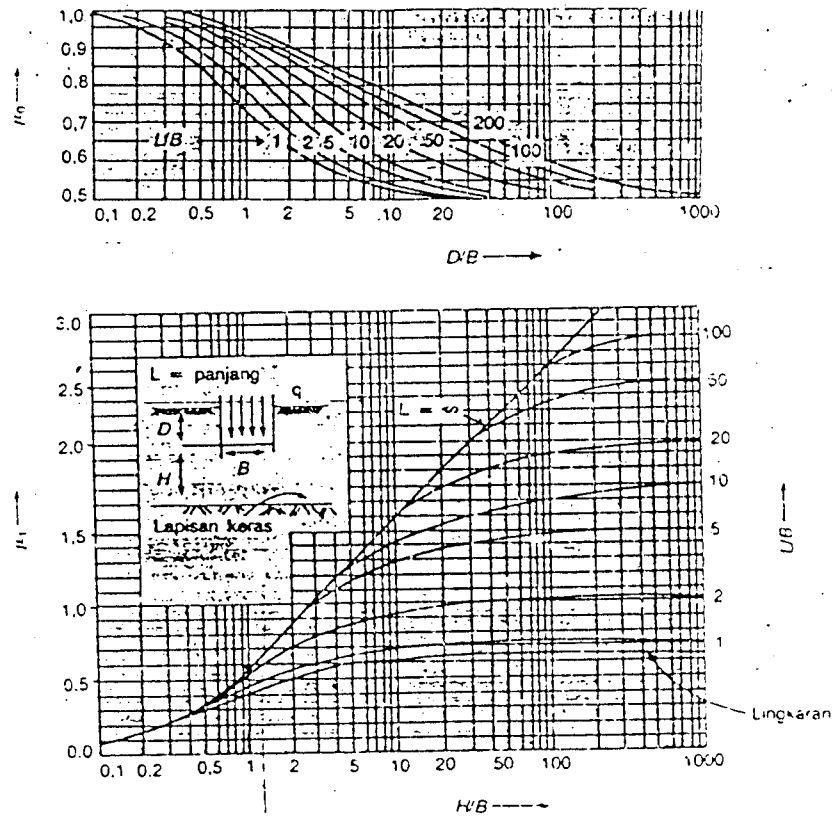
dimana : S_i = penurunan segera

μ_0, μ_1 = Faktor reduksi (gambar 3.5)

q = tekanan pondasi netto

B = lebar pondasi

E = modulus elastis tanah (kg/m^2)



Gambar 3.5 Grafik faktor reduksi μ_0, μ_1 (Hary C.H, 1994)

Penurunan segera dapat pula dihitung dengan menggunakan data hasil sondir di lapangan.

De Beer dan Marten (1957) memberikan persamaan angka kompresi (C) yang dikaitkan dengan persamaan Buisman.

$$C = 1.5 q_c / p_o'$$

(3.10)

C = angka pemampatan (angka kompresibilitas)

q_c = tahanan kerucut statis (sondir)

p_o' = tekanan overbuden efektif

Nilai C ini kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan Terzaghi untuk penurunan pada lapisan yang ditinjau.

$$S_i = \frac{H}{C} \ln \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'} \quad (3.11)$$

dimana : S_i = akhir penurunan (m) dari lapisan setebal H (m)

p_o' = tekanan overbuden efektif rata-rata

Δp = tambahan tegangan vertikal di tengah-tengah lapisan oleh tegangan akibat beban pondasi netto

(Hary Christady H, 1994)

Penurunan konsolidasi primer dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_c = C_c \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'} \quad (3.12)$$

(Hary Christady H, 1994)

dimana : S_c = penurunan konsolidasi

C_c = indeks pemampatan

H = tebal lapisan tanah lempung

e_o = angka pori awal

p_o' = tekanan vertikal efektif mula-mula

Δp = tambahan tegangan

Penurunan sekunder terjadi setelah penurunan primer berhenti. Besarnya penurunan konsolidasi sekunder merupakan fungsi waktu dan kemiringan kurva fase konsolidasi sekunder $C\alpha$. Persamaan kemiringan $C\alpha$ diperoleh dari rumus persamaan sebagai berikut :

$$C\alpha = \frac{\Delta e}{\log t_2 - \log t_1} \quad (3.13)$$

(Hary Christady H, 1994)

dimana: Δe = perubahan angka pori dari t_1 ke t_2

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

t_1 = saat waktu setelah konsolidasi primer selesai

Selanjutnya dihitung penurunan konsolidasi sekunder dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_s = H \frac{C\alpha}{1 + e_p} \log \frac{t_2}{t_1} \quad (3.14)$$

(Hary Christady H, 1994)

dimana : S_s = penurunan konsolidasi sekunder

H = tebal tanah lempung

e_p = angka pori saat konsolidasi sekunder selesai

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

t_1 = saat waktu selesai konsolidasi sekunder

Konsolidasi sekunder ini merupakan proses lanjutan dari konsolidasi primer, dimana prosesnya berjalan sangat lambat. Penurunannya jarang diperhitungkan karena pengaruhnya sangat kecil. Kecuali pada jenis tanah organik tinggi dan beberapa lempung tak organis yang sangat mudah mampat (Hary Christady H, 1994).

BAB IV

ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN

KELOMPOK TIANG

Pada bab IV ini ditunjukkan beberapa perhitungan pondasi “friction pile” dan “end bearing pile” untuk mengetahui besarnya kapasitas dukung kelompok tiang dalam menahan beban vertikal pada titik sondir yang diambil beserta penurunan yang terjadi.

Parameter hitungan diambil sebagai berikut :

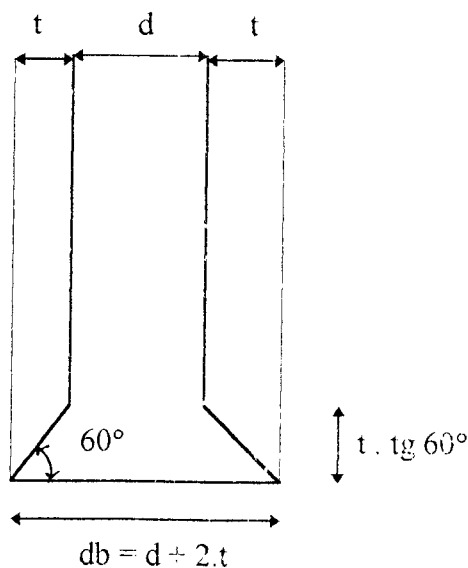
1. Beban bekerja sentris terhadap titik berat kelompok tiang,
2. Diameter tiang 30 cm, 40 cm, 50 cm,
3. Ketebalan selimut pasir 10 cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm,
4. Kedalaman tiang 16,4 m: diambil dari data sondir daerah Pekalongan titik S.1,
5. Tebal “poer” 60 cm,
6. Beban yang diterima pondasi sebesar 60 ton tidak termasuk berat sendiri pondasi,
7. Jarak antar tiang (s) diambil sebesar $2,5.D$, dimana D = diameter tiang pancang, jarak as tiang ke tepi “poer” = 60 cm,
8. Berat volume beton 2,4 t/m³

9. Perhitungan dilakukan dengan asumsi sebagai berikut:

- a. Tiang tanpa pembesaran ujung terhadap tanah asli
- b. Tiang dengan pembesaran ujung terhadap tanah asli
- c. Tiang dengan pembesaran ujung terhadap selimut pasir padat (pasir dianggap sebagai tanah asli)
- d. Tiang dengan pembesaran ujung diisi pasir padat yang monolit dengan tiang. (pasir padat menyatu dengan tiang beton)

4.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal

Kapasitas daya dukung tiang tunggal dihitung berdasarkan hasil uji sondir terhadap kekuatan “friction” dan kekuatan dukung ujung atau “end bearing”. Secara keseluruhan dari judul tugas akhir kami dapat diilustrasikan sebagai berikut pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Pondasi tiang pembesaran ujung bawah

4.1.2 Kapasitas Daya Dukung Ujung (“End Bearing”)

Kapasitas dukung ujung ini dihitung berdasarkan data sondir S 1 (Lab. Mekanika Tanah UNDIP Semarang) pada proyek Rumah sakit Islam Siti Khotijah Pekalongan.

Rencana pondasi pada kedalaman 16,4 m, didapat $q_c = P = 32 \text{ kg/cm}^2$ (lampiran)

1. Tanpa pembesaran ujung ($t = 0 \text{ cm}$).

a. Diameter tiang (d), yaitu 30 cm.

b. Diameter ujung (db), $db = (2.t + d) = (2.0 + 30) = 30$

didalam tiang tanpa pembesaran $t = 0$, $db = d$

c. Luas tampang ujung tiang (Ab), $Ab = At = 1/4 . \pi . db^2$

$$= 1/4 . \pi . (30)^2 = 706,858 \text{ cm}^2.$$

e. Menentukan kapasitas dukung tiang dengan formula 3.5 didapat kapasitas dukung tiang (Qt) sebagai berikut :

$$Qt = \frac{At . P}{3} = \frac{706,858 . 32}{3} = 7539,822 \text{ kg}$$

f. Analog untuk diameter tiang (d) 40 cm, 50 cm, kemudian hasil-hasilnya ditabelkan pada tabel 4.1.

2. Dengan pembesaran ujung, $t > 0 \text{ cm}$

Diambil $t = 10 \text{ cm}$

a. Diameter tiang (d), $d = 30 \text{ cm}$.

b. Diameter ujung (db), $db = (2.t + d) = (2.10 + 30) = 50 \text{ cm}$.

c. Luas tampang ujung bawah tiang (A_b), $A_b = A_t = 1/4 \cdot \pi \cdot (d_b)^2$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot (50)^2 = 1963,495 \text{ cm}^2.$$

d. Menghitung kapasitas dukung tiang berdasarkan formula 3.5 didapat

kapasitas dukung tiang (Q_t) sebagai berikut :

$$Q_t = \frac{A_t \cdot P}{3} = \frac{1963,495 \cdot 32}{3} = 20943,951 \text{ kg}$$

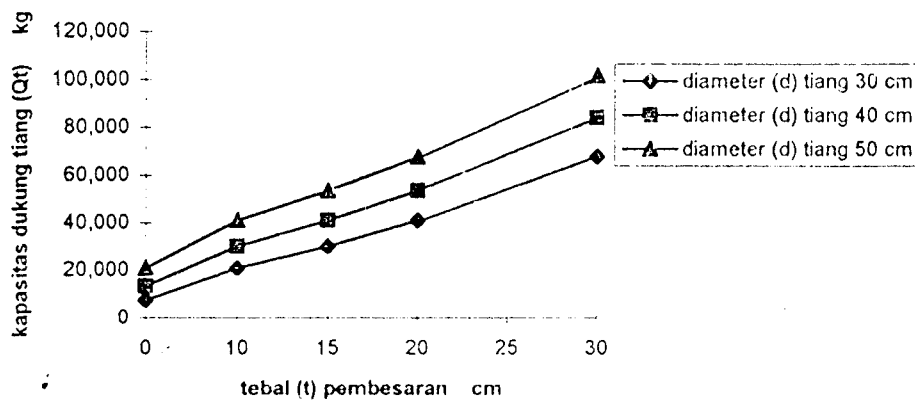
f. Analog untuk diameter tiang (d) 40 cm, 50cm, kemudian hasil-hasilnya ditabelkan pada tabel 4.1.

Untuk ketebalan selimut pasir (t) = 15 cm, 20 cm, 30 cm, dengan cara analogis sesuai perhitungan di atas maka hasil-hasilnya dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Kapasitas daya dukung ujung ("end bearing") berdasarkan tanah asli

d (cm)	t (cm)	db (cm)	Ab (cm ²)	P (kg/cm ²)	Qt (kg)
30	0	30	706,858	32	7539,822
40		40	1256,637		13404,129
50		50	1963,495		20943,951
30	10	50	1963,495	32	20943,951
40		60	2827,433		30159,289
50		70	3848,451		41050,144
30	15	60	2827,433	32	30159,289
40		70	3848,451		41050,144
50		80	5026,548		53616,515
30	20	70	3848,451	32	41050,144
40		80	5026,548		53616,515
50		90	6361,725		67858,401
30	30	90	6361,725	32	67858,401
40		100	7853,982		83775,704
50		110	9503,318		101568,723

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik hubungan antara ketebalan selimut pasir dengan kapasitas daya dukung tiang pada grafik 4.1 berikut ini :



Grafik 4.1 Kapasitas dukung ujung berdasarkan tanah asli

4.1.3 Kapasitas Daya Dukung "Friction"

Kapasitas daya dukung "friction" ini dihitung dengan data sondir S 1 (Lab. Mekanika tanah UNDIP Semarang) di proyek RSI Siti khotijah Pekalongan sampai kedalaman 16,4 m.

Hitungan dilakukan sebagai berikut :

1. Tanpa pembesaran ujung, $t = 0$ cm.

- a. Nilai JHL (L.c) dari data sondir pada titik S.1, yaitu sebesar 610 kg/cm (pada kedalaman 16,4 m, lampiran).
- b. Diameter tiang (d), $d = 30$ cm.

c. Diameter ujung bawah (db), $db = (2.t + d) = (2.0 + 30) = 50$ cm

$$t = 0, db = d$$

d. Keliling (O) tampang tiang, $O = \pi.d = \pi.50 = 94,248$ cm.

d. Menentukan kapasitas dukung tiang "friction" berdasarkan formula 3.4 sebagai berikut :

$$Q_t = \frac{O.L.c}{5} = \frac{94,248 \cdot 610}{5} = 11498,229 \text{ kg}$$

e. Analog untuk diameter (d) 40 cm, 50 cm, kemudian hasil-hasilnya ditabelkan pada tabel 4.2.

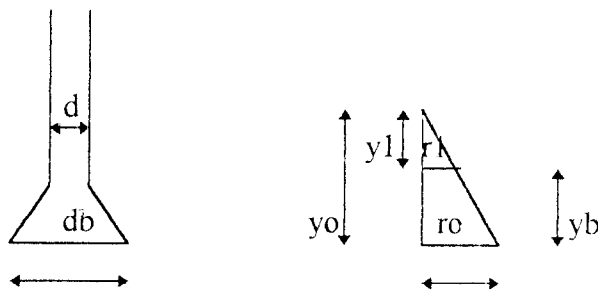
2. Dengan pembesaran ujung, $t > 0$ cm

2.1. Tanpa pengisi pasir (Tiang terhadap tanah asli)

Diambil $t = 10$ cm

a. Diameter tiang (d), $d = 30$ cm

b. Diameter ujung bawah (db), $db = (2.t + d) = (2.10 + 30) = 50$ cm



$$r_o = 0,5.db = 0,5.50 = 25 \text{ cm}$$

$$r_i = 0,5.d = 0,5.30 = 15 \text{ cm}$$

$$y_o = r_o.tan 60 = 25.tan 60 = 43,30127 \text{ cm}$$

$$y_1 = r_1.tan 60 = 15.tan 60 = 25,98076 \text{ cm}$$

$$y_b = (r_o - r_1).tan 60 = (25 - 15).tan 60 = 17,32051 \text{ cm}$$

$$L = (1640 - y_b) = (1640 - 17,32051) = 1622,6795 \text{ cm}$$

c. Menentukan lc pada kedalaman 1622,6795 cm.

$$\text{kedalaman } 1620 - 1640 \text{ cm, } c = (610 - 594)/20 = 0,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$lc \text{ pada kedalaman } 1620 \text{ cm} = 594 \text{ kg/cm}$$

$$lc \text{ pada kedalaman } 1622,6795 = 0,8 \cdot (1622,6795 - 1620) + 594$$

$$lc = 596,144 \text{ kg/cm}$$

d. Luas permukaan pembesaran (AS_b)

$$\begin{aligned} AS_o &= \pi \cdot r_o \cdot \sqrt{(r_o)^2 + (y_o)^2} = \pi \cdot 25 \cdot \sqrt{(25)^2 + (43.30127)^2} \\ &= 3926,9908 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AS_1 &= \pi \cdot r_1 \cdot \sqrt{(r_1)^2 + (y_1)^2} = \pi \cdot 15 \cdot \sqrt{(15)^2 + (25.98076)^2} \\ &= 1413,71661 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AS_b &= AS_o - AS_1 = 3926,9908 - 1413,71661 \\ &= 2513,2742 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

e. Hambatan lekat pada sepanjang y_b dari dasar pondasi (c)

$$\begin{aligned} \text{kedalaman : } 1620 - 1640 \text{ cm } c &= (610 - 594)/20 \\ &= 0,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

f. Keliling tiang (O), $O = \pi \cdot d = \pi \cdot 30 = 94,24778 \text{ cm}^2$

g. Kapasitas dukung tiang "friction" (Q_t)

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{O \cdot lc + AS_b \cdot c}{5} = \frac{94,24778 \cdot 596,144 + 2513,2742 \cdot 0,8}{5} \\ &= 11237,0497 + 402,124 = 11639,174 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. Analog untuk diameter (d) 40 cm, 50 cm, untuk tebal (t), 15 cm, 20 cm, 30 cm, dapat dilihat pada tabel 4.2

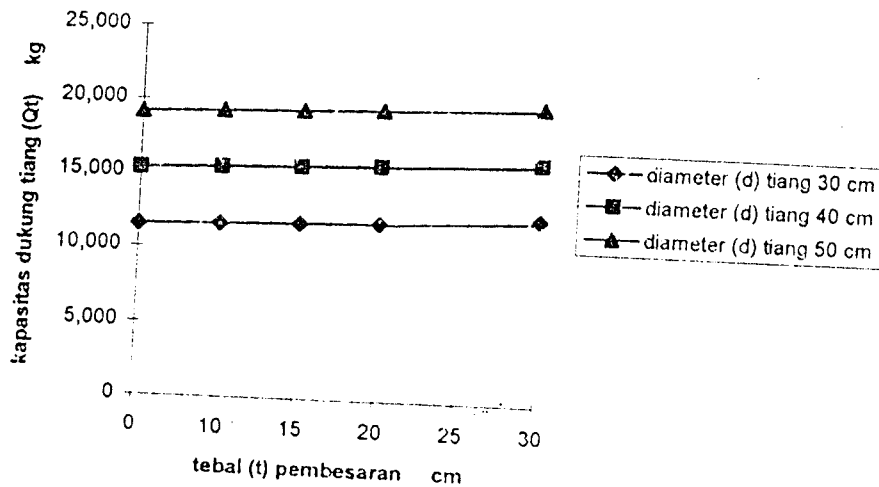
Tabel 4.2 Kapasitas dukung tiang "Friction" pada tanah asli

d cm	t cm	o cm	L.c kg/cm	Qa kg	Ab cm ²	c kg/cm ²	Qb kg		Qi kg
30	0	94,248	610	11498,23	-	-	-		11498,23
40		125,664		15330,97	-	-	-		15330,97
50		157,080		19163,72	-	-	-		19163,72
30	10	94,248	596,144	11237,04	2513,27	0,8	402,124		11639,17
40		125,664		14982,72	3141,59	0,8	502,655		15485,38
50		157,080		18728,40	3769,91	0,8	603,185		19331,59
30	15	94,248		11140,27	725,79	0,5	72,579	635,037	11775,31
					3519,36	0,8	562,458		
40		125,664	591,010	14853,69	942,75	0,5	94,275	772,816	15626,51
					4240,88	0,8	678,541		
50		157,080		10053,10	1159,71	0,5	115,971	916,595	19477,71
					4966,40	0,8	794,624		
30	20	94,248		11058,65	2042,31	0,5	204,231	882,771	11941,42
					4240,88	0,8	678,541		
40		125,664	586,679	14744,86	2573,42	0,5	257,624	1051,97	15796,83
					4966,40	0,8	794,624		
50		157,080		18431,08	3104,54	0,5	310,454	1221,16	19652,24
					5691,92	0,8	910,707		
30	30	94,248		10895,41	1601,41	0,5	160,141	1472,49	12457,89
					4016,40	0,5	401,640		
					5691,92	0,8	910,707		
40		125,664	578,019	14527,21	2035,33	0,5	203,533	1704,52	16231,72
					4741,92	0,5	474,192		
					6417,44	0,8	1026,79		
50	157,080		18159,01	2469,24	0,5	246,924	1936,54	20095,55	
				5467,44	0,5	546,744			
				7142,96	0,8	1142,87			

Dimana : Qa = daya dukung tiang bagian pembesaran

Qb = daya dukung tiang bagian batang

Dari hasil diatas dapat dibuat grafik hubungan antara pembesaran ujung bawah terhadap kekuatan dukung tiang "friction" pada grafik 4.2 sebagai berikut :



Grafik 4.2 Kapasitas dukung tiang "friction" terhadap tanah asli

2.2. Tiang dengan pembesaran ujung diisi pasir padat.

A. Gaya geser tiang terhadap pasir

Untuk menghitung daya dukung akibat gaya geser, ditentukan terlebih dahulu hambatan lekat yang dari pasir terhadap tiang, dengan asumsi pasir sangat padat dan diambilkan dari buku poulus dari percobaan vesic yang didapatkan harga sebagai berikut:

Tabel 4.3 tahanan friksi pasir

kedalaman (in)	cleef (kg/in ²)	HL (kg/in)	JHL (kg/ir)
0,00- 20,00	0,79368	15,3736	15,8736
20,00- 40,00	1,40875	28,175	44,0486
40,00- 60,00	1,88493	37,6986	81,7472
60,00- 80,00	2,26181	45,2362	126,9834
80,00-100,00	2,46034	49,2068	176,1902
100,00-120,00	2,61903	52,3806	228,5708
120,00-140,00	2,61903	52,3806	280,9514
140,00-160,00	2,61903	52,3806	333,3320
160,00-180,00	2,61903	52,3806	385,7126
180,00-200,00	2,61903	52,3806	438,0932
200,00-220,00	2,61903	52,3806	490,4738
220,00-240,00	2,61903	52,3806	542,8544
240,00-260,00	2,61903	52,3806	595,2350
260,00-280,00	2,61903	52,3805	647,6156
280,00-300,00	2,61903	52,3806	699,9962
300,00-320,00	2,61903	52,3806	752,3768
320,00-340,00	2,61903	52,3806	804,7574
340,00-360,00	2,61903	52,3806	857,1380
360,00-380,00	2,61903	52,3806	909,5186
380,00-400,00	2,61903	52,3806	961,8992
400,00-420,00	2,61903	52,3806	1014,2798
420,00-440,00	2,61903	52,3806	1066,6604
440,00-460,00	2,61903	52,3806	1119,0410
460,00-480,00	2,61903	52,3806	1171,4216
480,00-500,00	2,61903	52,3806	1223,8022
500,00-520,00	2,61903	52,3806	1276,1828
520,00-540,00	2,61903	52,3806	1328,5634
540,00-560,00	2,61903	52,3806	1380,9440
560,00-580,00	2,61903	52,3806	1433,3246
580,00-600,00	2,61903	52,3806	1485,7052
600,00-620,00	2,61903	52,3806	1538,0858
620,00-640,00	2,61903	52,3806	1590,4664
640,00-660,00	2,61903	52,3806	1642,8470
660,00-680,00	2,61903	52,3806	1695,2276

Diambil $t = 10$ cm

- Diameter tiang (d), $d = 30$ cm.
- Diameter dasar tiang (d_b), $d_b = (2.t + d) = (2.10 + 30) = 50$ cm
- Keliling tiang (O), $O = \pi.d = \pi.30 = 94,24778$ cm.
- Luas permukaan pembesaran (A_{sb})

$$r_o = 0,5 \cdot db = 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ cm}$$

$$y_o = r_o \cdot \tan 60 = 25 \cdot \tan 60 = 43,980127 \text{ cm}$$

$$r_l = 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ cm}$$

$$y_l = r_l \cdot \tan 60 = 15 \cdot \tan 60 = 25,98076 \text{ cm}$$

$$y_b = 0,5 \cdot (db - d) \cdot \tan 60 = 0,5 \cdot (50 - 30) \cdot \tan 60 = 17,32051 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{so} &= \pi \cdot r_o \cdot \sqrt{(r_o)^2 + (y_o)^2} = \pi \cdot 25 \cdot \sqrt{(25)^2 + (43,980127)^2} \\ &= 3926,99082 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sl} &= \pi \cdot r_l \cdot \sqrt{(r_l)^2 + (y_l)^2} = \pi \cdot 15 \cdot \sqrt{(15)^2 + (25,98076)^2} \\ &= 1413,71669 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{sb} = A_{so} - A_{sl} = 3926,99082 - 1413,71669 = 2513,27412 \text{ cm}^2$$

e. Jumlah hambatan lekat sepanjang L, (L.c)

$$L = (1640 - y_b) = (1640 - 17,32051) = 1622,6795 \text{ cm}$$

didapat L.c = 624,982 kg/cm (sepanjang 1622,6795 cm)

f. Hambatan lekat sepanjang y_b, (c)

$$y_b = 17,32051 \text{ cm}$$

didapat c = 0,406 kg/cm² (pada kedalaman 1622,6795 cm - 1640 cm)

g. Daya dukung akibat gaya geser (Q_t)

$$Q_t = \frac{O.L.c + A_{sb}.c}{5}$$

$$= \frac{94,24778 \cdot 624,982 + 2513,27412 \cdot 0,406}{5} = 11984,691 \text{ kg}$$

- h. Analog untuk diameter tiang (d) 40 cm, 50 cm dan tebal selimut (t) 15 cm, 20 cm, 30 cm seperti dalam tabel 4.4

Tabel 4.4 Kapasitas dukung "friction" pada tanah pasir

d cm	t cm	db cm	O cm	L.c kg/cm	Qa kg	A cm ²	c kg/cm ²	Qb kg	Qt kg
30	10	50	94,248	624,982	11780,64	2513,27	0,406	204,053	11984,69
40		60	125,664		15707,52	3144,59		255,066	15962,58
50		70	157,080		19634,40	11472,3		306,079	19940,48
30	15	60	94,248	621,467	11714,37	4241,15	0,406	344,340	12658,71
40		70	125,664		15619,16	5183,63		420,859	16040,02
50		80	157,080		19523,95	6126,11		497,380	20021,33
30	20	70	94,248	617,951	11548,10	6283,19	0,406	510,132	12158,24
40		80	125,664		15530,80	7539,82		612,159	16142,96
50		90	157,080		19413,45	8796,46		714,185	20127,69
30	30	90	94,248	610,920	11515,57	11309,7	0,406	918,238	12433,80
40		100	125,664		15354,09	13194,7		1071,278	16425,37
50		110	157,080		19192,61	15079,5		1224,318	26416,93

- B. Gaya geser terhadap tanah asli (asumsi pasir padat monolit dengan tiang).

Diambil $t = 10$ cm

- Diameter tiang (d), $d = 30$ cm.
- Diameter pembesaran (db), $db = (2.t + d) = (2.10 + 30) = 50$ cm
- Keliling tiang (O), $O = \pi.db = \pi.50 = 157,07963$ cm
- Jumlah hambatan lekat ($L.c$)
didapat $L.c = 610$ kg/cm (pada kedalaman 1640 cm)
- Daya dukung tiang akibat "friction"

$$Q_t = \frac{O.L.c}{5} = \frac{157,07963.610}{5} = 19163,715 \text{ kg}$$

f. Analog untuk diameter (d) 40 cm, 50 cm, dan (t) 15 cm, 20 cm, 30 cm, seperti pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Kapasitas dukung tanah "friction" pada tanah asli

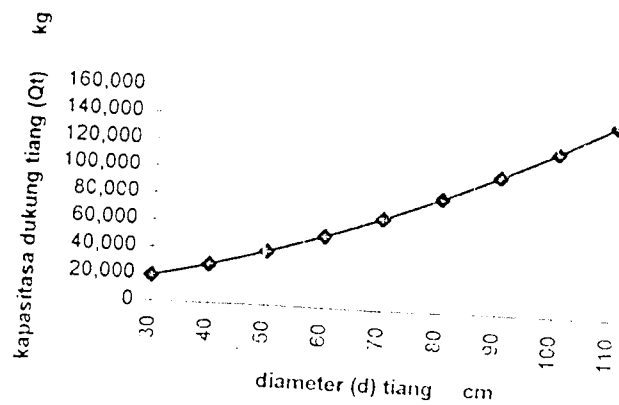
d (cm)	t (cm)	d (cm)	Q (cm)	L.c (kg/cm)	Qt (kg)
30	10	50	157,086	610	19163,715
40		60	188,496		22996,512
50		70	219,911		26826,142
30	15	60	188,496	610	22996,512
40		70	219,911		26826,142
50		80	251,327		30661,894
30	20	70	219,911	610	26826,142
40		80	251,327		30661,894
50		90	282,743		34494,646
30	30	90	282,743	610	34494,646
40		100	314,159		38327,398
50		110	345,575		42160,150

Dari perhitungan-perhitungan diatas berdasarkan kapasitas dukung ujung dan kapasitas "friction", pada kenyataannya di lapangan perhitungan biasanya tidak berdasarkan pada salah satu keadaan diatas melainkan kombinasi keduanya. Dari keterangan tersebut maka dapat dikombinasikan dari keadaan keduanya yang berdasarkan anggapan-anggapan yang telah disebutkan diatas dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4.6 Kapasitas dukung tiang tanpa pembesaran terhadap tanah asli

d cm	dukung ujung			Friksi			Qt _{total} (kg)
	A cm ²	P kg/cm ²	Qt kg	keliling cm	L.c kg/cm	Qt kg	
30	706,858	32	7539,822	94,248	610	11498,229	19038,051
40	1256,637	32	13404,129	125,664	610	15330,972	28735,101
50	1963,495	32	20943,951	157,080	610	19163,715	40107,666
60	2827,433	32	30159,289	188,496	610	22996,458	53155,747
70	3848,451	32	41050,144	219,911	610	26829,201	67879,345
80	5026,548	32	53616,515	251,327	610	30661,944	84278,459
90	6361,725	32	67858,407	282,743	610	34494,687	102353,094
100	7853,982	32	83775,804	314,159	610	38327,430	122103,234
110	9503,318	32	101318,723	345,515	610	42160,173	143528,896

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik hubungan antara kapasitas dukung tiang (Qt) terhadap diameter tiang seperti grafik 4.3 berikut ini :



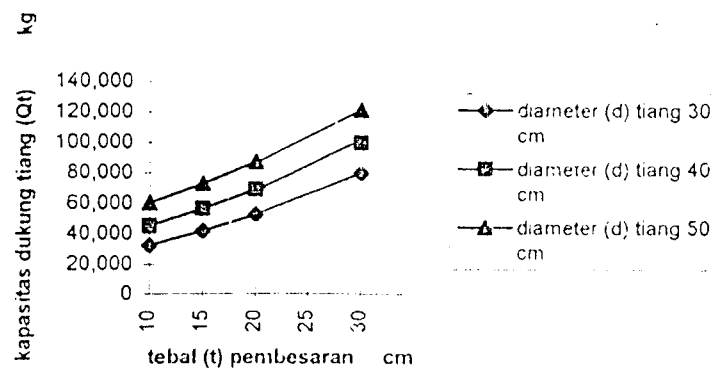
Grafik 4.3 Kapasitas dukung tiang tanpa pembesaran ujung terhadap tanah asli



Tabel 4.7 Kapasitas dukung tiang dengan pembesaran tanpa selimut pasir

d cm	t cm	db cm	dukung ujung			Friksi			Qt kg
			A cm ²	P kg/cm ²	Qt kg	Qta kg	Qtb kg	Qt kg	
30	10	50	1963,49	32	20943,951	11237,94	402,124	11639,17	32583,121
40		60	2827,43		30159,289	14982,72	502,655	15485,38	45644,669
50		70	3848,45		41050,144	18728,40	603,185	19331,59	60381,734
30	15	60	2827,43	32	30159,289	11140,27	635,037	11775,31	41934,599
40		70	3848,45		41050,144	14853,69	772,816	15626,51	56676,654
50		80	5026,55		53616,515	10053,10	910,595	19477,71	73094,225
30	20	70	3848,45	32	41050,144	11058,65	882,771	11941,42	52991,564
40		80	5026,55		53616,515	14744,86	1051,966	15796,83	69413,345
50		90	6361,73		67858,401	18431,08	1221,161	19652,24	87510,641
30	30	90	6361,73	32	67858,401	10895,41	1472,488	12457,89	80316,291
40		100	7853,98		83775,804	14527,21	1704,515	16231,72	100007,524
50		110	9503,32		101368,72	18159,01	1956,541	20095,55	121464,270

Dari tabel diatas dibuat grafik 4.4 berikut ini :

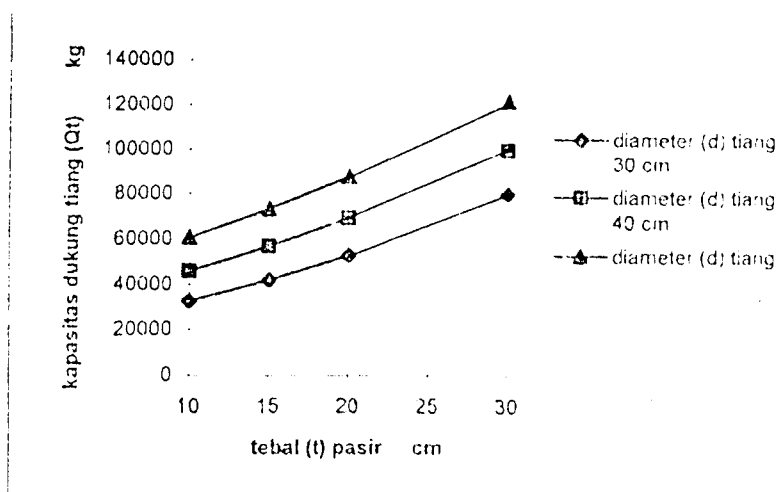


Grafik 4.4 Kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

Tabel 4.8 Kapasitas daya dukung tiang pembesaran dengan selimut pasir

d cm	t cm	db cm	dukung ujung			Friksi			Qt kg
			A cm ²	P	Qt kg	Q _{ta} kg	Q _{tb} kg	Q _t kg	
30	10	50	1963,49	32	20943,951	11780,639	204,053	11984,692	32928,643
40		60	2827,43		30159,289	15707,518	255,066	15962,584	46121,873
50		70	3848,45		41050,144	19634,398	306,079	19940,477	60990,621
30	15	60	2827,43	32	30159,289	11714,371	344,339	12058,710	42217,999
40		70	3848,45		41050,144	15619,161	420,859	16040,020	57090,164
50		80	5026,55		53616,515	19523,951	497,379	20021,530	73637,845
30	20	70	3848,45	32	41050,144	11648,102	510,132	12158,235	53208,379
40		80	5026,55		53616,515	15530,803	612,156	16142,962	69759,477
50		90	6361,73		67858,401	19413,450	714,185	20127,689	87986,090
30	30	90	6361,73	32	67858,401	11515,566	918,238	12433,804	80292,205
40		100	7853,98		83775,804	15354,088	1071,278	16425,366	100201,170
50		110	9503,32		101368,72	19192,610	1224,318	20416,928	121785,648

Dari tabel diatas kemudian dibuat grafik 4.5 sebagai berikut :

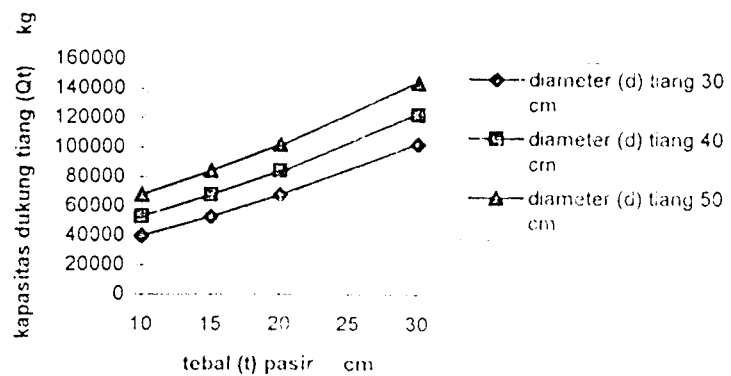


Grafik 4.5 Kapasitas dukung tiang dengan pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir

Tabel 4.9 Kapasitas daya dukung tiang pembesaran dengan selimut pasir monolit dengan beton tiang

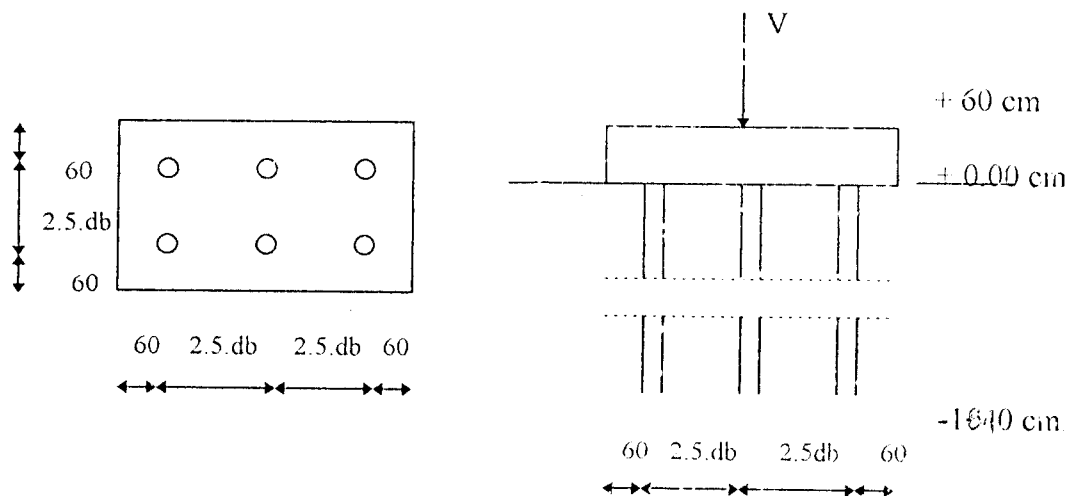
d cm	t cm	db cm	dukung ujung			Friksi			Qt kg
			A cm ²	P	Qt kg	keliling cm	L.c kg/cm	Qt kg	
30	10	50	1963,495	32	20943,951	157,080	610	19163,715	40107,666
40		60	2827,433		30159,289	188,496		22996,512	53155,801
50		70	3848,451		41050,144	219,911		26826,142	67876,286
30	15	60	2827,433	32	30159,289	188,496	610	22996,512	53155,801
40		70	3848,451		41050,144	219,911		26826,142	67876,286
50		80	5026,548		53616,515	251,327		30661,894	84278,409
30	20	70	3848,451	32	41050,144	219,911	610	26826,142	67876,801
40		80	5026,548		53616,515	251,327		30661,894	84278,409
50		90	6361,725		67858,401	282,743		34494,646	102353,05
30	30	90	6361,725	32	67858,401	282,743	610	34494,646	102353,05
40		100	7853,982		83775,804	314,159		38327,398	122103,20
50		110	9503,318		101368,72	345,575		42160,150	143528,87

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik 4.6 berikut ini :



Grafik 4.6 Kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir monolit dengan beton

4.2 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang



Gambar 4.2 Denah tiang pancang

Diketahui data sebagai berikut :

Berat volume beton (γ_{bt}) = 2,4 t/m³

Sudut gesek dalam (ϕ) = 20° (local shear)

$$\phi' = \arctan(2/3 \cdot \tan \phi) = \arctan(2/3 \cdot \tan 20^\circ) = 13,639^\circ$$

$$C = 0,04 \text{ kg/cm}^2$$

$$C' = 2/3 \cdot C = 2/3 \cdot 0,04 = 0,0267 \text{ kg/cm}^2$$

$$Nq' = \text{Exp}^{\pi \cdot \tan \phi'} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi'/2)$$

$$= 2,782^{\pi \cdot \tan 13,639^\circ} \cdot \tan^2(45^\circ + 6,70443^\circ/2) = 3,466$$

$$Nc' = (Nq' - 1) / \tan \phi' = (3,466 - 1) / \tan 13,639^\circ = 10,1622$$

Jumlah hambatan lekat (L_c) = 610 kg/cm (pada kedalaman 16,4 m)

Jumlah tiang (h), $h = 6$

1. Anggapan pondasi tiang tanpa pembesaran ujung bawah ($t = 0$)

- a. Diambil diameter (d) = 30 cm,
- b. Diameter pembesaran (db), $db = (2.t + d) = (2.0 + 30) = 30$ cm
- c. Jarak antar tiang (s), $s = 2,5.db = 2,5.30 = 75$ cm
- d. Panjang pondasi pile group (Y), $Y = 2.s + db = 2.75 + 30 = 180$ cm.
- e. Lebar pondasi pile group (B), $B = s + db = 75 + 30 = 105$ cm
- f. Luas dasar pondasi "pile group" (A), $A = B.Y = 105.180 = 18900$ cm².
- g. Kapasitas dukung "pile group" (Q_t)

$$Q_t = C'.N_c'.A + 2.(B+Y).L_c$$

$$= 0,0267.10,1622.18900 + 2.(105+180).610 = 352828,151 \text{ kg.}$$

$$Q = Q_t/3 = 352828,151/3 = 117609,384 \text{ kg}$$

- f. Analog untuk diameter tiang 40 cm, 50 cm pada tabel 4.10 sebagai berikut :

Tabel 4.10 Kapasitas dukung tiang kelompok tanpa pembesaran ujung bawah

d (cm)	Y (cm)	B (cm)	A (cm)	Qt (kg)
30	180	105	18900	117609,304
40	240	140	33600	157572,238
50	300	175	52500	197914,955

2. Anggapan pondasi tiang pembesaran ujung bawah ($t > 0$)

2.1 Pondasi pembesaran ujung tanpa selimut pasir.

Diambil nilai $t = 10$ cm

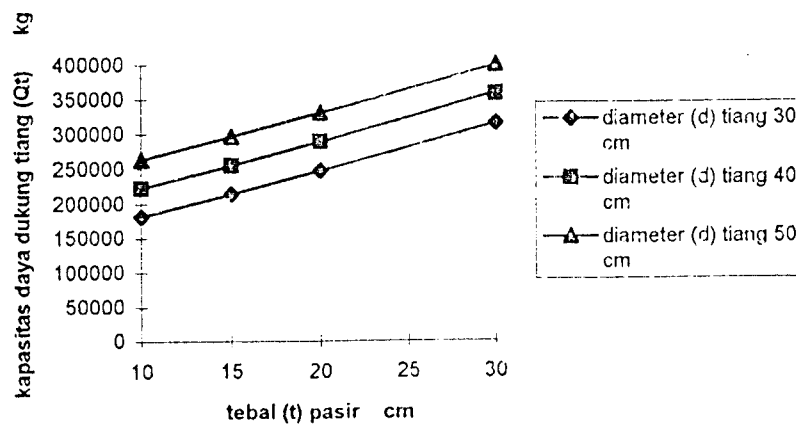
- a. Diambil diameter (d), $d = 30$ cm,
- b. Diameter pembesaran (db), $db = (2.t + d) = (2.10+30) = 50$ cm.
- c. Jarak antar tiang (s), $s = 2,5.db = 2,5.50 = 125$ cm

- d. Panjang pondasi pile group (Y) = $2.s + d = 2.125 + 30 = 280$ cm.
- e. Lebar pondasi pile group (B) = $s + d = 125 + 30 = 155$ cm.
- f. Panjang pondasi pile group (Y1), B2 = $2.s + db = 2.125 + 50 = 300$ cm.
- g. Lebar pondasi pile group (B1) = $s + db = 125 + 50 = 175$ cm.
- h. Luasan "pile group" (A) = $B1.Y1 = 175.300 = 52500$ cm².
- i. Daya dukung "pile group" (Qt)
- $$Qt = C'.Nc'.A + 2.(B+Y).Lc$$
- $$= 0,0267.10,1622.52500 + 2.(280+155).610 = 544944,864 \text{ kg}$$
- j. Daya dukung ijin pile group
- $$Qt/3 = 544944,864/3 = 181648,288 \text{ kg}$$
- k. Analog untuk diameter tiang 40 cm, 50 cm dan t 10 cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm, kemudian ditabelkan pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Kapasitas dukung tiang kelompok dengan pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.

d (cm)	t (cm)	db (cm)	Y1 (cm)	B1 (cm)	B (cm)	Y (cm)	A (cm ²)	Q (kg)
30	10	50	300	175	280	155	52500	181648,288
40		60	360	210	340	190	75600	222370,868
50		70	420	245	400	225	102900	263473,311
30	15	60	360	210	330	180	75600	214237,535
40		70	420	245	390	215	102900	255339,975
50		80	480	280	450	250	134400	296822,284
30	20	70	420	245	330	205	102900	247206,614
40		80	480	280	440	240	134400	288688,951
50		90	540	315	500	275	170100	330551,120
30	30	90	540	315	480	255	170100	314284,453
40		100	600	350	540	290	210000	356526,485
50		110	660	385	600	325	254100	399148,380

Dari Tabel 4.11 dapat dibuat grafik sebagai berikut



Grafik 4.7 Kapasitas dukung tiang kelompok dengan pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

2.2 Dengan selimut pasir yang monolit dengan tiang beton.

Diambil nilai $t = 10$ cm

a. Diambil diameter (d), $d = 30$ cm,

b. Diameter pembesaran (db), $db = (2.t + d)$

$$= (2.10 + 30) = 50 \text{ cm.}$$

c. Jarak antar tiang (s), $s = 2.5.db$

$$= 2.5.50 = 125 \text{ cm}$$

d. Panjang pondasi pile group (Y) $= 2.s + db$

$$= 2.125 + 50 = 300 \text{ cm.}$$

e. Lebar pondasi pile group (B) $= s + db$

$$= 125 + 50 = 175 \text{ cm.}$$

f. Luasan "pile group" (A) $= B.Y$

$$f. \text{ Luasan "pile group" } (A) = B \cdot Y$$

$$= 175 \cdot 300 = 52500 \text{ cm}^2.$$

g. Daya dukung "pile group" (Q_t)

$$Q_t = C' \cdot N_c' \cdot A + 2 \cdot (B+Y) \cdot l \cdot c$$

$$= 0,0267 \cdot 10,1622 \cdot 52500 + 2 \cdot (175+300) \cdot 610$$

$$= 593744,864 \text{ kg}$$

h. Daya dukung ijin pile group

$$Q_t/3 = 593744,864/3$$

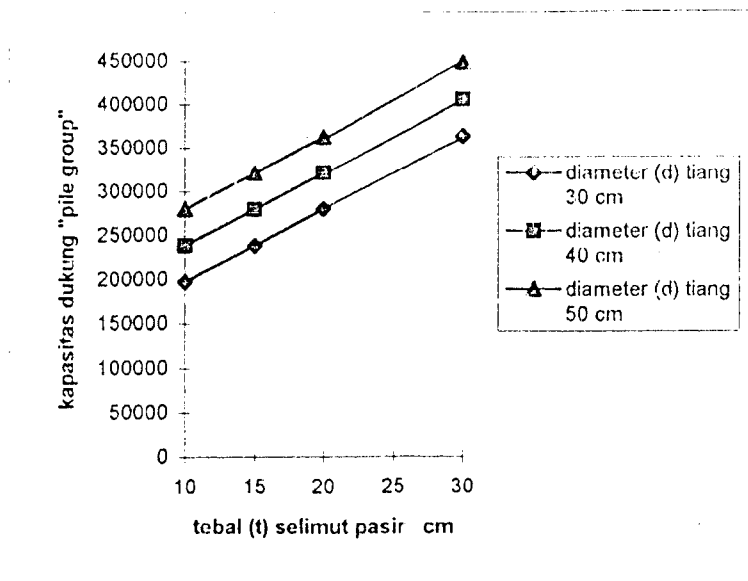
$$= 197914,955 \text{ kg}$$

i. Analog untuk diameter tiang 40 cm, 50 cm dan t 15 cm, 20 cm, 30 cm, kemudian ditabelkan pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Kapasitas daya dukung "pile group" dengan pembesaran ujung bawah dan selimut pasir monolit dengan beton

d (cm)	t (cm)	db (cm)	Y (cm)	B (cm)	A (cm ²)	Qt (kg)
30	10	50	300	175	52500	197914,955
40		60	360	210	75600	238637,535
50		70	420	245	102900	279739,978
30	15	60	360	210	75600	238637,535
40		70	420	245	102900	279739,978
50		80	480	280	134400	321222,284
30	20	70	420	245	102900	279739,978
40		80	480	280	134400	321222,284
50		90	540	315	170100	363084,453
30	30	90	540	315	170100	363084,453
40		100	600	350	210000	405326,485
50		110	660	385	254100	447948,380

Dari Tabel 4.12 dapat dibuat grafik sebagai berikut :



Grafik 4.8 Kapasitas daya dukung “pile group” dengan pembesaran ujung bawah dan selimut pasir monolit dengan beton

4.3 Efisiensi kelompok tiang

Jumlah tiang 6 buah dengan diameter 30 cm

n (banyak baris) = 2

m (banyak kolom) = 3

besarnya diameter $d_b = (2 \cdot t + d)$

a. untuk $t = 0$, dan $d_b = (2 \cdot 0 + 30) = 30$ cm

jarak antar tiang $s = 2,5 \cdot d_b = 2,5 \cdot 30 = 75$ cm

besar nilai θ

$$\theta = \text{Arc tan} (d_b/s) = \text{Arc tan} (30/75) = 21,80141^\circ$$

Efisiensi satu tiang

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \cdot \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n}$$

$$E_q = 1 - \frac{21,80141}{90} \cdot \frac{(2-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 2}{3 \cdot 2}$$

$$= 0,71739$$

b. untuk $t > 0$, diambil $t = 10$ cm dan $db = (2 \cdot 10 + 30) = 50$ cm

jarak antar tiang $s = 2,5 \cdot db = 2,5 \cdot 50 = 125$ cm

$$\theta = \text{Arc tan } (50/125) = 21,80141^\circ$$

efisiensi satu tiang

$$E_q = 1 - \frac{21,80141}{90} \cdot \frac{(2-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 2}{3 \cdot 2}$$

$$= 0,71739$$

4.4 Penurunan Segera Kelompok Tiang

Parameter hitungan diambil sebagai berikut:

1. Tebal poer $h = 0,6$ m
2. Jarak dari tepi poer ke as tiang $0,6$ m
3. Jarak antar tiang as-as s , dengan $s = 2,5 \cdot db$
4. Beban vertikal 60 Ton (asumsi)
5. Berat Volume beton $\gamma_{bt} = 2,4$ Ton/m³
6. Berat Volume pasir $\gamma_p = 1,8$ Ton/m³
7. Kedalaman tiang $D = 16,4$ m
8. Tanah keras dianggap pada kedalaman 22 m, maka $D' = 22 - 16,4 = 5,6$ m
9. Elastisitas Tanah $E = 2,9c$ Ton/m²

cm 2,5

○

○

← 2,2

Ponda

a. Dia

b. Dia

db

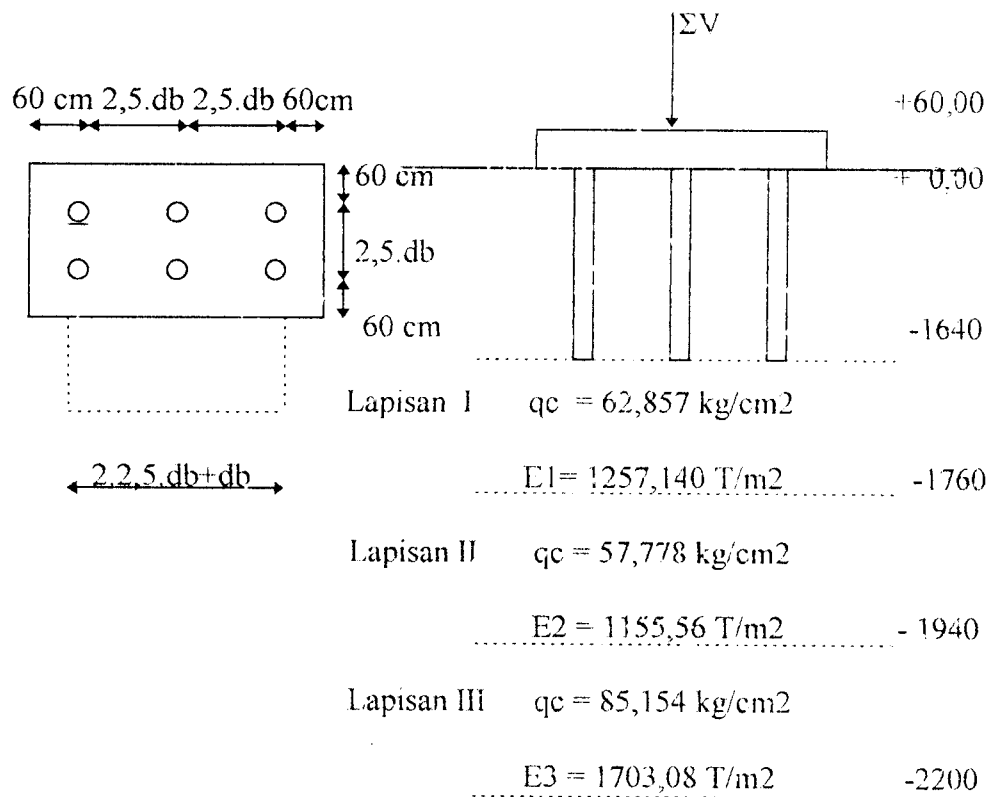
un

c. Be

pa

lel

lu



1. Pondasi Tiang tanpa pembesaran ujung $t = 0$

a. Diameter tiang, $d = 0,3 \text{ m}$

b. Diameter pembesaran (db)

$$db = (2.t + d) = (2.0 + 0,3) = 0,3 \text{ m}$$

untuk $t = 0$, $d = db$

c. Berat poer (P1)

$$\text{panjang poer, } Y_1 = (2,2,5d + 2,0,6) = (2,2,5 \cdot 0,3 + 2,0,6) = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar poer, } B_1 = (2,5d + 2,0,6) = (2,5 \cdot 0,3 + 2,0,6) = 1,95 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A_1 = B_1 \cdot Y_1 = 1,95 \cdot 2,70 = 5,265 \text{ m}^2$$

$$P1 = A1 \cdot h \cdot \gamma_{bt} = 5,265 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 7,582 \text{ Ton}$$

d. Berat tiang (P2)

$$P2 = n \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot H \cdot \gamma_{bt}$$

$$= 6 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot (0,3^2)) \cdot 16,4 \cdot 2,4 = 16,693 \text{ Ton}$$

e. Luas pondasi kelompok

$$\text{panjang kelompok tiang, } L = (2 \cdot 2,5d + d) = (2 \cdot 2,5 \cdot 0,3 + 0,3) = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{lebar kelompok tiang, } B = (2,5 \cdot d + d) = (2,5 \cdot 0,3 + 0,3) = 1,05 \text{ m}$$

$$\text{luas kelompok tiang, } A2 = L \cdot B = 1,8 \cdot 1,05 = 1,89 \text{ m}^2$$

f. Tekanan netto pondasi q_n

$$q_n = (P1 + P2 + \Sigma V) / A2$$

$$= (7,582 + 16,693 + 50) / 1,89 = 44,590 \text{ Ton/m}^2$$

g. Menentukan μ_0

$$D/B = 16,40 / 1,05 = 15,62$$

$$L/B = 1,80 / 1,05 = 2$$

$$\text{maka didapat } \mu_0 = 0,52$$

h. Besarnya penurunan tiap lapisan (S_i)

$$\text{Lapisan I} \quad H1/B = 1,20 / 1,05 = 1,14$$

$$L/B = 1,80 / 1,05 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(1) = 0,58$$

$$S_i(1) = \mu_0 \cdot \mu_1(1) \cdot q_n \cdot B / E1 = 0,52 \cdot 0,58 \cdot 44,590 \cdot 1,05 / 1257,14$$

$$= 0,0112 \text{ m} = 1,12 \text{ cm}$$

Lapisan II, dianggap berkembang sampai ke dasar pondasi dan mempunyai dasar yang keras pada kedalaman 19,4 m (3,0 m dari dasar pondasi)

$$H2/B = 3,00/1,05 = 2,86$$

$$L/B = 1,80/1,05 = 2$$

$$\text{didapat } \mu 1(2) = 0,77$$

$$Si(2) = \mu o. \mu 1(2). qn. B/E2 = 0,52.0,77.44,590.1,05/1155,56$$

$$= 0,0162 \text{ m} = 1,62 \text{ cm}$$

Kombinasi penurunan 1 dan 2 (jika $E1 = E2 = 1155,56 \text{ kg/cm}^2$, lapisan I dianggap mempunyai dasar yang keras)

$$Si(3) = \mu o. \mu 1(1). qn. B/E2 = 0,52.0,58.44,590.1,05/1155,56$$

$$= 0,0122 \text{ m} = 1,22 \text{ cm}$$

Lapisan III, dianggap berkembang sampai ke dasar pondasi.

$$H3/B = 5,60/1,05 = 5,33$$

$$L/B = 1,80/1,05 = 2$$

$$\text{didapat } \mu 1(3) = 0,86$$

$$Si(4) = \mu o. \mu 1(3). qn. B/E3 = 0,52.0,86.44,590.1,05/1703,08$$

$$= 0,0123 \text{ m} = 1,23 \text{ cm}$$

Kombinasi penurunan 2 dan 3 (jika $E1 = E2 = E3 = 1703,08 \text{ kg/cm}^2$, lapisan II dianggap mempunyai dasar yang keras).

$$Si(5) = \mu o. \mu 1(2). qn. B/E3 = 0,52.0,77.44,590.1,05/1703,08$$

$$= 0,0110 \text{ m} = 1,10 \text{ cm}$$

i. Penurunan total yang terjadi S_i

$$\begin{aligned} S_i &= S_i(1) + S_i(2) - S_i(3) + S_i(4) - S_i(5) \\ &= 1,12 + 1,62 - 1,22 + 1,23 - 1,10 \\ &= 1,61 \text{ cm} \end{aligned}$$

j. Analog untuk nilai-nilai $d = 40 \text{ cm}$, 50 cm , yang selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.13

Tabel 4.13 Penurunan segera pondasi tiang kelompok tanpa pembesaran ujung bawah terhadap tanah asli.

d (cm)	$S_i(1)$ (cm)	$S_i(2)$ (cm)	$S_i(3)$ (cm)	$S_i(4)$ (cm)	$S_i(5)$ (cm)	S_i (cm)
30	1,12	1,62	1,22	1,23	1,10	1,61
40	0,88	1,37	0,95	1,09	0,93	1,46
50	0,72	1,25	0,78	1,04	0,85	1,38

2. Pondasi pembesaran ujung bawah, $t > 0$

2.1. Tanpa selimut pasir.

a. Diambil, $t = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

b. Diameter tiang (d), $d = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$

c. Diameter pembesaran ujung (db)

$$db = (2 \cdot t + d) = (2 \cdot 0,1 + 0,3) = 0,5 \text{ m}$$

d. Berat poer ($P1$)

$$\text{panjang poer, } Y1 = (2 \cdot 2,5 \cdot db + 2 \cdot 0,6) = (2 \cdot 2,5 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,6) = 3,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar poer, } B1 = (2,5 \cdot db + 2 \cdot 0,6) = (2,5 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,6) = 2,45 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A1 = B1 \cdot Y1 = 2,45 \cdot 3,70 = 9,065$$

$$\text{berat poer, } P1 = A1 \cdot h \cdot \gamma_{bt} = 9,065 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 13,054 \text{ Ton}$$

e. Berat tiang (P2)

$$\begin{aligned} P2 &= \text{Jumlah tiang} \cdot \text{Volume tiang} \cdot \gamma_{bt} \\ &= \left\{ \left[\pi \cdot y_b \cdot (r1^2 + r1 \cdot r0 + r0^2) / 3 \right] \cdot n \cdot \gamma_{bt} + (0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L) \cdot n \cdot \gamma_{bt} \right\} \\ &= \left\{ \left[\pi \cdot 0,1732 \cdot (0,15^2 + 0,15 \cdot 0,25 + 0,25^2) / 3 \right] \cdot 6 \cdot 2,4 \right. \\ &\quad \left. + (0,25 \cdot \pi \cdot 0,30^2 \cdot 16,227) \cdot 6 \cdot 2,4 \right\} \\ &= 16,837 \text{ Ton} \end{aligned}$$

f. Berat tanah diatas pembesaran ujung tiang (P3)

$$\begin{aligned} P3 &= \text{Jumlah tiang} \cdot \text{Volume tanah} \cdot \gamma_{tnh} \\ &= n \cdot \left\{ 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma_{tnh} \cdot h1 + 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma1' \cdot h2 \right. \\ &\quad \left. + 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma2' \cdot h3 + 0,25 \cdot \pi \cdot db^2 \cdot h4 - \left[\pi \cdot y_b \cdot (r1^2 + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. r1 \cdot r0 + r0^2) / 3 \right] \right\} \\ &= 6 \cdot \left\{ 0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot 1,7148 \cdot 2 + 0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot \right. \\ &\quad \left. 0,8303 \cdot 1 + 0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot 3 + 0,25 \cdot \pi \cdot 0,50^2 \cdot 10,227 - \right. \\ &\quad \left. \left[\pi \cdot 0,173 \cdot (0,15^2 + 0,15 \cdot 0,25 + 0,25^2) / 3 \right] \right\} \\ &= 12,065 \text{ Ton} \end{aligned}$$

g. Luas pondasi kelompok tiang

$$\begin{aligned} \text{panjang kelompok tiang, } L &= (2,2,5 \cdot db + db) \\ &= (2,2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 3,0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{lebar kelompok tiang, } B &= (2,5 \cdot db + db) \\ &= (2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 1,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{luas kelompok tiang, } A2 = L \cdot B = 3,0 \cdot 1,75 = 5,25 \text{ m}^2$$

h. Tekanan netto pondasi (q_n)

$$\begin{aligned} q_n &= (P_1 + P_2 + P_3 + \Sigma V)/A_2 \\ &= (13,054 + 16,837 + 12,065 + 60)/5,25 \\ &= 19,420 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

i. Menentukan μ_0

$$D/B = 16,40/1,75 = 9,37$$

$$L/B = 3,0/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_0 = 0,54$$

j. Penurunan yang terjadi (S_i)

$$\text{Lapisan I } H_1/B = 1,20/1,75 = 0,69$$

$$L/B = 3,0/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(1) = 0,42$$

$$\begin{aligned} S_i(1) &= \mu_0 \cdot \mu_1(1) \cdot q_n \cdot B/E_1 = 0,54 \cdot 0,42 \cdot 19,42 \cdot 1,75/1257,14 \\ &= 0,00613 \text{ m} = 0,613 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan II, dianggap berkembang sampai dasar pondasi dan mempunyai dasar yang keras pada kedalaman 19,4 m (3,0 m dari dasar pondasi)

$$H_2/B = 3,0/1,75 = 1,71$$

$$L/B = 3,00/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(2) = 0,66$$

$$\begin{aligned} S_i(2) &= \mu_0 \cdot \mu_1(2) \cdot q_n \cdot B/E_2 = 0,54 \cdot 0,66 \cdot 19,42 \cdot 1,75/1155,56 \\ &= 0,01048 \text{ m} = 1,048 \text{ cm} \end{aligned}$$

kombinasi penurunan 1 dan 2 (jika $E_1 = E_2 = 1155,56$ kg/cm², lapisan II punya dasar yang keras)

$$Si(3) = \mu_0 \cdot \mu_1(1) \cdot q_n \cdot B/E_2 = 0,54 \cdot 0,42 \cdot 19,40 \cdot 1,75 / 1155,56$$

$$= 0,0067 \text{ m} = 0,67 \text{ cm}$$

Lapisan III, dianggap berkembang sampai ke dasar pondasi

$$H_3/B = 5,60/1,75 = 3,20$$

$$L/B = 3,00/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(3) = 0,8$$

$$Si(4) = \mu_0 \cdot \mu_1(3) \cdot q_n \cdot B_2/E_3 = 0,54 \cdot 0,80 \cdot 19,40 \cdot 1,75 / 1703,08$$

$$= 0,00862 \text{ m} = 0,862 \text{ cm}$$

kombinasi penurunan 2 dan 3 (jika $E_1 = E_2 = E_3 = 1703,08$ kg/cm², lapisan III dianggap punya dasar yang keras)

$$Si(5) = \mu_0 \cdot \mu_1(2) \cdot q_n \cdot B_2/E_3 = 0,54 \cdot 0,66 \cdot 19,40 \cdot 1,75 / 1703,08$$

$$= 0,00711 \text{ m} = 0,711 \text{ cm}$$

$$Si = Si(1) + Si(2) - Si(3) + Si(4) - Si(5)$$

$$= 0,613 + 1,048 - 0,67 + 0,862 - 0,711$$

$$= 1,145 \text{ cm}$$

k. Analog untuk variasi $t = 15 \text{ cm}$, 20 cm , 30 cm , dan $d = 40 \text{ cm}$, 50 cm yang ditabelkan pada tabel 4.14

Tabel 4.14 Penurunan pondasi tiang kelompok pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.

d (cm)	t (cm)	Si(1) (cm)	Si(2) (cm)	Si(3) (cm)	Si(4) (cm)	Si(5) (cm)	Si (cm)
30	10	0,613	1,048	0,667	0,862	0,711	1,145
40		0,560	0,978	0,609	0,827	0,664	1,092
50		0,522	0,951	0,567	0,815	0,646	1,075
30	15	0,525	0,917	0,571	0,775	0,622	1,024
40		0,487	0,887	0,529	0,760	0,602	1,003
50		0,454	0,905	0,494	0,782	0,614	1,033
30	20	0,459	0,838	0,500	0,718	0,568	0,947
40		0,427	0,851	0,464	0,735	0,578	0,971
50		0,395	0,892	0,430	0,762	0,605	1,014
30	30	0,357	0,806	0,388	0,689	0,547	0,917
40		0,352	0,799	0,383	0,705	0,542	0,930
50		0,348	0,774	0,379	0,724	0,525	0,942

2.2. Pondasi pembesaran ujung bawah dengan pengisi pasir yang monolit dengan beton

a. Diambil selimut pasir (t), $t = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

b. Diameter tiang $d = 0,3 \text{ m}$

c. Diameter pembesaran ujung (db)

$$db = (d + 2.t) = (0,3 + 2.0,1) = 0,5 \text{ m}$$

d. Berat poer ($P1$)

$$\text{panjang poer, } Y1 = (2.2,5.db + 0,6.2) = (2.2,5.0,5 + 0,6.2) = 3,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar poer, } B1 = (2,5 \cdot db + 0,6) = (2,5 \cdot 0,5 + 0,6 \cdot 2) = 2,45 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A1 = B1 \cdot Y1 = 2,45 \cdot 3,70 = 9,065 \text{ m}^2$$

$$\text{berat poer, } P1 = A1 \cdot h \cdot \gamma_{bt} = 9,06 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 13,054 \text{ Ton}$$

e Berat tiang (P2)

$$P2 = \text{berat tiang} = 16,837 \text{ ton}$$

f. Berat tanah di atas pembesaran ujung tiang (P3)

$$\begin{aligned} P3 &= 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma_{pasir} \cdot L + 0,25 \cdot \pi \cdot db^2 \cdot yb \cdot \gamma_{pasir} \\ &\quad - [(\pi \cdot yb \cdot (r1^2 + r1 \cdot r0 + r0^2) / 3)] \cdot \gamma_{pasir} \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot 1,8 \cdot 16,227 + 0,25 \cdot \pi \cdot 0,5^2 \cdot 0,1732 \cdot 1,8 \\ &\quad - [(\pi \cdot 0,1732 \cdot (0,15^2 + 0,15 \cdot 0,25 + 0,25^2) / 3)] \cdot 1,8 \\ &= 22,1498 \text{ Ton} \end{aligned}$$

g. Luas pondasi kelompok tiang (A2)

$$\text{panjang kelompok tiang, } L = (2 \cdot 2,5 \cdot db + db) = (2 \cdot 2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 3 \text{ m}$$

$$\text{lebar kelompok tiang, } B = (2,5 \cdot db + db) = (2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 1,75 \text{ m}$$

$$\text{luas kelompok tiang, } A2 = L \cdot B = 3 \cdot 1,75 = 5,25 \text{ m}^2$$

h. Tekanan netto pondasi (q_n)

$$\begin{aligned} q_n &= (P1 + P2 + P3 + \Sigma V) / A2 \\ &= (13,054 + 16,837 + 22,1498 + 60) / 5,25 = 21,341 \text{ Ton} \end{aligned}$$

i. Menentukan μ_0

$$D/B = 16,40 / 1,75 = 9,37$$

$$L/B = 3,00 / 1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_0 = 0,54$$

j. Penurunan yang terjadi Si

$$\text{Lapisan I } H1/B = 1,20/1,75 = 0,690$$

$$L/B = 3,00/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu1(1) = 0,42$$

$$\begin{aligned} Si(1) &= \mu0 \cdot \mu1(1) \cdot qn \cdot B/E1 = 0,54 \cdot 0,42 \cdot 21,341 \cdot 1,75/1257,14 \\ &= 0,00674 \text{ m} = 0,674 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan II, dianggap berkembang sampai dasar pondasi dan mempunyai dasar yang keras pada kedalaman 19,4 m (3,0 m dari dasar pondasi)

$$H2/B = 3,00/1,75 = 1,71$$

$$L/B = 3,00/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu1(2) = 0,66$$

$$\begin{aligned} Si(2) &= \mu0 \cdot \mu1(2) \cdot qn \cdot B/E2 = 0,54 \cdot 0,66 \cdot 21,341 \cdot 1,75/1155,56 \\ &= 0,0115 \text{ m} = 1,15 \text{ cm} \end{aligned}$$

kombinasi penurunan 1 dan 2 (jika $E1 = E2 = 1155,56 \text{ kg/cm}^2$, lapisan II dianggap mempunyai dasar yang keras)

$$\begin{aligned} Si(3) &= \mu0 \cdot \mu1(1) \cdot qn \cdot B/E2 = 0,54 \cdot 0,42 \cdot 19,40 \cdot 1,75/1155,56 \\ &= 0,00733 \text{ m} = 0,733 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan III, dianggap berkembang sampai ke dasar pondasi

$$H3/B = 5,60/1,75 = 3,2$$

$$L/B = 3,00/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(3) = 0,80$$

$$\begin{aligned} Si(4) &= \mu_0 \cdot \mu_1(3) \cdot q_n \cdot B/E_3 = 0,54 \cdot 0,66 \cdot 19,40 \cdot 1,75/1703,08 \\ &= 0,00947 \text{ m} = 0,947 \text{ cm} \end{aligned}$$

kombinasi penurunan 2 dan 3 (jika $E_1 = E_2 = E_3 = 1703,08$ kg/cm², lapisan III dianggap punya dasar yang keras)

$$\begin{aligned} Si(5) &= \mu_0 \cdot \mu_1(2) \cdot q_n \cdot B_2/E_3 = 0,54 \cdot 0,66 \cdot 19,40 \cdot 1,75/1703,08 \\ &= 0,00782 \text{ m} = 0,782 \text{ cm} \end{aligned}$$

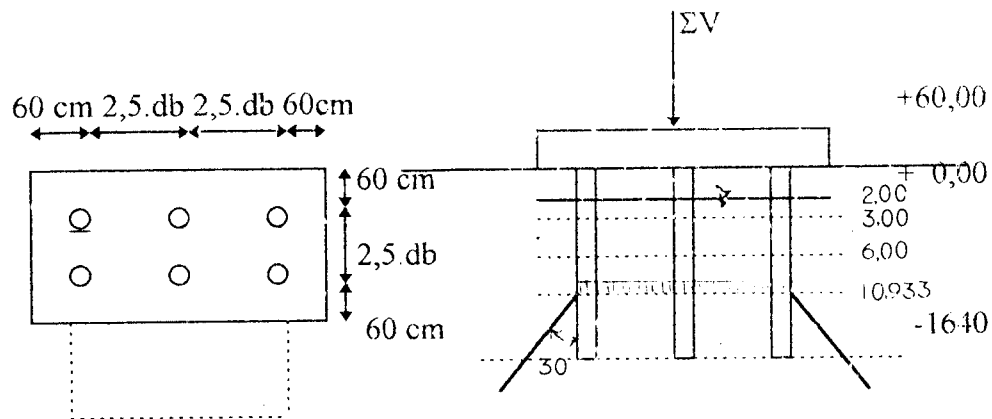
$$\begin{aligned} Si &= Si(1) + Si(2) - Si(3) + Si(4) - Si(5) \\ &= 0,674 + 1,152 - 0,733 + 0,947 - 0,782 \\ &= 0,00126 \text{ m} = 0,126 \text{ cm} \end{aligned}$$

k. Analog untuk variasi dari $t = 15 \text{ cm}$, 20 cm , 30 cm dan $d = 40 \text{ cm}$, 50 cm kemudian hasilnya ditabelkan pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Penurunan pondasi tiang kelompok pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir.

d (cm)	t (cm)	Si(1) (cm)	Si(2) (cm)	Si(3) (cm)	Si(4) (cm)	Si(5) (cm)	Si (cm)
30	10	0,674	1,152	0,733	0,947	0,782	1,258
40		0,618	1,080	0,673	0,913	0,733	1,265
50		0,576	1,051	0,627	0,901	0,713	1,188
30	15	0,603	1,054	0,656	0,891	0,715	1,177
40		0,561	1,024	0,611	0,877	0,695	1,157
50		0,523	1,044	0,569	0,902	0,708	1,191
30	20	0,550	1,003	0,598	0,859	0,680	1,124
40		0,512	1,058	0,557	0,882	0,718	1,177
50		0,473	1,068	0,514	0,913	0,725	1,215
30	30	0,457	1,032	0,497	0,882	0,700	1,173
40		0,451	1,022	0,491	0,901	0,693	1,190
50		0,443	0,986	0,482	0,922	0,669	1,200

4.5 Penurunan Konsolidasi Primer Kelompok Tiang



1. Pondasi Tiang tanpa pembesaran ujung $t = 0$

a. Diameter tiang, $d = 0,3$ m

b. Diameter pembesaran (db)

$$db = (2 \cdot t + d) = (2 \cdot 0 + 0,3) = 0,3 \text{ m}$$

untuk $t = 0$, $d = db$

c. Berat poer (P1)

$$\text{panjang poer, } Y1 = (2 \cdot 2,5d + 2,0,6) = (2 \cdot 2,5 \cdot 0,3 + 2,0,6) = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar poer, } B1 = (2,5d + 0,6) = (2,5 \cdot 0,3 + 2,0,6) = 1,95 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A1 = B1 \cdot Y1 = 1,95 \cdot 2,70 = 5,265 \text{ m}^2$$

$$P1 = A1 \cdot h \cdot \gamma_{bt} = 5,265 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 7,582 \text{ Ton}$$

d. Berat tiang (P2)

$$P2 = n \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot H \cdot \gamma_{bt}$$

$$= 6 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot (0,3)^2) \cdot 16,4 \cdot 2,4 = 16,693 \text{ Ton}$$

e. Luas pondasi kelompok

$$\text{panjang kelompok tiang, } L = (2 \cdot 2,5d + d) = (2 \cdot 2,5 \cdot 0,3 + 0,3) = 1,8 \text{ m}$$

lebar kelompok tiang, $B = (2,5 \cdot d + d) = (2,5 \cdot 0,3 + 0,3) = 1,05 \text{ m}$

luas kelompok tiang, $A = L \cdot B = 1,8 \cdot 1,05 = 1,89 \text{ m}^2$

f. Tekanan netto pondasi q_n

$$q_n = (P_1 + P_2 + \Sigma V) / A_2$$

$$= (7,582 + 16,693 + 60) / 1,89 = 44,590 \text{ Ton/m}^2$$

g. Menentukan penurunan konsolidasi primer.

kedalaman tiang (D) = 16,4 m, $2 \cdot D / 3 = 2 \cdot 16,4 / 3 = 10,933 \text{ m}$

kedalaman lapisan tanah keras pada kedalaman 22 m, sehingga tebal

lapisan tanah yang akan ditinjau adalah $22 - 10,933 = 11,067 \text{ m}$.

Kedalaman tersebut dibagi menjadi 3 lapisan tinjauan dengan masing-masing ketebalan 3,689 m.

1. Lapisan I kedalaman 12,778 m

$$L' = L + 2 \cdot d_1 \cdot \tan 30^\circ = 1,80 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 3,93 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d_1 \cdot \tan 30^\circ = 1,05 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 3,18 \text{ m}$$

$$A_1 = B' \cdot L' = 3,18 \cdot 3,93 = 12,496 \text{ m}^2$$

$$\Delta p_1 = A \cdot q_n / A_1 = 1,89 \cdot 44,590 / 12,496 = 6,744 \text{ ton/m}^2$$

$$p_o' = h_1 \cdot \gamma_{th} + h_2 \cdot \gamma_2' + h_3 \cdot \gamma_3' + h_4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2,1 \cdot 7,148 + 1,0 \cdot 8,303 + 3,0 \cdot 8,815 + 6,778 \cdot 0,8815$$

$$= 12,879 \text{ Ton/m}^2$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_{c1} = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$S_c = \frac{H.Cc}{1 + e_o} \cdot \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'}$$

$$S_{c1} = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{12,879 + 6,7443}{12,879}$$

$$= 0,0646 \text{ m} = 6,46 \text{ cm.}$$

2. Lapisan II kedalaman 16,467 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,80 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 8,190 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,05 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 7,440 \text{ m}$$

$$A1 = B' \cdot L' = 8,190 \cdot 7,440 = 60,926 \text{ m}^2$$

$$\Delta p1 = A \cdot q_n / A1 = 1,89 \cdot 44,590 / 60,926 = 1,383 \text{ ton/m}^2$$

$$p_o' = h1 \cdot \gamma_{tnh} + h2 \cdot \gamma_2' + h3 \cdot \gamma_3' + h4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2 \cdot 1,7148 + 1 \cdot 0,8303 + 3 \cdot 0,8815 + 10,467 \cdot 0,8815$$

$$= 16,131 \text{ Ton/m}^2$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_{c2} = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$S_c = \frac{H.Cc}{1 + e_o} \cdot \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'}$$

$$S_{c2} = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{16,131 + 1,854}{16,131}$$

$$= 0,0126 \text{ m} = 1,26 \text{ cm.}$$

3. Lapisan III kedalaman 20,156 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,80 + 2 \cdot 9,223 \cdot \tan 30^\circ = 12,450 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,05 + 2 \cdot 9,223 \cdot \tan 30^\circ = 11,700 \text{ m}$$

$$\Delta I = B' \cdot L' = 11,700 \cdot 12,450 = 145,646 \text{ m}^2$$

$$\Delta p1 = A \cdot qn / \Delta I = 1,89 \cdot 44,590 / 145,646 = 0,579 \text{ ton/m}^2$$

$$p_o' = h1 \cdot \gamma_{th} + h2 \cdot \gamma_2' + h3 \cdot \gamma_3' + h4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2,1,7148 + 1,0,8303 + 3,0,8815 + 14,156 \cdot 0,8815$$

$$= 19,383 \text{ Ton/m}^2$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_c3 = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$S_c = \frac{H \cdot C_c}{1 + e_o} \cdot \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'}$$

$$S_{c3} = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{19,383 + 0,579}{19,383}$$

$$= 0,0045 \text{ m} = 0,45 \text{ cm}$$

$$\text{Penurunan total (S}_c) = S_{c1} + S_{c2} + S_{c3}$$

$$= 6,46 + 1,26 + 0,45$$

$$= 8,17 \text{ cm}$$

h. Analog untuk diameter tiang 40 cm dan 50 cm yang selanjutnya ditabelkan pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Penurunan konsolidasi primer tiang tanpa pembesaran

d (cm)	Se1 (cm)	Se2 (cm)	Se3 (cm)	Se (cm)
30	6,46	1,26	0,45	8,17
40	6,06	1,33	0,49	7,88
50	5,87	1,42	0,55	7,84

2. Pondasi pembesaran ujung bawah, $t > 0$

2.1. Tanpa selimut pasir.

a. Diambil, $t = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

b. Diameter tiang (d), $d = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$

c. Diameter pembesaran ujung (db)

$$db = (2.t + d) = (2.0,1 + 0,3) = 0,5 \text{ m}$$

d. Berat poer (P1)

$$\text{panjang poer, } Y1 = (2.2,5.db + 2.0,6) = (2.2,5.0,5 + 2.0,6) = 3,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar poer, } B1 = (2,5.db + 2.0,6) = (2,5.0,5 + 2.0,6) = 2,45 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A1 = B1.Y1 = 2,45.3,70 = 9,065$$

$$\text{berat poer, } P1 = A1.h.\gamma_{bt} = 9,065.0,6.2,4 = 13,054 \text{ Ton}$$

e. Berat tiang (P2)

$$P2 = \text{Jumlah tiang. Volume tiang.}\gamma_{bt}$$

$$= \left\{ \frac{\pi.\gamma_{bt}.(r1^2 + r1.r0 + r0^2)}{3} \right\}.n.\gamma_{bt} + (0,25.\pi.d^2.L).n.\gamma_{bt}$$

$$= \left\{ \frac{\pi.0,1732.(0,15^2 + 0,15.0,25 + 0,25^2)}{3} \right\}.6.2,4$$

$$+ (0,25.\pi.0,30^2.16,227).6.2,4$$

$$= 16,837 \text{ Ton}$$

f. Berat tanah diatas pembesaran ujung tiang (P3)

$P_3 = \text{Jumlah tiang} \cdot \text{Volume tanah} \cdot \gamma_{\text{tnh}}$

$$\begin{aligned}
 &= n \cdot \{ [0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma_{\text{tah}} \cdot h_1 + 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma_1 \cdot h_2 \\
 &\quad + 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma_2 \cdot h_3 + 0,25 \cdot \pi \cdot db^2 \cdot h_4 - \{ \pi \cdot y_b \cdot (r_1^2 + \\
 &\quad r_1 \cdot r_0 + r_0^2) \} / 3 \} \\
 &= 6 \cdot \{ [0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot 1,7148 \cdot 2 + 0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot \\
 &\quad 0,8303 \cdot 1 + 0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot 3 + 0,25 \cdot \pi \cdot 0,50^2 \cdot 10,227 - \\
 &\quad \{ \pi \cdot 0,173 \cdot (0,15^2 + 0,15 \cdot 0,25 + 0,25^2) \} / 3 \} \\
 &= 12,065 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

g. Luas pondasi kelompok tiang

panjang kelompok tiang, $L = (2,2,5 \cdot db + db)$

$$= (2,2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 3,00 \text{ m}$$

lebar kelompok tiang, $B = (2,5 \cdot db + db)$

$$= (2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 1,75 \text{ m}$$

luas kelompok tiang, $A_2 = L \cdot B = 3,0 \cdot 1,75 = 5,25 \text{ m}^2$

h. Tekanan netto pondasi (q_n)

$$q_n = (P_1 + P_2 + P_3 + \Sigma V) / A_2$$

$$= (13,054 + 16,837 + 12,065 + 60) / 5,25$$

$$= 19,420 \text{ Ton/m}^2$$

i. Menentukan penurunan konsolidasi primer

kedalaman tiang (D) = 16,4 m, $2 \cdot D / 3 = 2 \cdot 16,4 / 3 = 10,933 \text{ m}$

kedalaman lapisan tanah keras pada kedalaman 22 m, sehingga tebal

lapisan tanah yang akan ditinjau adalah $22 - 10,933 = 11,067 \text{ m}$.

Kedalaman tersebut dibagi menjadi 3 lapisan tinjauan dengan masing-masing ketebalan 3,689 m.

1. Lapisan I kedalaman 12,778 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 2,80 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 5,13 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,55 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 3,88 \text{ m}$$

$$A1 = B' \cdot L' = 3,88 \cdot 5,13 = 19,903 \text{ m}^2$$

$$\Delta p1 = A \cdot qn / A1 = 4,34 \cdot 23,492 / 19,903 = 5,122 \text{ ton/m}^2$$

$$p_o' = h1 \cdot \gamma_{tnh} + h2 \cdot \gamma_2' + h3 \cdot \gamma_3' + h4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2,1 \cdot 7,148 + 1,0 \cdot 8,303 + 3,0 \cdot 8,815 + 6,778 \cdot 0,8815$$

$$= 12,879 \text{ Ton/m}^2$$

$$e_o = 0,8654$$

$$Cc1 = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$S_c = \frac{H \cdot C_c}{1 + e_o} \cdot \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'}$$

$$S_{c1} = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{12,879 + 5,122}{12,879}$$

$$= 0,0514 \text{ m} = 5,14 \text{ cm.}$$

2. Lapisan II kedalaman 16,467 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 2,80 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 9,390 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,55 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 8,140 \text{ m}$$

$$A1 = B' \cdot L' = 8,140 \cdot 9,390 = 76,426 \text{ m}^2$$

$$\Delta p1 = A.qn/A1 = 4,34.23,492/76,426 = 1,334 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned} p_o' &= h1.\gamma_{tnh} + h2.\gamma_2' + h3.\gamma_3' + h4.\gamma_4' \\ &= 2,1,7148 + 1,0,8303 + 3,0,8815 + 10,467.0,8815 \\ &= 16,131 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_{c2} = 0,3.(e_o - 0,27) = 0,3.(0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{H.C_c}{1 + e_o} \cdot \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'} \\ S_{c2} &= \frac{3,689.0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{16,131 + 1,334}{16,131} \\ &= 0,0075 \text{ m} = 0,75 \text{ cm.} \end{aligned}$$

3. Lapisan III kedalaman 20,156 m

$$L' = L + 2.d1.\tan 30^\circ = 2,80 + 2,9,223.\tan 30^\circ = 13,650 \text{ m}$$

$$B' = B + 2.d1.\tan 30^\circ = 1,55 + 2,9,223.\tan 30^\circ = 12,400 \text{ m}$$

$$A1 = B'.L' = 12,400.13,650 = 169,240 \text{ m}^2$$

$$\Delta p1 = A.qn/A1 = 4,34.23,490/169,240 = 0,602 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned} p_o' &= h1.\gamma_{tnh} + h2.\gamma_2' + h3.\gamma_3' + h4.\gamma_4' \\ &= 2,1,7148 + 1,0,8303 + 3,0,8815 + 14,156.0,8815 \\ &= 19,383 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_{c3} = 0,3.(e_o - 0,27) = 0,3.(0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$Sc = \frac{H Cc}{1 + e_0} \log \frac{p_0' + \Delta p}{p_0'}$$

$$Sc_3 = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \log \frac{19,383 + 0,602}{19,383}$$

$$= 0,0047 \text{ m} = 0,47 \text{ cm.}$$

$$\text{Penurunan total (Sc)} = Sc_1 + Sc_2 + Sc_3$$

$$= 5,14 + 1,22 + 0,47$$

$$= 6,83 \text{ cm}$$

h. Analog untuk diameter tiang 40 cm dan 50 cm yang selanjutnya ditabelkan pada Tabel 4.17

Tabel 4.17 Penurunan konsolidasi primer tiang pembesaran ujung tanpa selimut pasir

d (cm)	t (cm)	Sc1 (cm)	Sc2 (cm)	Sc3 (cm)	Sc (cm)
30	10	5,14	1,22	0,47	6,83
40		5,03	1,30	0,52	6,85
50		5,02	1,40	0,58	7,00
30	15	4,76	1,22	0,49	6,47
40		4,73	1,31	0,54	6,58
50		4,76	1,41	0,60	6,77
30	20	4,50	1,24	0,51	6,25
40		4,51	1,33	0,56	6,40
50		4,57	1,43	0,62	6,62
30	30	4,19	1,30	0,56	6,05
40		4,24	1,39	0,62	6,25
50		4,32	1,49	0,68	6,49

2.3. Pondasi pembesaran ujung bawah dengan pengisi pasir yang monolit dengan beton

a. Diambil selimut pasir (t), $t = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

b. Diameter tiang $d = 0,3 \text{ m}$

c. Diameter pembesaran ujung (db)

$$db = (d + 2.t) = (0,3 + 2.0,1) = 0,5 \text{ m}$$

d. Berat poer (P1)

$$\text{panjang poer, } Y1 = (2.2,5.db + 0,5.2) = (2.2,5.0,5 + 0,6.2) = 3,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar poer, } B1 = (2,5.db + 0,6) = (2,5.0,5 + 0,6.2) = 2,45 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A1 = B1.Y1 = 2,45.3,70 = 9,065\text{m}^2$$

$$\text{berat poer, } P1 = A1.h.\gamma_{bt} = 9,06.0,6.2,4 = 13,054\text{Ton}$$

e. Berat tiang (P2)

$$P2 = \text{berat tiang} = 16,837 \text{ ton}$$

f. Berat tanah di atas pembesaran ujung tiang (P3)

$$P3 = \{0,25.\pi.(db^2-d^2).\gamma_{pasir}.L + 0,25.\pi.(db^2 - d^2).y_b.\gamma_{pasir}$$

$$- [(\pi.y_b.(r1^2 + r1.r0 + r0^2)/3).\gamma_{pasir}]\}.n$$

$$= \{0,25.\pi.(0,50^2 - 0,30^2).1,8.16,227 + 0,25.\pi.(0,5^2 - 0,30^2).$$

$$0,1732.1,8 - [(\pi.0,1732.(0,15^2 + 0,15.0,25 + 0,25^2)/3).1,8]\}.6$$

$$= 22,1498 \text{ Ton}$$

g. Luas pondasi kelompok tiang (A2)

$$\text{panjang kelompok tiang, } L = (2.2,5.db + db) = (2.2,5.0,5 + 0,5) = 3 \text{ m}$$

$$\text{lebar kelompok tiang, } B = (2,5.db + db) = (2,5.0,5 + 0,5) = 1,75 \text{ m}$$

luas kelompok tiang, $A_2 = L \cdot B = 3 \cdot 1,75 = 5,25 \text{ m}$

h. Tekanan netto pondasi (q_n)

$$q_n = (P_1 + P_2 + P_3 + \Sigma V) / A_2$$

$$= (13,054 + 16,837 + 22,1498 + 60) / 5,25 = 21,341 \text{ Ton}$$

i. Menentukan penurunan konsolidasi primer

kedalaman tiang (D) = 16,4 m, $2 \cdot D / 3 = 2 \cdot 16,4 / 3 = 10,933 \text{ m}$

kedalaman lapisan tanah keras pada kedalaman 22 m, sehingga tebal lapisan tanah yang akan ditinjau adalah $22 - 10,933 = 11,067 \text{ m}$.

Kedalaman tersebut dibagi menjadi 3 lapisan tinjauan dengan masing-masing ketebalan 3,689 m.

1. Lapisan I kedalaman 12,778 m

$$L' = L + 2 \cdot d_1 \cdot \tan 30^\circ = 3,00 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 5,13 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d_1 \cdot \tan 30^\circ = 1,75 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 3,88 \text{ m}$$

$$A_1 = B' \cdot L' = 3,88 \cdot 5,13 = 19,903 \text{ m}^2$$

$$\Delta p_1 = A \cdot q_n / A_1 = 4,34 \cdot 23,492 / 19,903 = 5,629 \text{ ton/m}^2$$

$$p_o' = h_1 \cdot \gamma_{\text{tnh}} + h_2 \cdot \gamma_2' + h_3 \cdot \gamma_3' + h_4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2,1 \cdot 7,148 + 1,0 \cdot 8,303 + 3,0 \cdot 8,815 + 6,778 \cdot 0,8815$$

$$= 12,879 \text{ Ton/m}^2$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_c1 = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$S_c = \frac{H \cdot C_c}{1 + e_o} \cdot \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'}$$

$$Sc1 = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{12,879 + 5,629}{12,879}$$

$$= 0,0556 \text{ m} = 5,56 \text{ cm.}$$

2. Lapisan II kedalaman 16,467 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 3,00 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 9,390 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,75 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 8,140 \text{ m}$$

$$A1 = B' \cdot L' = 8,140 \cdot 9,390 = 76,426 \text{ m}^2$$

$$\Delta p1 = A \cdot qn / A1 = 5,25 \cdot 21,341 / 76,426 = 1,466 \text{ ton/m}^2$$

$$po' = h1 \cdot \gamma_{tnh} + h2 \cdot \gamma_2' + h3 \cdot \gamma_3' + h4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2,1,7148 + 1,0,8303 + 3,0,8815 + 10,467 \cdot 0,8815$$

$$= 16,131 \text{ Ton/m}^2$$

$$eo = 0,8654$$

$$Cc2 = 0,3 \cdot (eo - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$Sc = \frac{H \cdot Cc}{1 + eo} \cdot \log \frac{po' + \Delta p}{po'}$$

$$Sc2 = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{16,131 + 1,466}{16,131}$$

$$= 0,0133 \text{ m} = 1,33 \text{ cm.}$$

3. Lapisan III kedalaman 20,156 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 3,00 + 2 \cdot 9,223 \cdot \tan 30^\circ = 13,650 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,75 + 2 \cdot 9,223 \cdot \tan 30^\circ = 12,400 \text{ m}$$

$$A1 = B' \cdot L' = 12,400 \cdot 13,650 = 169,240 \text{ m}^2$$

$$\Delta p_1 = A \cdot q_n / A_1 = 5,25 \cdot 21,341 / 169,240 = 0,662 \text{ ton/m}^2$$

$$p_o' = h_1 \cdot \gamma_{tnh} + h_2 \cdot \gamma_2' + h_3 \cdot \gamma_3' + h_4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2,1,7148 + 1,0,3303 + 3,0,8815 + 14,156 \cdot 0,8815$$

$$= 19,383 \text{ Ton/m}^2$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_c3 = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$S_c = \frac{H \cdot C_c}{1 + e_o} \cdot \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'}$$

$$S_{c3} = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{19,383 + 0,662}{19,383}$$

$$= 0,0052 \text{ m} = 0,52 \text{ cm.}$$

$$\text{Penurunan total (S}_c) = S_{c1} + S_{c2} + S_{c3}$$

$$= 5,56 + 1,33 + 0,52$$

$$= 7,41 \text{ cm}$$

h. Analog untuk diameter tiang 40 cm dan 50 cm dan tebal 15 cm, 20 cm, 30 cm yang selanjutnya ditabelkan pada Tabel 4.18

Tabel 4.18 Penurunan konsolidasi primer tiang pembesaran dengan selimut pasir

d (cm)	t(cm)	Sc1 (cm)	Sc2 (cm)	Sc3 (cm)	Sc (cm)
30	10	5,56	1,33	0,52	7,41
40		5,47	1,43	0,57	7,47
50		5,46	1,54	0,64	7,61
30	15	5,36	1,40	0,56	7,32
40		5,55	1,50	0,62	7,47
50		5,38	1,62	0,69	7,69
30	20	5,25	1,48	0,61	7,34
40		5,28	1,59	0,67	7,54
50		5,33	1,70	0,74	7,77
30	30	5,18	1,65	0,72	7,55
40		5,24	1,76	0,79	7,79
50		5,32	1,87	0,86	8,05

4.6 Penurunan Kelompok Tiang

Sesuai dengan teori yang terdapat pada bab 3 bahwa penurunan kelompok tiang merupakan gabungan dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Maka dengan ini dari hasil-hasil perhitungan masing-masing jenis penurunan maka dapat dibuat tabel penurunan sesuai dengan anggapan yang ada.

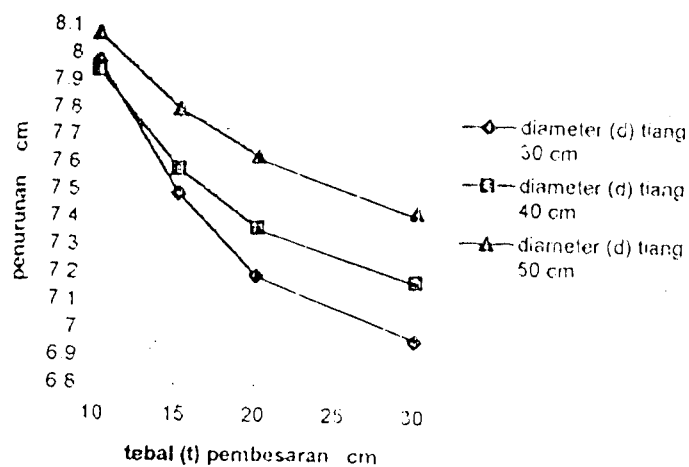
Tabel 4.19 Penurunan kelompok tiang tanpa pembesaran

d (cm)	Si (cm)	Sc (cm)	St (cm)
30	1,61	8,17	9,78
40	1,46	7,88	9,34
50	1,38	7,84	9,22

Tabel 4.20 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

d (cm)	t (cm)	Si (cm)	Sc (cm)	St(cm)
30	10	1,145	6,33	7,975
40		1,092	6,85	7,942
50		1,075	7,00	8,075
30	15	1,024	6,47	7,494
40		1,003	6,58	7,583
50		1,033	6,77	7,803
30	20	0,947	6,25	7,197
40		0,971	6,40	7,371
50		1,014	6,62	7,634
30	30	0,917	6,05	6,967
40		0,930	6,25	7,180
50		0,942	6,49	7,432

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik sebagai berikut :

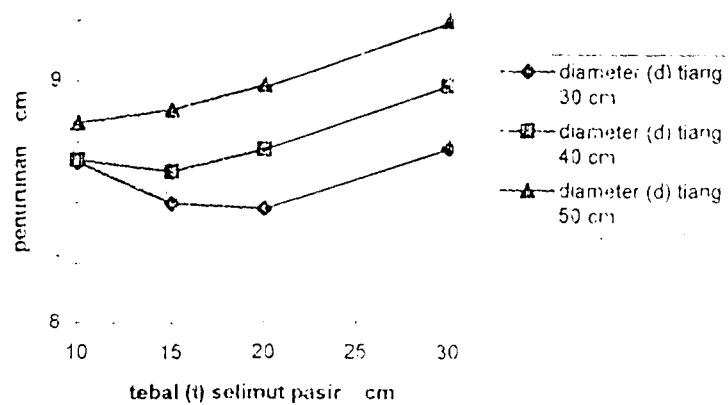


Grafik 4.9 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

Tabel 4.21 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir

d (cm)	t (cm)	Si (cm)	Sc (cm)	St (cm)
30	10	1,258	7,41	8,668
40		1,205	7,47	8,675
50		1,188	7,64	8,828
30	15	1,177	7,32	8,497
40		1,157	7,47	8,627
50		1,191	7,69	8,881
30	20	1,134	7,34	8,474
40		1,177	7,54	8,717
50		1,215	7,77	8,985
30	30	1,173	7,55	8,723
40		1,190	7,79	8,980
50		1,200	8,05	9,250

Dari tabel 4.21 dapat dibuat grafik sebagai berikut :



Grafik 4.10 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir

4.7 Pembahasan

4.7.1 Daya dukung tiang

Besarnya daya dukung pondasi tiang pada tanah tergantung pada daya dukung ujung dan daya geser antara struktur pondasi dengan lapisan tanah. Kemampuan geser tanah dipengaruhi oleh panjang tiang, sehingga kemampuan geser tanah semakin tinggi dengan bertambahnya kedalaman tiang di dalam tanah.

Type pondasi pada analisis ini adalah pondasi tiang pembesaran ujung dengan selimut pasir padat dan diasumsikan monolit dengan beton. Tebal selimut pasir sebanding dengan diameter ujung dan dimensi tiang, karena $db = 2.1 + d$.

Kemampuan daya dukung tiang merupakan parameter besarnya beban yang dipikul oleh pondasi. Analisis daya dukung pondasi tiang dilakukan dengan mengetahui data tanah, dimensi tiang dan tebal pembesaran, jarak antar tiang, panjang tiang rencana serta data pendukung lain seperti berat volume beton dan pasir.

Dari data analisis menunjukkan bahwa semakin besar dimensi pada ujung tiang meningkatkan daya dukung ujung. Tebal lapisan selimut pasir lebih meningkatkan daya gesernya sehingga lebih mempertinggi daya dukung, karena asumsi pasir monolit dengan tiang beton sehingga diameter tiang sebesar penambahan tebal pasir.

A. Daya dukung tunggal

1. Tanpa pembesaran, $d = 0,3m$ $Q_u = 19,038 T$, untuk $d = 0,4m$ $Q_u = 28,735 T$
2. Pembesaran ujung tanpa pengisi pasir

$d = 0,3\text{m}, t = 0,1\text{m}$ $Q_t = 32,583$ T, untuk $d = 0,5\text{m}, t = 0,15\text{m}$ $Q_t = 41,934$ T

$d = 0,4\text{m}, t = 0,1\text{m}$ $Q_t = 45,645$ T, untuk $d = 0,4\text{m}, t = 0,15\text{m}$ $Q_t = 57,090$ T

3. Pembesaran ujung dengan pengisi pasir padat

$d = 0,3\text{m}, t = 0,1\text{m}$ $Q_t = 32,929$ T, untuk $d = 0,3\text{m}, t = 0,15\text{m}$ $Q_t = 42,218$ T

$d = 0,4\text{m}, t = 0,1\text{m}$ $Q_t = 50,122$ T, untuk $d = 0,4\text{m}, t = 0,15\text{m}$ $Q_t = 57,090$ T

4. Pembesaran ujung dengan pengisi pasir padat monolit dengan tiang beton

$d = 0,3\text{m}, t = 0,1\text{m}$ $Q_t = 40,108$ T, untuk $d = 0,3\text{m}, t = 0,15\text{m}$ $Q_t = 53,156$ T

$d = 0,4\text{m}, t = 0,1\text{m}$ $Q_t = 53,156$ T, untuk $d = 0,4\text{m}, t = 0,15\text{m}$ $Q_t = 67,876$ T

Perlu diketahui juga, ternyata dari perhitungan dengan skala yang sesungguhnya dari grafik-grafik yang ada ternyata didapat kecenderungan sudut kemiringan dari grafik terhadap bidang horisontal mempunyai sudut yang hampir sama. Perbedaan-perbedaan yang terjadi diakibatkan karena pembulatan angka-angka yang ada. Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut :

a. Mencari sudut $\alpha_1 =$ sudut antara ketebalan 10 cm dengan 15 cm

a.1 Tiang pembesaran ujung tanpa selimut pasir, diameter tiang 30 cm

$$\alpha_1 = \frac{4134,599 - 32583,121}{15 - 10} = 89,969^\circ$$

Analog untuk diameter 40 cm, 50 cm dan untuk jenis jenis tiang yang ditinjau yang selanjutnya ditabelkan masing-masing pada Tabel 4.22, Tabel 4.23, Tabel 4.24.

b. Mencari sudut α_2 = sudut antara ketebalan 15 cm dan 20 cm

b.1 Tiang pembesaran ujung tanpa selimut pasir, diameter tiang 30 cm

$$\alpha_2 = \frac{56676,654 - 45644,669}{20 - 15} = 89,974^\circ$$

Analog untuk diameter 40 cm, 50 cm dan untuk jenis jenis tiang yang ditinjau yang selanjutnya ditabelkan masing-masing pada Tabel 4.22, Tabel 4.23, Tabel 4.24.

c. Mencari sudut α_3 = sudut antara ketebalan 20 cm dan 30 cm

c.1 Tiang pembesaran ujung tanpa selimut pasir, diameter tiang 30 cm

$$\alpha_3 = \frac{73094,225 - 60381,734}{30 - 20} = 89,979^\circ$$

Analog untuk diameter 40 cm, 50 cm dan untuk jenis jenis tiang yang ditinjau yang selanjutnya ditabelkan masing-masing pada Tabel 4.22, Tabel 4.23, Tabel 4.24.

Tabel 4.22 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

diameter (d) tiang cm	α_1	α_2	α_3
30	89,969°	89,974°	89,979°
40	89,974°	89,973°	89,981°
50	89,977°	89,980°	89,983°

Tabel 4.23 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir

diameter (d) tiang cm	α_1	α_2	α_3
30	89,969°	89,974°	89,979°
40	89,974°	89,977°	89,981°
50	89,977°	89,980°	89,983°

Tabel 4.24 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir monolit dengan beton

diameter (d) tiang cm	α_1	α_2	α_3
30	89,978°	89,981°	89,983°
40	89,981°	89,983°	89,985°
50	89,983°	89,984°	89,986°

Jika dilihat dari tabel-tabel diatas maka kemiringan grafiknya adalah cenderung sama atau dengan kata lain kenaikannya linier.

B. Daya dukung kelompok tiang.

1. Tanpa pembesaran

$$d = 0,3\text{m } Q_t = 117,609 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 19,602 \text{ T}$$

$$d = 0,4\text{m } Q_t = 157,572 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 26,262 \text{ T}$$

2. Pembesaran ujung tanpa selimut pasir

$$d = 0,3\text{m, } t = 0,1 \text{ m } Q_t = 181,848 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 30,308 \text{ T}$$

$$d = 0,4\text{m, } t = 0,1 \text{ m } Q_t = 222,370 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 37,061 \text{ T}$$

$$d = 0,3\text{m, } t = 0,15\text{m } Q_t = 214,237 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 35,706 \text{ T}$$

$$d = 0,4\text{m, } t = 0,15\text{m } Q_t = 255,340 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 42,557 \text{ T}$$

3. Pembesaran ujung dengan selimut pasir padat monolit dengan tiang beton

$d = 0,3\text{m}$, $t = 0,1 \text{ m}$ $Q_t = 197,915 \text{ T}$, untuk satu tiang $Q_t = 32,986 \text{ T}$

$d = 0,4\text{m}$, $t = 0,1 \text{ m}$ $Q_t = 238,638 \text{ T}$, untuk satu tiang $Q_t = 39,773 \text{ T}$

$d = 0,3\text{m}$, $t = 0,15\text{m}$ $Q_t = 238,638 \text{ T}$, untuk satu tiang $Q_t = 39,773 \text{ T}$

$d = 0,4\text{m}$, $t = 0,15\text{m}$ $Q_t = 279,740 \text{ T}$, untuk satu tiang $Q_t = 46,623 \text{ T}$

Untuk daya dukung tiang kelompok juga dilihat kemiringan grafiknya seperti pada perhitungan kemiringan grafik daya dukung tiang tunggal. Perhitungan juga analogis sesuai dengan perhitungan diatas sehingga dapat ditabelkan pada Tabel 4.25 dan Tabel 4.26

Tabel 4.25 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang kelompok pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

diameter (d) tiang cm	α_1	α_2	α_3
30	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$
40	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$
50	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$

Tabel 4.26 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang kelompok pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir monolit dengan beton

diameter (d) tiang cm	α_1	α_2	α_3
30	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$
40	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$
50	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$

Jika dilihat dari tabel diatas, ternyata kenaikan pada daya dukung tiang kelompok juga meningkat secara linier.

4.7.2 Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi adalah perbandingan antara kapasitas kelompok terhadap kapasitas masing-masing tiang. Efisiensi merupakan nilai yang menunjukkan seberapa besar sebuah tiang dapat dimanfaatkan secara optimal. Dari daya dukung tiang tunggal dikalikan faktor efisiensi untuk menunjukkan kapasitas daya dukung di kelompok tiang.

Nilai efisiensi tergantung pada diameter tiang, jarak antar tiang, jumlah dan formasi tiang meliputi jumlah baris dan kolom. Dari analisis ini efisiensi kelompok tiang dari masing-masing diameter dengan tebal selimut pasir adalah sama dengan $E_g = 0,7174$, karena jumlah dan formasi tiang hanya satu macam, juga disebabkan oleh perbandingan antara diameter dan jarak antar tiang yang sama seiring dengan penambahan diameter dan tebal pasir. Hubungan antara efisiensi tiang terhadap daya dukung tiang dapat dilihat pada Tabel 4.27 dan Tabel 4.28.

Tabel 4.27 Hubungan efisiensi tiang terhadap daya dukung tiang tunggal tanpa pembesaran

d (cm)	t (cm)	efisiensi	Q_t (kg)	$Q_{t/n}$ (kg)
30	0	0,717	13657,90	19601,551
40			20614,561	26262,040
50			28773,214	32985,826

Q_{tk} = daya dukung tiang kelompok tanpa pembesaran.

n = jumlah tiang dalam satu kelompok

Tabel 4.28 Hubungan antara efisiensi terhadap daya dukung tiang dengan pembesaran ujung bawah

d (cm)	t (cm)	efisiensi	Q_{t1} (kg)	$Q_{tk1/n}$ (kg)	Q_{t2} (kg)	Q_{t3} (kg)	$Q_{tk3/n}$ (kg)
30	10	0,717	23362,098	30308,048	23623,008	28773,245	32985,826
40			32745,486	37661,811	35957,432	38133,973	39772,923
50			43317,856	43912,219	43754,972	48694,448	46623,350
30	15	0,717	30083,881	35706,256	30287,192	38133,972	39772,923
40			40659,832	42556,663	40956,484	48694,448	46623,350
50			52437,797	49470,381	52827,790	60461,331	53537,047
30	20	0,717	38016,148	41201,107	38171,691	48694,498	46623,350
40			49797,134	48114,825	50045,449	60461,331	53537,047
50			62780,134	55091,853	63121,221	73428,078	60514,076
30	30	0,717	57618,907	52470,742	57601,628	73428,078	60514,076
40			71745,398	59421,081	71884,319	87596,836	67554,414
50			87138,467	66524,730	87369,024	102967,611	74658,063

dimana : Q_{t1} = daya dukung tiang tunggal efektif tanpa selimut pasir.

Q_{t2} = daya dukung tiang tunggal efektif terhadap tanah pasir

Q_{t3} = daya dukung tiang tunggal efektif dengan selimut pasir yang monolit.

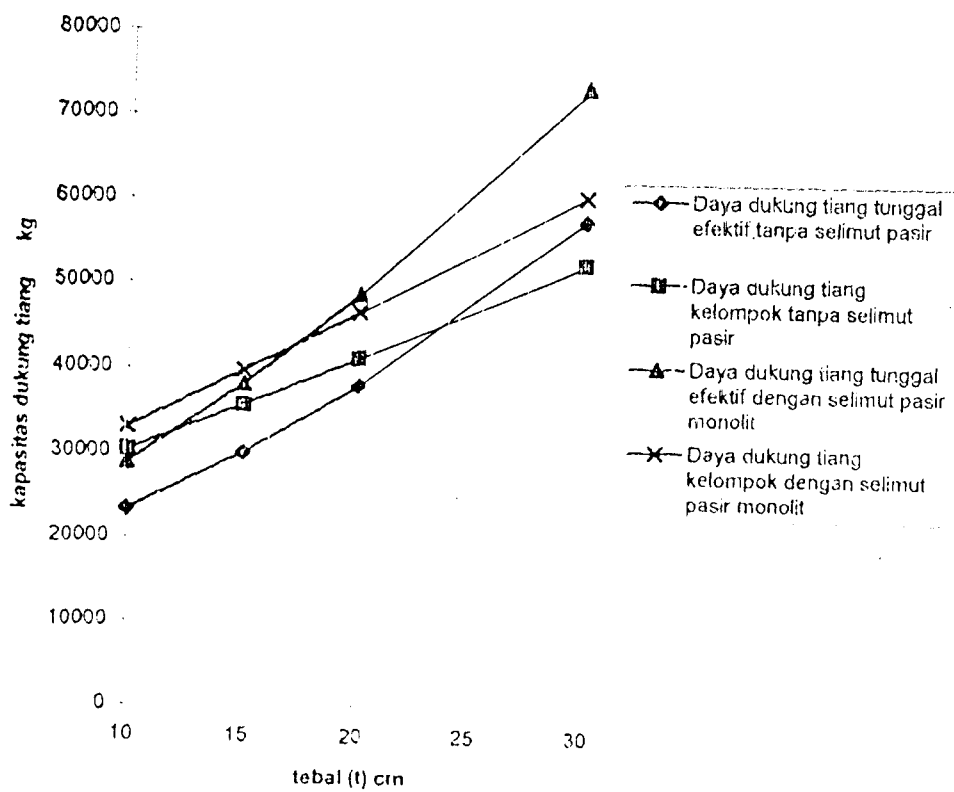
Q_{tk1} = daya dukung tiang kelompok tanpa selimut pasir.

Q_{tk3} = daya dukung tiang kelompok dengan selimut pasir yang monolit.

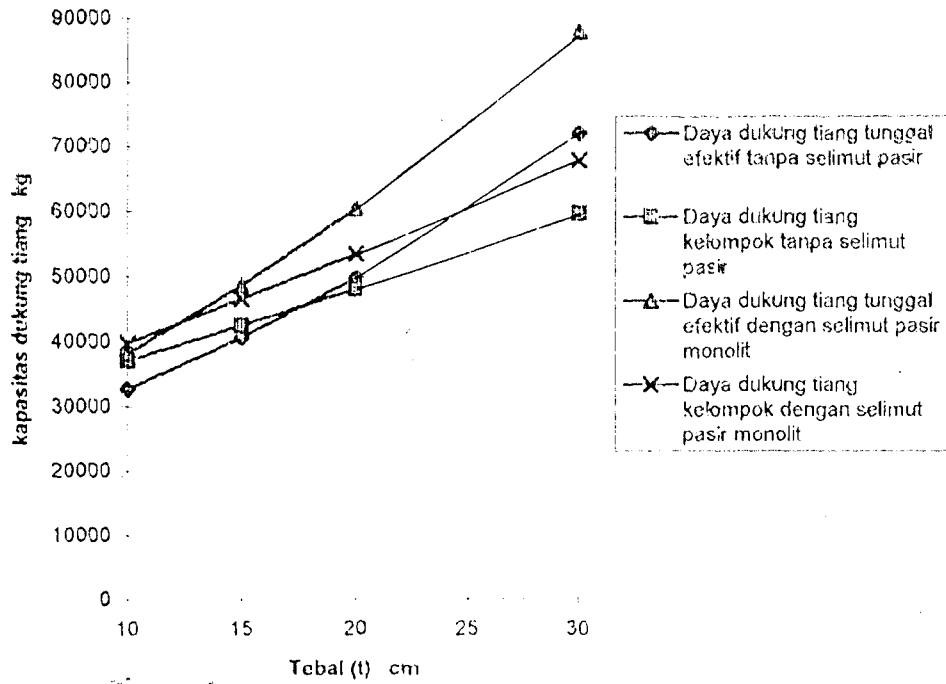
n = jumlah tiang dalam satu kelompok.

Pada tabel diatas bahwa yang digunakan untuk perencanaan adalah daya dukung tiang yang lebih kecil antara daya dukung tiang tunggal dengan daya

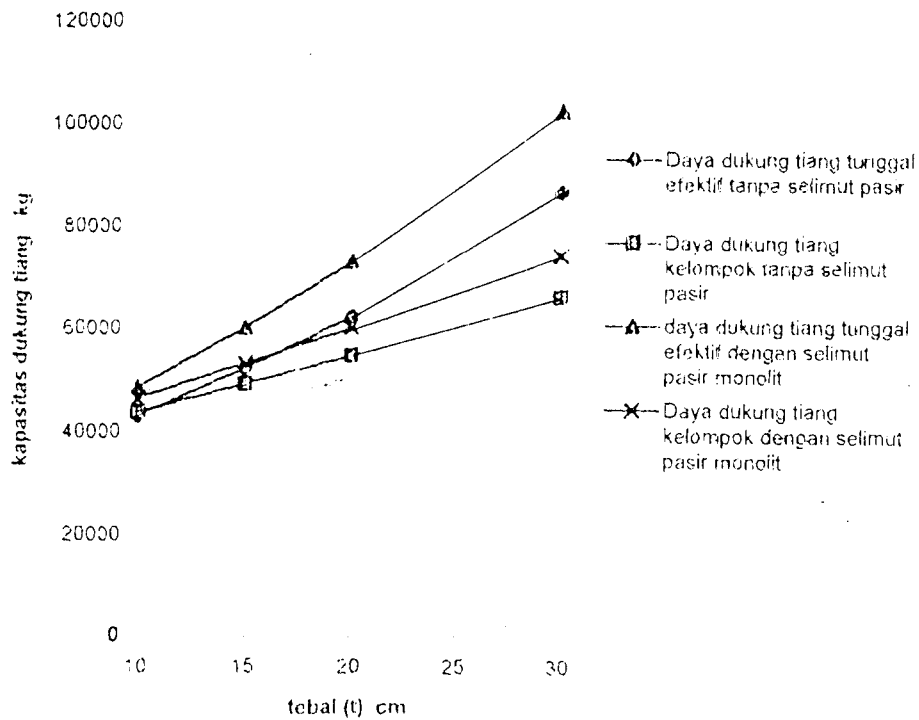
dukung tiang kelompok. Selain itu juga terlihat bahwa tidak selamanya daya dukung tiang tunggal lebih kecil dari daya dukung tiang kelompok atau sebaliknya. Hal ini disebabkan karena penggunaan rumus yang berlainan antara daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok. Untuk selanjutnya dari masing-masing diameter tiang disajikan dalam bentuk Grafik 4.11, Grafik 4.12, Grafik 4.13.



Grafik 4.11 Kapasitas dukung tiang diameter 30 cm.



Grafik 4.12 Kapasitas dukung tiang diameter 40 cm.



Grafik 4.13 Kapasitas dukung tiang diameter 50 cm.

4.7.3 Penurunan

Penurunan disini meliputi penurunan segera dan penurunan akibat konsolidasi. Penurunan segera terjadi dengan segera setelah beban bekerja. Penurunan disini terjadi akibat proses penekanan udara keluar dari dalam pori tanahnya. Sedangkan penurunan konsolidasi ada dua macam yaitu fase primer dan sekunder. Penurunan konsolidasi yang diperhitungkan pada tugas akhir ini adalah penurunan konsolidasi primer.

Untuk penurunan pondasi tiang didapatkan nilai yang bervariasi, hal ini terlihat dari Tabel 4.19, Tabel 4.20, Tabel 4.21. Hal ini disebabkan karena terjadi penjumlahan secara fluktuatif antara penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Hal ini disebabkan karena penambahan beban netto dan luasan pondasi tidak seimbang dalam hal ini perbandingan antara keduanya. Hal ini yang menyebabkan penjumlahan dari kedua jenis penurunan itu tidak selamanya selalu naik atau sebaliknya. Hal ini terlihat pula pada Grafik 4.9 dan Grafik 4.10.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis dan pembahasan ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Pembesaran dimensi pada ujung tiang dan tebal selimut pasir mempertinggi daya dukung tiang.
2. Daya dukung yang terjadi bertambah besar sesuai dengan pembesaran dimensi dan ketebalan selimut pasir :
 - a. untuk tiang tunggal, $t = 10 \text{ cm}$, didapat $Q_t (30 \text{ cm}) = 28,773 \text{ ton}$, $Q_t (40 \text{ cm}) = 38,134 \text{ ton}$, $Q_t (50 \text{ cm}) = 48,694 \text{ ton}$.
 - b. untuk tiang kelompok, $t = 10 \text{ cm}$, didapat $Q_t (30\text{cm}) = 32,986 \text{ ton}$, $Q_t (40 \text{ cm}) = 39,773 \text{ ton}$, $Q_t (50 \text{ cm}) = 46,623 \text{ ton}$.
3. Pada asumsi selimut pasir padat monolit dengan tiang beton, tebal selimut pasir mempengaruhi daya dukung, karena memperbesar diameter tiang.
4. Kenaikan daya dukung akibat friksi dan “end bearing” untuk semua kondisi dari kasus yang ditinjau adalah linier.
5. Efisiensi tiang dipengaruhi oleh diameter tiang, jarak antar tiang, serta formasi tiang meliputi jumlah baris dan kolom dalam kelompok tiang.

6. Penurunan yang terjadi pada kelompok tiang, penurunan sesaat dan penurunan konsolidasi primer, untuk diameter tiang 30 cm dan 40 cm besarnya penurunan sama sedangkan untuk diameter tiang 50 cm didapat penurunan $S_t = 8,828$ cm dengan penebalan selimut pasir 10 cm.
7. Untuk diameter tiang 40 cm dan 50 cm, penurunan yang terjadi kecenderungan bertambah besar sesuai dengan penambahan ketebalan selimut pasir.

5.2 Saran -Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang formasi tiang dan variasi bentuk pembesaran.
2. Perlu diadakan perhitungan yang lebih teliti untuk daerah tertentu dengan jenis tanah yang lain dengan data tanah dari test laboratorium yang lengkap, misalnya sudut gesek dalam, kohesi, dan karakteristik yang lain, digunakan sebagai pembandingan atas analisis yang sudah dilakukan.
3. Untuk penelitian lebih lanjut, perlu ditinjau mengenai variasi gaya geser antara butiran pasir dengan tiang beton dan butiran pasir dengan tanah lempung.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, J.E, 1984, ANALISA DAN DESAIN PONDASI, jilid 2, Erlangga, Jakarta.
2. Coduto, Donald.P, 1994, FOUNDATION DESIGN PRINCIPLES AND PRACTICES, Prentice Hall International, California.
3. Daruslan, 1993, MEKANIKA TANAH, Biro Penerbit KMTS UGM, Yogyakarta
4. Hary Christady Hardiyatmo, 1992, MEKANIKA TANAH I, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
5. Hary Christady Hardiyatmo, 1994, MEKANIKA TANAH II, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
6. Kabul Basah Suryolelono, 1993, TEKNIK PONDASI I, Nafiri, Yogyakarta.
7. Kabul Basah Suryolelono, 1993, TEKNIK PONDASI II, Nafiri, Yogyakarta.
8. Prakash, Shamsar, 1990, PILE FOUNDATION IN ENGINEERING PRACTICE, A Wiley Interscience Publication, New York.
9. Poulos, H.G, 1980, PILE FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN, John Wiley & Sons inc, Canada.
10. Sardjono, H.S, 1991, PONDASI TIANG PANCANG, Sinar Wijaya, Surabaya.
11. Sutrisno Hadi, 1986, METODOLOGI RESEARCH, Andi Offset, Yogyakarta.
12. Teng, W.C, 1981, FOUNDATION DESIGN, Prentice Hall of India, New Delhi.
13. Wesley. L.D, 1977. MEKANIKA TANAH, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

LAMPIRAN

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data hasil penyelidikan yang dilaksanakan baik dilapangan maupun Laboratorium maka dapat disimpulkan dan disarankan sebagai berikut :

4.1. Kesimpulan

Dari data penyelidikan yang dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa :

- 4.1.1. Lapisan tanah $\pm 0,00$ meter sampai $-3,00$ meter lapisan tanah berupa jenis lanau kelempungan dalam keadaan lunak (Clayed Silt, Soft).
- 4.1.2. Lapisan tanah $-3,00$ meter sampai $-6,00$ meter berupa jenis pasir halus dalam keadaan medium padat (Fine Sand, Medium Compact).
- 4.1.3. Lapisan tanah $-6,00$ meter sampai $-16,00$ meter berupa lanau kelempungan dalam keadaan lunak (Clayed Silt, Soft).
- 4.1.4. Lapisan tanah pada kedalaman $-16,00$ meter sampai $-25,00$ meter berupa jenis lempung kelabu dalam keadaan medium padat (Silty Clay, Medium Compact) sampai padat (Compact).
- 4.1.5. Muka air tanah terdapat pada kedalaman $-2,00$ meter dari permukaan tanah setempat.

4.2. Saran-saran

Dari data hasil penyelidikan yang dilaksanakan dan kesimpulan, maka dapat disarankan bahwa

- 4.2.1. Untuk bangunan 4 (empat) lantai yang direncanakan, maka seharusnya menggunakan tiang pancang berdasarkan tiang geseran (Friction Pile). Ukuran tiang dengan diameter (ϕ) 45 cm ataupun diameter (ϕ) 10 cm dengan panjang $25,00$ meter.
- 4.2.2. Apabila beban kolom tidak dapat ditahan oleh daya dukung 1 (satu) tiang, maka harus menggunakan tiang kelompok (Group Pile) dengan sesuai kebutuhan.
- 4.2.3. Plat beton kepala (Poer/Cup) tebal dan lebarnya harus diperhitungkan sebagai konstruksi.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS DIPONEGORO

SOIL TEST

Project : Rutrah Sakti Siti Khatijah
 Location : Jl. Bandung - Pekalongan

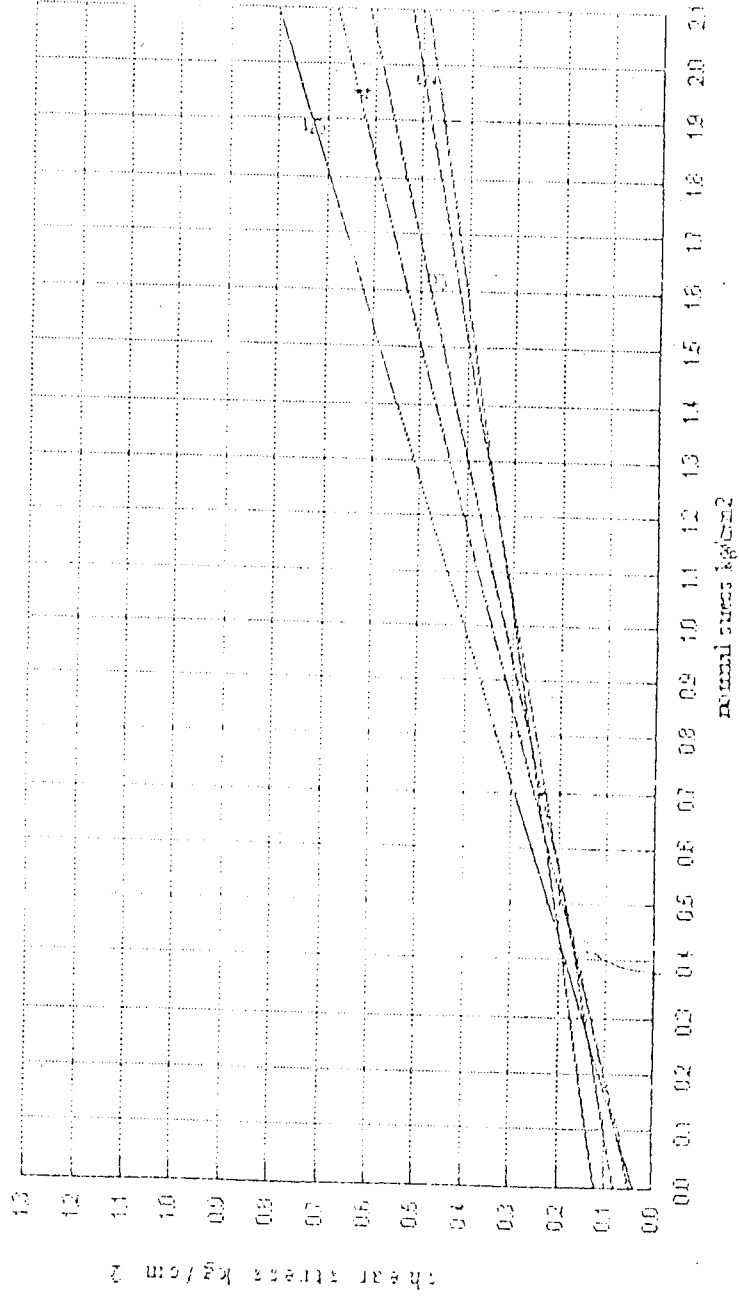
NO	Boring No	Sample Code	Depth (m)	Water Content (%)	Specific Gravity	Undersight		Dry-Weight		Sub-Weight	Moisture (%)	Void Ratio
						Y	g/cm ³	Y	d			
1	B1	B1	-1.00	40.24	2.448	17.20	1.224	0.7290	49.03	0.5872	1.2700	0.5872
2	B1	B1	-2.00	49.02	2.610	18.05	1.125	0.1026	36.00	1.2700	0.5872	0.5872
3	B1	B1	-3.00	37.24	2.652	18.00	1.225	0.6000	33.00	0.5872	1.2700	0.5872
4	B1	B1	-4.00	34.24	2.638	18.25	1.230	0.6000	33.00	0.5872	1.2700	0.5872
5	B1	B1	-5.00	31.48	2.625	18.35	1.435	0.6000	33.00	0.5872	1.2700	0.5872
6	B1	B1	-6.00	25.16	2.615	19.24	1.214	1.024	37.00	0.5872	1.2700	0.5872
7	B1	B1	-7.00	25.78	2.626	19.28	1.204	0.9708	40.90	0.5872	1.2700	0.5872
8	B1	B1	-8.00	28.72	2.670	18.60	1.242	0.840	37.00	0.5872	1.2700	0.5872
9	B1	B1	-4.00	31.24	2.625	18.74	1.258	0.940	37.00	0.5872	1.2700	0.5872
10	B1	B1	-6.00	41.1	2.672	18.48	1.401	1.024	37.00	0.5872	1.2700	0.5872



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FACULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO

DIRECT SHEAR TEST

BORING NO : B-1
PROJECT : Rumah Sakit Siti Khadijah
LOCATION : Jl. Bandung - Pekalongan



No	Normal Stress (kg/cm ²)	Shear Stress (kg/cm ²)
1	1.00	0.12
2	2.00	0.24
3	3.00	0.36
4	4.00	0.48
5	5.00	0.60



HASIL SONDIR

PROYEK : Pemah Sabit SBU Kutajah
 LOKASI : Jl. Bandung - Pekalongan
 TITIK : S1

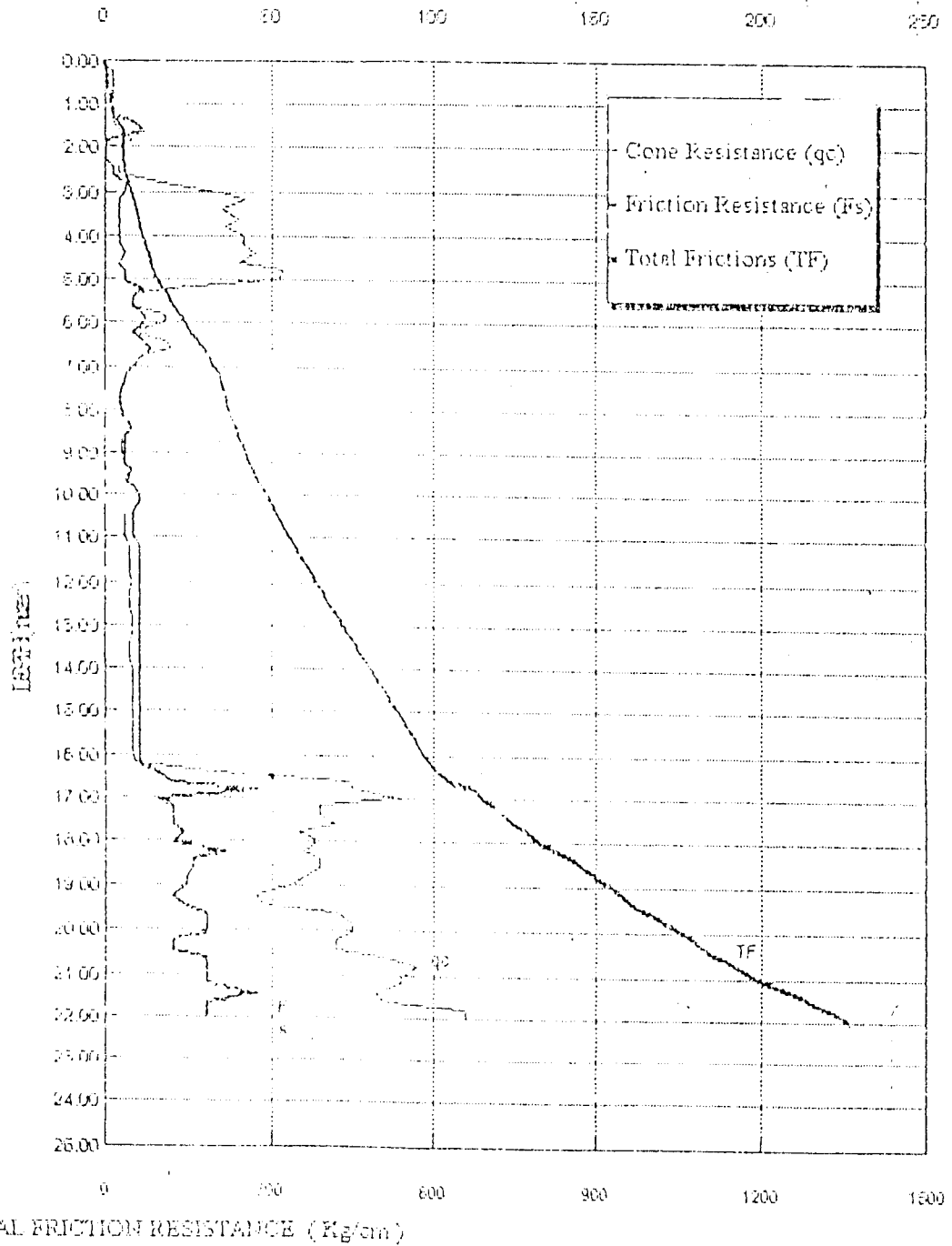
TANGGAL : 24-5-96
 TIM : UMT - FT - UNIDIP

DEPTH (m)	q _s kg/cm ²	s ₆₀ +f ₆₀ kg/cm ²	P ₂ kg/cm ²	TP kg/cm ²	DEPTH (cm)	q _s kg/cm ²	s ₆₀ +f ₆₀ kg/cm ²	P ₂ kg/cm ²	TP kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	7.00	12.00	10.00	414.00
0.20	1.00	3.00	3.00	1.00	12.50	8.00	13.00	10.00	424.00
0.40	1.00	3.00	3.00	4.00	13.00	8.00	13.00	10.00	434.00
0.60	2.00	3.00	2.00	6.00	13.50	8.00	13.00	10.00	444.00
0.80	1.00	2.00	2.00	5.00	14.00	7.00	12.00	10.00	454.00
1.00	1.00	2.00	2.00	10.00	13.00	7.00	12.00	10.00	464.00
1.20	2.00	3.00	2.00	12.00	13.50	7.00	12.00	10.00	474.00
1.40	2.00	4.00	5.00	20.00	14.00	8.00	13.00	10.00	484.00
1.60	4.00	10.00	12.00	32.00	14.20	8.00	13.00	10.00	494.00
1.80	2.00	2.00	0.00	32.00	14.40	8.00	13.00	10.00	504.00
2.00	5.00	5.00	0.00	32.00	14.60	8.00	13.00	10.00	514.00
2.20	5.00	5.00	0.00	32.00	14.80	8.00	13.00	10.00	524.00
2.40	8.00	5.00	2.00	35.00	15.00	8.00	13.00	10.00	534.00
2.60	8.00	5.00	2.00	36.00	15.20	8.00	13.00	10.00	544.00
2.80	17.00	10.00	5.00	42.00	15.40	8.00	13.00	10.00	554.00
3.00	34.00	37.00	5.00	45.00	15.60	8.00	13.00	10.00	564.00
3.20	15.00	44.00	4.00	50.00	15.80	8.00	13.00	10.00	574.00
3.40	35.00	37.00	4.00	56.00	16.00	8.00	13.00	10.00	584.00
3.60	40.00	42.00	4.00	60.00	16.20	8.00	14.00	10.00	594.00
3.80	35.00	35.00	4.00	64.00	16.40	32.00	40.00	15.00	610.00
4.00	42.00	44.00	4.00	68.00	16.60	75.00	85.00	20.00	630.00
4.20	41.00	43.00	4.00	72.00	16.80	75.00	92.00	46.00	676.00
4.40	45.00	45.00	5.00	75.00	17.00	80.00	95.00	15.00	692.00
4.60	42.00	42.00	4.00	82.00	17.20	85.00	75.00	20.00	712.00
4.80	34.00	37.00	5.00	82.00	17.40	65.00	75.00	20.00	732.00
5.00	33.00	35.00	5.00	84.00	17.60	70.00	80.00	20.00	752.00
5.20	15.00	24.00	12.00	100.00	17.80	55.00	70.00	24.00	776.00
5.40	8.00	12.00	3.00	114.00	18.00	65.00	75.00	20.00	796.00
5.60	15.00	12.00	3.00	122.00	18.20	60.00	72.00	35.00	832.00
5.80	13.00	24.00	12.00	138.00	18.40	55.00	75.00	25.00	858.00
6.00	15.00	24.00	12.00	146.00	18.60	55.00	75.00	25.00	884.00
6.20	25.00	13.00	3.00	156.00	18.80	60.00	72.00	24.00	904.00
6.40	13.00	24.00	12.00	166.00	19.00	58.00	68.00	24.00	932.00
6.60	20.00	27.00	14.00	180.00	19.20	45.00	55.00	20.00	952.00
6.80	20.00	15.00	10.00	190.00	19.40	45.00	60.00	24.00	976.00
7.00	3.00	12.00	3.00	198.00	19.60	70.00	85.00	30.00	1006.00
7.20	3.00	9.00	3.00	204.00	19.80	75.00	90.00	30.00	1036.00
7.40	5.00	5.00	3.00	210.00	20.00	75.00	90.00	30.00	1066.00
7.60	5.00	7.00	4.00	214.00	20.20	70.00	85.00	20.00	1096.00
7.80	5.00	7.00	4.00	218.00	20.40	70.00	80.00	20.00	1126.00
8.00	5.00	7.00	4.00	222.00	20.60	85.00	100.00	30.00	1156.00
8.20	7.00	10.00	5.00	228.00	20.80	95.00	110.00	35.00	1186.00
8.40	5.00	12.00	5.00	234.00	21.00	90.00	105.00	30.00	1226.00
8.60	5.00	8.00	5.00	240.00	21.20	90.00	105.00	30.00	1256.00
8.80	5.00	8.00	5.00	246.00	21.40	82.00	105.00	45.00	1272.00
9.00	5.00	8.00	5.00	254.00	21.60	85.00	100.00	30.00	1302.00
9.20	6.00	8.00	5.00	260.00	21.80	110.00	125.00	30.00	1332.00
9.40	10.00	12.00	5.00	268.00	22.00	110.00	125.00	30.00	1362.00
9.60	7.00	10.00	5.00	274.00	22.20				
9.80	5.00	12.00	5.00	282.00	22.40				
10.00	10.00	15.00	10.00	288.00	22.60				
10.20	10.00	15.00	10.00	302.00	22.80				
10.40	8.00	10.00	8.00	310.00	23.00				
10.60	5.00	10.00	5.00	318.00	23.20				
10.80	6.00	10.00	8.00	326.00	23.40				
11.00	6.00	10.00	8.00	334.00	23.60				
11.20	7.00	12.00	10.00	344.00	23.80				
11.40	7.00	12.00	10.00	354.00	24.00				
11.60	7.00	12.00	10.00	364.00	24.20				
11.80	7.00	12.00	10.00	374.00	24.40				
12.00	5.00	15.00	10.00	384.00	24.60				
12.20	7.00	12.00	10.00	394.00	24.80				
12.40	7.00	12.00	10.00	404.00					



GRAFIK SONDIR

CONE RESISTANCE (Kg/cm^2)
FRICTION RESISTANCE (Kg/cm^2)



PROYEK : Rumah Sakit Sili Kaligah
LOKASI : Jl. Bandung - Pakalongan
SONDIR : S.1

Tabel 5.4 Hubungan kerapatan relatif dan sudut gesek dalam tanah nonkohesif hasil dari penyelidikan lapangan (Meyerhoff, 1956).

Kondisi	Kerapatan relatif (D_r)	Nilai SPT (N)	Nilai tahanan konus alat sendir (q_c)	Sudut gesek dalam (ϕ)
Sangat tidak padat	<0,2	<4	<20	<30
Tidak padat	0,2 - 0,4	4 - 10	20 - 40	30 - 35
Agak padat	0,4 - 0,6	10 - 30	40 - 120	35 - 40
Padat	0,6 - 0,8	30 - 50	120 - 200	40 - 45
Sangat padat	> 0,8	>50	>200	>45

Tabel 1.3 Nilai n , e , w , γ_d , dan γ_b untuk tanah keadaan asli lapangan.

Macam tanah	n (%)	e	w (%)	γ_d (g/cm ³)	γ_b (g/cm ³)
Pasir seragam, tidak padat	46	0,85	32	1,43	1,89
Pasir seragam, padat	34	0,51	19	1,75	2,09
Pasir berbutir campuran, tidak padat	40	0,67	25	1,59	1,99
Pasir berbutir campuran, padat	30	0,43	16	1,86	2,16
Lempung lunak sedikit organis	66	1,90	70	—	1,58
Lempung lunak sangat organis	75	3,0	110	—	1,43

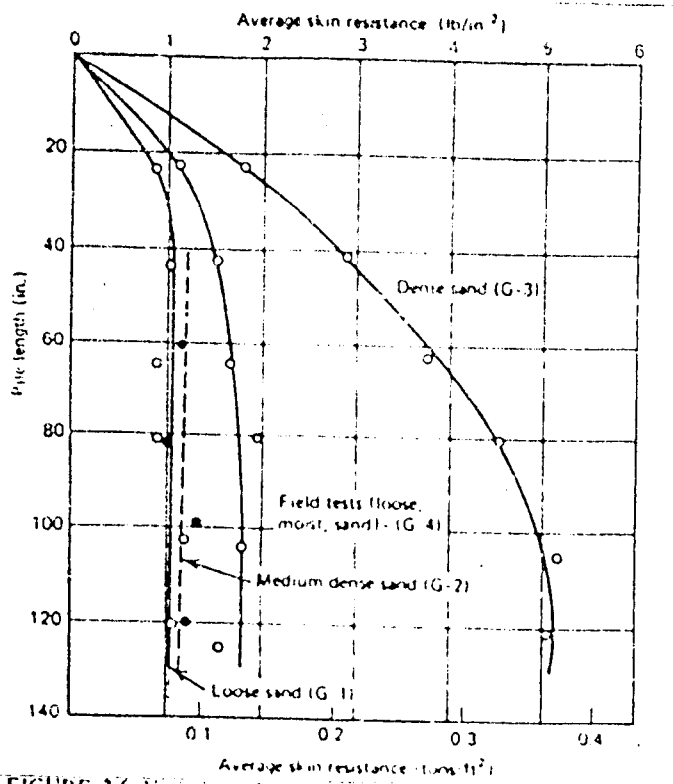
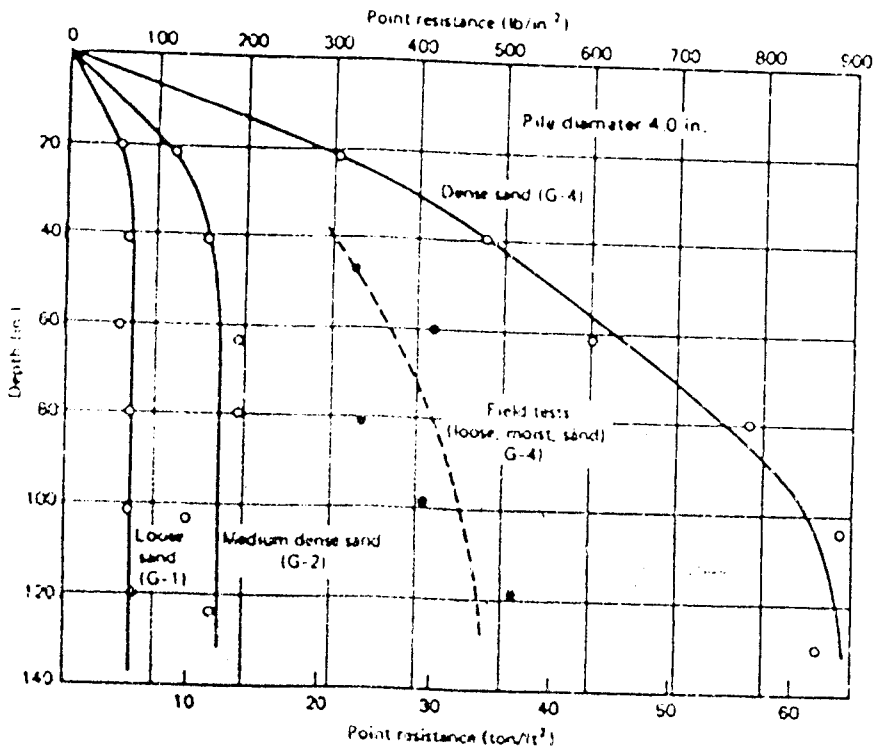


FIGURE 3.6 Variation of skin resistance with pile length (Vesic, 1967).



Rubble fill
and sand

Chicago
silty clay
 $I_p \sim 11-16$
 $w_n \sim 18-27\%$

8.11 APPROXIMATE METHODS AND TYPICAL VALUES OF COMPRESSION INDICES

Because of the time and expense involved in consolidation testing, it is sometimes desirable to be able to relate the compression indices to the simple classification properties of soils. These relationships are also commonly used for preliminary designs and estimates and for checking the validity of test results.

Table 8-2 is a list of some published equations for the prediction of compression indices (Azzouz, Krizek, and Corotis, 1976).

TABLE 8-2 Some Empirical Equations for C_c and C_{cc} *

Equation	Regions of Applicability
$C_c = 0.007(LL - 7)$	Remolded clays
$C_{cc} = 0.208e_o + 0.0083$	Chicago clays
$C_c = 17.66 \times 10^{-5}w_n^2 + 5.93 \times 10^{-3}w_n - 1.35 \times 10^{-1}$	Chicago clays
$C_c = 1.15(e_o - 0.35)$	All clays
$C_c = 0.30(e_o - 0.27)$	Inorganic, cohesive soil; silt, some clay; silty clay; clay
$C_c = 1.15 \times 10^{-2}w_n$	Organic soils—meadow mats, peats, and organic silt and clay
$C_c = 0.75(e_o - 0.50)$	Soils of very low plasticity
$C_{cc} = 0.156e_o + 0.0107$	All clays
$C_c = 0.01w_n$	Chicago clays

*As summarized by Azzouz, Krizek, and Corotis (1976).
Note: w_n = natural water content.

Terzaghi and Peck (1967) proposed the following equation, based on research on undisturbed clays of low to medium sensitivity:

$$C_c = 0.009(LL - 10) \quad (8-21)$$

which has a reliability range of about $\pm 30\%$. This equation is widely used, despite its wide reliability range, to make initial consolidation settlement estimates. The equation should not be used where the sensitivity of the clay is greater than 4, if the LL is greater than 100, or if the clay contains a high percentage of organic matter. Some typical values of the compression index, based on our experience and the geotechnical literature, are listed in Table 8-3.

Often, C_r is assumed to be 5% to 10% of C_c . Typical values of C_r range from 0.015 to 0.035 (Leonards, 1976). The lower values are for clays of lower plasticity and low OCR. Values of C_r outside the range of 0.005 to 0.05 should be considered questionable.

and

medium gray
silty clay
 $w_n \sim 24\%$ avg.

glacial
(after
North-
1963).



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

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	AZIZ SALEH	08 310 010		STRUKTUR
2	BAGUS MASFIANTO DENGAN JUDUL : ANALISIS DATA DOMEUNG PADA DASI TANGKAPAN PANGKAS PEMBE- SARAN UJUNG BAWAH DENGAN PENGISI PASIR PADA TANAH LEMPUNG	08 310 000		STRUKTUR

Dosen Pembimbing I : : IR. IRNU SUDARMAWI, MS

Dosen Pembimbing II : : DR. IR. EDY PURWANTO, CES, DEA

1

2



Yogyakarta, 30 APRIL 1998
 Dekan,
 Ketua Jurusan Teknik Sipil,

IR. BAMBANG SULTISTONO, MSCE



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

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi

JUDUL TUGAS AKHIR :

.....

.....

Dosen Pembimbing I :

Dosen Pembimbing II :

1

2

3 x 4

3 x 4

Yogyakarta,
D e k a n,



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km 14,4, Telp. 895042, 895707, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomor : 029/D.II/A.02/JTS/IV/98 Yogyakarta, 30 April 1998
Lamp. : -
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR.

Kepada Yth. :
Bapak/Ibu *Ir. Ibnu Sudarmadji, MS*
di -
YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.
Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu
agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Sipil & Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : Aziz Saleh
No. Mhs. : 93 310 212
N.I.R.M. : 93 0051013114120 209
Bidang Studi : Struktur
Semester : Genap
Tahun Akademi : 1997-1998
2. Nama : Bagus Masfianto
No. Mhs. : 93 310 090
N.I.R.M. : 93 0051013114120 088
Bidang Studi : Struktur
Semester : Genap
Tahun Akademi : 1997-1998

Dapat diberikan petunjuk - petunjuk, pengarahan serta
bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.
kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok,
dengan dosen Pembimbing sbb. :

Dosen Pembimbing I : *Ir. Ibnu Sudarmadji, MS*
Dosen Pembimbing II : *DR. Ir. Edy Purwanto, Ces, DEA*

Dengan mengambil topik:
**ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG PEMBESARAN
UJUNG BAWAH DENGAN PENGISI PASIR PADA TANAH LEMPUNG**

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan
terima kasih.
Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

an. Dekan
Ketua Jurusan Teknik Sipil, .


(*IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE.*)

Tembusan Kepada Yth. :
- Mahasiswa ybs.
- Arsip.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km 14,4, Telp. 895042, 895707, Fax 895330, Yogyakarta 55584

Honorer :
 Lembar :
 N o : 1

Yogyakarta, 10 April 1998

: EMBELIHAN TUGAS AKHIR

Kepada Yth. :
 Bapak/Ibu **DR. Ir. Edy Purwanto, Des. DBA**
 di :
 YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.
 Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak/Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. N o m e r : Aati Daleb
 No. Abs. : 93 310 212
 N.I.K.H. : 93 0051013114129 209
 Bidang Studi : Struktur
 Semester : Genap
 Tahun Akademik : 1997-1998
2. N o m e r : Bagus Mastianto
 No. Abs. : 93 310 090
 N.I.K.H. : 93 0051013114120 088
 Bidang Studi : Struktur
 Semester : Genap
 Tahun Akademik : 1997-1998

Dapat diberikan petunjuk - petunjuk pelaksanaan serta bimbingan dalam melaksanakan tugas akhir. kedua mahasiswa tersebut merupakan para ahli yang dengan dosen Pembimbing DBA.

Dosen Pembimbing I : Ir. Ibnu Sudarso, D.L. MS.
 Dosen Pembimbing II : DR. Ir. Edy Purwanto, Des. DBA

Dengan mengambil topik:
ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI TIANG PANCANG PEMBESARAN UJUNG KAWAH DENGAN PENGGISI PASIR PADA TANAH LEMPUNG

Demikian atas bantuan serta keresaannya diucapkan terima kasih.
 Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

an. Dekan
 Ketua Jurusan Teknik Sipil.

H. BAMBANG SULISTIONO, M.SCA. I

Tembusan Kepada Yth. :
 - Mahasiswa ybs.
 - Arsit