

TUGAS AKHIR

STUDI KASUS

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI “MINI PILE”

DENGAN METODE “COYLE ~ REESE”

PADA PROYEK USM SEMARANG

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia

Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh

Derajat Sarjana Teknik Sipil

Arya Wirawan
No. Mhs. 94 310 034
Nirm. 940051013114120034

Wildan Fachrurrozi
No. Mhs. 94 310 306
Nirm. 940051013114120296

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

TUGAS AKHIR
STUDI KASUS
ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI “MINI PILE”
DENGAN METODE “COYLE ~ REESE”
PADA PROYEK USM SEMARANG

Arya Wirawan
No. Mhs. 94 310 034
Nirm. 940051013114120034

Wildan Fachrurrozi
No. Mhs. 94 310 306
Nirm. 940051013114120296

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

DR. Ir. Edy Purwanto, CES DEA

Dosen Pembimbing I

Ir. Akhmad Marzuko, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 1. 3. 99

Tanggal : 1. 3. 99

Karya ini kupersembahkan untuk keluargaku yang kukasihi terutama Ayah Bunda tercinta serta adik-adikku, yang telah memberikan nasehat, bimbingan, motivasi dan cintanya.

Terima kasih juga,

Buat Ir. Bremono atas segala fasilitas dan kemudahan yang telah diberikannya

Buat teman-temanku:

Ronan, Akhmad, Agus Tri, Cholis, Rio, Sary, Lia, Endah, Widhie, Ika, Ridwan, Agung, Eko, Yesri, Kholid, atas segala kekompakan dan bantuannya,

Dicky, bowo, Zeta, Tommy, Uni, Uzi', Doel, atas pinjaman bukunya

Dan tak lupa buat segenap personil dari kelas E dan F '94 yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Kaliurang, Kamis 25 Februari 1999

Arya Wirawan and Wildan Fachrurrozi

PRAKATA

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Sholawat serta salam semoga tetap terlimpahkan pada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan umatnya yang senantiasa menegakkan Ad-Din di muka bumi ini.

Tugas akhir kami dengan judul “Studi Kasus Analisis Daya Dukung Pondasi “Mini Pile” Dengan Metode “Coyle ~ Reese” Pada Proyek USM Semarang”, disusun dan diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh derajat sarjana (S1) Teknik Sipil, khususnya pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Banyak pihak yang dengan tulus membantu, baik moril atau secara langsung dan tidak langsung terlibat, memberi saran ataupun kritik mulai dari ide sampai penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu dalam kesempatan ini sebagai rasa hormat dan penghargaan serta ucapan terima kasih disampaikan khususnya kepada yang terhormat:

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi bimbingan, saran dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir.

4. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, MT, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi bimbingan, saran dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Subarkah, MT, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberi saran dan pengarahan untuk penyempurnaan laporan tugas akhir ini.
6. Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
7. Orang tua dan saudara-saudaraku tercinta yang selalu memberikan dorongan, motivasi dan semangatnya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Segala daya dan upaya serta kemampuan telah penulis curahkan sepenuhnya demi terselesaikannya Tugas Akhir ini, namun semua itu tidak terlepas dari segala kekurangan yang ada. Untuk itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya, serta bagi penulis pada khususnya. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat serta hidayahNya kepada kita semua, *Amin-amin yaa robbal 'aalamiin.*

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Februari 1999

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
INTISARI.....	xxiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Keaslian.....	3
1.6 Metodologi.....	3
1.7 Batasan Masalah.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum	6
2.2 Pondasi “Mini Pile”	7
2.3 Tinjauan Penelitian Terdahulu.....	9

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Umum	11
3.2 Pondasi Tiang Pancang.....	13
3.2.1 Pengertian pondasi tiang pancang	13
3.2.2 Jenis pondasi tiang pancang	14
3.2.3 Pondasi “mini pile”	21
3.3 Daya Dukung Pondasi “Mini Pile” Dengan Metode “Coyle ~ Reese”	23
3.3.1 Umum	23
3.3.2 Prosedur analisis.....	23
3.3.3 Daya dukung ijin dan faktor keamanan.....	27
3.4 Daya Dukung Kelompok Tiang.....	29
3.4.1 Susunan tiang.....	29
3.4.2 Efisiensi kelompok tiang	31
3.4.3 Daya dukung kelompok tiang pada tanah pasir.....	31
3.4.4 Daya dukung kelompok tiang pada tanah lempung	34
3.5 Penurunan Kelompok Tiang.....	35
3.5.1 Penurunan pada tanah pasir	35
3.5.1 Penurunan pada tanah lempung.....	36

BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN PONDASI “MINI PILE”

4.1 Umum	39
4.2 Data Perhitungan	39
4.2.1 Data penyelidikan tanah.....	40
4.2.2 Data pondasi tiang pancang “mini pile”	41
4.3 Analisis Perhitungan Daya Dukung Pondasi “Mini Pile”	42
4.3.1 Perhitungan daya dukung tiang tunggal	42
4.3.2 Perhitungan daya dukung kelompok tiang	63

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Umum	74
5.2 Daya Dukung Pondasi “Mini Pile” Tunggal Dengan Metode “Coyle~ Reese”.....	75
5.2.1 Pengaruh pengambilan asumsi perpindahan ujung tiang (y _p).....	75
5.2.2 Pengaruh panjang tiang (L)	80
5.2.3 Pengaruh bentuk tiang	83
5.2.4 Pengaruh dimensi tiang	83
5.3 Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang “Mini Pile”.....	87
5.3.1 Pengaruh efisiensi tiang.....	87
5.3.2 Pengaruh panjang tiang (L)	88
5.3.3 Pengaruh bentuk tiang	88
5.3.4 Pengaruh dimensi tiang	91

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan..... 95

6.2 Saran..... 96

DAFTAR PUSTAKA..... 98

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Pondasi telapak	12
Gambar 3.2	Pondasi sumuran.....	12
Gambar 3.3	Pondasi tiang.....	13
Gambar 3.4	Tipe tiang pancang berdasarkan tiang meneruskan beban ke tanah dasar pondasi.....	15
Gambar 3.5	Tiang pancang kayu.....	16
Gambar 3.6	Tiang pancang baja.....	17
Gambar 3.7	Tiang pancang beton.....	18
Gambar 3.8	Pembagian segmen dari tiang yang dibebani secara aksial	24
Gambar 3.9	Rasio transfer beban dengan kuat geser tanah terhadap perpindahan tiang.....	25
Gambar 3.10	Kurva kuat geser tanah terhadap kedalaman	25
Gambar 3.11	Beberapa formasi kelompok tiang.....	30
Gambar 3.12	Efisiensi tiang pancang kelompok.....	32
Gambar 3.13	Ilustrasi efisiensi kelompok tiang berdasarkan formula Feld.....	33
Gambar 3.14	Kelompok tiang sebagai pondasi blok.....	34
Gambar 3.15	Penurunan kelompok tiang	37
Gambar 4.1	Pembagian “mini pile” menjadi 5 segmen.....	43
Gambar 5.1	Grafik asumsi y_p terhadap daya dukung “mini pile” tunggal □ 20 x 20	76

Gambar 5.2	Grafik asumsi y_p terhadap daya dukung “mini pile” tunggal \triangle 20 x 20x20	76
Gambar 5.3	Grafik asumsi y_p terhadap daya dukung “mini pile” tunggal \square 28 x 28	76
Gambar 5.4	Grafik asumsi y_p terhadap daya dukung “mini pile” tunggal \triangle 28 x 28x28	77
Gambar 5.5	Grafik asumsi y_p terhadap daya dukung “mini pile” tunggal \square 32 x 32	77
Gambar 5.6	Grafik asumsi y_p terhadap daya dukung “mini pile” tunggal \triangle 32 x 32x32	77
Gambar 5.7	Grafik asumsi y_p terhadap penurunan “mini pile” tunggal \square 20 x 20	78
Gambar 5.8	Grafik asumsi y_p terhadap penurunan “mini pile” tunggal \triangle 20 x 20x20	78
Gambar 5.9	Grafik asumsi y_p terhadap penurunan “mini pile” tunggal \square 28 x 28	78
Gambar 5.10	Grafik asumsi y_p terhadap penurunan “mini pile” tunggal \triangle 28 x 28x28	79
Gambar 5.11	Grafik asumsi y_p terhadap penurunan “mini pile” tunggal \square 32 x 32	79
Gambar 5.12	Grafik asumsi y_p terhadap penurunan “mini pile” tunggal \triangle 32 x 32x32	79

Gambar 5.13	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung “mini pile” tunggal dimensi 20 cm	81
Gambar 5.14	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan “mini pile” tunggal dimensi 20 cm	81
Gambar 5.15	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung “mini pile” tunggal dimensi 28 cm	82
Gambar 5.16	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan “mini pile” tunggal dimensi 28 cm	82
Gambar 5.17	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung “mini pile” tunggal dimensi 32 cm	82
Gambar 5.18	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan “mini pile” tunggal dimensi 32 cm	82
Gambar 5.19	Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung pondasi “mini pile” tunggal bentuk segi empat	86
Gambar 5.20	Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap penurunan pondasi “mini pile” tunggal bentuk segi empat	86
Gambar 5.21	Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung pondasi “mini pile” tunggal bentuk segi tiga	86
Gambar 5.22	Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap penurunan pondasi “mini pile” tunggal bentuk segi tiga	86
Gambar 5.23	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung kelompok “mini pile” dimensi 20 cm.....	89

Gambar 5.24	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan kelompok “mini pile” dimensi 20 cm.....	89
Gambar 5.25	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung kelompok “mini pile” dimensi 28 cm.....	90
Gambar 5.26	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan kelompok “mini pile” dimensi 28 cm.....	90
Gambar 5.27	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung kelompok “mini pile” dimensi 32 cm.....	90
Gambar 5.28	Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan kelompok “mini pile” dimensi 32 cm.....	90
Gambar 5.29	Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung kelompok “mini pile” bentuk segi empat.....	93
Gambar 5.30	Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap penurunan kelompok “mini pile” bentuk segi empat.....	93
Gambar 5.31	Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung kelompok “mini pile” bentuk segi tiga.....	93
Gambar 5.32	Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap penurunan kelompok “mini pile” bentuk segi tiga.....	94

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Perbandingan antara “Standart pile”, “Mini pile”, “Micro pile”.....	22
Tabel 3.2	Faktor keamanan.....	29
Tabel 4.1	Modulus elastisitas tanah.....	41
Tabel 4.2	Data spesifikasi tiang.....	41
Tabel 4.3	Modulus elastisitas tiang pancang.....	42
Tabel 4.4	Hasil perhitungan daya dukung “mini pile” □ (20 x 20 cm) dalam 5 segmen.....	52
Tabel 4.5	Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang “mini pile” dalam 20 segmen dengan asumsi awal $y_p = 0,5$	54
Tabel 4.6	Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang “mini pile” dalam 20 segmen dengan asumsi awal $y_p = 0,75$	55
Tabel 4.7	Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang “mini pile” dalam 20 segmen dengan asumsi awal $y_p = 1$	56
Tabel 4.8	Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang “mini pile” dalam 20 segmen dengan asumsi awal $y_p = 2$	57
Tabel 4.9	Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang “mini pile” dalam 20 segmen dengan asumsi awal $y_p = 3$	58
Tabel 4.10	Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang “mini pile” dalam 20 segmen dengan asumsi akhir $y_p = 0,75$	59

Tabel 4.11	Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang “mini pile” dalam 20 segmen dengan asumsi akhir $y_p = 4$	60
Tabel 4.12	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang “mini pile” tunggal □20 x 20.....	61
Tabel 4.13	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang “mini pile” tunggal △20 x 20x20.....	61
Tabel 4.14	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang “mini pile” tunggal □28 x 28.....	61
Tabel 4.15	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang “mini pile” tunggal △28 x 28x28.....	62
Tabel 4.16	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang “mini pile” tunggal □32 x 32.....	62
Tabel 4.17	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang “mini pile” tunggal △32 x 32x32.....	62
Tabel 4.18	Efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode Feld.....	64
Tabel 4.19	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” □ 20 x 20 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe A.....	66
Tabel 4.20	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” □ 20 x 20 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe A.....	66
Tabel 4.21	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” □ 20 x 20 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe B.....	66
Tabel 4.22	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” □ 20 x 20 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe B.....	66

Tabel 4.23	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” \triangle 20 x 20x20 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe A.....	67
Tabel 4.24	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” \triangle 20 x 20x20 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe A.....	67
Tabel 4.25	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” \triangle 20 x 20x20 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe B.....	67
Tabel 4.26	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” \triangle 20 x 20x20 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe B.....	67
Tabel 4.27	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” \square 28 x 28 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe A.....	68
Tabel 4.28	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” \square 28 x 28 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe A.....	68
Tabel 4.29	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” \square 28 x 28 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe B.....	68
Tabel 4.30	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” \square 28 x 28 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe B.....	68
Tabel 4.31	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” \triangle 28 x 28x28 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe A.....	69
Tabel 4.32	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” \triangle 28 x 28x28 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe A.....	69
Tabel 4.33	Daya dukung kelompok tiang “mini pile” \triangle 28 x 28x28 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe B.....	69

Tabel 4.48	Penurunan \square 28 x 28 beban tipe B.....	73
Tabel 4.49	Penurunan \triangle 28 x 28x28 beban tipe A.....	73
Tabel 4.50	Penurunan \triangle 28 x 28x28 beban tipe B.....	73
Tabel 4.51	Penurunan \square 32 x 32 beban tipe A.....	73
Tabel 4.52	Penurunan \square 32 x 32 beban tipe B.....	73
Tabel 4.53	Penurunan \triangle 32 x 32x32 beban tipe A.....	73
Tabel 4.54	Penurunan \triangle 32 x 32x32 beban tipe B.....	73
Tabel 5.1	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang “mini pile” tunggal.....	81
Tabel 5.2	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan “mini pile” tunggal Berdasarkan bentuk tiang	85
Tabel 5.3	Daya dukung dan penurunan kelompok tiang beban tipe A.....	89
Tabel 5.4	Daya dukung dan penurunan kelompok tiang beban tipe A berdasarkan dimensi tiang.....	92

DAFTAR NOTASI

- Ay_1 = nilai peralihan elastis pada tengah segmen.
- τ = gaya geser/transfer beban = rasio.
- A_p = luas penampang tiang.
- B = lebar pondasi.
- B_g = lebar kelompok tiang.
- D = diameter tiang.
- D_f = kedalaman pondasi.
- E = modulus elastisitas bahan.
- E_g = efisiensi kelompok tiang.
- E_s = modulus elastisitas tanah.
- FK = faktor keamanan.
- I = faktor pengaruh.
- k_s = modulus reaksi tanah dasar.
- L = panjang tiang.
- m = jumlah kolom.
- n = jumlah baris.
- nr = jumlah tiang rencana.
- nt = jumlah tiang teoritis.
- N = harga rata-rata N-SPT dibawah kaki pondasi tiang.
- p = keliling tiang.
- q = tekanan pada dasar pondasi.

- q_u = kuat geser tanah.
- Q_u = daya dukung ijin.
- Q_{mid} = distribusi beban pada tengah segmen.
- Q_p = tahanan ujung tiang.
- Q_s = daya dukung selimut/gesek tiang.
- Q_u = daya dukung ultimit.
- s = jarak antar tiang.
- S = penurunan tiang tunggal.
- S_g = penurunan kelompok tiang.
- V = beban aksial tiang.
- V_{tot} = beban aksil total tiang.
- y_p = peralihan pada ujung tiang.

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung dan penurunan kelompok “mini pile”
- Lampiran 2 Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung dan penurunan kelompok “mini pile”
- Lampiran 3 Laporan hasil penyelidikan tanah kampus Universitas Semarang
- Lampiran 4 Brosur “mini pile” PT. Geonika Utamalima

Intisari

Perkembangan struktur bangunan bagian atas yang begitu pesat harus diimbangi pula dengan struktur bangunan bagian bawah/pondasi yang sesuai, sehingga pondasi mampu mendukung beban-beban yang bekerja. Untuk bangunan-bangunan sederhana (< 3 lantai) dengan daya dukung tanah baik terletak cukup dalam digunakan pondasi “mini pile”. Pondasi “mini pile” merupakan rekayasa pondasi tiang ukuran standart (“standart pile”) dengan dimensi yang lebih kecil. Analisis daya dukung “mini pile” mempelajari kemampuan pondasi “mini pile” mendukung beban yang bekerja. Prinsip perhitungan pondasi “mini pile” mempunyai kesamaan/identik dengan pondasi “standart pile”.

Metode “Coyle ~ Reese” merupakan metode pendekatan untuk memperhitungkan pergerakan aksial pondasi tiang pancang yang dibebani secara aksial, dengan pertimbangan bahwa beban akan dialihkan ke tanah sekelilingnya, sehingga tanah maupun tiang pancang akan mengalami deformasi. Penggunaan grafik peralihan tiang terhadap rasio perpindahan beban pada kuat geser tanah sangat menentukan hasil yang didapat.

Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan tiang pancang tunggal dengan metode “Coyle ~ Reese” yang optimal terjadi pada y_p akhir 0,75 cm. Pertambahan panjang tiang akan memperbesar nilai daya dukung dan penurunan, dan pertambahan luas penampang tiang juga akan memperbesar nilai daya dukung tetapi penurunan yang terjadi semakin kecil. Pada analisis perhitungan kelompok tiang tidak selalu identik dengan analisis pada tiang tunggal, karena dipengaruhi oleh efisiensi dan jumlah tiang yang digunakan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh pondasi. Pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah atau batuan yang terletak di bawahnya.

Pesatnya perkembangan teknologi bidang konstruksi dan semakin sempitnya lahan untuk mendirikan suatu bangunan menjadikan kecenderungan pembangunan gedung berkembang ke arah vertikal. Dengan munculnya berbagai macam struktur bangunan bertingkat dan beraneka ragamnya kondisi tanah, maka dibutuhkan suatu pondasi yang sesuai dengan karakteristik tanah dan cukup kuat untuk menahan beban konstruksi tersebut. Berdasarkan hal itu, maka perencanaan suatu pondasi perlu memperhatikan adanya sistem gaya yang bekerja, kapasitas dukung struktur pondasi terhadap gaya yang bekerja, maupun kapasitas dukung tanah untuk menahan gaya yang disalurkan oleh pondasi.

Tiang pancang dipergunakan sebagai pondasi suatu konstruksi bangunan apabila tanah dasar di bawah konstruksi bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (" bearing capacity ") yang cukup untuk memikul berat konstruksi dan

bebannya, atau apabila tanah keras yang mempunyai daya dukung cukup untuk memikul berat konstruksi bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam (Sardjono, 1991).

Untuk mengatasi kurang kuatnya pondasi dangkal mendukung beban suatu struktur bangunan sederhana yang didirikan di atas tanah yang daya dukungnya kurang baik, dan pemakaian pondasi tiang pancang ukuran standart dirasa kurang ekonomis maka salah satu alternatif yang ditawarkan adalah penggunaan pondasi tiang pancang dengan tiang mini atau “mini pile” yang dianggap cukup kuat dan ekonomis.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka tugas akhir ini mengambil judul “Studi Kasus Analisis Daya Dukung Pondasi Mini Pile Dengan Metode Coyle~Reese Pada Proyek USM Semarang”.

1.2 Permasalahan

Pengujian sondir pada proyek pembangunan gedung auditorium dan perpustakaan USM, Semarang menunjukkan bahwa rata-rata nilai “conus resistance” dari permukaan hingga kedalaman -3 m berkisar antara $10-15 \text{ kg/cm}^2$. Semakin kedalam hingga kedalaman -5 m nilai “conus resistance” terjadi peningkatan, namun peningkatannya tidak seberapa. Hingga mata conus mencapai kedalaman -20 m belum terdapat nilai conus $> 200 \text{ kg/cm}^2$, ini berarti bahwa sampai kedalaman -20 m belum terdapat tanah yang keras/ cadas.

Berdasarkan hasil pengujian sondir tersebut maka dibutuhkan suatu pondasi yang cukup efektif mendukung berat konstruksi beserta beban yang

bekerja. Alternatif pondasi dalam yang dipilih adalah pondasi tiang pancang beton bertulang dengan tiang jenis “mini pile” yang dipancang sedalam 18 m.

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah menganalisis daya dukung pondasi tunggal “mini pile” dengan metode “Coyle and Reese”, dan daya dukung kelompok tiang serta penurunan yang terjadi pada proyek USM Semarang.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penyusunan tugas akhir ini adalah memberikan pemahaman mengenai penggunaan pondasi tiang pancang “mini pile” pada suatu konstruksi bangunan dengan daya dukung yang optimal berdasarkan metode “Coyle and Reese”.

1.5 Keaslian

Sejauh pengetahuan penyusun analisa daya dukung pondasi tiang pancang “mini pile” belum pernah dibahas dalam tugas akhir mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, sehingga tingkat keaslian tugas akhir ini dapat dipertanggung jawabkan.

1.6 Metodologi

Metode yang dipergunakan dalam penyusunan tugas akhir ini ialah studi kasus mengenai daya dukung pondasi tiang pancang “mini pile” dengan metode “Coyle and Reese”.

Secara garis besar langkah-langkah penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengamatan pelaksanaan pemancangan “mini pile”,
2. Mengumpulkan data-data pendukung yang diperlukan,
3. Mempelajari beberapa pustaka mengenai pondasi tiang pancang,
4. Menghitung daya dukung pondasi “mini pile” dengan metode tersebut di atas untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Untuk lebih riilnya permasalahan yang akan dibahas, digunakan data dari proyek pembangunan gedung auditorium dan perpustakaan USM Semarang dan data pendukung yang dirasa kurang untuk analisis diambil dari landasan teori yang ada.

1.7 Batasan masalah

Mengingat sangat kompleknya permasalahan dalam perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang, dan porsi pendidikan sarjana strata satu, maka tugas akhir ini dibatasi pada batasan masalah sebagai berikut:

1. Data karakteristik tanah adalah tanah pada proyek pembangunan gedung auditorium dan perpustakaan USM Semarang,
2. Digunakan tiang pancang beton bertulang K-300 dengan penampang berbentuk segi empat dan segi tiga sama sisi,
3. Gaya yang bekerja berupa gaya aksial dan tidak diperhitungkan gaya lateral serta momen,
4. Beban yang bekerja dianggap beban statis,

5. Faktor gempa tidak di perhitungkan,
6. Sambungan antar tiang pancang tidak diperhitungkan,
7. Beban aksial yang dipakai adalah beban rencana pada proyek pembangunan USM, Semarang,
8. Formasi dengan tiang miring tidak diperhitungkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Suatu struktur bangunan pada umumnya dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu struktur bangunan yang terletak di atas muka tanah (dapat dilihat secara visual) dan struktur bangunan yang terletak di bawah muka tanah (tidak dapat dinyatakan secara visual), struktur bangunan inilah yang disebut sebagai pondasi (K. Basah Suryolelono, 1994).

Proyek USM Semarang didirikan pada tanah dengan lapisan tanah keras terletak pada kedalaman > -20 m. Menurut S. Sosarodarsono dan K. Nakazawa, bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 20 meter di bawah permukaan tanah, maka pada kondisi ini, tergantung dari penurunan yang diijinkan, dapat dipakai pondasi tiang apung ("floating pile foundation"). Untuk menghindari terjadinya penurunan yang berlebihan, biasanya digunakan pondasi tiang pancang ("pile driven foundation"). Pada proyek pembangunan gedung dan auditorium USM Semarang alternatif yang dipilih adalah pemakaian pondasi tiang pancang dengan menggunakan tiang "mini pile".

2.2 Pondasi “Mini Pile”

Menurut K. Basah Suryolelono untuk bangunan sederhana (berlantai < 3) atau beban ringan dengan tanah dasar pondasi baik atau letak tanah keras relatif dangkal < 2,00 m, maka dapat digunakan pondasi dangkal. Apabila letak tanah keras pada kedalaman yang cukup besar dari muka tanah (> 5 m) maka diperlukan pemakaian pondasi dalam.

Proyek USM Semarang merupakan suatu bangunan sederhana berlantai dua dengan letak tanah dasar yang memiliki kuat dukung tinggi terdapat pada kedalaman yang cukup besar. Untuk mengantisipasi pemakaian pondasi dangkal yang dirasa kurang aman terhadap penurunan dan pemakaian pondasi tiang pancang ukuran standart dirasa kurang efisien dan ekonomis, maka sebagai salah satu alternatif yang ditawarkan adalah pemakaian pondasi tiang pancang dengan tiang mini atau “mini pile” (PT.Adhi Karya).

Pondasi “mini pile” merupakan modifikasi pondasi tiang pancang beton pracetak atau tiang bor, baik berupa beton bertulang (“precast reinforced concrete pile”) maupun beton prategang (“precast prestressed concrete pile”) yang dibuat dengan dimensi kecil atau lebih kecil dari tiang ukuran standart (PT. Geonika Utamalima).

“Precast Rainforced Concrete Pile” adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (“bekisting”), kemudian setelah cukup keras diangkat dan dipancangkan. Tiang pancang ini dapat memikul

beban yang besar (lebih besar dari 50 ton untuk setiap tiang), hal ini tergantung dari dimensinya (Sardjono,1991).

Sedangkan menurut Bowles, 1991, "Precast Prestressed Concrete Pile" adalah tiang pancang yang dibentuk dengan menekan baja berkekuatan tinggi yakni yang mempunyai f_{ult} sebesar 1705 ~ 1860 Mpa, dengan mempertegangkan kabel-kabel ke suatu nilai pada orde 0,5 ~ 0,7 f_{ult} , serta dengan tiang pancang beton disekitar kabel tersebut. Bila beton mengeras, maka kabel-kabel prategang dipotong dengan gaya tegangan di dalam kabel yang menghasilkan tegangan tekan dengan tiang pancang beton sewaktu baja tersebut mencoba kembali kepanjang tak teregang ("unstretched length").

Dengan dimensi "mini pile" yang kecil, maka luas penampang dan volume beton sebagai bahan tiang tersebut juga akan relatif kecil, selain itu dalam hal pengangkutan, jumlah "mini pile" yang terangkut dalam satu trailer akan lebih banyak dibandingkan tiang pancang ukuran standart. Berdasarkan hal tersebut di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan "mini pile" dapat dilakukan penekanan biaya pada bahan baku pembuatan tiang maupun transportasi tiang tersebut. Karena dimensinya yang relatif kecil "mini pile" dapat disetel di tempat secara kompak dan ringan, juga dapat dibongkar kembali secara mudah sehingga mampu dikerjakan sewaktu-waktu (PT.Adhi Karya).

Berdasarkan brosur penawaran PT. Geonika Utamalima, Semarang tiang pancang "mini pile" yang diproduksi ialah tiang pancang jenis "precast reinforced

concrete pile” dan “precast prestressed concrete pile” dengan bentuk dan ukuran berikut :

1. Penampang segitiga \triangle (32x32x32 cm).
2. Penampang segitiga \triangle (28x28x28 cm).
3. Penampang bujur sangkar \square (20x20 cm).

dengan panjang standart yang tersedia 3 dan 6 m.

Ujung tiang diberi pelat baja dengan ketebalan ± 5 mm yang menyatu dengan tulangan tiang, sehingga jika panjang tiang yang dibutuhkan melebihi panjang tiang standart yang ada, maka dilakukan penyambungan dengan las listrik dan setelah itu dilapisi dengan aspal untuk mencegah korosi.

Pemancangan “mini pile” pada proyek USM, Semarang dilakukan dengan menggunakan “diesel hammer” tipe Kobe K13. Pada dasarnya “mini pile” dapat juga dipancang dengan menggunakan “drop hammer” maupun dengan metode pemancangan lainnya.

2.3 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Cecep Suntiyo dan Sujarwo dengan penulisan mengenai “Studi Kasus Analisis Daya Dukung Pondasi “Micropiles” Pada Struktur Menara Saluran Transmisi 150 kV Kudus – Pati Propinsi Jawa Tengah”. Pondasi “micropile” kebanyakan dipakai pada proyek pembangunan menara saluran transmisi, namun penggunaan pondasi “micropile” pada dasarnya adalah untuk mendukung bangunan dengan beban ringan pada kondisi tanah tertentu, dimana lapisan tanah

keras sangat dalam dan kedalaman tanah keras tidak teratur. Berdasarkan hal tersebut maka studi kasus mengenai “micropile” ini dipergunakan sebagai salah satu literatur dalam menganalisis daya dukung pondasi “mini pile” pada proyek pembangunan gedung auditorium dan perpustakaan USM Semarang.

Badarudin dan Yuska Herbiantoro menulis tentang “Studi Komparasi Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode T-Z Dan Metode Terzaghi”. Studi komparasi ini membandingkan kapasitas dukung tiang pancang beton sebagai tiang tunggal yang dianalisis menggunakan Metode Terzaghi dan Metode T-Z atau Metode Coyle ~ Reese. Studi ini menyimpulkan bahwa dengan menggunakan Metode T-Z menghasilkan kapasitas dukung yang optimal di bandingkan dengan Terzaghi. Oleh karena itu dalam menganalisis daya dukung pondasi “mini pile” pada proyek USM Semarang ini dipergunakan Metode T-Z atau Metode Coyle ~ Reese tersebut untuk memperoleh hasil yang optimal.

BAB III

LANDASAN TEORI

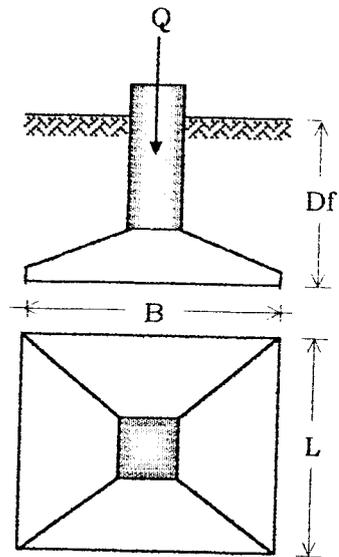
3.1 Umum

Pondasi suatu bangunan adalah konstruksi bawah yang meneruskan semua beban konstruksi di atasnya ke tanah pendukung atau merupakan elemen penghubung antara konstruksi atas dengan tanah (Bowles J.E, 1991). Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka keruntuhan tanah akan terjadi, hal tersebut akan menyebabkan kerusakan konstruksi yang berada di atas pondasi.

Struktur bangunan pondasi sangat tergantung pada kemampuan dukung tanahnya (berhubungan dengan beban yang bekerja) dan letak kedalaman tanah baik, yang dapat diklasifikasikan sebagai berikut ini.

1. Pondasi telapak (pondasi dangkal, "shallow foundation", "spread foundation")

Jenis ini dijumpai jika tanah dasar mempunyai kuat dukung yang tinggi sehingga mampu menerima beban berat yang bekerja dan letak tanah baik relatif dangkal $< 2,00$ m. Biasanya bentuk ini digunakan bilamana $D_f / B < 4$ dengan D_f adalah kedalaman dasar pondasi dan B adalah lebar tersempit dari dasar pondasi (K. Basah Suryolelono, 1994).

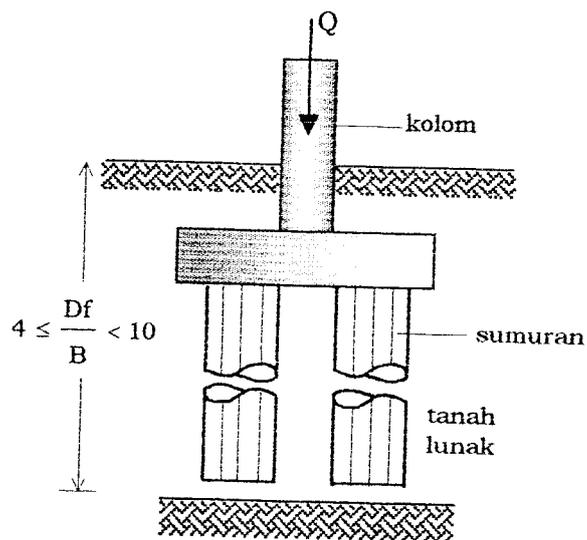


Gambar 3.1 Pondasi Telapak

2. Pondasi Agak Dalam (Pondasi Sumuran)

Pondasi ini digunakan bila beban yang bekerja pada struktur pondasi cukup berat dan letak tanah dasar pondasi dengan kuat dukung tinggi pada kedalaman relatif dalam. Biasanya dinyatakan dalam hubungan sebagai berikut:

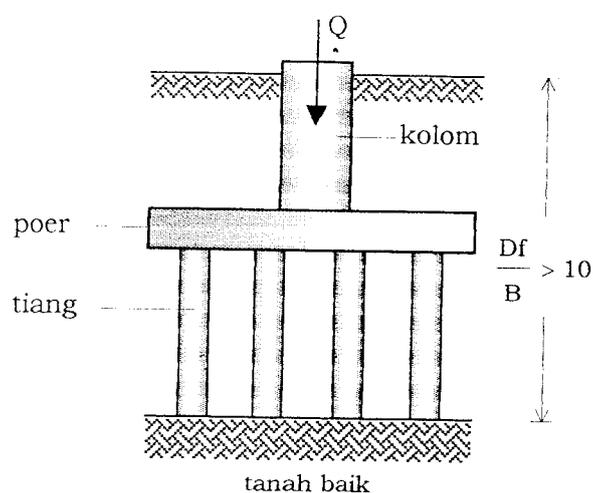
$$4 \leq \frac{D_f}{B} < 10 \quad (3.1)$$



Gambar 3.2 Pondasi Sumuran

3. Pondasi Dalam (Pondasi Tiang)

Pondasi ini digunakan bila letak tanah baik sangat dalam ($D_f / B \geq 10$) dan di atas lapisan tanah ini dijumpai lapisan tanah dengan kuat dukung rendah (lunak, humus/organik atau biasa disebut "peat"). Jadi selain tanah baik mendukung beban yang bekerja, juga struktur tiang harus mampu menerima beban yang mengakibatkan lentur dan tarik. Bentuk tampang tiang dapat berupa lingkaran, segi empat dan segi tiga (K. Basah Suryolelono, 1994).



Gambar 3.3 Pondasi Tiang

3.2 Pondasi Tiang Pancang

3.2.1 Pengertian pondasi tiang pancang

Pondasi tiang pancang adalah pondasi yang dipergunakan jika bagian atas dari tanah begitu lembek, sehingga tidak cukup kuat untuk memikul bangunan dengan memakai pondasi langsung maupun pondasi pelat (Wesley, 1977).

Pondasi tiang pancang dapat digunakan pula untuk menahan gaya angkat akibat tingginya muka air tanah dan gaya gempa. Pada tanah lunak penggunaan pondasi tiang umumnya untuk menghindari penurunan berlebih dan penggunaan tiang miring adalah untuk menahan gaya lateral.

Tiang pancang memiliki keuntungan karena dapat dilaksanakan dengan cepat, kualitas bahan lebih terkontrol dan dapat dilaksanakan atau dipancang pada daerah berair. Tetapi kelemahannya ialah dapat menimbulkan getaran yang mengganggu lingkungan.

Tiang merupakan bagian struktur dengan penampang melintang yang kecil dibanding tingginya, dan biasanya dipancang dengan menggunakan “hammer” atau “vibrator”. Tiang sering digabungkan menjadi satu dengan tiap kelompok terdiri dari beberapa tiang untuk mendukung beban.

3.2.2 Jenis pondasi tiang pancang

Berbagai jenis pondasi tiang yang digunakan dalam konstruksi pondasi sangat tergantung pada beban yang bekerja pada pondasi tersebut selain tersedianya bahan yang ada, juga cara-cara pelaksanaan pemancangannya.

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai jenis tiang pancang yang ada maka tiang pancang dapat dibedakan berdasarkan berbagai hal sebagai berikut :

a. Cara tiang meneruskan beban

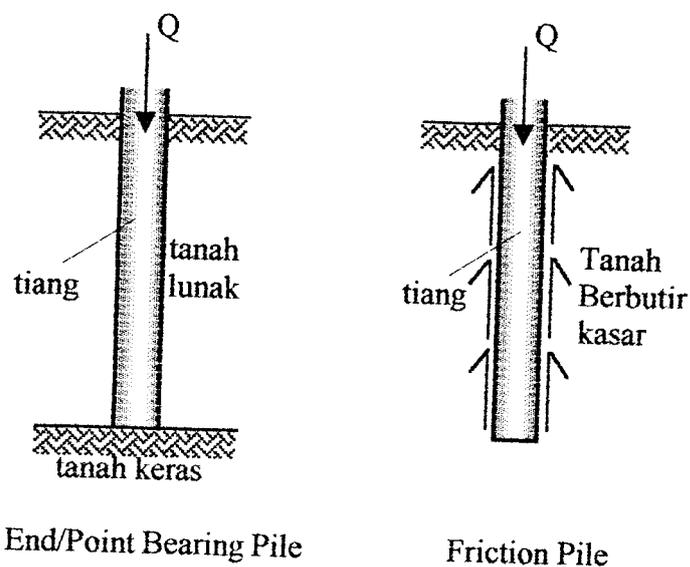
Tipe tiang dapat dibedakan terhadap cara tiang meneruskan beban yang diterimanya ke tanah dasar pondasi. Hal ini tergantung juga pada jenis tanah dasar pondasi yang akan menerima beban yang bekerja.

1. "Point Bearing Pile" ("End Bearing Pile")

Bilamana ujung tiang mencapai tanah keras atau tanah yang baik dengan kuat dukung tinggi, maka beban yang diterima tiang akan diteruskan ke tanah dasar pondasi melalui tahanan ujung tiang.

2. "Friction Pile"

Bila tiang dipancang pada tanah dengan nilai kuat gesek tinggi, maka beban yang diterima tiang akan diteruskan ke tanah melalui geseran kulit ("skin friction").



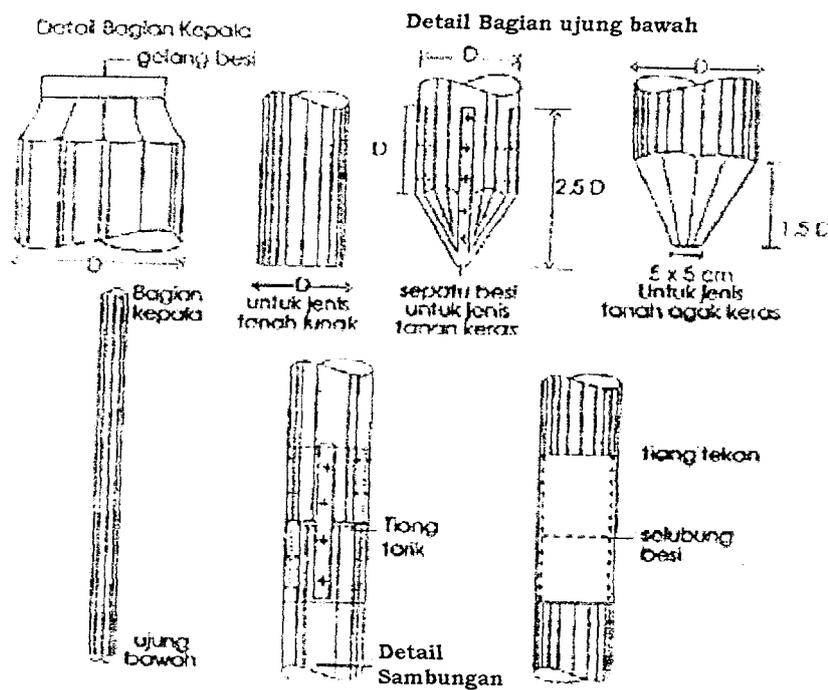
Gambar 3.4 Tipe tiang pancang berdasarkan tiang meneruskan beban ke tanah dasar pondasi

b. Bahan tiang pancang

Sesuai dengan beban yang bekerja pada tiang (berat/ringan), maka jenis tiang dapat dibedakan terhadap bahan yang digunakan untuk membuat tiang. Berbagai jenis tiang didasarkan pada bahan pembentuknya dapat dijelaskan seperti di bawah ini.

1. Tiang pancang kayu

Tiang pancang kayu dibuat dari batang pohon yang cabang-cabangnya telah dipotong dengan hati-hati dan biasanya diberi bahan pengawet dan didorong dengan ujungnya yang kecil sebagai bagian yang runcing yang dapat dilengkapi dengan sebuah sepatu pemancangan logam apabila tiang pancang harus menembus tanah keras atau tanah berkerikil (Bowles, 1991).



Gambar 3.5 Tiang pancang kayu

Umumnya tiang pancang kayu yang digunakan berdiameter 15 ~ 25 cm dan panjang terbatas 6 ~ 8 m. Kuat dukung tiang umumnya tidak begitu besar sesuai dengan klasifikasi jenis kayu yang digunakan dan berkisar antara 0,15 ~ 0,25 kN (K. Basah Suryolelono, 1994).

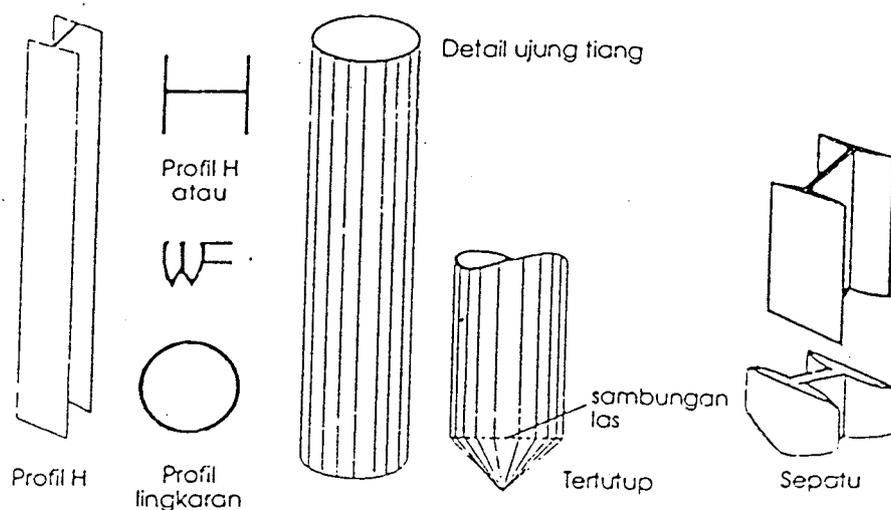
2. Tiang pancang baja

Umumnya digunakan dengan bentuk tampang tiang merupakan profil H

WF atau pipa berlubang maupun tertutup ujung-ujungnya. Jenis tiang ini mempunyai banyak keuntungan, antara lain :

- Lebih mudah dipancang, disebabkan tiang mempunyai luas tampang yang kecil dibanding jenis tiang yang lain sehingga lebih mudah masuk ke dalam tanah akibat beratnya sendiri,
- Mudah disambung bilamana diperlukan panjang tiang yang cukup besar untuk mencapai kedalaman tiang yang diinginkan. Sistem sambungan dapat berupa sambungan las maupun baut sesuai dengan kebutuhan,
- Untuk menembus jenis-jenis tanah keras ujung tiang diperkuat dengan memberi sepatu agar tidak mudah rusak.

Sedangkan salah satu kerugian tiang pancang baja adalah adanya korosi yang disebabkan oleh proses ionisasi tanah yang bersifat asam (daerah rawa-rawa atau tanah organik) atau tanah yang mengandung bahan-bahan lain yang bersifat korosif (K. Basah Suryolelono, 1994).

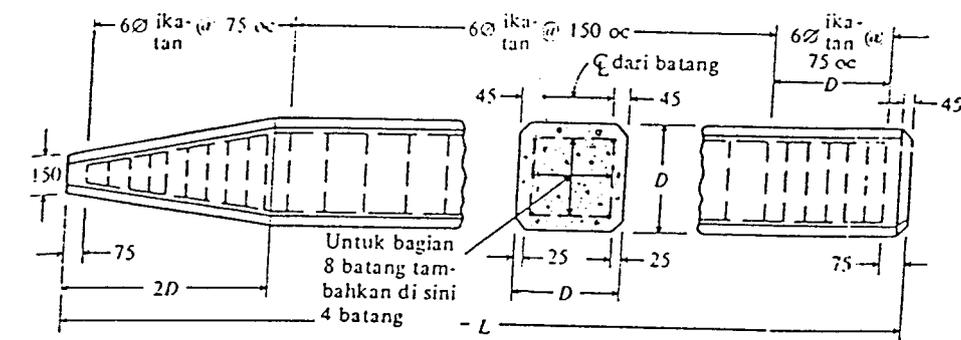


Gambar 3.6 Tiang pancang baja

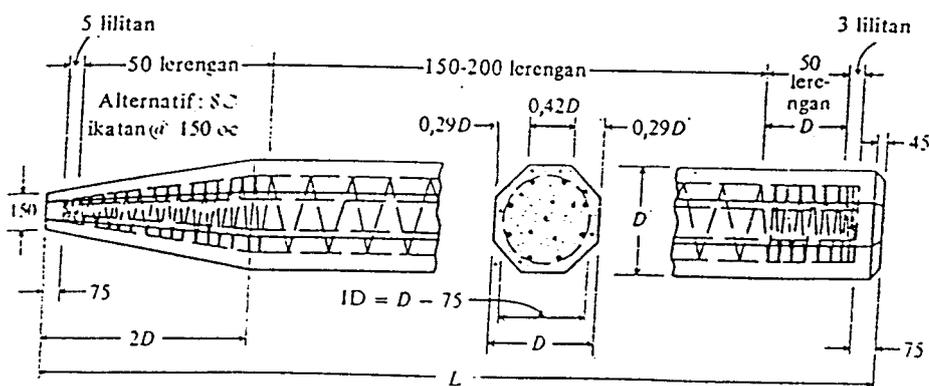
3. Tiang pancang beton

Jenis tiang ini mulai dikembangkan setelah teknologi beton bertulang teknologi bahan mengalami perkembangan pesat, mulai jenis tiang dengan konstruksi beton bertulang yang dibuat secara konvensional sampai dengan konstruksi beton bertulang “prestress / post tension”. Tujuannya adalah meningkatkan kemampuan dari tiang beton (K. Basah Suryolelono, 1994).

Penampang tiang beton biasanya berbentuk lingkaran, persegi empat, segitiga, dan oktagonal. Pada proses pembuatannya tiang beton dapat dicor terlebih dahulu, dicor ditempat proyek, atau dari konstruksi gabungan.



Tiang pancang bujur sangkar



Tiang pancang segi delapan

Kawat spiral

D, mm	400	500	600
U.S bar	#5	#4	#3
SI bar	15	10	10

mm

6∅ = 6 mm diameter

Gambar 3.7 Tiang pancang beton

4. Tiang Komposit

Tiang Komposit adalah tiang pancang dimana bagian atas dan bawahnya terdiri dari dua bahan yang berbeda yang bekerja bersama-sama sehingga merupakan satu tiang. Sebagai contoh, tiang pancang yang dibuat dari baja dan beton atau kayu dan beton.

Tiang baja beton terdiri dari baja pada bagian bawah dan beton “cast in place” pada bagian atasnya. Tipe tiang ini adalah salah satu jenis yang biasa digunakan bila panjang tiang dibutuhkan untuk mencapai daya dukung yang kapasitasnya melebihi tiang pancang beton “cast in place”.

Tiang kayu beton biasanya terdiri dari tiang pancang kayu untuk bagian yang di bawah muka air tanah sedangkan bagian atas adalah beton. Dalam beberapa kasus, terjadi kesulitan pada sambungan yang baik antara dua material yang berbeda, sehingga tiang komposit tidak dipergunakan secara luas (Braja M. Das, 1990).

c. Cara pembuatan tiang

Berdasarkan cara pembuatan tiang diperoleh berbagai jenis/tipe tiang yang digunakan. Dua metode dalam pembuatan tiang, memberikan perbedaan dalam cara pelaksanaan pemancangan tiang, yaitu “precast pile” (tiang dibuat ditempat lain) dan tiang “cast in place” (tiang dibuat ditempat). Untuk lebih jelasnya kedua metode ini akan diterangkan sebagaimana dibawah ini.

1. “Precast Pile”

Pada umumnya jenis tiang ini dibuat di tempat lain atau dibuat di pabrik (“prefabricated pile”), hanya saja panjang tiang terbatas sesuai dengan alat

transport yang ada (“trailer”), untuk kedalaman yang cukup besar biasanya tiang ini diperlukan penyambungan.

Jenis tiang beton ini baru dipancang setelah ± 28 hari dari waktu pembuatan (untuk beton konvensional), sedangkan untuk beton yang menggunakan bahan tambah/“additive”, waktu dapat lebih dipersingkat.

2. “Cast in place pile”

Pada prinsipnya adalah membuat lubang di dalam tanah dan mengisinya dengan beton. Ada beberapa jenis tiang yang dibuat dengan metode ini, antara lain sebagai berikut:

a) Tiang beton tanpa kulit baja

- Jenis tanah dasar pondasi tidak mudah runtuh

Jenis ini dilakukan dengan cara membuat lubang kedalam tanah dan tanah dikeluarkan dari lubang tersebut, setelah itu tulangan dimasukkan dan selanjutnya dilakukan pengecoran.

- Jenis tanah dasar pondasi mudah runtuh

Digunakan pipa baja yang terbuka ujungnya dan dipancang kedalam tanah. Tanah dalam pipa dikeluarkan dan selanjutnya tulangan dimasukkan, baru dicor dengan beton. Bersamaan dengan pelaksanaan pengecoran beton pipa baja dicabut.

b) Tiang beton dengan kulit baja

Jenis tiang ini tidak tergantung pada jenis tanah dasar pondasi. Asal pipa baja yang bekerja sebagai tiang atau bekerja sebagai tulangan luar nantinya dapat

masuk ke dalam tanah. Berbagai metode pelaksanaan jenis tiang ini antara lain

- Pipa baja dengan ujung terbuka dipancang ke dalam tanah. Tanah dari dalam pipa dikeluarkan dengan alat bor, dikeruk atau semprotan air dan udara, baru setelah itu dilakukan pengecoran.
- Pipa baja dengan ujung tertutup dipancang ke dalam tanah. Bentuk tutup dapat berupa kerucut yang menjadi satu dengan pipa baja atau blok beton yang bekerja sebagai tutup pipa baja diujungnya. Setelah mencapai kedalaman yang diinginkan baru dilakukan pengecoran.

c) Tiang ulir

Jenis tiang ini sebenarnya sebagai tiang baja, hanya saja dibagian ujung diberi ulir untuk memudahkan didalam pelaksanaan pemancangan.

3.2.3 Pondasi tiang pancang “mini pile”

Pondasi “mini pile” pada dasarnya merupakan rekayasa pondasi tiang pancang atau tiang bor yang di modifikasi sedemikian rupa sehingga memiliki dimensi yang kecil, dapat berupa beton bertulang maupun beton prategang. Dimensi yang kecil tersebut dapat dilihat dari luas penampang yang dimilikinya. Dibandingkan dengan pondasi tiang pancang ukuran standart luas penampang pondasi tiang “mini pile” lebih kurang setengahnya, sedangkan jika dibandingkan dengan pondasi “micro pile” memiliki luas penampang yang hampir sama, namun berbeda dalam penggunaannya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Perbandingan antara “Standart Pile”, “Mini Pile”, “Micro Pile”

	Standart Pile	Mini Pile	Micro Pile
Diameter (mm)	> 250	200 ~ 320	< 250
Bahan	Kayu, Baja, Beton, Komposit	Beton	Steel Mortar Composite
Cara Pembuatan	Pracetak, Cast In Place	Pracetak, Cast In Place	Cast In Place
Cara Pemancangan	Metode Pukulan, Getaran	Metode Pukulan, Getaran	Metode Pukulan, Getaran, Injeksi
Transfer Beban	Friction, End Bearing, Friction dan End Bearing	Friction, End Bearing, Friction dan End Bearing	Friction
Penggunaan	Bangunan Tingkat Tinggi	Bangunan Sederhana (< 3 lantai) dengan tanah baik sangat dalam	Menara Saluran Transmisi

Catatan : Data karakteristik “mini pile” diambil dari brosur PT. Geonika Utamalima, Semarang.

Seperti halnya dengan pondasi tiang pancang lainnya, maka pondasi “mini pile” dalam menerima beban tidak bekerja sebagai tiang tunggal melainkan sebagai kelompok tiang yang disatukan oleh “pile cap”. Besarnya “pile cap” tergantung pada formasi, jumlah, dan jarak antar tiang yang direncanakan.

Karena pada dasarnya “mini pile” memiliki karakteristik dan prinsip kerja yang sama dengan tiang pancang beton biasa, maka untuk menghitung kapasitas dukung “mini pile” sebagai tiang tunggal dan kelompok, formasi tiang, efisiensi kelompok tiang, dan “settlement” yang terjadi dapat digunakan rumus-rumus

perhitungan seperti yang diterapkan pada tiang pancang beton pracetak ukuran standart. Rumus-rumus yang dipakai diuraikan pada sub bab di bawah ini.

3.3 Daya Dukung Pondasi “Mini Pile” Dengan Metode “Coyle ~ Reese”

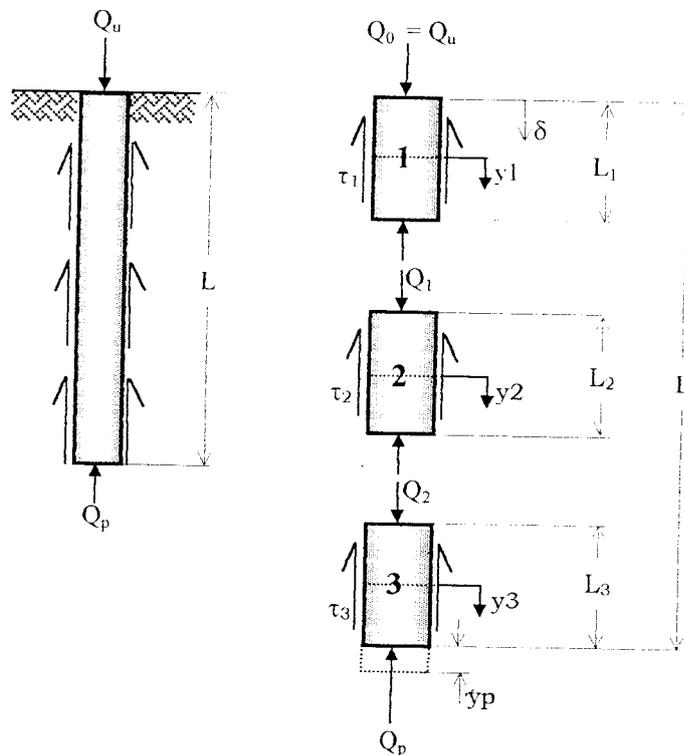
3.3.1 Umum

Metode Coyle ~ Reese merupakan metode pendekatan yang digunakan untuk memperhitungkan pergerakan aksial dari suatu pondasi tiang yang dibebani secara aksial. Perilaku pondasi tiang yang dibebani secara aksial dapat dijelaskan secara rasional berdasarkan pertimbangan terhadap bagaimana beban dapat dialihkan ke tanah di sekelilingnya. Dimana tanah maupun tiang pancang merupakan material yang dapat mengalami deformasi dan proses pengalihan beban tergantung pada besarnya deformasi atau perpindahan.

Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa kepala tiang pancang mengalami peralihan secara vertikal pada saat dibebani. Peralihan ini terjadi baik sebagai akibat perpendekan elastis, penurunan ujung tiang atau keduanya. Tanah memberikan perlawanan ujung geser sepanjang selimut dan tahanan ujung sesuai dengan penetrasi tiang kedalam tanah.

3.3.2 Prosedur analisis

Untuk menganalisis kapasitas dukung pondasi tiang pancang berdasarkan metode Coyle ~ Reese, tiang pancang dibagi dalam beberapa segmen dengan gaya-gaya yang bekerja pada masing-masing segmen seperti pada gambar 3.8. Analisis dilakukan untuk menentukan besarnya beban (Q_u) terhadap defleksi (δ) di kepala tiang pancang.



Gambar 3.8 Pembagian segmen dari tiang yang dibebani secara aksial

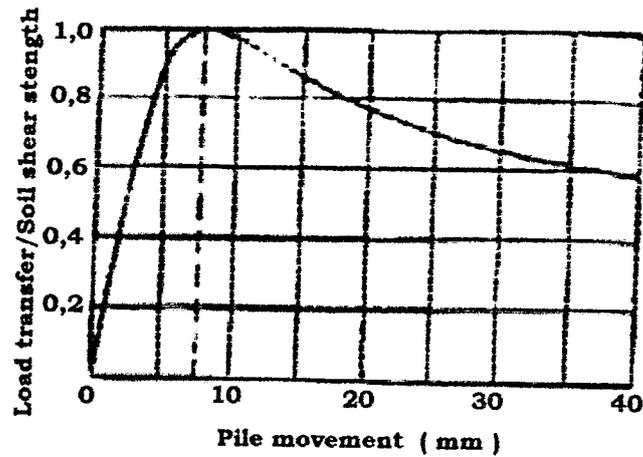
Prosedur analisis berdasarkan metode Coyle ~ Reese sebagai berikut:

- Pondasi tiang pancang dibagi dalam beberapa segmen, misalnya dibagi menjadi tiga segmen seperti pada gambar 3.8 di atas,
- Asumsikan perpindahan ujung yang kecil y_p (nol boleh digunakan tapi umumnya titik ujung tersebut akan berpindah sejarak tertentu kecuali jika titik ujung ini berada diatas batuan),
- Menghitung tahanan ujung tiang (Q_p), akibat perpindahan ujung tiang yang diasumsikan pada point b),

$$Q_p = A_p k_s y_p \quad (3.2)$$

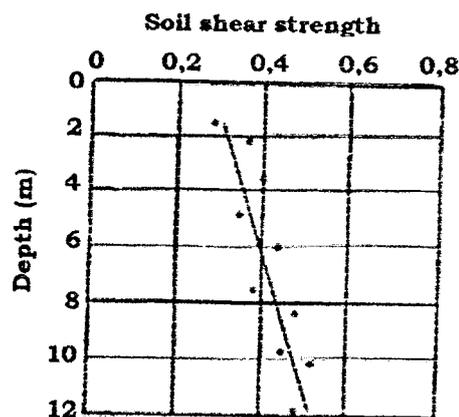
- Menentukan perpindahan rata-rata dari segmen terbawah. Untuk aproksimasi pertama anggaplah pergerakan tersebut y_p ,

- e) Berdasarkan kurva rasio transfer beban dengan kuat geser tanah terhadap perpindahan tiang, maka dengan nilai perpindahan titik tengah segmen terbawah tersebut diatas didapatkan nilai rasio transfer beban/kuat geser tanah.



Gambar 3.9 Rasio transfer beban dengan kuat geser tanah terhadap perpindahan tiang (Sumber : Coyle and Reese, 1966)

- f) Dari kurva kuat geser tanah terhadap kedalaman, dengan memasukkan nilai kedalaman tiang yang dipancang diperoleh kuat geser tanah,



Gambar 3.10 Kurva kuat geser tanah terhadap kedalaman (Sumber : Coyle and Reese, 1966)

- g) Menghitung beban aksial pada pondasi tiang dipuncak segmen terbawah, dengan rumus:

$$Q_2 = Q_p + L_3 \cdot p \cdot \tau \quad (3.3)$$

dimana:

τ = gaya geser/transfer beban pada segmen bawah.

= rasio x kuat geser tanah

Q_2 = Beban aksial pada bagian atas segmen (kg)

Q_p = Tahanan ujung tiang (kg)

L_3 = Panjang segmen terbawah (cm)

p = Keliling pondasi tiang (cm)

- h) Menghitung nilai peralihan elastis pada tengah segmen terbawah dengan rumus:

$$\Delta y_3 = \frac{\frac{Q_{mid} + Q_p}{2} \times \frac{L_3}{2}}{A \cdot E} \quad (3.4)$$

Mengasumsikan variasi linear dari distribusi beban pada segmen-segmen terkecil dengan rumus:

$$Q_{mid} = \frac{Q_2 + Q_p}{2} \quad (3.5)$$

- i) Perpindahan titik tengah segmen yang baru diperoleh dengan

$$y_3 = y_p + \Delta y_3 \quad (3.6)$$

- j) Dengan nilai y_3 yang didapat, bandingkan dengan asumsi yang diambil pada point d). Jika tidak sesuai dan melampaui batas toleransi ulangi langkah dari point d) sampai point j) sampai didapatkan hasil yang mendekati/sesuai,

- k) Apabila batas toleransi tercapai, maka analisis dilanjutkan pada segmen di atasnya dengan mengambil nilai perpindahan yang sama dengan segmen yang telah dianalisis sebelumnya,

Dengan metode Coyle and Reese ini selain didapat daya dukung tiang tunggal juga dapat dengan mudah diperoleh suatu taksiran penurunan tiang pancang tunggal (S) sebagai penjumlahan antara pergeseran–pergeseran dari beberapa segmen tiang pancang dengan pergeseran titik.

$$S = \sum y_i + y_{titik} \quad (3.7)$$

3.3.3 Daya dukung ijin dan faktor keamanan

Daya dukung ijin pondasi tiang (Q_a) untuk beban aksial umumnya diperoleh dengan membagi daya dukung ultimit dengan suatu faktor keamanan baik secara keseluruhan atau dengan masing-masing faktor keamanan pada selimut tiang dan pada tahanan ujungnya.

$$Q_a = \frac{Q_u}{FK} \quad (3.8)$$

$$Q_a = \frac{Q_p}{FK_1} + \frac{Q_s}{FK_2} \quad (3.9)$$

Untuk menentukan faktor keamanan dapat digunakan klasifikasi struktur menurut Pugsley (1966) sebagai berikut :

1. Bangunan monumental, umumnya memiliki umur rencana melebihi 100 tahun. Seperti Monas, Monumen Garuda Wisnu Kencana, Menara Jakarta, jembatan besar, dam lain-lain.

2. Bangunan permanen, umumnya bangunan gedung, jembatan jalan raya, dan jalan kereta api, memiliki umur rencana 50 tahun.
3. Bangunan sementara, umur rencana kurang dari 25 tahun bahkan mungkin hanya beberapa saat selama konstruksi.

Faktor-faktor lain kemudian ditentukan berdasarkan tingkat pengendaliannya pada saat konstruksi.

1. Pengendalian baik, kondisi tanah cukup homogen dan konstruksi didasarkan pada program penyelidikan tanah dengan tingkat profesional, terdapat informasi uji pembebanan di lokasi proyek atau dekat lokasi dan pengawasan konstruksi dilaksanakan ketat.
2. Pengendalian normal, situasi yang paling umum. Hampir sama dengan kondisi di atas hanya saja kondisi tanah bervariasi dan tidak tersedia data pengujian tiang.
3. Pengendalian kurang, tidak ada uji pembebanan, kondisi tanah sulit dan bervariasi, tetapi pengujian tanah dilakukan dengan baik. Pengawasan kurang.
4. Pengendalian buruk, kondisi tanah amat buruk dan sukar ditentukan, penyelidikan tanah tidak memadai.

Untuk beban aksial tarik dianjurkan menggunakan faktor keamanan yang lebih tinggi karena keruntuhan akibat beban tarik umumnya lebih bersifat tiba-tiba. Oleh sebab itu dianjurkan menggunakan faktor keamanan 1,5 x dari tabel di bawah. Berdasarkan kriteria-kriteria diatas maka faktor keamanan dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 3.2 Faktor Keamanan untuk pondasi tiang

Klasifikasi Struktur	Bangunan Monumental	Bangunan Permanen	Bangunan Sementara
Probabilitas kegagalan yang dapat diterima	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}
FK (Pengendalian baik)	2,3	2,0	1,4
FK (Pengendalian Normal)	3,0	2,5	2,0
FK (Pengendalian Kurang)	3,5	2,8	2,3
FK (Pengendalian Buruk)	4,0	3,4	2,8

Sumber : Manual Pondasi Tiang

3.4 Daya Dukung Kelompok Tiang

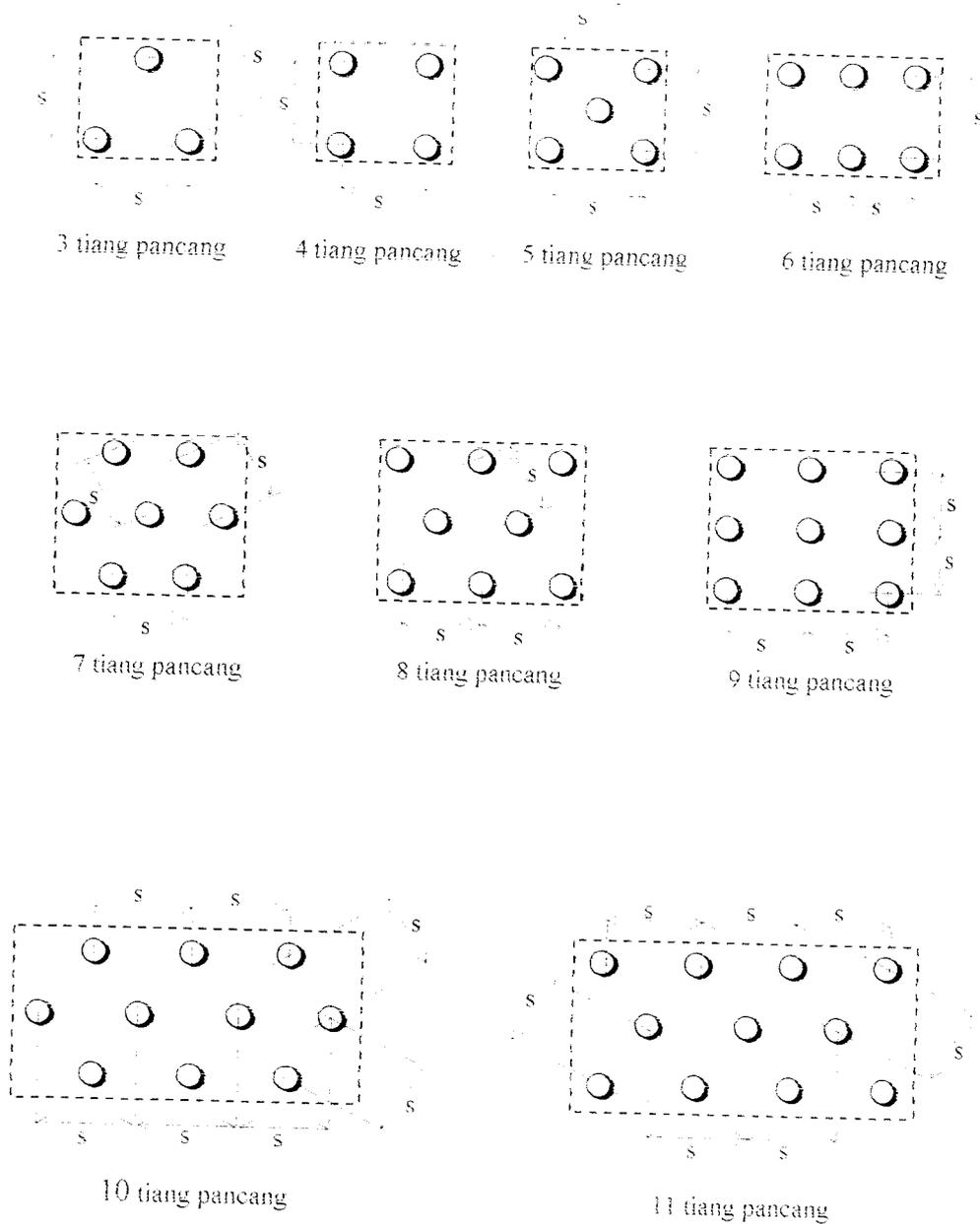
Pada tiang yang berdiameter besar atau untuk beban yang ringan sering digunakan pondasi tiang tunggal untuk memikul kolom atau beban struktur, tetapi lazimnya beban kolom struktur atas dipikul oleh kelompok tiang. Kelompok tiang merupakan kumpulan dari beberapa tiang tunggal yang bekerja sebagai satu kasatuan yang disatukan oleh pelat beton atau biasa dikenal dengan "pile cap".

Kebanyakan peraturan bangunan mensyaratkan jarak minimum antara tiang sebesar 2 kali diameter. Dirjen Bina Marga DPU mensyaratkan jarak antar tiang adalah 2,5 ~ 3,0 kali diameter.

3.4.1 Susunan tiang

Dalam kelompok tiang yang sangat perlu diperhatikan adalah jarak antara tiang, yaitu jika jarak antara tiang makin rapat maka ukuran "pile cap" makin kecil

dan secara tidak langsung biaya menjadi murah, tetapi bila pondasi memikul beban momen maka jarak antar tiang perlu diperbesar agar tahanan tiang juga besar.



Gambar 3.11 Beberapa formasi kelompok tiang

3.4.2 Efisiensi kelompok tiang

Efisiensi kelompok tiang dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya dukung kelompok tiang pancang dengan jumlah daya dukung tiang tunggal dalam satu poer.

$$E_v = \frac{\text{Daya dukung kelompok tiang}}{\text{Jumlah tiang} \times \text{daya dukung tiang tunggal}} \quad (3.10)$$

3.4.3 Daya dukung kelompok tiang pada tanah pasir

Untuk menentukan efisiensi kelompok tiang pada tanah pasir dapat dilakukan dengan beberapa formula seperti tersebut dibawah ini.

1. Formula sederhana

Formula ini didasarkan pada jumlah daya dukung gesekan dari kelompok tiang sebagai satu kesatuan (blok)

$$E_g = \frac{2 \cdot (m + n - 2) \cdot s + 4D}{p \cdot m \cdot n} \quad (3.11)$$

dimana :

m = Jumlah tiang pada deretan baris

D = Diameter sisi tiang

n = Jumlah tiang pada deretan kolom

p = keliling penampang tiang

s = jarak antar tiang

2. Formula Converse-Labarre

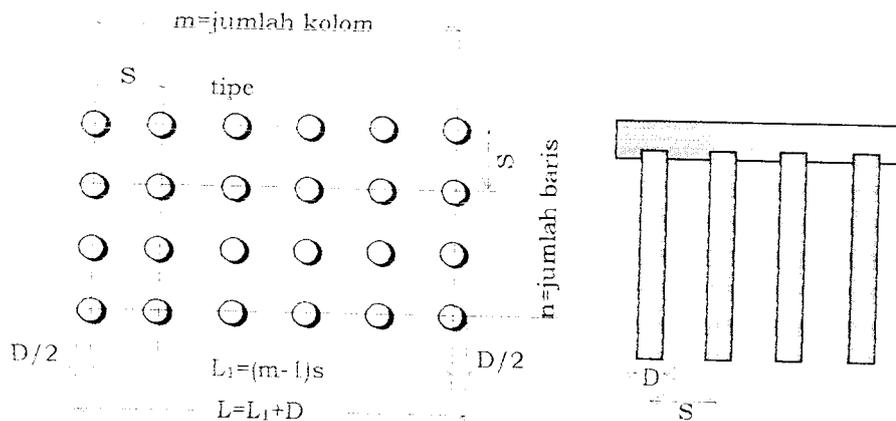
Khusus untuk formasi kelompok tiang pancang yang membentuk empat persegi panjang, maka efisiensi kelompok tiang dapat diperoleh berdasarkan persamaan "Converse-Labarre" sebagai berikut :

$$\eta = 1 - \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \cdot \theta \quad (3.12)$$

Dengan :

$$\theta = \tan^{-1} \frac{D}{s} \quad (3.13)$$

dan besarnya nilai m , n , dan D dapat ditunjukkan dalam gambar 3.12.



Gambar 3.12 Efisiensi tiang pancang kelompok

3. Formula Los Angeles

$$E_g = 1 - \frac{D}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} \left[m(n-1) + n(m-1) + (m-1)(n-1)\sqrt{2} \right] \quad (3.14)$$

dimana besaran-besaran sesuai dengan definisi terdahulu.

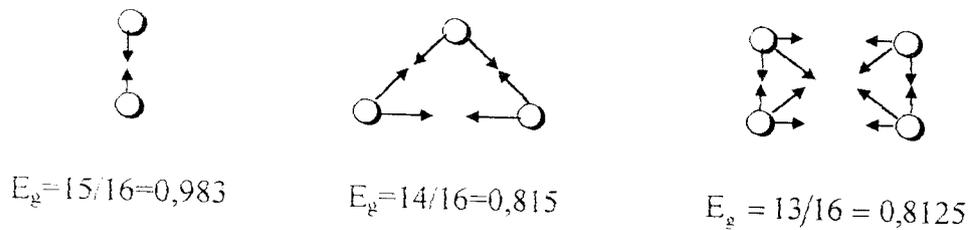
4. Formula Seiler Keeney

$$E_s = \left[1 - \frac{36 \cdot s \cdot (m+n-2)}{(75s^2 - 7)(m+n-1)} \right] + \frac{0,3}{m+n} \quad (3.15)$$

pada formula diatas diambil satuan s dalam meter

5. Formula Feld

Pada metoda ini kapasitas pondasi individual tiang berkurang sebesar $1/16$ akibat adanya tiang yang berdampingan baik dalam arah lurus maupun dalam arah diagonal. Ilustrasi hasil perhitungan formula ini diberikan pada gambar 3.13 di bawah ini.



Gambar 3.13 Ilustrasi efisiensi kelompok tiang berdasarkan formula Feld

Dalam menentukan daya dukung kelompok tiang pada tanah pasir perlu diperhatikan hal sebagai berikut :

1. Pada tiang pancang baik pada tiang tahanan gesek maupun tiang tahanan ujung dengan $s \geq 3D$, daya dukung kelompok tiang dapat diambil sama besar dengan jumlah daya dukung masing-masing tiang ($E_g = 1$).

$$Q_{gu} = m \times n \times \Sigma Q_u \quad (3.16)$$

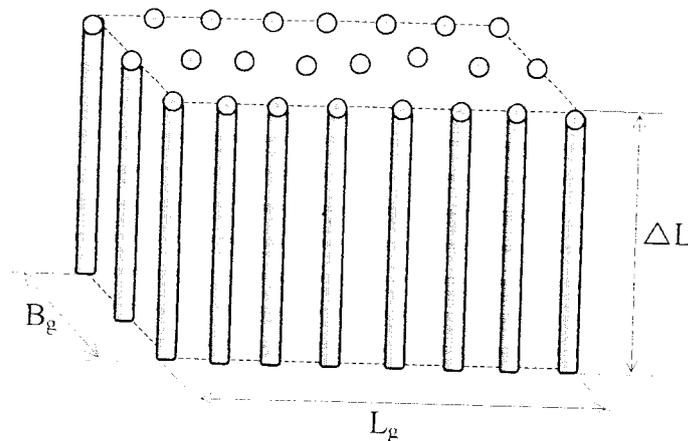
2. Pada tiang pancang tahanan gesek dengan $s < 3D$, gunakan salah satu formula di atas.

$$Q_{gu} = E_g \times \Sigma Q_u \quad (3.17)$$

3. Pada tiang bor dimana tahanan gesek dominan dengan jarak $s = 3D$, nilai efisiensi berkisar antara $0,67 - 0,75$, tetapi pada tiang bor tahanan ujung nilai efisiensi dapat dianggap = $1,0$

3.4.4 Daya dukung kelompok tiang pada tanah lempung

Daya dukung batas kelompok tiang pada tanah lempung didasarkan pada aksi blok yaitu bila kelompok tersebut berperan sebagai blok.



Gambar 3.14 Kelompok tiang sebagai pondasi blok

Daya dukung kelompok tiang pada tanah lempung dapat dihitung sebagai berikut :

1. Tentukan jumlah total kapasitas kelompok tiang

$$\begin{aligned}\Sigma Q_u &= m \cdot n \cdot (Q_p + Q_s) \\ &= m \cdot n \cdot \left[9 \cdot c_{u(p)} + \alpha \cdot c_u \cdot p \cdot \Delta L \right]\end{aligned}\quad (3.18)$$

2. Tentukan daya dukung blok berukuran $L_g \times B_g \times \Delta L$

$$\Sigma Q_u = L_g \cdot B_g \cdot c_{u(p)} \cdot Nc^* + \Sigma 2 \cdot (L_g + B_g) \cdot c_u \cdot \Delta L \quad (3.19)$$

dimana :

L_g = panjang balok

B_g = lebar balok

p = keliling

ΔL = panjang segmen tiang

3. Bandingkan kedua besaran diatas. Harga daya dukung kelompok tiang (Q_{gu}) diambil nilai yang terkecil.

3.5 Penurunan kelompok tiang

Penurunan ("settlement") pada kelompok tiang pancang sama dengan perpindahan titik pancang ditambah perpendekan elastis tiang pancang diantara lingkup titik tersebut.

Penurunan dapat terjadi apabila di bawah lapisan pada ujung-ujung tiang terdapat lapisan yang mempunyai kepadatan relatif lebih rendah dari lapisan pada ujung tiang tersebut (Bowles, J.E, 1981).

3.5.1 Penurunan pada tanah pasir

Penurunan kelompok tiang pada tanah pasir umumnya lebih besar dari pada penurunan pondasi tunggal, kerana pengaruh tegangan pada daerah yang lebih luas dan lebih dalam. Beberapa metoda atau cara yang dapat digunakan untuk menghitung penurunan pada tanah pasir adalah seperti tersebut dibawah ini.

- a. Metode Vesic (1977)

Vesic (1977) memberikan formula sederhana sebagai berikut

$$S_g = S \cdot \sqrt{\frac{B_g}{D}} \quad (3.20)$$

dimana :

S = Penurunan pondasi tiang tunggal

S_g = Penurunan kelompok tiang

B_g = Lebar kelompok tiang

D = Diameter tiang tunggal

b. Metoda Mayerhof (1976)

Mayerhof (1976) memberikan formula empiris yang sederhana untuk memperkirakan penurunan kelompok tiang berdasarkan hasil uji penetrasi standart (SPT) dan hasil uji sondir.

- Berdasarkan hasil N-SPT

$$S_g = 2 \cdot q \cdot \sqrt{\frac{B_g \cdot l}{N}} \quad (3.21)$$

$$l = \left[1 - \frac{L}{8 \cdot B_g} \right] \geq 0,5 \quad (3.22)$$

dimana :

q = tekanan pada dasar pondasi (kg / cm^2)

B_g = lebar kelompok tiang

N = harga rata-rata N pada kedalaman $\pm B_g$ di bawah kaki pondasi tiang

L = kedalaman pondasi tiang

Untuk pasir kelanauan (SM), harga S_g harus dikalikan dua.

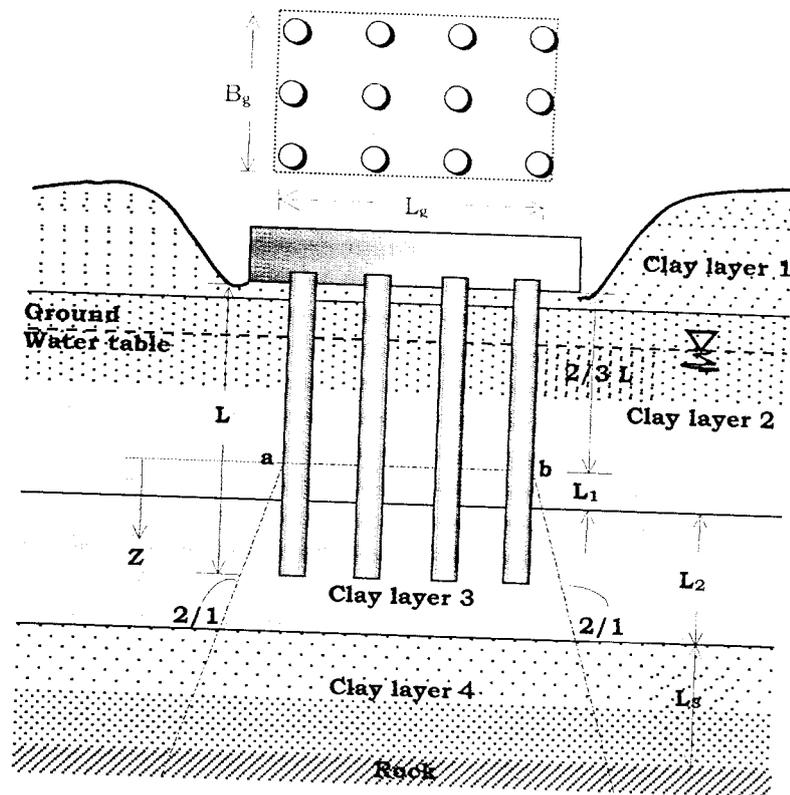
- Berdasarkan data sondir

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot l}{2 \cdot q_c} \quad (3.23)$$

3.5.2 Penurunan pada tanah lempung

Penurunan kelompok tiang selalu akan lebih besar dari pada penurunan satu tiang. Untuk tiang yang berada pada tanah pasir penurunan yang terjadi sangat kecil sehingga perhitungan penurunan dapat diabaikan, kecuali bila terdapat lapisan lempung dibawah pasir tersebut, maka diperlukan perhitungan penurunan.

Untuk tiang pada tanah lempung penurunan yang terjadi cukup besar, sehingga diperlukan perhitungan penurunan pada perencanaan kelompok tiang tersebut. Untuk memperhitungkan penurunan tersebut dapat dipergunakan metode penyebaran tegangan 2 : 1 seperti ditunjukkan pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Penurunan kelompok tiang

Mengacu pada Gambar 3.15 di atas, maka prosedur perhitungan penurunan kelompok tiang dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Kedalaman tiang pancang dinyatakan sebagai L . Kelompok tiang dikenai beban total sebesar Q_g . Jika poer berada dibawah permukaan tanah asal, maka Q_g merupakan beban total struktur diatas tiang dikurangi berat efektif tanah galian diatas kelompok tiang tersebut.

2. Asumsikan bahwa pendistribusian beban Q_g pada tanah dimulai pada kedalaman $2L/3$ dari ujung tiang, seperti ditunjukkan pada gambar 3.15. Pada kedalaman ini dianggap $z = 0$. Garis aa' dan bb' adalah dua garis dengan kemiringan 2 : 1.
3. Hitung kenaikan tegangan yang disebabkan oleh beban Q_g pada tengah-tengah setiap lapisan tanah.

$$\Delta p_i = \frac{Q_g}{(B_g + z_i) \cdot (L_g + z_i)} \quad (3.24)$$

Dimana :

Δp_i = Kenaikan tegangan ditengah lapisan tanah i

L_g, B_g = Panjang dan lebar kelompok tiang yang direncanakan

z_i = jarak dari $z = 0$ ketengah tengah lapisan tanah i

4. Hitung penurunan tiap lapisan tanah akibat kenaikan tegangan

$$\Delta s_i = \left[\frac{C_{0(i)} \cdot H_i}{1 + e_{0(i)}} \right] \cdot \log \left[\frac{p_{0(i)} + \Delta p_{(i)}}{p_{0(i)}} \right] \quad (3.25)$$

Dimana :

Δs_i = penurunan lapisan tanah i

e_0 = angka pori lapisan tanah i

$C_{0(i)}$ = kohesi tanah lapisan tanah i

H_i = tebal lapisan tanah i

5. Penurunan total kelompok tiang

$$\Delta s_{\text{total}} = \sum \Delta s_i \quad (3.26)$$

BAB IV

ANALISIS PERHITUNGAN PONDASI “MINI PILE”

4.1 Umum

Bab ini akan menguraikan mengenai analisis perhitungan pondasi tiang pancang “mini pile” dengan metode “Coyle ~ Reese” berdasarkan data yang ada. Perhitungan yang akan dilakukan meliputi perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang “mini pile” sebagai tiang tunggal dan kelompok, berdasarkan parameter panjang, bentuk, dimensi, dan asumsi perpindahan tiang untuk mendapatkan daya dukung yang optimal.

4.2 Data Perhitungan

Data tanah yang diperlukan diambil dari hasil penyelidikan tanah pada proyek pembangunan gedung auditorium dan perpustakaan USM Semarang, berupa data boring dan sondir. Dari hasil boring dapat diketahui jenis lapisan tanah dan ketinggian muka air tanah. Sedangkan dari hasil sondir diperoleh nilai “conus resistance”, “local friction”, dan “total friction” untuk tiap-tiap kedalaman. Data spesifikasi tiang diambil dari tiang pancang “mini pile” yang dipergunakan sebagai pondasi pada proyek tersebut di atas yang diproduksi PT. Geonika Utamalima, Semarang.

Dalam analisis perhitungan ini, data pendukung yang dirasa kurang diambil berdasarkan landasan teori yang ada.

4.2.1 Data penyelidikan tanah

Hasil boring sebanyak 3 titik dengan kedalaman -5 m pada lokasi proyek menunjukkan bahwa dari permukaan sampai kedalaman kurang lebih -3 m lapisan tanahnya berupa lempung agak padat. Semakin ke dalam hingga kedalaman -5 m lapisan tanahnya berupa pasir berbutir halus mengandung lumpur ("silty sand").

Sedangkan pengujian sondir yang dilakukan pada 3 titik di lokasi proyek memberikan hasil bahwa rata-rata nilai "conus resistance" dari permukaan hingga kedalaman -3 m berkisar antara $10 - 15 \text{ kg/cm}^2$. Semakin kedalam hingga kedalaman -5 m nilai "conus resistance" terjadi peningkatan, namun peningkatannya tidak seberapa. Hingga mata conus mencapai kedalaman -20 m belum terdapat nilai conus $> 200 \text{ kg/cm}^2$, ini berarti bahwa sampai kedalaman -20 m belum terdapat tanah yang keras / cadas.

Hasil dari penyelidikan tanah tersebut di atas selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Pada perhitungan ini, modulus elastisitas tanah diambil berdasarkan tabel 4.1 (dari Hans. F. Winterkorn dan Hsai Yang Fang, 1975) yang menunjukkan interval harga-harga modulus elastisitas untuk beberapa jenis tanah.

Tabel 4.1 Modulus Elastisitas Tanah

Jenis Tanah	Modulus Elastisitas Tanah (kg/cm ²)
Tanah liat sangat lunak	3,5 ~ 30
Tanah liat lunak	20 ~ 50
Tanah liat sedang	40 ~ 80
Tanah liat keras	70 ~ 180
Tanah liat berpasir	300 ~ 400
Pasir berlanau	70 ~ 200
Pasir lepas	100 ~ 250
Pasir padat	500 ~ 800
Pasir padat dan grosok	1000 ~ 2000

Sumber : Hans. F. Winterkorn dan Hsai Yang Fang, 1975

4.2.2 Data pondasi tiang pancang "mini pile"

Tiang pancang "mini pile" yang digunakan sebagai struktur pondasi pada perhitungan ini adalah "mini pile" yang diproduksi oleh PT. Geonika Utamalima, Semarang. Data spesifikasi tiang tersebut adalah sebagai berikut :

Beton : K-300

Baja : U-39

Tabel 4.2 Data Spesifikasi "Mini Pile"

Bentuk	Dimensi (cm)	Panjang (m)	Tulangan pokok	Sengkang	
				Ujung	Tengah
□	20 x 20	3,6	3 D 13	D 6-5 cm	D 6-15 cm
△	28 x 28 x 28	3,6	3 D 13	D 6-5 cm	D 6-15 cm
△	32 x 32 x 32	3,6	3 D 16	D 6-5 cm	D 6-15 cm

Sumber : Brosur PT. Geonika Utamalima, Semarang

Pada perhitungan ini, modulus elastisitas tiang diambil berdasarkan tabel 4.3 (dari Hans. F. Winterkorn dan Hsai Yang Fang, 1975) yang menunjukkan interval harga-harga modulus elastisitas untuk beberapa jenis bahan tiang pancang

Tabel 4.3 Modulus Elastisitas Tiang Pancang

Material	Modulus Elastisitas Tiang ($\times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)
Kayu	0,8 ~ 1,0
Beton	2,0 ~ 3,0
Baja	21,5

Sumber : Hans. F. Winterkorn dan Hsai Yang Fang, 1975

4.3 Analisis Perhitungan Daya Dukung Pondasi "Mini Pile"

4.3.1 Perhitungan daya dukung tiang tunggal

Perhitungan daya dukung pondasi "mini pile" sebagai tiang tunggal dengan metode Coyle ~ Reese ini dilakukan dengan membagi tiang menjadi 5 segmen. Gaya-gaya yang bekerja pada masing-masing segmen ditunjukkan pada gambar 4.1

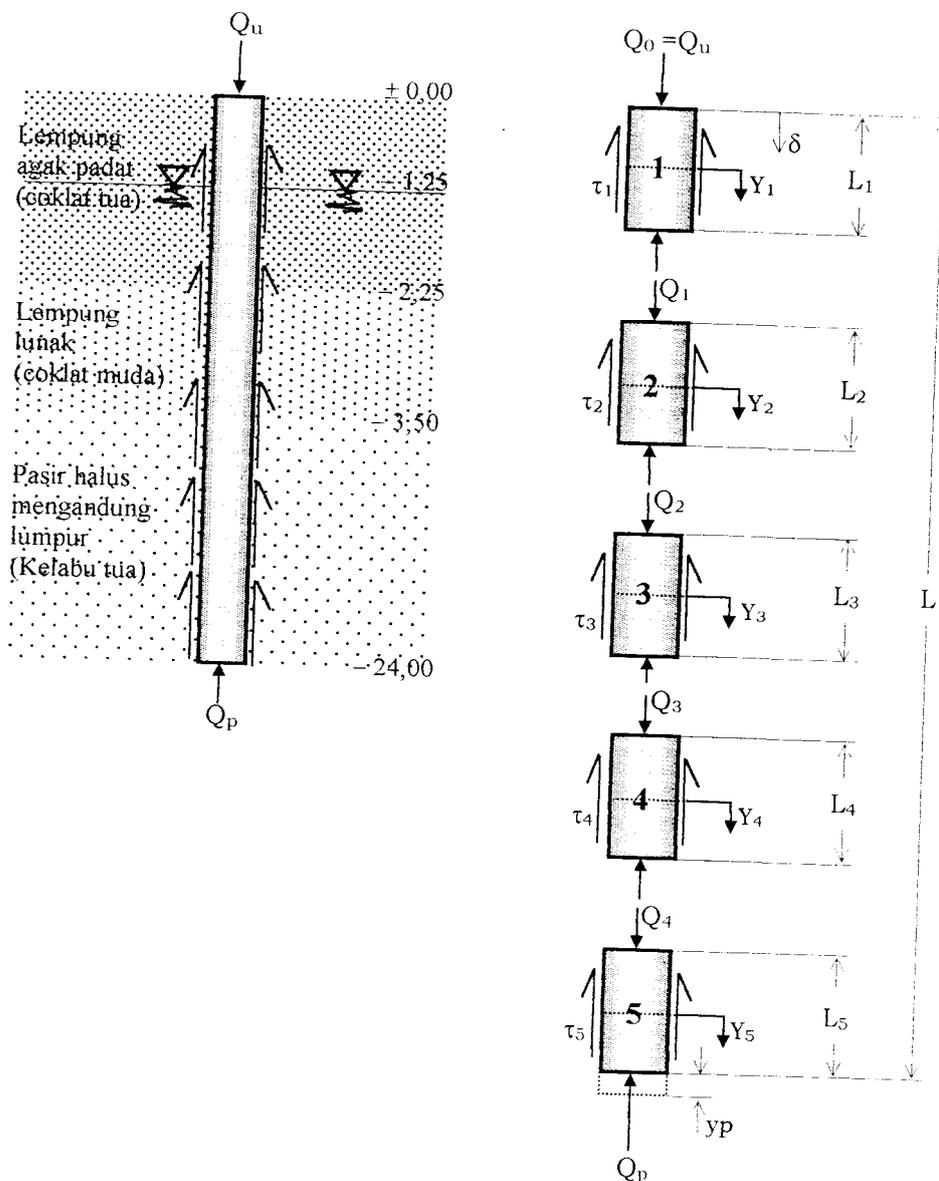
Karakteristik tiang

Pada analisis perhitungan ini digunakan "minipile" \square (20 x 20 cm) dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Panjang tiang : 18,00 m = 1800 cm
- Panjang tiap segmen : $1800 / 5 = 360$ cm
- Diameter tiang : 0,20 m = 20 cm
- Luas penampang tiang (A_p) : $20 \times 20 = 400 \text{ cm}^2$
- Keliling penampang tiang (p) : $4 \times 20 = 80$ cm
- Modulus elastisitas tiang : $3 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

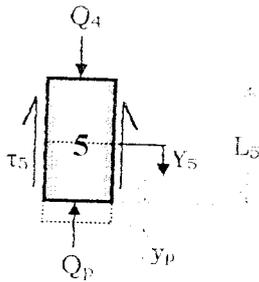
Karakteristik tanah

- Modulus elastisitas tanah (E_s) : 70 kg/cm^2
- Modulus reaksi tanah dasar (k_s) : $\frac{3 \times E_s}{d} = \frac{3 \times 70}{20} = 10,5 \text{ kg/cm}^3$



Gambar 4.1 Pembagian "mini pile" menjadi 5 segmen

Perhitungan Segmen 5



Asumsi perpindahan awal ujung tiang (y_p) = 0,75 cm

Tahanan ujung tiang (Q_p) yang terjadi akibat perpindahan ujung tiang (y_p) ialah :

$$\begin{aligned} Q_p &= A_p \cdot k_s \cdot y_p \\ &= 400 \times 10,5 \times 0,75 \\ &= 3150 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari kurva rasio transfer beban dengan kuat geser tanah terhadap perpindahan tiang (gambar 3.9), untuk perpindahan ujung tiang (y_p) = 0,75 maka rasio = 0,999998.

Beban aksial pondasi tiang pada puncak segmen 5 (Q_4) dihitung berdasarkan persamaan (3.3) yaitu :

$$Q_4 = Q_p + (L_5 \cdot p \cdot \tau)$$

dimana τ = rasio \times q_u

$$\begin{aligned} \text{maka } Q_4 &= 3150 + (360 \cdot 80 \cdot 0,999998 \cdot 0,21) \\ &= 9197,985 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Variasi linier dari distribusi beban (Q_{mid}) untuk segmen - segmen yang kecil ialah

$$\begin{aligned} Q_{mid} &= \frac{Q_4 + Q_p}{2} \\ Q_{mid} &= \frac{9197,985 + 3150}{2} = 6173,992 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Peralihan elastis rata-rata pada segmen 5 yang diperoleh ialah :

$$\Delta Y_5 = \frac{Q_{mid} + Q_p \times L_5}{A \cdot E}$$

$$\Delta Y_5 = \frac{6173,992 + 3150 \times 360}{400 \cdot 3 \cdot 10^5} = 0,006993 \text{ cm.}$$

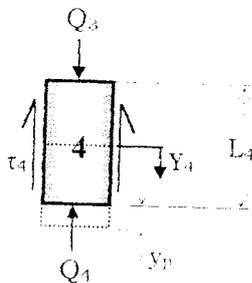
Dari hasil tersebut didapat perpindahan titik tengah segmen 5 yang baru:

$$\begin{aligned} Y_5 &= y_p + \Delta Y_5 \\ &= 0,75 + 0,006993 \\ &= 0,756993 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Toleransi} &= (\Delta Y_5 / y_p) \times 100 \% \\ &= (0,006993 / 0,75) \times 100 \% \\ &= 0,932399 \% < 5 \%. \end{aligned}$$

Karena toleransi yang didapat masih memenuhi syarat, maka perhitungan dapat dilanjutkan ke segmen 4.

Perhitungan Segmen 4



Perpindahan ujung tiang (y_p) = $Y_5 = 0,756993$ cm

Tahanan pada ujung tiang (Q_4) = 9197,985 kg.

Dari kurva rasio transfer beban dengan kuat geser tanah terhadap perpindahan tiang (gambar 3.9), untuk perpindahan ujung tiang (y_p) = 0,756993 diperoleh rasio = 0,998133



Beban aksial pondasi tiang pada puncak segmen 4 (Q_3) dihitung berdasarkan persamaan (3.3) yaitu :

$$Q_3 = Q_4 + (L_4 \cdot p \cdot \tau)$$

dimana $\tau = \text{rasio} \times q_u$

$$\begin{aligned} \text{maka } Q_3 &= 9197,985 + (360 \cdot 80 \cdot 0,998133 \cdot 0,21) \\ &= 15234,691 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Variasi linier dari distribusi beban (Q_{mid}) untuk segmen - segmen yang kecil sebesar:

$$Q_{mid} = \frac{Q_3 + Q_4}{2}$$

$$Q_{mid} = \frac{15234,691 + 9197,985}{2} = 12216,338 \text{ kg.}$$

Maka didapat peralihan elastis rata-rata pada segmen 4 sebesar:

$$\Delta Y_4 = \frac{\frac{Q_{mid} + Q_4}{2} \times \frac{L_4}{2}}{A \cdot E}$$

$$\Delta Y_4 = \frac{\frac{12216,338 + 9197,985}{2} \times \frac{360}{2}}{400 \cdot 3 \cdot 10^5} = 0,016061 \text{ cm.}$$

Dari hasil tersebut didapat perpindahan titik tengah segmen 4 yang baru:

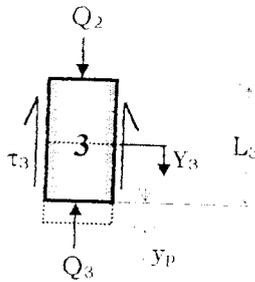
$$\begin{aligned} Y_4 &= y_p + \Delta Y_4 \\ &= 0,756993 + 0,016061 \\ &= 0,773054 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\text{Toleransi} = (\Delta Y_4 / y_p) \times 100 \%$$

$$= (0,016061 / 0,756993) \times 100\% = 2,121650 \% < 5 \%$$

Karena toleransi yang didapat masih memenuhi syarat, maka perhitungan dapat dilanjutkan ke segmen 3.

Perhitungan Segmen 3



Perpindahan ujung tiang (y_p) = $Y_4 = 0,773054$ cm

Tahanan pada ujung tiang (Q_3) = 15234,691 kg.

Dari kurva rasio transfer beban dengan kuat geser tanah terhadap perpindahan tiang (gambar 3.9), untuk perpindahan ujung tiang (y_p) = 0,773054 diperoleh rasio = 0,993850

Beban aksial pondasi tiang pada puncak segmen 3 (Q_2) dihitung berdasarkan persamaan (3.3) yaitu :

$$Q_2 = Q_3 + (L_3 \cdot p \cdot \tau)$$

dimana $\tau = \text{rasio} \times q_u$

$$\begin{aligned} \text{maka } Q_2 &= 15234,691 + (360 \cdot 80 \cdot 0,993850 \cdot 0,21) \\ &= 21245,495 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Variasi linier dari distribusi beban (Q_{mid}) untuk segmen - segmen yang kecil sebesar:

$$Q_{\text{mid}} = \frac{Q_2 + Q_3}{2}$$

$$Q_{\text{mid}} = \frac{21245,495 + 15234,691}{2} = 18240,093 \text{ kg.}$$

Maka didapat peralihan elastis rata-rata pada segmen 3 sebesar:

$$\Delta Y_3 = \frac{Q_{mid} + Q_3 \times L_3}{A \cdot E}$$

$$\Delta Y_3 = \frac{18240,093 + 15234,691 \times 360}{400 \cdot 3 \cdot 10^5} = 0,025106 \text{ cm.}$$

Dari hasil tersebut didapat perpindahan titik tengah segmen 3 yang baru:

$$Y_3 = y_p + \Delta Y_3$$

$$= 0,773054 + 0,025106$$

$$= 0,798160 \text{ cm.}$$

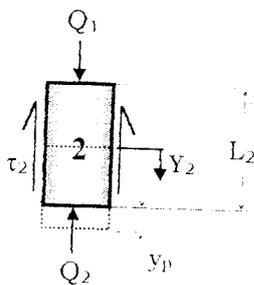
$$\text{Toleransi} = (\Delta Y_3 / y_p) \times 100 \%$$

$$= (0,025106 / 0,773054) \times 100\%$$

$$= 3,247651 \% < 5 \%$$

Karena toleransi yang didapat masih memenuhi syarat, maka perhitungan dapat dilanjutkan ke segmen 2.

Perhitungan Segmen 2



Perpindahan ujung tiang (y_p) = $Y_3 = 0,798160 \text{ cm}$

Tahanan pada ujung tiang (Q_2) = $21245,495 \text{ kg}$.

Dari kurva rasio transfer beban dengan kuat geser tanah terhadap perpindahan tiang (gambar 3.9), untuk perpindahan ujung tiang (y_p) = $0,798160$ diperoleh rasio = $0,987155$

Beban aksial pondasi tiang pada puncak segmen 2 (Q_1) dihitung berdasarkan persamaan (3.3) yaitu :

$$Q_1 = Q_2 + (L_2 \cdot p \cdot \tau)$$

dimana τ = rasio $\times q_u$

$$\begin{aligned} \text{maka } Q_1 &= 21245,495 + (360 \cdot 80 \cdot 0,987155 \cdot 0,21) \\ &= 27215,806 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Variasi linier dari distribusi beban (Q_{mid}) untuk segmen - segmen yang kecil sebesar:

$$Q_{mid} = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

$$Q_{mid} = \frac{27215,806 + 21245,495}{2} = 24230,651 \text{ kg.}$$

Maka didapat peralihan elastis rata-rata pada segmen 2 sebesar:

$$\Delta Y_2 = \frac{\frac{Q_{mid} + Q_2}{2} \times \frac{L_2}{2}}{A \cdot E}$$

$$\Delta Y_2 = \frac{\frac{24230,651 + 21245,495}{2} \times \frac{360}{2}}{400 \cdot 3 \cdot 10^5} = 0,034107 \text{ cm.}$$

Dari hasil tersebut didapat perpindahan titik tengah segmen 2 yang baru:

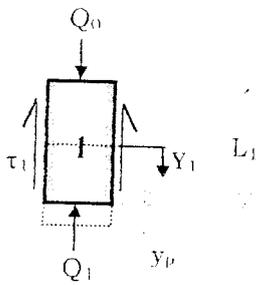
$$\begin{aligned} Y_2 &= y_p + \Delta Y_2 \\ &= 0,798160 + 0,034107 \\ &= 0,832267 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\text{Toleransi} = (\Delta Y_2 / y_p) \times 100 \%$$

$$= (0,034107 / 0,798160) \times 100\% = 4,273218 \% < 5 \%$$

Karena toleransi yang didapat masih memenuhi syarat, maka perhitungan dapat dilanjutkan ke segmen 1

Perhitungan Segmen 1



Perpindahan ujung tiang (y_p) = $Y_2 = 0,832267$ cm

Tahanan pada ujung tiang (Q_1) = 27215,806 kg.

Dari kurva rasio transfer beban dengan kuat geser tanah terhadap perpindahan tiang (gambar 3.9), untuk perpindahan ujung tiang (y_p) = 0,832267 diperoleh rasio = 0,978059

Beban aksial pondasi tiang pada puncak segmen 1 (Q_0) dihitung berdasarkan persamaan (3.3) yaitu :

$$Q_0 = Q_1 + (L_1 \cdot p \cdot \tau)$$

dimana $\tau = \text{rasio} \times q_u$

$$\begin{aligned} \text{maka } Q_0 &= 27215,806 + (360 \cdot 80 \cdot 0,978059 \cdot 0,21) \\ &= 33131,110 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Variasi linier dari distribusi beban (Q_{mid}) untuk segmen - segmen yang kecil sebesar:

$$Q_{mid} = \frac{Q_0 + Q_1}{2}$$

$$Q_{mid} = \frac{33131,110 + 27215,806}{2} = 30173,458 \text{ kg.}$$

Maka didapat peralihan elastis rata-rata pada segmen 1 sebesar:

$$\Delta Y_1 = \frac{Q_{mid} + Q_1}{2} \times \frac{L_1}{2}$$

$$\Delta Y_1 = \frac{30173,458 + 27215,806}{400 \cdot 3 \cdot 10^5} \times \frac{360}{2} = 0,043042 \text{ cm.}$$

Dari hasil tersebut didapat perpindahan titik tengah segmen 1 yang baru:

$$Y_1 = y_p + \Delta Y_1$$

$$= 0,832267 + 0,043042$$

$$= 0,875309 \text{ cm.}$$

$$\text{Toleransi} = (\Delta Y_1 / y_p) \times 100 \%$$

$$= (0,043042 / 0,832267) \times 100\%$$

$$= 5,171652\% > 5 \%$$

Secara sistematis perhitungan diatas dapat ditunjukkan dalam bentuk tabel berikut ini.

Tabel 4.4 Hasil perhitungan daya dukung "mini pile" □ (20 x 20 cm) dalam 5 segmen

Panjang Tiang pancang 18 m Keliling penampang 80 cm Asumsi awal y_p 0,75 cm
 Dimensi Tiang □20x20 cm Luas penampang 400 cm² Daya Dukung 33,1311 ton

Segmen n	y_p (cm)	qu (kg/cm ²)	Ln (cm)	Qp (kg)	Rasio (r)	Qn (kg)	Qn-1 (kg)	Qmid (kg)	ΔY_n (cm)	Yn (cm)	Toleransi (...%<5%)
5	0,750000	0,21	360	3150	0,999998		9197,985	6173,992	0,006993	0,756993	0,932399
4	0,756993	0,21	360		0,998133	9197,985	15234,691	12216,338	0,016061	0,773054	2,121650
3	0,773054	0,21	360		0,993850	15234,691	21245,495	18240,093	0,025106	0,798160	3,247651
2	0,798160	0,21	360		0,987155	21245,495	27215,806	24230,651	0,034107	0,832267	4,273218
1	0,832267	0,21	360		0,978059	27215,806	33131,110	30173,458	0,043042	0,875309	5,171652

Berdasarkan hasil perhitungan di atas diperoleh:

$$(Q_u) = (Q_o) = 33131,110 \text{ kg} = 33,131110 \text{ ton}$$

$$(S) = 0,875309 \text{ cm}$$

Untuk meningkatkan ketelitian dan memperkecil tingkat kesalahan maka selanjutnya untuk menganalisis daya dukung pondasi tiang pancang “mini pile” dengan metode Coyle ~ Reese, tiang dibagi menjadi 20 segmen, dengan perhitungan sesuai prosedur di atas untuk beberapa variasi sebagai berikut :

- bentuk tiang (segi empat dan segitiga)
- diameter tiang (20, 28, dan 32 cm)
- panjang tiang (12, 15, 18, 21, dan 24 m)
- Asumsi perpindahan ujung tiang (mengacu pada grafik pada gambar 3.9)

Hasil perhitungan disusun dalam bentuk tabel seperti tersebut di bawah ini.

Tabel 4.5 Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang "minipile" dalam 20 segmen dengan asumsi awal $y_p = 0,5$

Panjang Tiang pancang 18 m Keliling penampang 80 cm Asumsi awal y_p 0,5 cm
 Dimensi Tiang □ 20 x 20 cm Luas penampang 400 cm² Daya Dukung 5,979 ton

Segmen n	y_p (cm)	q_u (kg/cm ²)	L_n (cm)	Q_p (kg)	Rasio (r)	Q_n (kg)	Q_{n-1} (kg)	Q_{mid} (kg)	ΔY_n (cm)	Y_n (cm)	Toleransi (...% ≤ 5%)
20	0,500000	0,21	90	2100	0,121081		2283,075	2191,537	0,000805	0,500805	0,160933
19	0,500805	0,21	90		0,121267	2283,075	2466,430	2374,753	0,000873	0,501678	0,174388
18	0,501678	0,21	90		0,121468	2466,430	2650,091	2558,261	0,000942	0,502620	0,187796
17	0,502620	0,21	90		0,121686	2650,091	2834,079	2742,085	0,001011	0,503631	0,201152
16	0,503631	0,21	90		0,121919	2834,079	3018,421	2926,250	0,001080	0,504711	0,214455
15	0,504711	0,21	90		0,122168	3018,421	3203,139	3110,780	0,001149	0,505860	0,227700
14	0,505860	0,21	90		0,122433	3203,139	3388,257	3295,698	0,001219	0,507079	0,240883
13	0,507079	0,21	90		0,122714	3388,257	3573,800	3481,029	0,001288	0,508367	0,254002
12	0,508367	0,21	90		0,123010	3573,800	3759,792	3666,796	0,001358	0,509725	0,267053
11	0,509725	0,21	90		0,123323	3759,792	3946,257	3853,024	0,001427	0,511152	0,280034
10	0,511152	0,21	90		0,123652	3946,257	4133,218	4039,737	0,001497	0,512649	0,292941
9	0,512649	0,21	90		0,123997	4133,218	4320,701	4226,960	0,001568	0,514217	0,305771
8	0,514217	0,21	90		0,124358	4320,701	4508,730	4414,716	0,001638	0,515855	0,318521
7	0,515855	0,21	90		0,124734	4508,730	4697,328	4603,029	0,001708	0,517563	0,331189
6	0,517563	0,22	90		0,125127	4697,328	4895,530	4796,429	0,001780	0,519343	0,343935
5	0,519343	0,22	90		0,125537	4895,530	5094,380	4994,955	0,001854	0,521198	0,357079
4	0,521198	0,22	90		0,125963	5094,380	5293,906	5194,143	0,001929	0,523127	0,370128
3	0,523127	0,25	90		0,126406	5293,906	5521,438	5407,672	0,002007	0,525133	0,383568
2	0,525133	0,25	90		0,126867	5521,438	5749,799	5635,618	0,002092	0,527225	0,398365
1	0,527225	0,25	90		0,127348	5749,799	5979,025	5864,412	0,002178	0,529403	0,413042

Tabel 4.6 Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang "minipile" dalam 20 segmen dengan asumsi awal $y_p = 0,75$

Panjang Tiang pancang 18 m Keliling penampang 80 cm Asumsi awal y_p 0,75 cm
 Dimensi Tiang \square 20 x 20 cm Luas penampang 400 cm² Daya Dukung 34,07859 ton

Segmen n	y_p (cm)	q_u (kg/cm ²)	L_n (cm)	Q_p (kg)	Rasio (r)	Q_n (kg)	Q_{n-1} (kg)	Qmid (kg)	ΔY_n (cm)	Y_n (cm)	Toleransi (...% < 5%)
20	0,750000	0,21	90	3150	0,999998		4661,996	3905,998	0,001323	0,751323	0,176400
19	0,751323	0,21	90		0,999645	4661,996	6173,459	5417,728	0,001890	0,753213	0,251549
18	0,753213	0,21	90		0,999141	6173,459	7684,160	6928,809	0,002457	0,755670	0,326159
17	0,755670	0,21	90		0,998486	7684,160	9193,870	8439,015	0,003023	0,758693	0,400055
16	0,758693	0,21	90		0,997679	9193,870	10702,361	9948,116	0,003589	0,762282	0,473067
15	0,762282	0,21	90		0,996722	10702,361	12209,405	11455,883	0,004155	0,766437	0,545031
14	0,766437	0,21	90		0,995614	12209,405	13714,774	12962,090	0,004720	0,771156	0,615792
13	0,771156	0,21	90		0,994356	13714,774	15218,240	14466,507	0,005284	0,776440	0,685204
12	0,776440	0,21	90		0,992947	15218,240	16719,576	15968,908	0,005848	0,782288	0,753128
11	0,782288	0,21	90		0,991387	16719,576	18218,553	17469,064	0,006410	0,788698	0,819439
10	0,788698	0,21	90		0,989678	18218,553	19714,946	18966,750	0,006972	0,795670	0,884019
9	0,795670	0,21	90		0,987819	19714,946	21208,528	20461,737	0,007533	0,803203	0,946765
8	0,803203	0,21	90		0,985810	21208,528	22699,072	21953,800	0,008093	0,811296	1,007582
7	0,811296	0,21	90		0,983652	22699,072	24186,353	23442,713	0,008652	0,819948	1,066390
6	0,819948	0,22	90		0,981344	24186,353	25740,803	24963,578	0,009216	0,829164	1,123926
5	0,829164	0,22	90		0,978887	25740,803	27291,360	26516,081	0,009798	0,838962	1,181693
4	0,838962	0,22	90		0,976274	27291,360	28837,778	28064,569	0,010379	0,849341	1,237152
3	0,849341	0,25	90		0,973506	28837,778	30590,089	29713,934	0,010978	0,860319	1,292584
2	0,860319	0,25	90		0,970579	30590,089	32337,131	31463,610	0,011635	0,871955	1,352413
1	0,871955	0,25	90		0,967476	32337,131	34078,587	33207,859	0,012290	0,884244	1,409441

Tabel 4.7 Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang "minipile" dalam 20 segmen dengan asumsi awal $y_p = 1$

Panjang Tiang pancang 18 m Keliling penampang 80 cm Asumsi awal y_p 1 cm
 Dimensi Tiang □ 20 x 20 cm Luas penampang 400 cm² Daya Dukung 34,3145 ton

Segmen n	y_p (cm)	qu (kg/cm ²)	Ln (cm)	Qp (kg)	Rasio (r)	Qn (kg)	Qn-1 (kg)	Qmid (kg)	ΔY_n (cm)	Yn (cm)	Toleransi (...% < 5%)
20	1,000000	0,21	90	4200	0,966700		5661,650	4930,825	0,001712	1,001712	0,171203
19	1,001712	0,21	90		0,966547	5661,650	7123,070	6392,360	0,002260	1,003972	0,225626
18	1,003972	0,21	90		0,966344	7123,070	8584,182	7853,626	0,002808	1,006780	0,279702
17	1,006780	0,21	90		0,966088	8584,182	10044,907	9314,544	0,003356	1,010136	0,333341
16	1,010136	0,21	90		0,965778	10044,907	11505,164	10775,035	0,003904	1,014040	0,386457
15	1,014040	0,21	90		0,965413	11505,164	12964,868	12235,016	0,004451	1,018491	0,438965
14	1,018491	0,21	90		0,964988	12964,868	14423,930	13694,399	0,004999	1,023490	0,490786
13	1,023490	0,21	90		0,964503	14423,930	15882,258	15153,094	0,005546	1,029036	0,541841
12	1,029036	0,21	90		0,963952	15882,258	17339,754	16611,006	0,006092	1,035128	0,592058
11	1,035128	0,21	90		0,963334	17339,754	18796,315	18068,034	0,006639	1,041767	0,641366
10	1,041767	0,21	90		0,962644	18796,315	20251,833	19524,074	0,007185	1,048952	0,689701
9	1,048952	0,21	90		0,961879	20251,833	21706,195	20979,014	0,007731	1,056683	0,737001
8	1,056683	0,21	90		0,961034	21706,195	23159,279	22432,737	0,008276	1,064959	0,783210
7	1,064959	0,21	90		0,960106	23159,279	24610,959	23885,119	0,008821	1,073780	0,828278
6	1,073780	0,22	90		0,959088	24610,959	26130,154	25370,556	0,009372	1,083151	0,872761
5	1,083151	0,22	90		0,957976	26130,154	27647,588	26888,871	0,009941	1,093092	0,917791
4	1,093092	0,22	90		0,956763	27647,588	29163,100	28405,344	0,010510	1,103602	0,961485
3	1,103602	0,25	90		0,955442	29163,100	30882,896	30022,998	0,011097	1,114700	1,005561
2	1,114700	0,25	90		0,954006	30882,896	32600,107	31741,501	0,011742	1,126442	1,053385
1	1,126442	0,25	90		0,952442	32600,107	34314,501	33457,304	0,012386	1,138828	1,099548

Tabel 4.8 Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang "minipile" dalam 20 segmen dengan asumsi awal $y_p = 2$

Panjang Tiang pancang 18 m Keliling penampang 80 cm Asumsi awal y_p 2 cm
 Dimensi Tiang □ 20 x 20 cm Luas penampang 400 cm² Daya Dukung 32,11099 ton

Segmen n	y_p (cm)	q_u (kg/cm ²)	L_n (cm)	Q_p (kg)	Rasio (r)	Q_n (kg)	Q_{n-1} (kg)	Qmid (kg)	ΔY_n (cm)	Y_n (cm)	Toleransi (...% < 5%)
20	2,00000	0,21	90	8400	0,764812		9556,395	8978,198	0,003258	2,003258	0,162921
19	2,003258	0,21	90		0,764362	9556,395	10712,110	10134,252	0,003692	2,006950	0,184300
18	2,006950	0,21	90		0,763853	10712,110	11867,055	11289,583	0,004125	2,011076	0,205552
17	2,011076	0,21	90		0,763286	11867,055	13021,144	12444,100	0,004558	2,015634	0,226662
16	2,015634	0,21	90		0,762662	13021,144	14174,289	13597,716	0,004991	2,020625	0,247616
15	2,020625	0,21	90		0,761980	14174,289	15326,403	14750,346	0,005423	2,026048	0,268401
14	2,026048	0,21	90		0,761242	15326,403	16477,401	15901,902	0,005855	2,031904	0,289001
13	2,031904	0,21	90		0,760448	16477,401	17627,199	17052,300	0,006287	2,038191	0,309405
12	2,038191	0,21	90		0,759600	17627,199	18775,713	18201,456	0,006718	2,044908	0,329600
11	2,044908	0,21	90		0,758697	18775,713	19922,863	19349,288	0,007148	2,052057	0,349573
10	2,052057	0,21	90		0,757740	19922,863	21068,566	20495,714	0,007578	2,059635	0,369312
9	2,059635	0,21	90		0,756731	21068,566	22212,743	21640,654	0,008008	2,067643	0,388806
8	2,067643	0,21	90		0,755670	22212,743	23355,317	22784,030	0,008437	2,076080	0,408044
7	2,076080	0,21	90		0,754559	23355,317	24496,209	23925,763	0,008865	2,084945	0,427016
6	2,084945	0,22	90		0,753397	24496,209	25689,590	25092,900	0,009298	2,094243	0,445957
5	2,094243	0,22	90		0,752186	25689,590	26881,054	26285,322	0,009745	2,103989	0,465337
4	2,103989	0,22	90		0,750925	26881,054	28070,519	27475,786	0,010192	2,114181	0,484409
3	2,114181	0,25	90		0,749614	28070,519	29419,825	28745,172	0,010653	2,124834	0,503880
2	2,124834	0,25	90		0,748254	29419,825	30766,681	30093,253	0,011159	2,135992	0,525157
1	2,135992	0,25	90		0,746838	30766,681	32110,990	31438,835	0,011664	2,147656	0,546048

Tabel 4.9 Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang "minipile" dalam 20 segmen dengan asumsi awal $y_p = 3$

Panjang Tiang pancang 18 m Keliling penampang 80 cm Asumsi awal y_p 3 cm
 Dimensi Tiang □ 20 x 20 cm Luas penampang 400 cm² Daya Dukung 33,11869 ton

Segmen n	y_p (cm)	q_n (kg/cm ²)	L_n (cm)	Q_p (kg)	Rasio (r)	Q_n (kg)	Q_{n-1} (kg)	Q_{mid} (kg)	ΔY_n (cm)	Y_n (cm)	Toleransi (...%<5%)
20	3,000000	0,21	90	12600	0,660537		13598,733	13099,366	0,004819	3,004819	0,160621
19	3,004819	0,21	90		0,660154	13598,733	14596,886	14097,809	0,005193	3,010012	0,172826
18	3,010012	0,21	90		0,659742	14596,886	15594,416	15095,651	0,005567	3,015579	0,184961
17	3,015579	0,21	90		0,659302	15594,416	16591,281	16092,848	0,005941	3,021520	0,197022
16	3,021520	0,21	90		0,658833	16591,281	17587,436	17089,358	0,006315	3,027836	0,209005
15	3,027836	0,21	90		0,658336	17587,436	18582,839	18085,138	0,006689	3,034524	0,220904
14	3,034524	0,21	90		0,657811	18582,839	19577,449	19080,144	0,007062	3,041586	0,232716
13	3,041586	0,21	90		0,657258	19577,449	20571,224	20074,337	0,007435	3,049021	0,244435
12	3,049021	0,21	90		0,656678	20571,224	21564,122	21067,673	0,007807	3,056828	0,256059
11	3,056828	0,21	90		0,656072	21564,122	22556,102	22060,112	0,008180	3,065008	0,267583
10	3,065008	0,21	90		0,655438	22556,102	23547,125	23051,613	0,008551	3,073559	0,279002
9	3,073559	0,21	90		0,654778	23547,125	24537,150	24042,137	0,008923	3,082482	0,290314
8	3,082482	0,21	90		0,654093	24537,150	25526,138	25031,644	0,009294	3,091776	0,301515
7	3,091776	0,21	90		0,653381	25526,138	26514,050	26020,094	0,009665	3,101441	0,312601
6	3,101441	0,22	90		0,652644	26514,050	27547,838	27030,944	0,010040	3,111481	0,323710
5	3,111481	0,22	90		0,651882	27547,838	28580,420	28064,129	0,010427	3,121908	0,335122
4	3,121908	0,22	90		0,651094	28580,420	29611,753	29096,087	0,010814	3,132722	0,346402
3	3,132722	0,25	90		0,650281	29611,753	30782,259	30197,006	0,011214	3,143936	0,357968
2	3,143936	0,25	90		0,649441	30782,259	31951,253	31366,756	0,011653	3,155589	0,370648
1	3,155589	0,25	90		0,648573	31951,253	33118,686	32534,970	0,012091	3,167681	0,383167

Tabel 4.10 Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang "minipile" dalam 20 segmen dengan asumsi akhir $y_p = 0,75$

Panjang Tiang pancang 18 m Keliling penampang 80 cm Asumsi awal y_p 0,641 cm
 Dimensi Tiang □ 20 x 20 cm Luas penampang 400 cm² Daya Dukung 33,49602 ton

Segmen n	y_p (cm)	q_u (kg/cm ²)	L_n (cm)	Q_p (kg)	Ratio (r)	Q_n (kg)	Q_{n-1} (kg)	Q_{mid} (kg)	ΔY_n (cm)	Y_n (cm)	Toleransi (...% < 5%)
20	0,633207	0,21	90	2659,4694	0,9704		4126,729	3393,099	0,001135	0,634342	0,179224
19	0,634342	0,21	90		0,9709	4126,729	5594,742	4860,735	0,001685	0,636027	0,265653
18	0,636027	0,21	90		0,9716	5594,742	7063,860	6329,301	0,002236	0,638263	0,351519
17	0,638263	0,21	90		0,9726	7063,860	8534,425	7799,143	0,002787	0,641050	0,436625
16	0,641050	0,21	90		0,9738	8534,425	10006,759	9270,592	0,003338	0,644388	0,520777
15	0,644388	0,21	90		0,9751	10006,759	11481,162	10743,960	0,003891	0,648279	0,603791
14	0,648279	0,21	90		0,9767	11481,162	12957,909	12219,536	0,004444	0,652723	0,685489
13	0,652723	0,21	90		0,9784	12957,909	14437,244	13697,577	0,004998	0,657721	0,765701
12	0,657721	0,21	90		0,9802	14437,244	15919,375	15178,309	0,005553	0,663273	0,844267
11	0,663273	0,21	90		0,9822	15919,375	17404,470	16661,922	0,006109	0,669382	0,921037
10	0,669382	0,21	90		0,9842	17404,470	18892,655	18148,562	0,006666	0,676049	0,995872
9	0,676049	0,21	90		0,9863	18892,655	20384,004	19638,330	0,007225	0,683273	1,068645
8	0,683273	0,21	90		0,9885	20384,004	21878,541	21131,273	0,007784	0,691057	1,139239
7	0,691057	0,21	90		0,9905	21878,541	23376,230	22627,386	0,008345	0,699402	1,207550
6	0,699402	0,22	90		0,9926	23376,230	24948,435	24162,333	0,008913	0,708316	1,274443
5	0,708316	0,22	90		0,9945	24948,435	26523,667	25736,051	0,009503	0,717819	1,341682
4	0,717819	0,22	90		0,9962	26523,667	28101,682	27312,675	0,010094	0,727913	1,406248
3	0,727913	0,25	90		0,9978	28101,682	29897,670	28999,676	0,010707	0,738620	1,470849
2	0,738620	0,25	90		0,9991	29897,670	31695,976	30796,823	0,011380	0,750000	1,540741
1	0,750000	0,25	90		1,0000	31695,976	33496,021	32595,999	0,012055	0,762055	1,607299

Tabel 4.11 Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang "minipile" dalam 20 segmen dengan asumsi akhir $y_p = 4$

Panjang Tiang pancang 18 m Keliling penampang 80 cm Asumsi awal y_p 3,878015 cm
 Dimensi Tiang \square 20 x 20 cm Luas penampang 400 cm² Daya Dukung 34,87336 ton

Segmen n	y_p (cm)	q_u (kg/cm ²)	L_n (cm)	Q_p (kg)	Rasio (r)	Q_s (kg)	Q_{n-1} (kg)	Qmid (kg)	ΔY_n (cm)	Y_n (cm)	Toleransi (...%≤5%)
20	3,825232	0,21	90	16065,974	0,604987		16980,715	16523,344	0,006110	3,831342	0,159742
19	3,831342	0,21	90		0,604638	16980,715	17894,927	17437,821	0,006453	3,837796	0,168439
18	3,837796	0,21	90		0,604270	17894,927	18808,584	18351,755	0,006796	3,844592	0,177087
17	3,844592	0,21	90		0,603884	18808,584	19721,656	19265,120	0,007139	3,851731	0,185685
16	3,851731	0,21	90		0,603479	19721,656	20634,116	20177,886	0,007481	3,859212	0,194229
15	3,859212	0,21	90		0,603056	20634,116	21545,936	21090,026	0,007823	3,867035	0,202717
14	3,867035	0,21	90		0,602614	21545,936	22457,090	22001,513	0,008165	3,875201	0,211147
13	3,875201	0,21	90		0,602155	22457,090	23367,548	22912,319	0,008507	3,883707	0,219518
12	3,883707	0,21	90		0,601678	23367,548	24277,285	23822,417	0,008848	3,892556	0,227827
11	3,892556	0,21	90		0,601183	24277,285	25186,274	24731,780	0,009189	3,901745	0,236071
10	3,901745	0,21	90		0,600671	25186,274	26094,489	25640,382	0,009530	3,911275	0,244250
9	3,911275	0,21	90		0,600142	26094,489	27001,903	26548,196	0,009871	3,921145	0,252360
8	3,921145	0,21	90		0,599595	27001,903	27908,491	27455,197	0,010211	3,931356	0,260401
7	3,931356	0,21	90		0,599032	27908,491	28814,226	28361,358	0,010551	3,941907	0,268370
6	3,941907	0,22	90		0,598451	28814,226	29762,173	29288,200	0,010894	3,952801	0,276369
5	3,952801	0,22	90		0,597855	29762,173	30709,175	30235,674	0,011250	3,964050	0,284598
4	3,964050	0,22	90		0,597241	30709,175	31655,205	31182,190	0,011605	3,975655	0,292747
3	3,975655	0,25	90		0,596610	31655,205	32729,103	32192,154	0,011971	3,987626	0,301117
2	3,987626	0,25	90		0,595962	32729,103	33801,834	33265,468	0,012374	4,000000	0,310309
1	4,000000	0,25	90		0,595295	33801,834	34873,365	34337,599	0,012776	4,012776	0,319404

Tabel 4.12 Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang " mini pile" tunggal □ 20x20

Asumsi L (m)	y _p awal = 0,5 cm		y _p awal = 0,75 cm		y _p awal = 1 cm		y _p awal = 2 cm		y _p awal = 3 cm		y _p akhir = 0,75 cm		y _p akhir = 4 cm	
	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)
12	4,662103	0,516537	23,89956	0,815064	24,33314	1,068763	17,44079	2,063319	25,27003	3,092888	23,68513	0,755697	28,85388	4,007079
15	5,316846	0,522581	29,01214	0,846633	29,33489	1,100836	28,20489	2,111361	29,72843	3,129618	28,65641	0,758603	31,86261	4,009748
18	5,979025	0,529403	34,07859	0,884244	34,3145	1,138828	32,11099	2,147656	33,11869	3,167681	33,49602	0,762055	34,87336	4,012776
21	6,649524	0,537011	39,09087	0,927844	39,2657	1,18271	35,99276	2,188573	36,49403	3,209756	38,15198	0,766002	37,88819	4,016166
24	7,329232	0,545416	44,04104	0,977369	44,18125	1,23245	39,84797	2,234083	39,85327	3,255827	42,56655	0,770384	40,90921	4,019918

Tabel 4.13 Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang " mini pile" tunggal △ 20x20x20

Asumsi L (m)	y _p awal = 0,5 cm		y _p awal = 0,75 cm		y _p awal = 1 cm		y _p awal = 2 cm		y _p awal = 3 cm		y _p akhir = 0,75 cm		y _p akhir = 4 crt	
	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)
12	2,83597	0,52097	16,87818	0,85104	16,89941	1,10368	15,52668	2,10727	15,74018	3,11942	16,70686	0,75926	16,42985	4,00925
15	3,33188	0,52953	20,66707	0,90267	20,62947	1,15532	18,45590	2,15434	18,28460	3,16680	20,31728	0,76405	18,72212	4,01315
18	3,83576	0,53946	24,39918	0,96462	24,32887	1,21714	21,36112	2,20940	20,81484	3,22114	23,71963	0,76966	21,02098	4,01768
21	4,34879	0,55077	28,06424	1,03674	27,98756	1,28905	24,23952	2,27240	23,32934	3,28239	26,83744	0,77592	23,32924	4,02286
24	4,87212	0,56349	31,65216	1,11885	31,59403	1,37095	27,08864	2,34325	25,82668	3,35051	29,60740	0,78263	25,64993	4,02869

Tabel 4.14 Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang " mini pile" tunggal □ 28x28

Asumsi L (m)	y _p awal = 0,5 cm		y _p awal = 0,75 cm		y _p awal = 1 cm		y _p awal = 2 cm		y _p awal = 3 cm		y _p akhir = 0,75 cm		y _p akhir = 4 cm	
	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)
12	6,51337	0,51180	33,51149	0,79651	34,08821	1,04913	24,37549	2,04520	35,32383	3,06631	33,30972	0,75409	40,54360	4,00508
15	7,42092	0,51611	40,71198	0,81910	41,11030	1,07206	39,54846	2,07960	41,66384	3,09262	40,39119	0,75619	44,79395	4,00699
18	8,33590	0,52097	47,86624	0,84603	48,11202	1,09922	45,05040	2,10556	46,43275	3,11984	47,36234	0,75870	49,04592	4,00917
21	9,25917	0,52638	54,96618	0,87728	55,08799	1,13062	50,52730	2,13486	51,18640	3,14994	54,17967	0,76160	53,30149	4,01160
24	10,19164	0,53235	62,00378	0,91282	62,03206	1,16623	55,97668	2,16745	55,92352	3,18291	60,79069	0,76486	57,56268	4,01430

Tabel 4.15 Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang " mini pile" tunggal Δ 28x28x28

Asumsi L (m)	y _p awal = 0,5 cm		y _p awal = 0,75 cm		y _p awal = 1 cm		y _p awal = 2 cm		y _p awal = 3 cm		y _p akhir = 0,75 cm		y _p akhir = 4 cm	
	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)
12	3,95815	0,51496	23,68767	0,82226	23,68417	1,07409	21,77182	2,07668	22,05988	3,08533	23,54098	0,75666	23,06753	4,00663
15	4,64365	0,52106	29,04239	0,85923	28,93122	1,11102	25,89790	2,11035	25,63831	3,11922	28,75879	0,76015	26,29127	4,00942
18	5,33711	0,52811	34,34014	0,90367	34,15064	1,15527	29,99925	2,14978	29,20224	3,15810	33,80264	0,76431	29,52124	4,01267
21	6,03968	0,53614	39,57055	0,95547	39,33390	1,20678	34,07270	2,19493	32,74999	3,20195	38,59763	0,76904	32,76012	4,01638
24	6,75251	0,54515	44,72334	1,01456	44,47108	1,26552	38,11537	2,24575	36,27995	3,25074	43,06534	0,77426	36,01072	4,02055

Tabel 4.16 Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang " mini pile" tunggal \square 32x32

Asumsi L (m)	y _p awal = 0,5 cm		y _p awal = 0,75 cm		y _p awal = 1 cm		y _p awal = 2 cm		y _p awal = 3 cm		y _p akhir = 0,75 cm		y _p akhir = 4 cm	
	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)
12	7,43900	0,51032	38,31746	0,79070	38,96552	1,04299	27,84283	2,03954	40,35072	3,05801	38,11981	0,75358	46,38886	4,00445
15	8,47296	0,51409	46,56193	0,81048	46,99745	1,06306	45,22044	2,06966	47,63166	3,08106	46,25255	0,75543	51,26027	4,00613
18	9,51434	0,51834	54,76012	0,83407	55,00956	1,08684	51,52050	2,09240	53,08999	3,10488	54,28235	0,75764	56,13318	4,00803
21	10,56401	0,52306	62,90396	0,86144	62,99679	1,11432	57,79529	2,11804	58,53296	3,13123	62,16925	0,76019	61,00952	4,01017
24	11,62286	0,52828	70,98538	0,89258	70,95338	1,14550	64,04224	2,14659	63,95925	3,16010	69,86421	0,76308	65,89131	4,01253

Tabel 4.17 Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang " mini pile" tunggal Δ 32x32x32

Asumsi L (m)	y _p awal = 0,5 cm		y _p awal = 0,75 cm		y _p awal = 1 cm		y _p awal = 2 cm		y _p awal = 3 cm		y _p akhir = 0,75 cm		y _p akhir = 4 cm	
	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)
12	4,51923	0,51308	27,09244	0,81325	27,07620	1,06484	24,89449	2,06711	25,21978	3,07468	26,95362	0,75584	26,38658	4,00581
15	5,29953	0,51841	33,23010	0,84563	33,08118	1,09717	29,61915	2,09659	29,31529	3,10434	32,96855	0,75891	30,07619	4,00825
18	6,08779	0,52458	39,31074	0,88456	39,05954	1,13590	34,31885	2,13112	33,39620	3,13838	38,82242	0,76258	33,77192	4,01110
21	6,88514	0,53159	45,32394	0,92997	45,00325	1,18102	38,99029	2,17066	37,46078	3,17677	44,44401	0,76679	37,47641	4,01435
24	7,69275	0,53945	51,25938	0,98179	50,90304	1,23248	43,63045	2,21519	41,50736	3,21950	49,75441	0,77147	41,19240	4,01800

4.3.2 Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

Beban aksial yang digunakan pada perhitungan daya dukung kelompok tiang ini diambil dari beban rencana yang digunakan untuk merencanakan struktur pondasi proyek pembangunan gedung auditorium dan perpustakaan USM Semarang.

Beban yang bekerja

Berdasarkan besar beban yang bekerja, pada kasus ini beban aksial (V) dibedakan menjadi 2 macam, yaitu :

- Tipe A = 76 ton
- Tipe B = 135 ton

Daya dukung ijin satu tiang

$$Q_a = \frac{Q_u}{FK}$$

$$= \frac{33,496021}{2,5} = 13,398405 \text{ ton}$$

Jumlah tiang yang diperlukan secara teoritis (n_t)

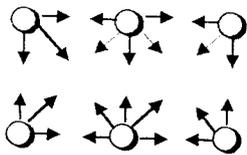
$$n_t = \frac{V}{Q_a}$$

$$= \frac{76}{13,398405} = 5,6723155 \rightarrow \text{dipakai 6 buah tiang}$$

Efisiensi tiang

Karena tidak semua jumlah tiang dalam satu kelompok dapat disusun membentuk formasi empat persegi panjang, maka untuk mempermudah menentukan efisiensi dari suatu kelompok tiang digunakan metode Feld.

Efisiensi kelompok tiang yang terdiri dari 6 tiang menurut Feld adalah :



$$\text{Eff} = \frac{(4) \cdot 13/16 + (2) \cdot 11/16}{6} = 0,7708$$

Dengan cara yang sama, efisiensi untuk berbagai formasi kelompok tiang seperti pada gambar 3.14 dapat ditentukan seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.18 Efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode Feld

Jumlah tiang	Efisiensi	Jumlah Tiang	Effisiensi
2	0,9830	14	0,7143
3	0,8150	15	0,7333
4	0,7700	16	0,6719
5	0,8000	17	0,6618
6	0,7708	18	0,6667
7	0,7857	19	0,7237
8	0,7813	20	0,6563
9	0,7222	21	0,6429
10	0,7625	22	0,7102
11	0,7727	23	0,6739
12	0,6969	24	0,6354
13	0,7115	25	0,6400

Daya dukung kelompok tiang

Berdasarkan jumlah tiang yang dibutuhkan secara teoritis (n_t) maka daya dukung kelompok tiang yang diperoleh ialah :

$$\begin{aligned} Q_g &= n_t \times Q_a \times \text{Efisiensi} \\ &= 6 \times 13,398405 \times 0,770800 \\ &= 61,9649595 \text{ ton} < 76 \text{ ton} \dots\dots\dots \textit{tidak aman} \end{aligned}$$

Ternyata jumlah tiang yang didapat berdasarkan perhitungan teoritis belum mampu mendukung beban rencana. Dicoba (“trial and error”) direncanakan ulang dengan menambah jumlah tiang untuk mendapatkan daya dukung yang diinginkan.

$$Q_g = n_r \times Q_a \times \text{Efisiensi}$$

dimana n_r = jumlah tiang rencana → dicoba 8 buah tiang

maka $Q_g = 8 \times 13,398405 \times 0,7813$

$$= 83,7454123 \text{ ton}$$

Kontrol daya dukung kelompok tiang terhadap beban aksial total

$$\text{Beban aksial} = 76 \text{ ton}$$

$$\text{Berat poer} = 1,6 \times 1,5 \times 0,5 \times 2,4 = 2,88 \text{ ton}$$

$$\underline{\hspace{10em} +} \\ \sum V = 78,88 \text{ ton} < Q_g = 83,7454123 \text{ ton.} \dots\dots\dots \textit{aman}$$

Perhitungan daya dukung kelompok tiang selanjutnya untuk beberapa parameter yang digunakan dilakukan sesuai dengan langkah-langkah di atas dan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut ini.

Tabel 4.19 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 20x20 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	23,685129	2,5	9,47405148	76	8,02191123	9	0,7222	61,5794398	79,0720	V tot > Qg	tidak aman
15	28,656410	2,5	11,4625639	76	6,63027927	7	0,7857	63,0429554	78,4300	V tot > Qg	tidak aman
18	33,496021	2,5	13,3984085	76	5,6723155	6	0,7708	61,9649595	78,1120	V tot > Qg	tidak aman
21	38,151981	2,5	15,2607923	76	4,98008221	5	0,8	61,043169	77,9800	V tot > Qg	tidak aman
24	42,566548	2,5	17,0266193	76	4,46359896	5	0,8000	68,1064771	77,9800	V tot > Qg	tidak aman

Tabel 4.20 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 20x20 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	23,685129	2,5	9,47405148	76	8,02191123	11	0,7727	80,5265954	79,78000	V tot < Qg	aman
15	28,656410	2,5	11,4625639	76	6,63027927	10	0,7625	87,4020500	79,33000	V tot < Qg	aman
18	33,496021	2,5	13,3984085	76	5,6723155	8	0,7813	83,7454123	78,88000	V tot < Qg	aman
21	38,151981	2,5	15,2607923	76	4,98008221	7	0,7857	83,9328313	78,43000	V tot < Qg	aman
24	42,566548	2,5	17,0266193	76	4,46359896	6	0,7708	78,7447088	78,11200	V tot < Qg	aman

Tabel 4.21 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 20x20 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	23,685129	2,5	9,47405148	135	14,2494476	15	0,6833	97,1042906	140,5124	V tot > Qg	tidak aman
15	28,656410	2,5	11,4625639	135	11,7774698	12	0,75	103,163075	139,032	V tot > Qg	tidak aman
18	33,496021	2,5	13,3984085	135	10,0758236	11	0,7727	113,882453	138,78	V tot > Qg	tidak aman
21	38,151981	2,5	15,2607923	135	8,84619866	9	0,7222	99,1920975	138,072	V tot > Qg	tidak aman
24	42,566548	2,5	17,0266193	135	7,9287613	8	0,7813	106,423181	137,88	V tot > Qg	tidak aman

Tabel 4.22 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 20x20 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	23,685129	2,5	9,47405148	135	14,2494476	23	0,6667	145,276053	142,3500	V tot < Qg	aman
15	28,656410	2,5	11,4625639	135	11,7774698	19	0,6667	145,199736	141,0480	V tot < Qg	aman
18	33,496021	2,5	13,3984085	135	10,0758236	16	0,6719	144,03825	140,2920	V tot < Qg	aman
21	38,151981	2,5	15,2607923	135	8,84619866	13	0,7115	141,154698	139,6080	V tot < Qg	aman
24	42,566548	2,5	17,0266193	135	7,9287613	11	0,7727	144,721156	138,7800	V tot < Qg	aman

Tabel 4.23 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 20x20x20 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	16,706858	2,5	6,68274303	76	11,3725756	12	0,75	60,1446873	80,0320	V tot > Qg	tidak aman
15	20,317276	2,5	8,12691059	76	9,35164712	10	0,7625	61,9676932	79,3300	V tot > Qg	tidak aman
18	23,719626	2,5	9,48785022	76	8,01024449	9	0,7222	61,6691289	79,0720	V tot > Qg	tidak aman
21	26,837436	2,5	10,7349745	76	7,07966284	8	0,7813	67,0978845	78,8800	V tot > Qg	tidak aman
24	29,607401	2,5	11,8429602	76	6,41731446	7	0,7857	65,135097	78,4300	V tot > Qg	tidak aman

Tabel 4.24 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 20x20x20 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	16,706858	2,5	6,68274303	76	11,3725756	19	0,6667	84,6523108	82,04800	V tot < Qg	aman
15	20,317276	2,5	8,12691059	76	9,35164712	14	0,7143	81,2707313	80,59000	V tot < Qg	aman
18	23,719626	2,5	9,48785022	76	8,01024449	11	0,7727	80,6438805	79,78000	V tot < Qg	aman
21	26,837436	2,5	10,7349745	76	7,07966284	10	0,7625	81,8541805	79,33000	V tot < Qg	aman
24	29,607401	2,5	11,8429602	76	6,41731446	10	0,7625	90,3025718	79,33000	V tot < Qg	aman

Tabel 4.25 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 20x20x20 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	16,706858	2,5	6,68274303	135	20,2012855	21	0,6667	93,5630803	141,9	V tot > Qg	tidak aman
15	20,317276	2,5	8,12691059	135	16,6114784	17	0,6618	91,4326203	141,39	V tot > Qg	tidak aman
18	23,719626	2,5	9,48785022	135	14,2287238	15	0,6833	97,2457208	140,5124	V tot > Qg	tidak aman
21	26,837436	2,5	10,7349745	135	12,5757169	13	0,7115	99,2931465	139,608	V tot > Qg	tidak aman
24	29,607401	2,5	11,8429602	135	11,399177	12	0,75	106,586642	139,032	V tot > Qg	tidak aman

Tabel 4.26 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 20x20x20 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	16,706858	2,5	6,68274303	135	20,2012855	25	0,64	106,923888	143,1200	V tot > Qg	tidak aman
15	20,317276	2,5	8,12691059	135	16,6114784	25	0,64	130,030569	143,1200	V tot > Qg	tidak aman
18	23,719626	2,5	9,48785022	135	14,2287238	22	0,7102	148,241967	141,9320	V tot < Qg	aman
21	26,837436	2,5	10,7349745	135	12,5757169	21	0,6429	144,931817	141,9000	V tot < Qg	aman
24	29,607401	2,5	11,8429602	135	11,399177	18	0,6667	142,122629	141,0480	V tot < Qg	aman

Tabel 4.27 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 28x28 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	33,309722	2,5	13,3238888	76	5,70404041	6	6	0,7708	61,6203208	79,5280	V tot > Qg	tidak aman
15	40,391190	2,5	16,1564759	76	4,70399612	5	5	0,8	64,6259037	79,1920	V tot > Qg	tidak aman
18	47,362339	2,5	18,9449356	76	4,0116262	5	5	0,8	75,7797424	79,1920	V tot > Qg	tidak aman
21	54,179667	2,5	21,6718668	76	3,50685064	4	4	0,815	70,6502857	78,3520	V tot > Qg	tidak aman
24	60,790692	2,5	24,316277	76	3,12547846	4	4	0,815	79,2710629	78,3520	V tot < Qg	aman

Tabel 4.28 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 28x28 berdasarkan jumlah tiang neraca (nr) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	33,309722	2,5	13,3238888	76	5,70404041	8	8	0,7813	83,2796344	80,78800	V tot < Qg	aman
15	40,391190	2,5	16,1564759	76	4,70399612	7	7	0,7857	88,8590019	79,99000	V tot < Qg	aman
18	47,362339	2,5	18,9449356	76	4,0116262	6	6	0,7708	87,6165381	79,52800	V tot < Qg	aman
21	54,179667	2,5	21,6718668	76	3,50685064	5	5	0,8	86,6874672	79,1920	V tot < Qg	aman
24	60,790692	2,5	24,316277	76	3,12547846	4	4	0,815	79,2710629	78,3520	V tot < Qg	aman

Tabel 4.29 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 28x28 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	33,309722	2,5	13,3238888	135	10,132177	11	11	0,7727	113,249057	141,384	V tot > Qg	tidak aman
15	40,391190	2,5	16,1564759	135	8,35578258	9	9	0,7222	105,013862	140,292	V tot > Qg	tidak aman
18	47,362339	2,5	18,9449356	135	7,12591496	8	8	0,7813	118,413425	139,788	V tot > Qg	tidak aman
21	54,179667	2,5	21,6718668	135	6,22927417	7	7	0,7857	119,1931	138,99	V tot > Qg	tidak aman
24	60,790692	2,5	24,316277	135	5,55183674	6	6	0,7708	112,457918	138,528	V tot > Qg	tidak aman

Tabel 4.30 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 28x28 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	33,309722	2,5	13,3238888	135	10,132177	17	17	0,6618	149,901743	145,9080	V tot < Qg	aman
15	40,391190	2,5	16,1564759	135	8,35578258	12	12	0,75	145,408283	142,0560	V tot < Qg	aman
18	47,362339	2,5	18,9449356	135	7,12591496	10	10	0,7625	144,455134	140,5860	V tot < Qg	aman
21	54,179667	2,5	21,6718668	135	6,22927417	9	9	0,7222	140,8628	140,2920	V tot < Qg	aman
24	60,790692	2,5	24,316277	135	5,55183674	8	8	0,7813	151,986458	139,7880	V tot < Qg	aman

Tabel 4.31 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 28x28x28 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	23,540880	2,5	9,41635188	76	8,07106627	9	9	0,7222	61,2044039	81,2920	V tot > Qg	tidak aman
15	28,758785	2,5	11,5035141	76	6,60667683	7	7	0,7857	63,2681771	79,9900	V tot > Qg	tidak aman
18	33,802637	2,5	13,5210549	76	5,62086321	6	6	0,7708	62,5321747	79,5280	V tot > Qg	tidak aman
21	38,597629	2,5	15,4390517	76	4,92258214	5	5	0,8	61,7562067	79,1920	V tot > Qg	tidak aman
24	43,065341	2,5	17,2261362	76	4,41190056	5	5	0,8	68,9045449	79,1920	V tot > Qg	tidak aman

Tabel 4.32 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 28x28x28 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	23,540880	2,5	9,41635188	76	8,07106627	12	12	0,75	84,7471669	83,05600	V tot < Qg	aman
15	28,758785	2,5	11,5035141	76	6,60667683	10	10	0,7625	87,7142949	81,58600	V tot < Qg	aman
18	33,802637	2,5	13,5210549	76	5,62086321	8	8	0,7813	84,5120016	80,78800	V tot < Qg	aman
21	38,597629	2,5	15,4390517	76	4,92258214	7	7	0,7857	84,9132403	79,99000	V tot < Qg	aman
24	43,065341	2,5	17,2261362	76	4,41190056	6	6	0,7708	79,6674348	79,52800	V tot < Qg	aman

Tabel 4.33 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 28x28x28 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	23,540880	2,5	9,41635188	135	14,3367624	15	15	0,6833	96,5128986	144,6598	V tot > Qg	tidak aman
15	28,758785	2,5	11,5035141	135	11,7355444	12	12	0,75	103,531627	142,056	V tot > Qg	tidak aman
18	33,802637	2,5	13,5210549	135	9,98442806	10	10	0,7625	103,098044	140,586	V tot > Qg	tidak aman
21	38,597629	2,5	15,4390517	135	8,74406037	9	9	0,7222	100,350748	140,292	V tot > Qg	tidak aman
24	43,065341	2,5	17,2261362	135	7,83692863	8	8	0,7813	107,670242	139,788	V tot > Qg	tidak aman

Tabel 4.34 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 28x28x28 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	nt	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	23,540880	2,5	9,41635188	135	14,3367624	24	24	0,6667	150,669163	149,2800	V tot < Qg	aman
15	28,758785	2,5	11,5035141	135	11,7355444	20	20	0,6667	153,387857	146,7600	V tot < Qg	aman
18	33,802637	2,5	13,5210549	135	9,98442806	16	16	0,6719	145,356749	144,4080	V tot < Qg	aman
21	38,597629	2,5	15,4390517	135	8,74406037	14	14	0,7143	154,393605	142,9380	V tot < Qg	aman
24	43,065341	2,5	17,2261362	135	7,83692863	11	11	0,7727	146,41699	141,3840	V tot < Qg	aman

Tabel 4.35 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 32x32 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	38,119810	2,5	15,2479239	76	4,98428512	5	0,8	60,9916955	79,9060	V tot > Qg	tidak aman
15	46,252553	2,5	18,5010213	76	4,10788134	5	0,8	74,0040851	79,9060	V tot > Qg	tidak aman
18	54,282349	2,5	21,7129394	76	3,50021701	4	0,815	70,7841826	78,8830	V tot > Qg	tidak aman
21	62,169254	2,5	24,8677015	76	3,05617309	3	0,875	65,2777164	77,2555	V tot > Qg	tidak aman
24	69,864208	2,5	27,9456833	76	2,71956134	3	0,875	73,3574188	77,2555	V tot > Qg	tidak aman

Tabel 4.36 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 32x32 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	38,119810	2,5	15,2479239	76	4,98428512	7	0,7857	83,8620565	81,14800	V tot < Qg	aman
15	46,252553	2,5	18,5010213	76	4,10788134	6	0,7708	85,5635232	80,37100	V tot < Qg	aman
18	54,282349	2,5	21,7129394	76	3,50021701	5	0,8	86,8517578	79,90600	V tot < Qg	aman
21	62,169254	2,5	24,8677015	76	3,05617309	4	0,815	81,0687068	78,88300	V tot < Qg	aman
24	69,864208	2,5	27,9456833	76	2,71956134	4	0,815	91,1029277	78,88300	V tot < Qg	aman

Tabel 4.37 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 32x32 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	38,119810	2,5	15,2479239	135	8,85366435	9	0,7222	99,1084556	141,627	V tot > Qg	tidak aman
15	46,252553	2,5	18,5010213	135	7,29689448	8	0,7813	115,638783	140,922	V tot > Qg	tidak aman
18	54,282349	2,5	21,7129394	135	6,21749074	7	0,7857	119,418996	140,148	V tot > Qg	tidak aman
21	62,169254	2,5	24,8677015	135	5,42872851	6	0,7708	115,008146	139,371	V tot > Qg	tidak aman
24	69,864208	2,5	27,9456833	135	4,83079975	5	0,8	111,782733	138,906	V tot > Qg	tidak aman

Tabel 4.38 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" □ 32x32 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	38,119810	2,5	15,2479239	135	8,85366435	14	0,7143	152,482288	145,2840	V tot < Qg	aman
15	46,252553	2,5	18,5010213	135	7,29689448	11	0,7727	157,253131	142,9380	V tot < Qg	aman
18	54,282349	2,5	21,7129394	135	6,21749074	10	0,7625	165,561163	142,2600	V tot < Qg	aman
21	62,169254	2,5	24,8677015	135	5,42872851	8	0,7813	155,433081	140,9220	V tot < Qg	aman
24	69,864208	2,5	27,9456833	135	4,83079975	7	0,7857	153,698464	140,1480	V tot < Qg	aman

Tabel 4.39 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 32x32x32 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	26,953623	2,5	10,7814493	76	7,04914504	8	0,7813	67,3883708	81,9220	V tot > Qg	tidak aman
15	32,968551	2,5	13,1874205	76	5,7630679	6	0,7708	60,9891825	80,3710	V tot > Qg	tidak aman
18	38,822422	2,5	15,5289688	76	4,89407898	5	0,8	62,1158754	79,9060	V tot > Qg	tidak aman
21	44,444012	2,5	17,7776048	76	4,27504159	5	0,8	71,1104194	79,9060	V tot > Qg	tidak aman
24	49,754407	2,5	19,9017629	76	3,81875717	4	0,815	64,8797472	78,8830	V tot > Qg	tidak aman

Tabel 4.40 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 32x32x32 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe A

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	26,953623	2,5	10,7814493	76	7,04914504	11	0,7727	91,6390847	83,93800	V tot < Qg	aman
15	32,968551	2,5	13,1874205	76	5,7630679	8	0,7813	82,4266534	81,92200	V tot < Qg	aman
18	38,822422	2,5	15,5289688	76	4,89407898	7	0,7857	85,4077758	81,14800	V tot < Qg	aman
21	44,444012	2,5	17,7776048	76	4,27504159	6	0,7708	82,2178669	80,37100	V tot < Qg	aman
24	49,754407	2,5	19,9017629	76	3,81875717	6	0,7708	92,0416733	80,37100	V tot < Qg	aman

Tabel 4.41 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 32x32x32 berdasarkan jumlah tiang teoritis (nt) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	26,953623	2,5	10,7814493	135	12,5215076	13	0,7115	99,7230154	144,87	V tot > Qg	tidak aman
15	32,968551	2,5	13,1874205	135	10,2370285	11	0,7727	112,089118	142,938	V tot > Qg	tidak aman
18	38,822422	2,5	15,5289688	135	8,69342977	9	0,7222	100,935192	141,627	V tot > Qg	tidak aman
21	44,444012	2,5	17,7776048	135	7,59382387	8	0,7813	111,117141	140,922	V tot > Qg	tidak aman
24	49,754407	2,5	19,9017629	135	6,78331866	7	0,7857	109,457706	140,148	V tot > Qg	tidak aman

Tabel 4.42 Daya dukung kelompok tiang "mini pile" Δ 32x32x32 berdasarkan jumlah tiang rencana (nr) untuk beban tipe B

L (m)	Qu (ton)	FK	Qa (ton)	V (ton)	n	nr	Effisiensi	Qg (ton)	V tot (ton)	Cek	Keterangan
12	26,953623	2,5	10,7814493	135	12,5215076	22	0,6618	156,973589	150,9399	V tot < Qg	aman
15	32,968551	2,5	13,1874205	135	10,2370285	18	0,6618	157,093829	148,2300	V tot < Qg	aman
18	38,822422	2,5	15,5289688	135	8,69342977	14	0,7143	155,292794	145,2840	V tot < Qg	aman
21	44,444012	2,5	17,7776048	135	7,59382387	11	0,7727	151,104308	142,9380	V tot < Qg	aman
24	49,754407	2,5	19,9017629	135	6,78331866	10	0,7625	151,750942	142,2600	V tot < Qg	aman

Penurunan Kelompok tiang

Penurunan kelompok tiang dihitung dengan menggunakan metode Vesic (1977), yaitu :

$$S_g = S \cdot \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

dimana :

$$S = 0,762055 \text{ cm}$$

$$B_g = 106,60254 \text{ cm}$$

$$D = 20 \text{ cm}$$

maka :

$$\begin{aligned} S_g &= 0,762055 \cdot \sqrt{\frac{106,60254}{20}} \\ &= 1,7593611 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Secara sistematis penurunan kelompok tiang di tampilkan dalam bentuk tabel seperti tersebut dibawah ini

Tabel 4.43 Penurunan □ 20x20 beban tipe A

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,755697	106,60254	20	1,74468169
15	0,758603	106,60254	20	1,75139304
18	0,762055	106,60254	20	1,7593611
21	0,766002	106,60254	20	1,76847483
24	0,770384	70	20	1,44125575

Tabel 4.44 Penurunan □ 20x20 beban tipe B

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,755697	206,60254	20	2,42884754
15	0,758603	193,20508	20	2,35781168
18	0,762055	170	20	2,22175245
21	0,766002	120	20	1,8763149
24	0,770384	106,60254	20	1,77858986

Tabel 4.45 Penurunan △ 20x20x20 beban tipe A

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,759256	193,20508	20	2,35983864
15	0,764054	156,60254	20	2,13800355
18	0,769664	106,60254	20	1,77692956
21	0,775922	106,60254	20	1,79137681
24	0,782629	106,60254	20	1,80686078

Tabel 4.46 Penurunan △ 20x20x20 beban tipe B

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,759256	220	20	2,51816612
15	0,764054	220	20	2,53408023
18	0,769664	193,20508	20	2,3921902
21	0,775922	206,60254	20	2,49385385
24	0,782629	170	20	2,28173589

Tabel 4.47 Penurunan □ 28x28 beban tipe A

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,754088	149,24356	28	1,74096777
15	0,756189	149,24356	28	1,74581838
18	0,758700	98	28	1,41939727
21	0,761602	98	28	1,42482673
24	0,764865	98	28	1,43093058

Tabel 4.48 Penurunan □ 28x28 beban tipe B

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,754088	238	28	2,19852503
15	0,756189	168	28	1,85227688
18	0,758700	149,24356	28	1,75161527
21	0,761602	168	28	1,8655361
24	0,764865	149,24356	28	1,76584802

Tabel 4.49 Penurunan △ 28x28x28 beban tipe A

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,756656	168	28	1,85342201
15	0,760155	149,24356	28	1,75497425
18	0,764309	149,24356	28	1,76456553
21	0,769044	149,24356	28	1,77549703
24	0,774258	98	28	1,44850401

Tabel 4.50 Penurunan △ 28x28x28 beban tipe B

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,756656	340,48711	28	2,63857847
15	0,760155	238	28	2,21621267
18	0,764309	238	28	2,22832471
21	0,769044	219,24356	28	2,15196684
24	0,774258	149,24356	28	1,78753461

Tabel 4.51 Penurunan □ 32x32 beban tipe A

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,753582	170,56406	32	1,73980036
15	0,755427	112	32	1,41327358
18	0,757635	112	32	1,41740569
21	0,760194	112	32	1,42219271
24	0,763082	112	32	1,42759644

Tabel 4.52 Penurunan □ 32x32 beban tipe B

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,753582	250,56406	32	2,10870118
15	0,755427	170,56406	32	1,74405829
18	0,757635	170,56406	32	1,74915755
21	0,760194	170,56406	32	1,755065
24	0,763082	170,56406	32	1,7617335

Tabel 4.53 Penurunan △ 32x32x32 beban tipe A

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,755835	170,56406	32	1,74500147
15	0,758914	170,56406	32	1,75210995
18	0,762585	170,56406	32	1,76058508
21	0,766795	112	32	1,43454138
24	0,771468	- 112	32	1,44328401

Tabel 4.54 Penurunan △ 32x32x32 beban tipe B

L (m)	S (cm)	Bg (cm)	D (cm)	Sg (cm)
12	0,755835	309,12813	32	2,34920703
15	0,758914	272	32	2,21259557
18	0,762585	250,56406	32	2,13389302
21	0,766795	170,56406	32	1,77030395
24	0,771468	170,56406	32	1,78109284

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pondasi tiang pancang “mini pile” merupakan hasil modifikasi dari tiang pancang ukuran standart menjadi tiang ukuran mini/kecil, yang digunakan untuk mendukung bangunan sederhana yang teletak di atas tanah yang kurang baik atau letak lapisan tanah kerasnya relatif dalam. Pondasi tiang pancang “mini pile” memiliki prinsip kerja dan prosedur analisis perhitungan yang identik dengan pondasi tiang pancang ukuran standart.

Analisis daya dukung “mini pile” berdasarkan data tanah dan jenis tiang yang digunakan pada proyek pembangunan auditorium dan perpustakaan USM Semarang, dilakukan dengan metode “Coyle~Reese”. Dalam menganalisa, mempelajari dan mendapatkan nilai daya dukung yang optimal, analisis perhitungan didasarkan pada beberapa nilai asumsi dan parameter yang mempengaruhinya. Pada pembahasan ini diuraikan mengenai pengaruh pengambilan nilai asumsi penurunan ujung tiang serta pengaruh panjang, bentuk, dan dimensi tiang terhadap daya dukung “mini pile” sebagai tiang tunggal dan kelompok.

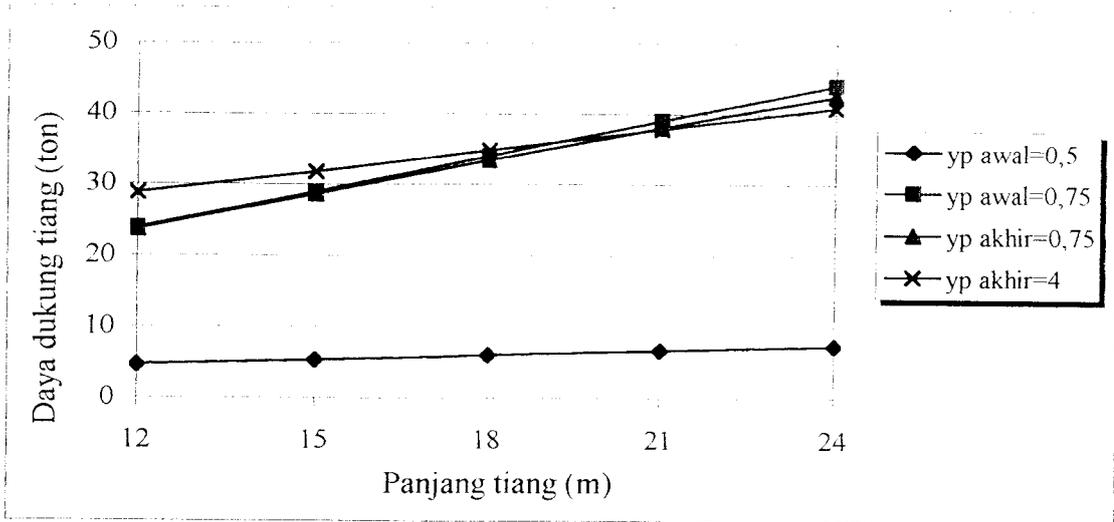
5.2 Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang “Mini Pile” Tunggal Dengan Metode “Coyle ~ Reese”

Untuk meningkatkan ketelitian dan memperkecil tingkat kesalahan, pada perhitungan daya dukung “mini pile” berdasarkan metode “Coyle~Reese”, tiang dibagi menjadi 20 segmen, dengan besar kesalahan tidak boleh melebihi toleransi yang telah ditentukan (5%). Daya dukung yang optimal, selain ditentukan oleh pembagian segmen tiang, juga dipengaruhi oleh pengambilan asumsi perpindahan ujung tiang (y_p) yang berkaitan dengan penentuan nilai rasio pada kurva rasio transfer beban dengan kuat geser tanah terhadap perpindahan ujung tiang (Gambar 3.9).

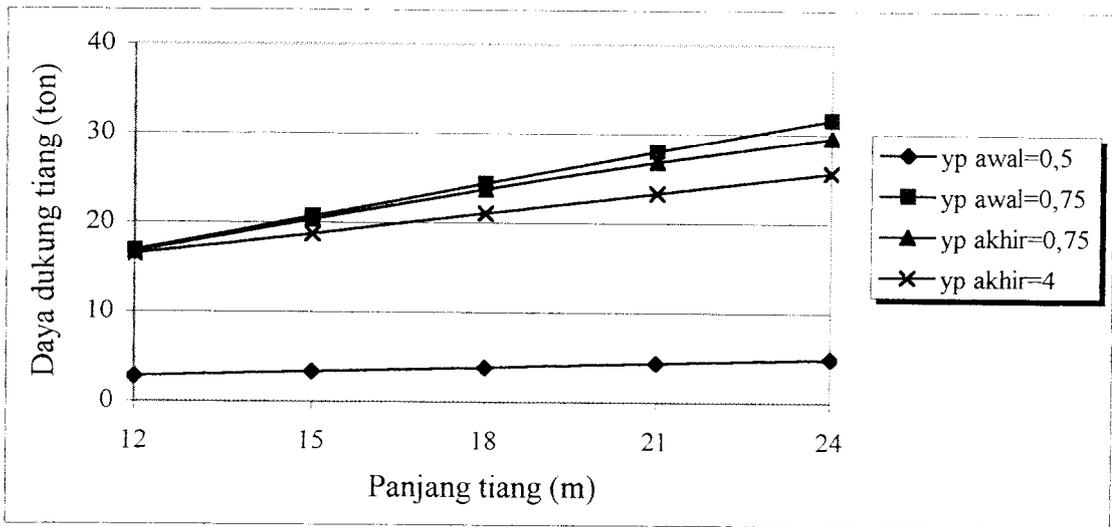
5.2.1 Pengaruh pengambilan asumsi perpindahan ujung tiang (y_p)

Untuk mendapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang optimal, perhitungan dilakukan dengan variasi panjang, bentuk dan dimensi tiang dengan beberapa nilai asumsi perpindahan ujung tiang yang mengacu pada kurva yang ditunjukkan gambar 3.9. Asumsi yang diambil akan menentukan nilai rasio yang didapat berdasarkan kurva pada gambar 3.9 tersebut.

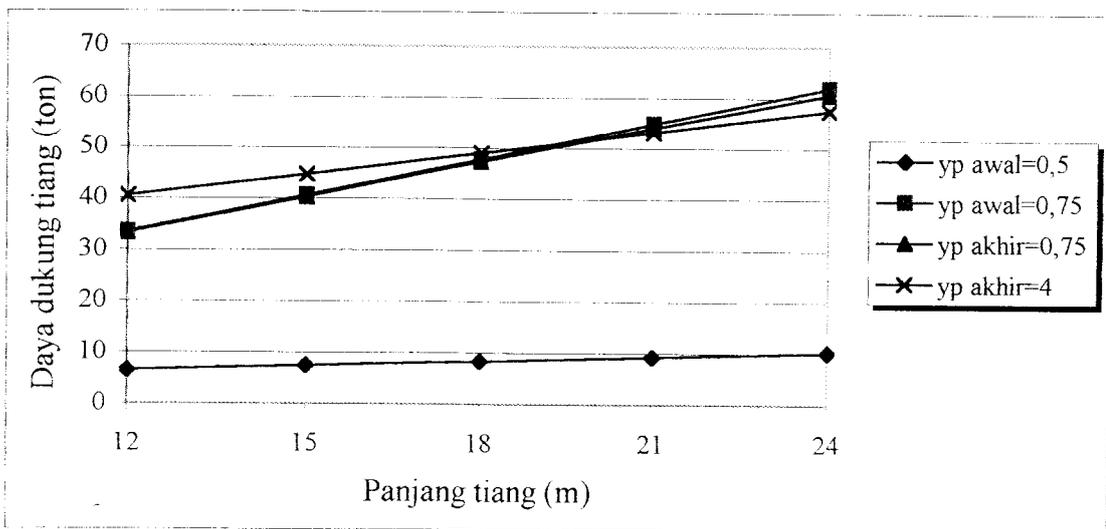
Hasil perhitungan berdasarkan ketentuan di atas ditunjukkan pada tabel 4.12 s/d tabel 4.17, dan ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara asumsi y_p dengan daya dukung dan penurunan tiang untuk setiap bentuk dan dimensi tiang yang digunakan.



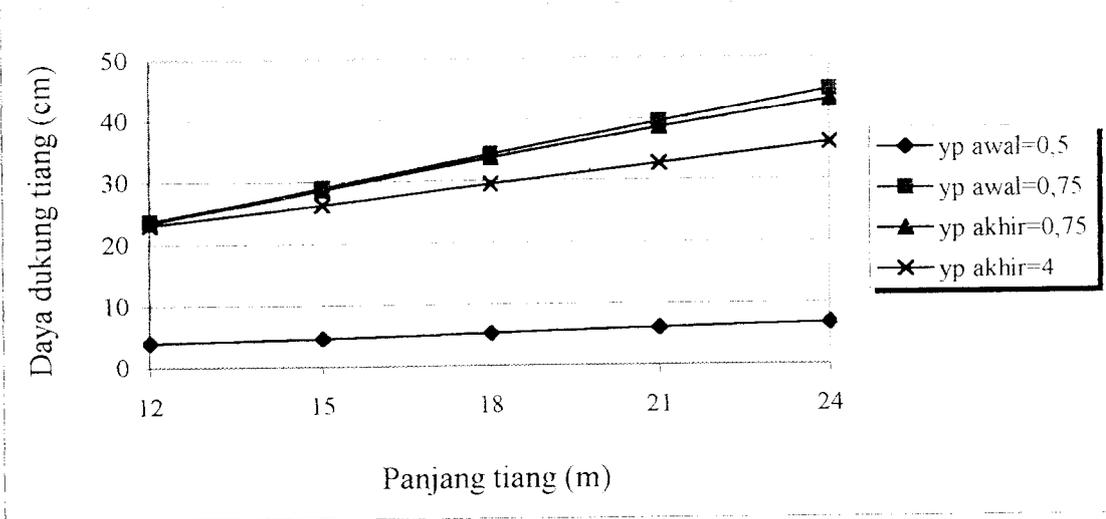
Gambar 5.1 Grafik asumsi yp terhadap daya dukung " mini pile" tunggal □ 20x20



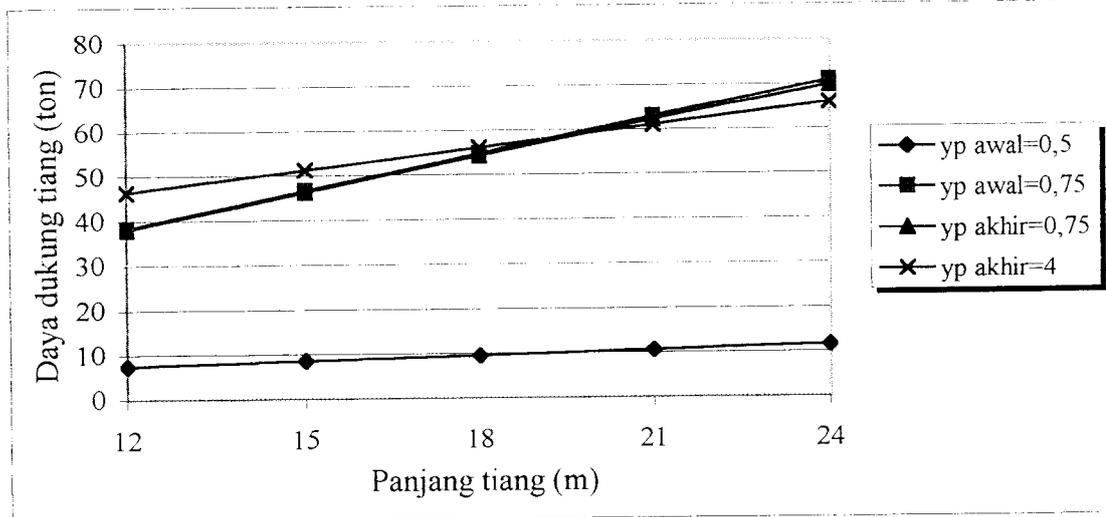
Gambar 5.2 Grafik asumsi yp terhadap daya dukung " mini pile" tunggal △ 20x20x20



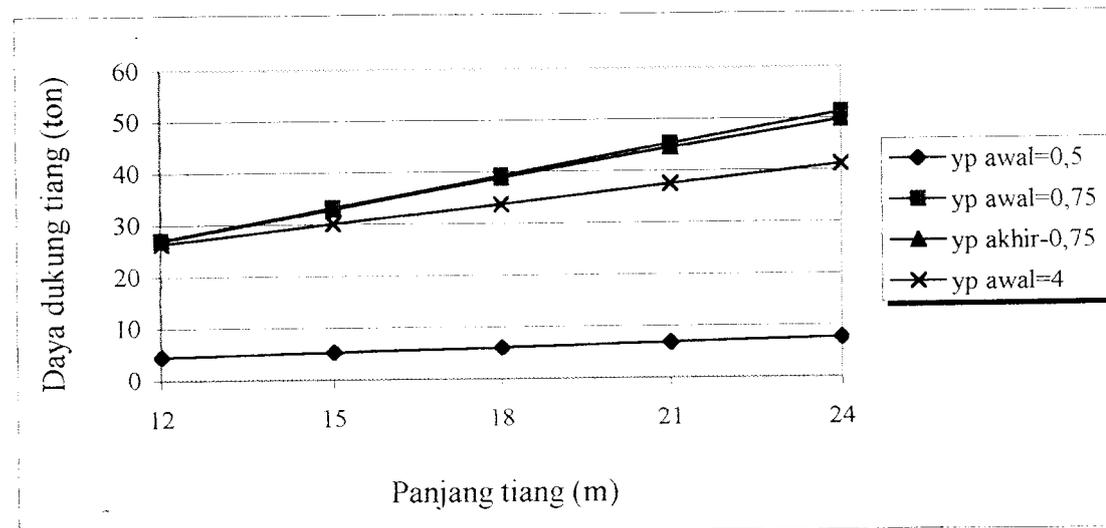
Gambar 5.3 Grafik asumsi yp terhadap daya dukung " mini pile" tunggal □ 28x28



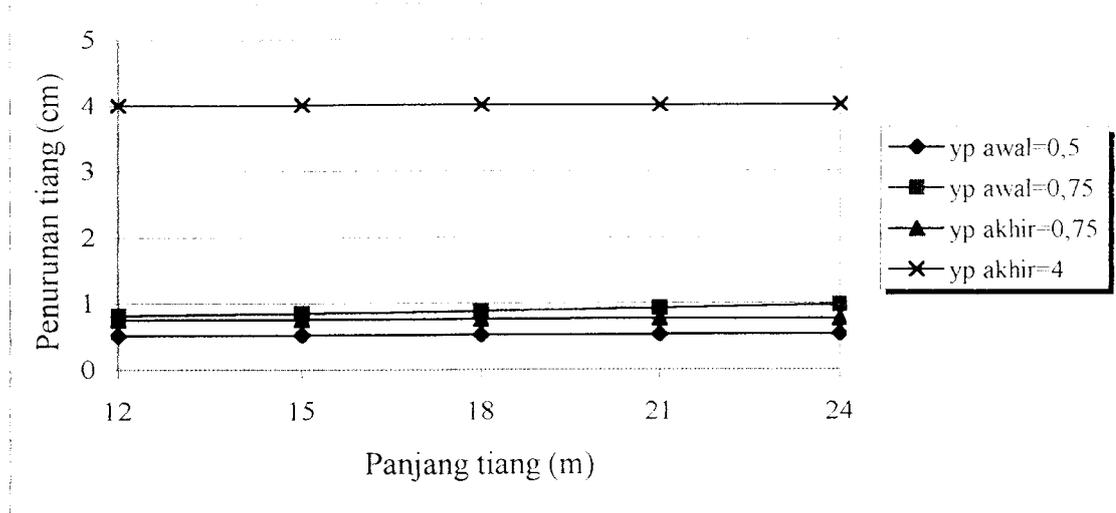
Gambar 5.4 Grafik asumsi yp terhadap daya dukung " mini pile" tunggal Δ 28x28x28



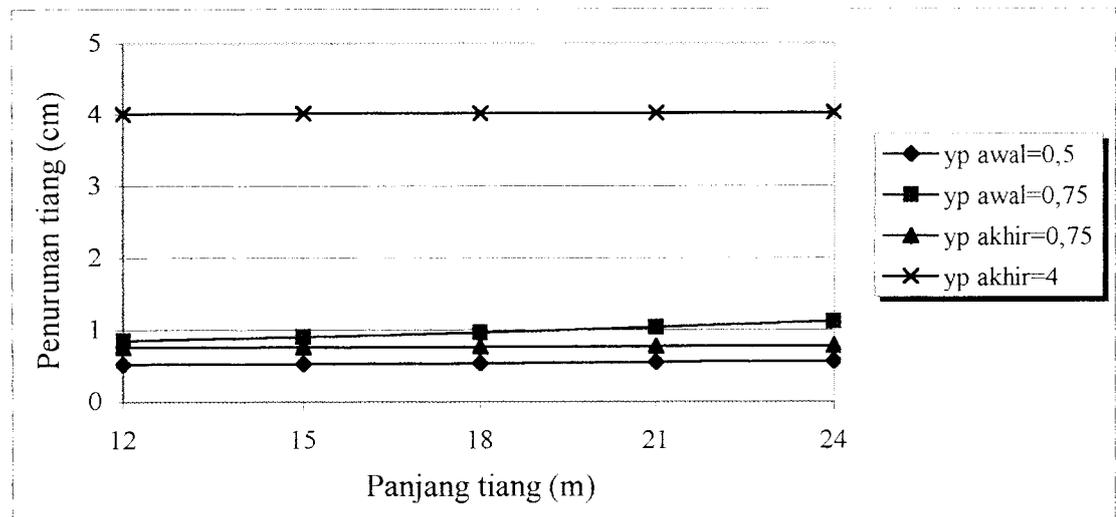
Gambar 5.5 Grafik asumsi yp terhadap daya dukung " mini pile" tunggal \square 32x32



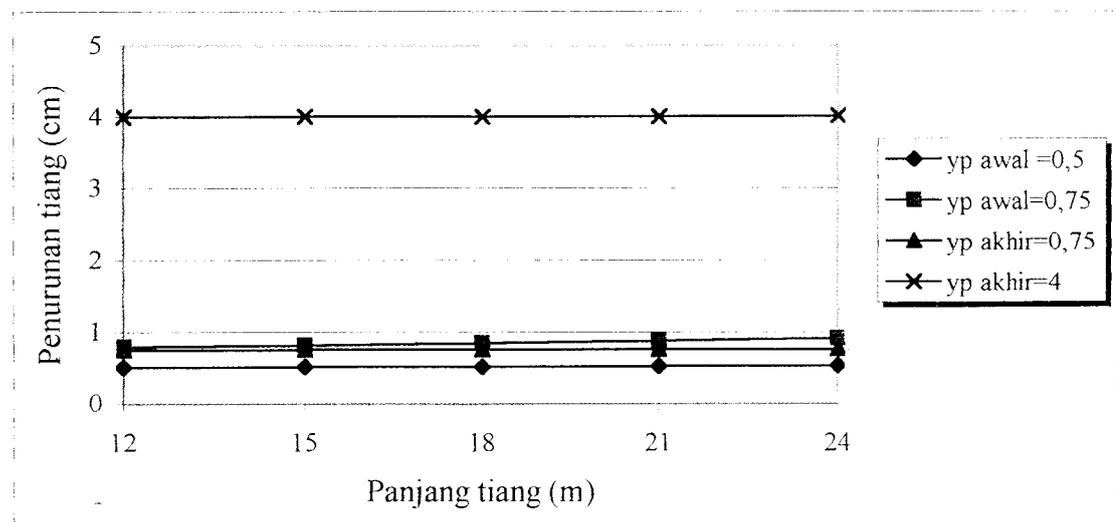
Gambar 5.6 Grafik asumsi yp terhadap daya dukung " mini pile" tunggal Δ 32x32x32



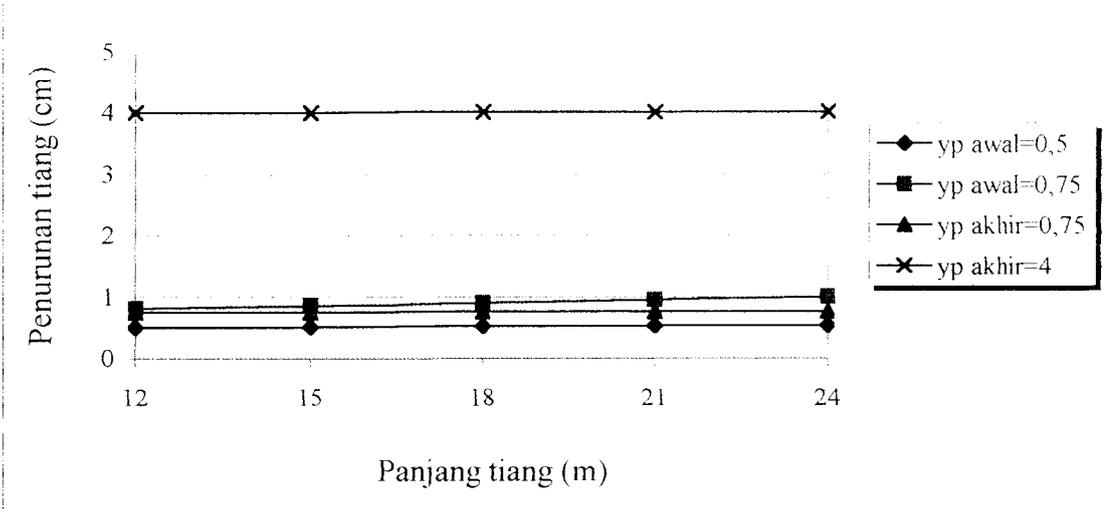
Gambar 5.7 Grafik asumsi yp terhadap penurunan "mini pile" tunggal □20x20



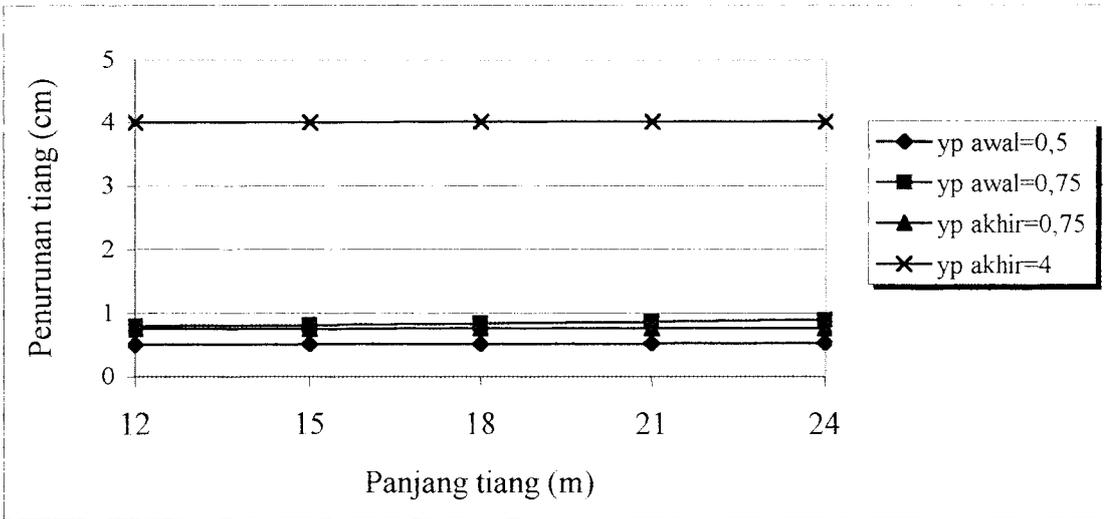
Gambar 5.8 Grafik asumsi yp terhadap penurunan "mini pile" tunggal △20x20x20



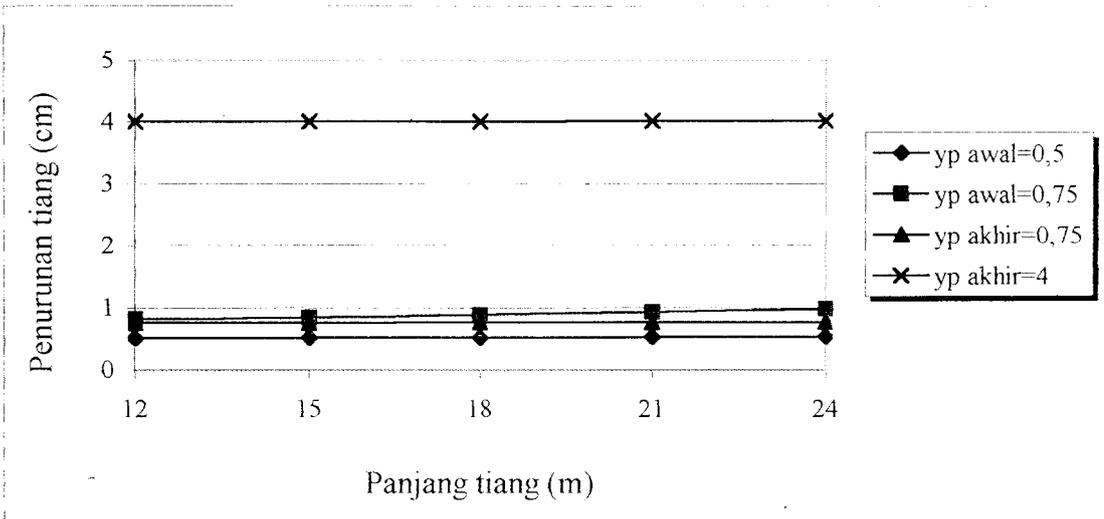
Gambar 5.9 Grafik asumsi yp terhadap penurunan "mini pile" tunggal □28x28



Gambar 5.10 Grafik asumsi yp terhadap penurunan " mini pile" tunggal $\Delta 28 \times 28 \times 28$



Gambar 5.11 Grafik asumsi yp terhadap penurunan " mini pile" tunggal $\square 32 \times 32$



Gambar 5.12 Grafik asumsi yp terhadap penurunan " mini pile" tunggal $\Delta 32 \times 32 \times 32$

Berdasarkan kurva pada gambar 3.9 nilai rasio maksimum diperoleh bila tiang mengalami perpindahan sebesar 0,75 cm. Grafik pada gambar 5.1 s/d gambar 5.12 di atas menunjukkan bahwa daya dukung dan penurunan optimal diperoleh pada pengasumsian y_p awal dan y_p akhir sebesar 0,75 cm. Mengacu pada persamaan (3.3) dimana rasio berbanding lurus dengan daya dukung tiang, maka bila rasio yang didapat dari asumsi perpindahan ujung tiang adalah nilai maksimum, akan diperoleh daya dukung yang maksimum pula.

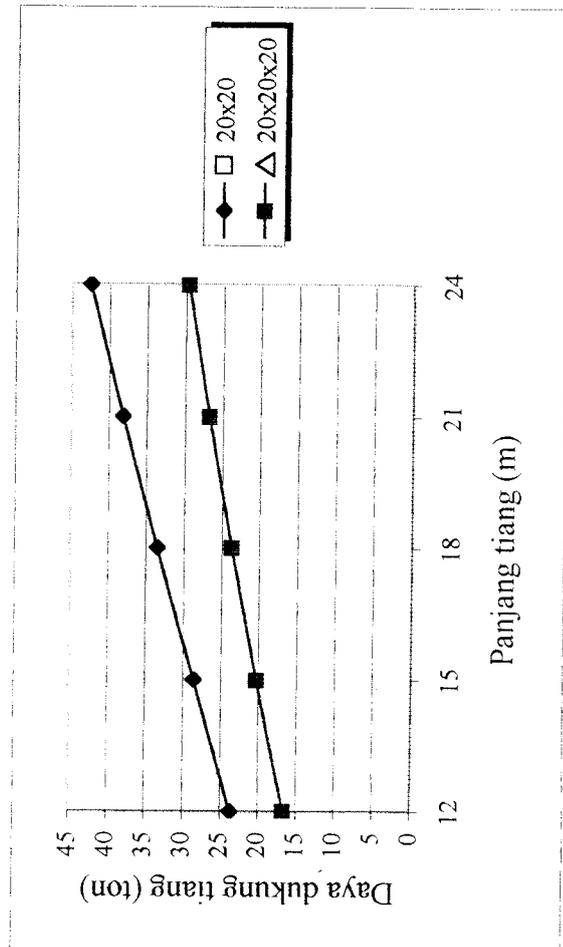
Dari kedua asumsi diatas penurunan terkecil dicapai dengan asumsi y_p akhir 0,75 cm, dimana diambil suatu asumsi nilai awal perpindahan ujung tiang yang menghasilkan perpindahan ujung tiang segmen terakhir sebesar 0,75 cm. Karena selisih daya dukung ultimit dari kedua asumsi di atas tidak terlalu besar, maka pada perencanaan selanjutnya digunakan hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang “mini pile” tunggal dengan asumsi y_p akhir sebesar 0,75 cm.

5.2.2 Pengaruh panjang tiang (L)

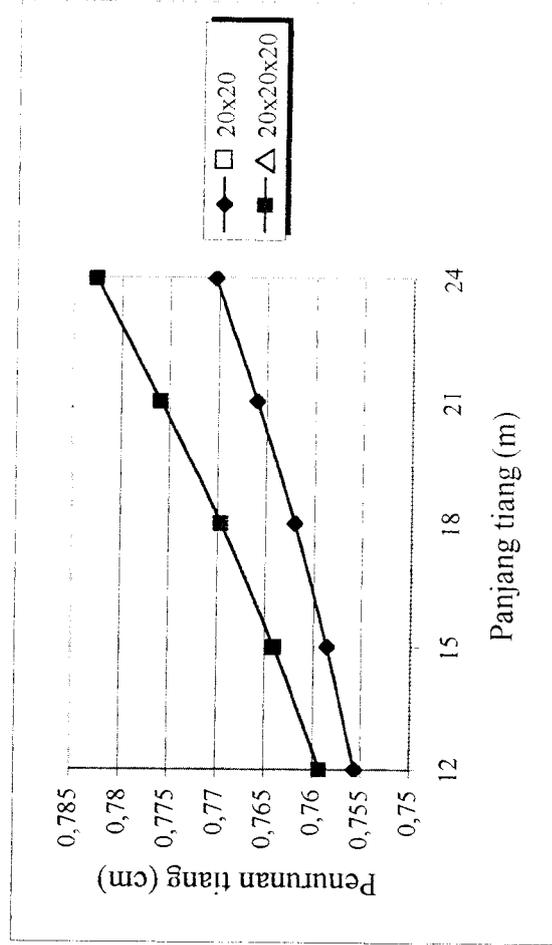
Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan “mini pile” bentuk segi empat dan segi tiga dengan dimensi 20, 28 dan 32 cm menunjukkan kecenderungan bahwa semakin panjang tiang maka daya dukung dan penurunannya akan bertambah besar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik hubungan panjang tiang dengan daya dukung dan penurunan di bawah ini.

Tabel 5.1 Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang "mini pile" tunggal

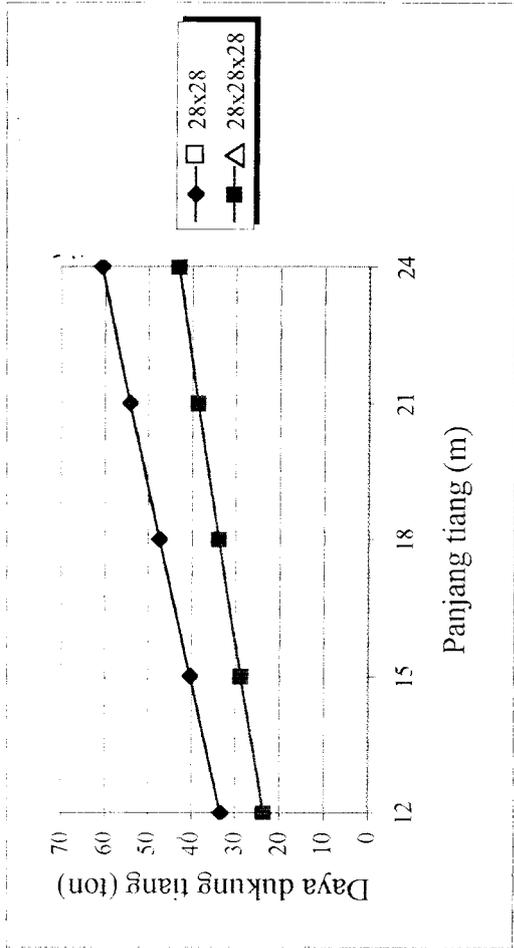
L (m)	□ 20x20			△ 20x20x20			□ 28x28			△ 28x28x28			□ 32x32			△ 32x32x32			
	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	Q _u (ton)	S (cm)	
12	23,685129	0,755697	16,70686	0,75926	33,30972	0,75409	23,54088	0,75666	38,11981	0,75358	26,95362	0,75584							
15	28,65641	0,7586035	20,31728	0,76405	40,39119	0,75619	28,75879	0,76015	46,25255	0,75543	32,96855	0,75891							
18	33,496021	0,762055	23,71963	0,76966	47,36234	0,75870	33,80264	0,76431	54,28235	0,75764	38,82242	0,76258							
21	38,151981	0,7660024	26,83744	0,77592	54,17967	0,76160	38,59763	0,76904	62,16925	0,76019	44,44401	0,76679							
24	42,566548	0,770384	29,60740	0,78263	60,79069	0,76486	43,06534	0,77426	69,86421	0,76308	49,75441	0,77147							



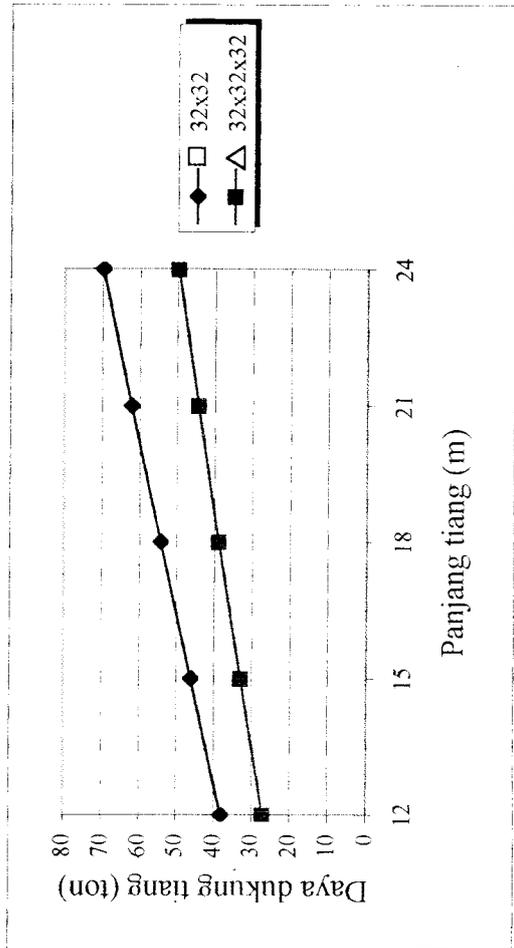
Gambar 5.13 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung "mini pile" tunggal dimensi 20 cm



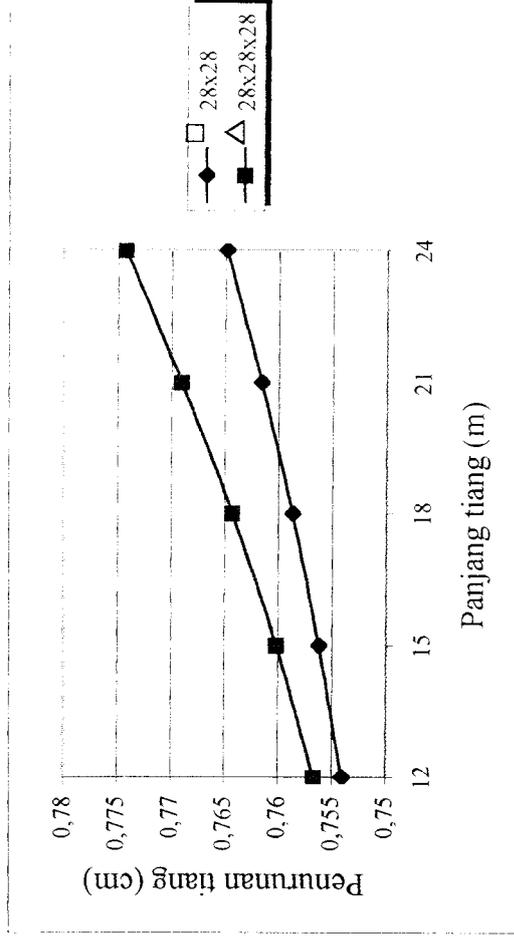
Gambar 5.14 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan "mini pile" tunggal dimensi 20 cm



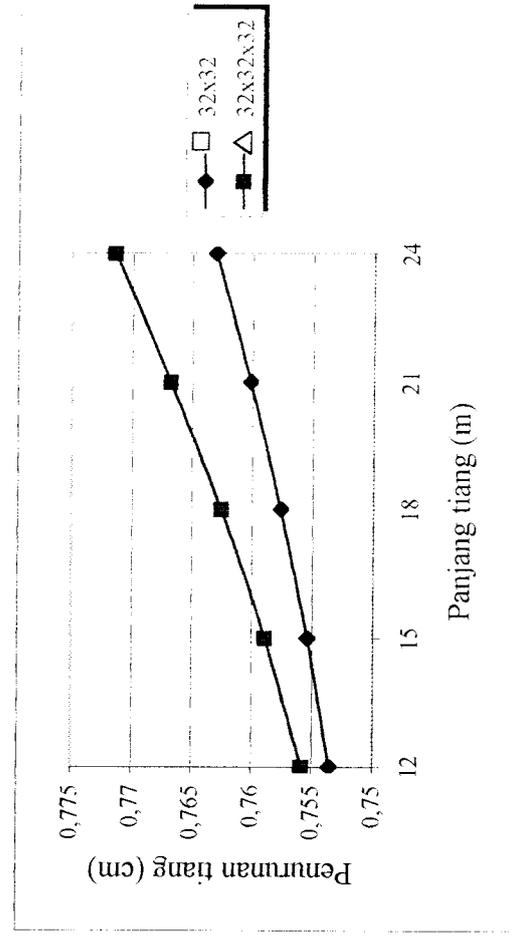
Gambar 5.15 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung "mini pile" tunggal dimensi 28 cm



Gambar 5.17 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung "mini pile" tunggal dimensi 32 cm



Gambar 5.16 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan "mini pile" tunggal dimensi 28 cm



Gambar 5.18 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan "mini pile" tunggal dimensi 32 cm

Berdasarkan persamaan (3.3) panjang tiang berbanding lurus terhadap daya dukung sehingga penambahan panjang tiang akan mengakibatkan kenaikan nilai daya dukung tiang. Sedangkan pada persamaan (3.4) panjang tiang merupakan faktor pengali yang akan mempengaruhi besarnya nilai peralihan elastis rata-rata segmen tiang, semakin besar nilai yang diperoleh maka penurunan yang terjadi juga akan semakin besar (persamaan (3.6)).

5.2.3 Pengaruh bentuk tiang

Dari gambar 5.13 s/d gambar 5.18 dapat dilihat bahwa “mini pile” bentuk segi empat untuk semua variasi dimensi yang diperhitungkan memiliki daya dukung yang lebih besar dengan penurunan yang lebih kecil dibandingkan bentuk segi tiga.

Untuk dimensi yang sama, tiang bentuk segi empat memiliki keliling dan luas tampang yang lebih besar dibandingkan tiang bentuk segitiga. Berdasarkan persamaan (3.2) dan (3.3), maka semakin besar keliling dan luas penampang tiang daya dukung tiang juga akan meningkat. Sedangkan pada persamaan (3.4) semakin luas penampang tiang penurunan akan semakin kecil karena pada persamaan tersebut luas tiang menjadi faktor pembagi yang akan menentukan besar penurunan yang terjadi.

5.2.4 Pengaruh dimensi tiang (d)

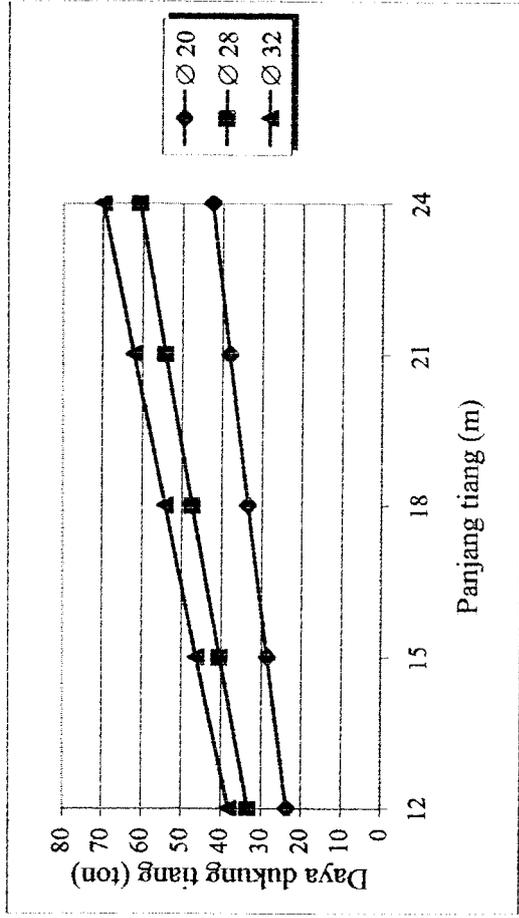
Pengelompokan daya dukung dan penurunan tiang tunggal berdasarkan dimensi tiang dapat ditunjukkan pada tabel 5.2.

Dengan penggunaan dimensi tiang yang semakin besar untuk setiap panjang dan bentuk tiang yang berbeda pada tabel perhitungan diatas akan mengakibatkan semakin besar pula keliling dan luas tampang yang diperoleh untuk setiap tiang. Dengan alasan yang sama dengan pembahasan sub bab 5.2.3 di atas, maka semakin besar keliling dan luas penampang tiang yang digunakan akan diperoleh daya dukung yang semakin besar dengan penurunan yang semakin kecil.

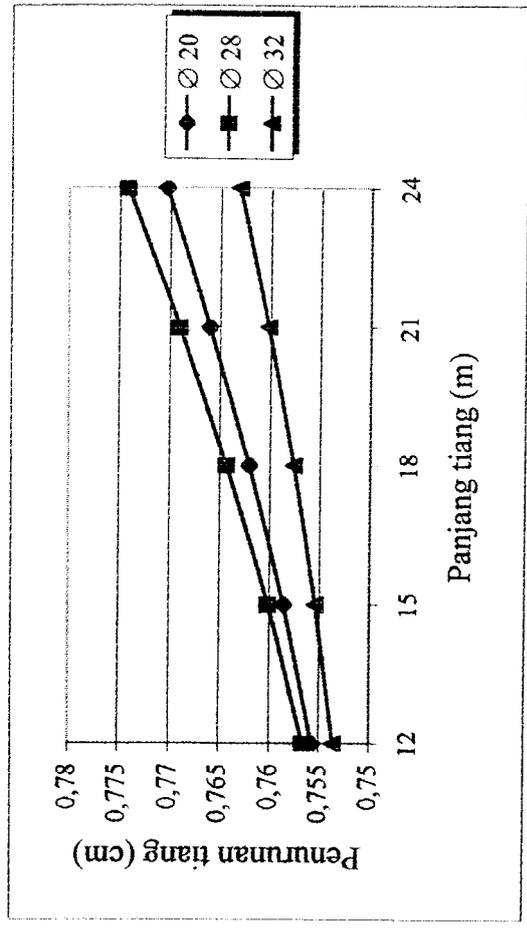
Pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung dan penurunan ini dapat dilihat lebih jelas lagi pada gambar grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung dan penurunan untuk setiap bentuk tiang di bawah ini

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Daya dukung dan penurunan "Mini Pile" tunggal berdasarkan bentuk tiang

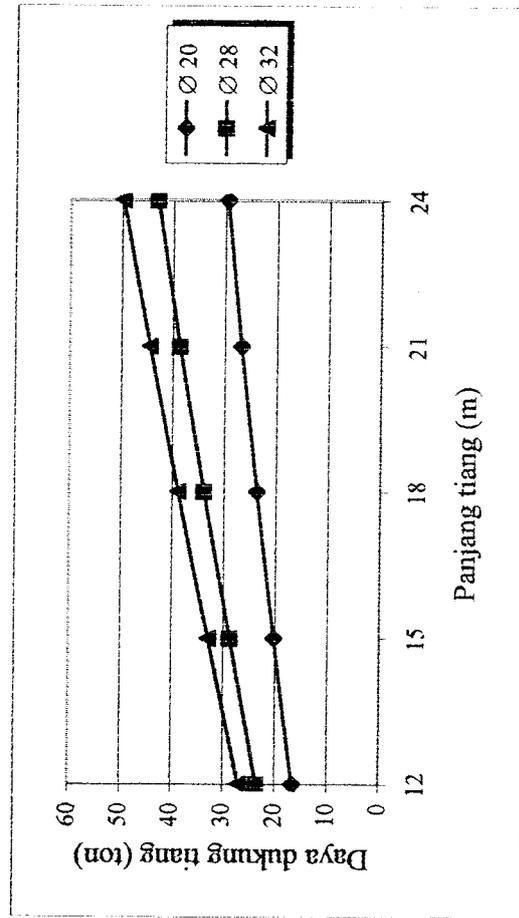
L (m)	Segi empat						Segitiga					
	□ 20x20		□ 28x28		□ 32x32		△ 20x20x20		△ 28x28x28		△ 32x32x32	
	Qu (ton)	S (cm)	Qu (ton)	S (cm)	Qu (ton)	S (cm)	Qu (ton)	S (cm)	Qu (ton)	S (cm)	Qu (ton)	S (cm)
12	23,68513	0,755697	33,30972	0,756666	38,11981	0,753358	16,70686	0,75926	23,54088	0,75666	26,95362	0,75584
15	28,65641	0,758603	40,39119	0,76015	46,25255	0,75543	20,31728	0,76405	28,75879	0,76015	32,96855	0,75891
18	33,49602	0,762055	47,36234	0,76431	54,28235	0,75764	23,71963	0,76966	33,80264	0,76431	38,82242	0,76258
21	38,15198	0,766002	54,17967	0,76904	62,16925	0,76019	26,83744	0,77592	38,59763	0,76904	44,44401	0,76679
24	42,56655	0,770384	60,79069	0,77426	69,86421	0,76308	29,60740	0,78263	43,06534	0,77426	49,75441	0,77147



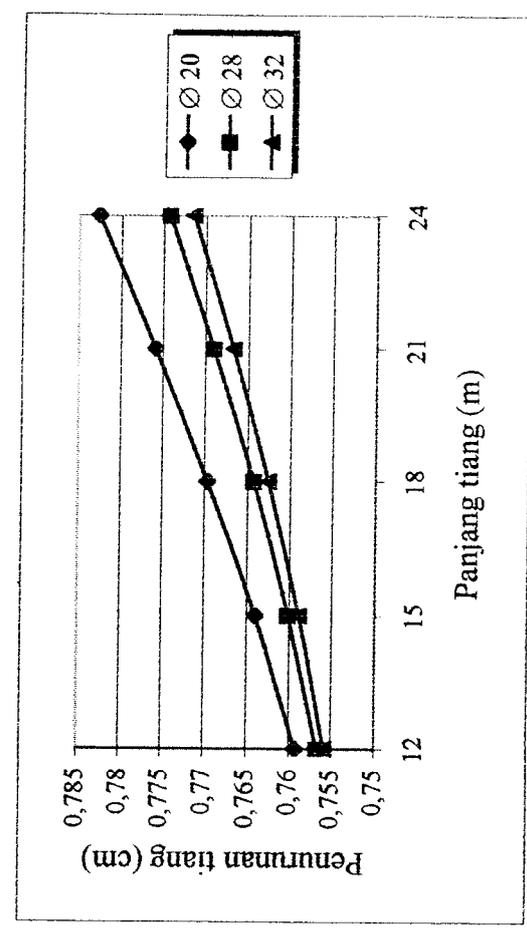
Gambar 5.19 Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung pondasi "mini pile" tunggal bentuk segi empat



Gambar 5.20 Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap penurunan pondasi "mini pile" tunggal bentuk segi empat



Gambar 5.21 Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung pondasi "mini pile" tunggal bentuk segi tiga



Gambar 5.22 Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap penurunan pondasi "mini pile" tunggal bentuk segi tiga

5.3 Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang “Mini Pile”

Dengan mengambil suatu nilai faktor keamanan, berdasarkan perhitungan daya dukung ultimit tiang tunggal di atas diperoleh daya dukung ijin satu tiang yang akan mempengaruhi besarnya daya dukung kelompok tiang. Bangunan pada proyek USM Semarang adalah bangunan permanen dengan tingkat pengendalian normal dimana kondisi tanah bervariasi dan tidak tersedia data pengujian tiang maka berdasarkan tabel 3.2 diambil $FK=2,5$.

Berdasarkan data penyelidikan tanah proyek USM Semarang, tanah dasar pondasi berupa tanah pasir. Dengan mengambil jarak antar tiang dalam satu kelompok tiang $2,5 D$, maka pengaruh efisiensi kelompok tiang juga harus diperhitungkan.

Penurunan kelompok tiang dihitung dengan metode Vesic, dimana nilai penurunan tiang tunggal, diameter dan lebar kelompok tiang akan mempengaruhi hasil yang diperoleh. Semakin lebar kelompok tiang yang direncanakan untuk diameter dan penurunan tiang tunggal tetap, penurunan kelompok tiang akan semakin besar, sehingga untuk mendapatkan nilai penurunan kelompok yang optimal diperlukan pengaturan formasi tiang yang baik dan efisien.

5.3.1 Pengaruh efisiensi tiang

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 4.19 s/d tabel 4.42 ternyata jumlah tiang yang didapat dari perhitungan teoritis belum mampu mendukung beban yang direncanakan. Hal ini disebabkan adanya faktor efisiensi untuk kelompok tiang yang sangat tergantung pada susunan dan jumlah tiang

yang digunakan. Dengan adanya faktor efisiensi ini, maka besarnya daya dukung kelompok tiang belum tentu sama dengan jumlah daya dukung tiang tunggal yang dipergunakan dalam satu kelompok tiang.

5.3.2 Pengaruh panjang tiang (L)

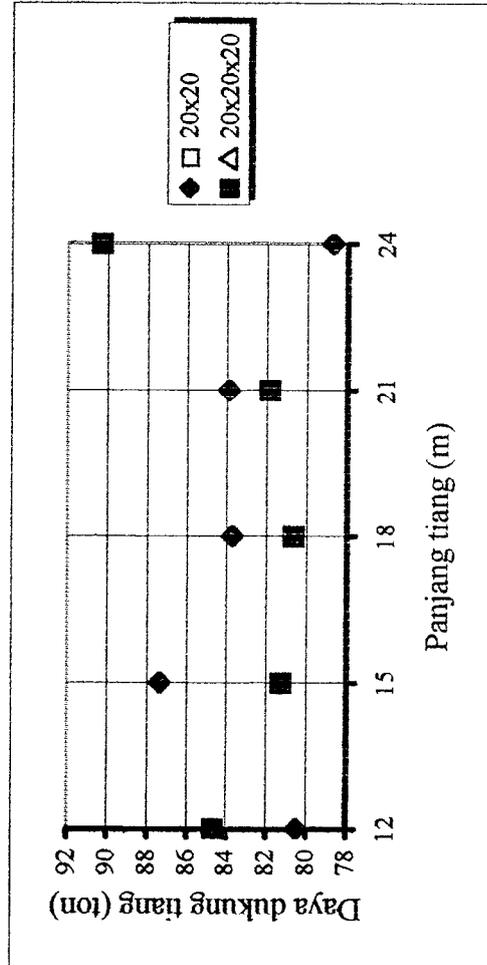
Perhitungan daya dukung dan penurunan kelompok tiang menggunakan parameter yang sama dengan perhitungan pada tiang tunggal. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada tabel 5.3 dan grafik 5.23 s/d grafik 5.28, ternyata pengaruh panjang tiang terhadap daya dukung dan penurunan kelompok tiang tidak identik dengan pengaruh panjang pada tiang tunggal. Daya dukung dan penurunan tidak selalu mengalami kenaikan seiring dengan pertambahan panjang tiang yang digunakan. Hal ini disebabkan karena setiap perencanaan dengan menggunakan panjang, bentuk, dan dimensi tiang yang berbeda maka efisiensi dan jumlah tiang yang dibutuhkan untuk mendapatkan daya dukung yang aman juga berbeda.

5.3.3 Pengaruh bentuk tiang

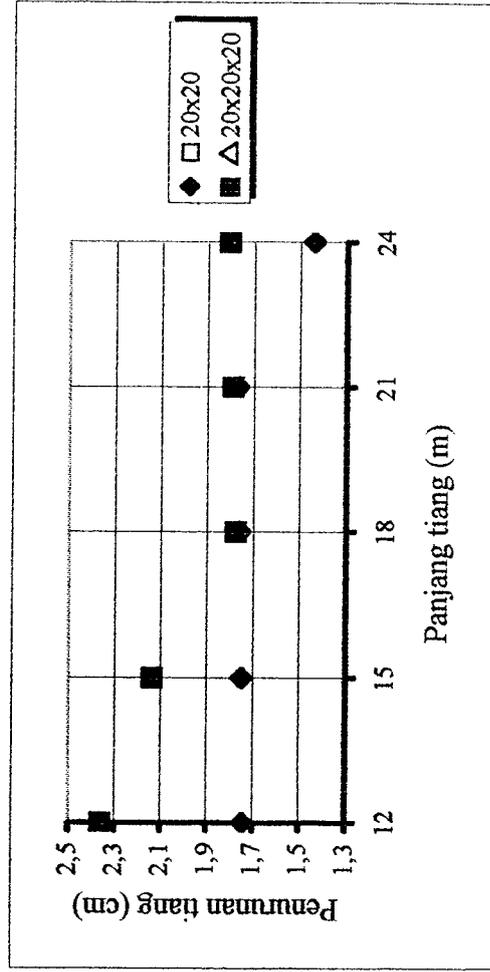
Luas penampang segi empat lebih besar dari segi tiga. Pada kelompok tiang, semakin luas penampang tiang daya dukung yang diperoleh belum tentu semakin besar seperti halnya pada tiang tunggal, karena pada kelompok tiang sangat dipengaruhi oleh efisiensi dan jumlah tiang yang berbeda-beda untuk setiap kebutuhan tiang, sehingga daya dukung yang aman untuk bentuk dengan tampang lebih luas belum tentu lebih besar dari bentuk tiang dengan luas tampang yang kecil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

Tabel 5.3 Daya dukung dan penurunan kelompok tiang beban tipe A

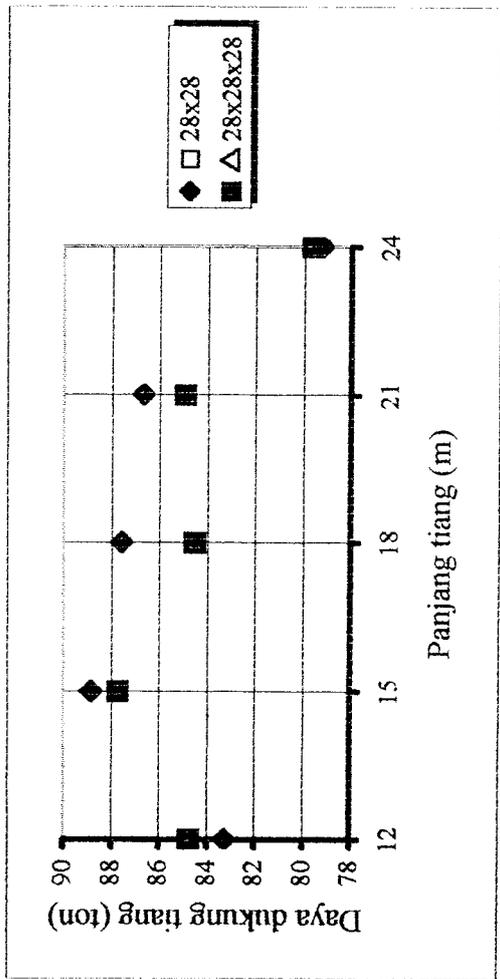
L (m)	□ 20x20		△ 20x20x20		□ 28x28		△ 28x28x28		□ 32x32		△ 32x32x32	
	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)
12	80,526595	1,744682	84,652311	2,359839	83,279634	1,740968	84,747167	1,853422	83,862057	1,739800	91,639085	1,745001
15	87,402050	1,751393	81,270731	2,138004	88,859002	1,745818	87,714295	1,754974	85,563523	1,413274	82,426653	1,752110
18	83,745412	1,759361	80,643881	1,776930	87,616538	1,419397	84,512002	1,764566	86,851758	1,417406	85,407776	1,760585
21	83,932831	1,768475	81,854180	1,791377	86,687467	1,424827	84,913240	1,775497	81,068707	1,422193	82,217867	1,434541
24	78,744709	1,441256	90,302572	1,806861	79,271063	1,430931	79,667435	1,448504	91,102928	1,427596	92,041673	1,443284



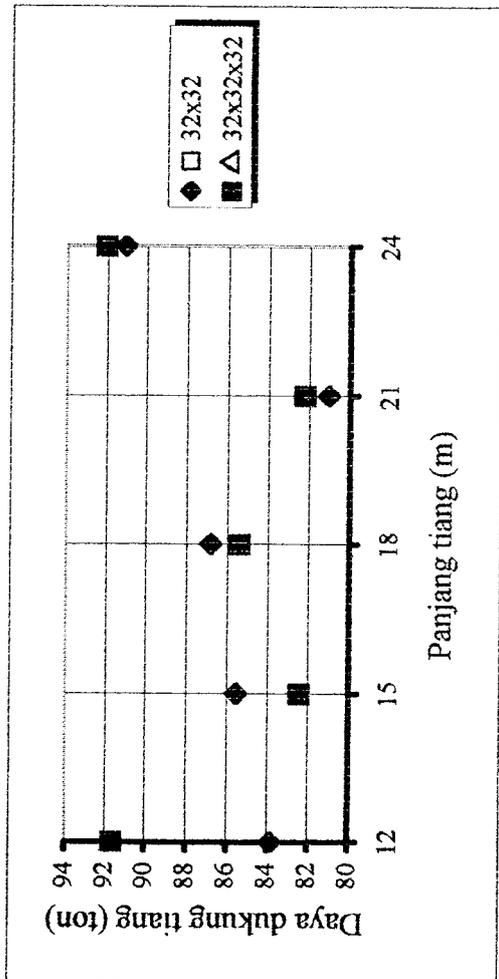
Gambar 5.23 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung kelompok "mini pile" dimensi 20 cm



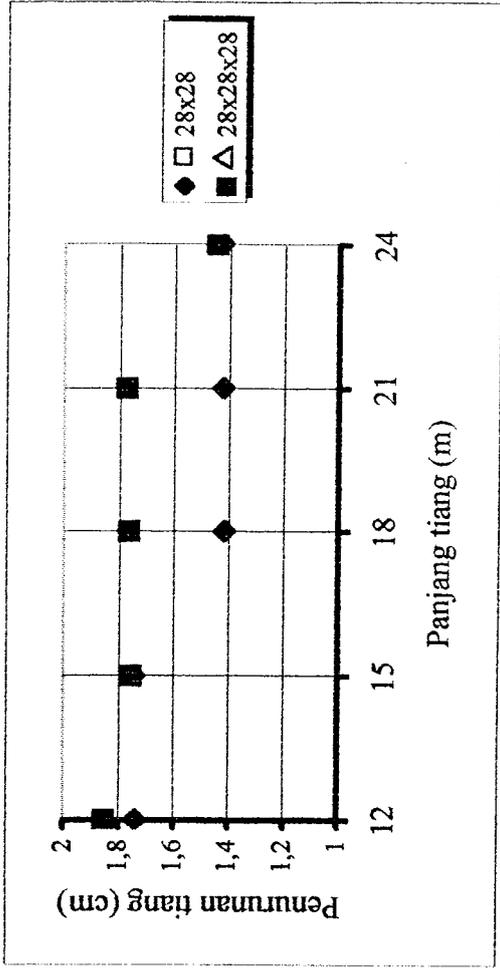
Gambar 5.24 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan kelompok "mini pile" dimensi 20 cm



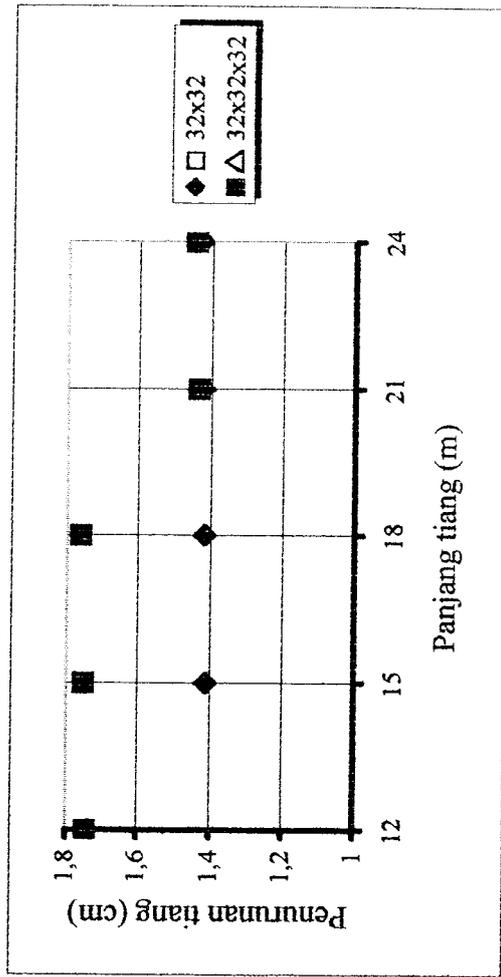
Gambar 5.25 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung kelompok "mini pile" dimensi 28 cm



Gambar 5.27 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung kelompok "mini pile" dimensi 32 cm



Gambar 5.26 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan kelompok "mini pile" dimensi 28 cm



Gambar 5.28 Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan kelompok "mini pile" dimensi 32 cm

Karena daya dukung ijin tiang tunggal bentuk segi tiga lebih kecil dibandingkan dengan bentuk segi empat, maka pada perencanaan kelompok tiang “mini pile” segitiga memerlukan jumlah tiang yang lebih banyak untuk mendukung beban yang direncanakan dari pada bentuk segi empat. Semakin banyak tiang yang digunakan maka lebar kelompok tiang untuk dimensi tiang yang sama juga akan bertambah besar. Berdasarkan formula Vesic (1977) yang digunakan untuk menghitung penurunan (persamaan (3.20)) maka semakin lebar kelompok tiang penurunan yang terjadi juga cenderung semakin besar. Hal ini dapat ditunjukkan pada grafik 5.23 s/d grafik 5.28 di atas.

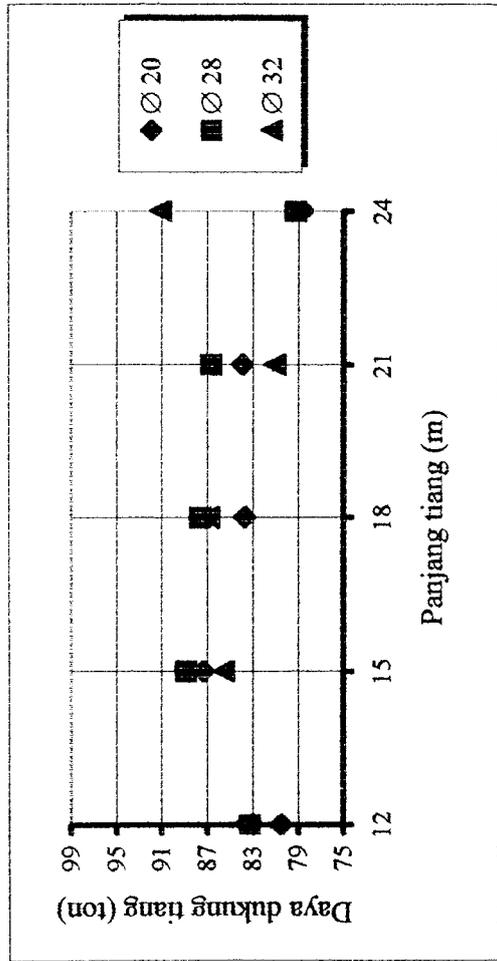
5.3.4 Pengaruh dimensi tiang

Semakin besar dimensi tiang daya dukung kelompok tiang belum tentu semakin besar pula, karena dalam perhitungan kelompok tiang untuk menentukan daya dukung dipengaruhi oleh efisiensi dan jumlah tiang yang di gunakan dalam satu kelompok tiang.

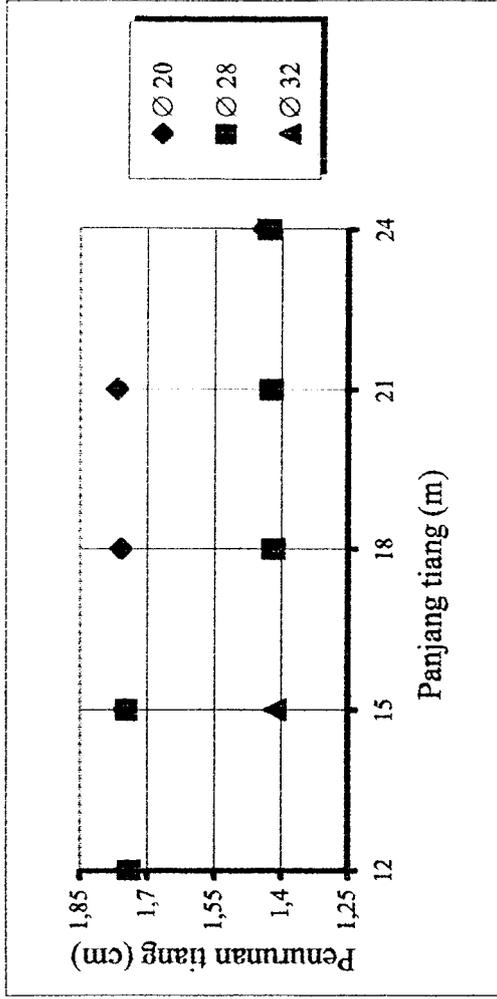
Berdasarkan persamaan (3.20) diameter tiang menjadi faktor pembagi dalam menentukan penurunan kelompok tiang, sehingga semakin besar diameter tiang yang digunakan maka penurunan yang terjadi akan semakin kecil. Pembahasan di atas akan lebih jelas dengan melihat tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 5.4 Daya Dukung dan Penurunan Kelompok Tiang beban tipe A Berdasarkan Dimensi Tiang

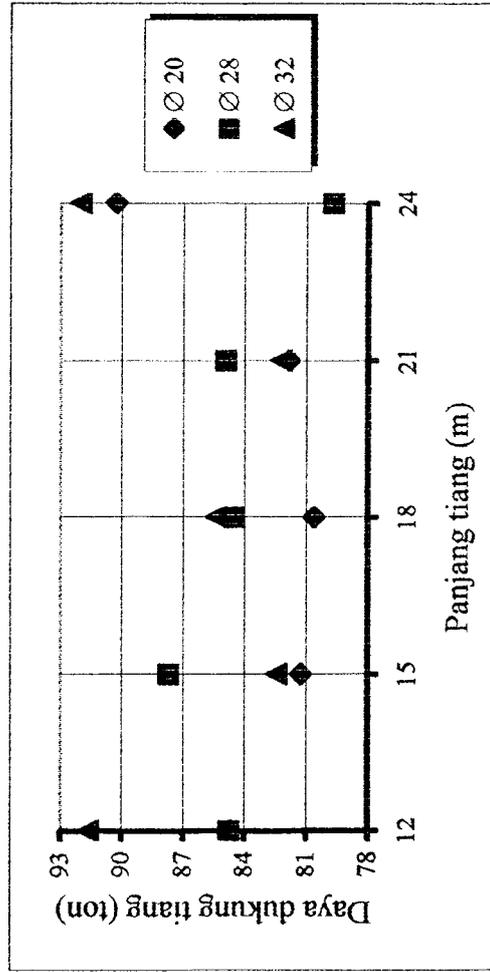
L (m)	Segi empat						Segitiga					
	□ 20x20		□ 28x28		□ 32x32		△ 20x20x20		△ 28x28x28		△ 32x32x32	
	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)
12	80,526595	1,744682	83,279634	1,740968	83,862057	1,739800	84,652311	2,359839	84,747167	1,853422	91,639085	1,745001
15	87,402050	1,751393	88,859002	1,745818	85,563523	1,413274	81,270731	2,138004	87,714295	1,754974	82,426653	1,752110
18	83,745412	1,759361	87,616538	1,419397	86,851758	1,417406	80,643881	1,776930	84,512002	1,764566	85,407776	1,760585
21	83,932831	1,768475	86,687467	1,424827	81,068707	1,422193	81,854180	1,791377	84,913240	1,775497	82,217867	1,434541
24	78,744709	1,441256	79,271063	1,430931	91,102928	1,427596	90,302572	1,806861	79,667435	1,448504	92,041673	1,443284



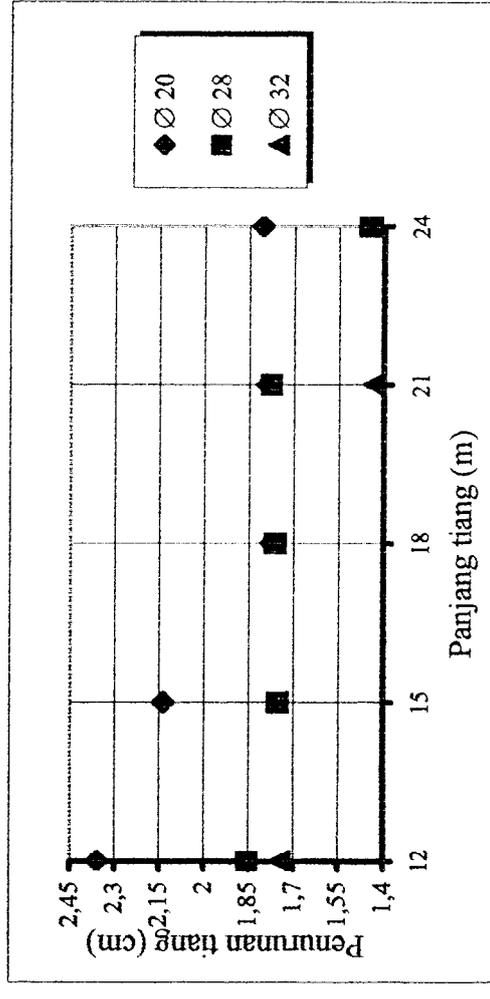
Gambar 5.29 Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung kelompok "mini pile" bentuk segi empat



Gambar 5.30 Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap penurunan kelompok "mini pile" bentuk segi empat



Gambar 5.31 Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung kelompok "mini pile" bentuk segi tiga



Gambar 5.32 Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap penurunan kelompok "mini pile" bentuk segi tiga

Berdasarkan pembahasan di atas, daya dukung dan penurunan yang optimal untuk tipe beban yang di rencanakan dapat ditentukan sebagai berikut :

1. Beban tipe A = 76 ton

Dipakai pondasi tiang pancang “mini pile” dengan spesifikasi

- Dimensi : Δ **28x28x28 cm**
- Panjang : **18 m**
- Daya dukung : **84,5120016 ton**
- Penurunan : **1,76456553 cm**
- Jumlah tiang : **8 buah**

2. Beban tipe B = 135 ton

Dipakai pondasi tiang pancang “mini pile” dengan spesifikasi

- Dimensi : Δ **32x32x32 cm**
- Panjang : **21 m**
- Daya dukung : **151,104308 ton**
- Penurunan : **1,77030395 cm**
- Jumlah tiang : **11 buah**

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dibahas, yaitu mulai dari landasan teori sampai dengan pembahasan hasil perhitungan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pondasi “ mini pile” mempunyai karakteristik yang sama dengan “standart pile”, sehingga dalam prinsip kerja maupun analisis perhitungan identik dengan tiang pancang ukuran standart tersebut.

2. Pada perhitungan daya dukung pondasi “mini pile” dengan metode Coyle~Reese, penentuan asumsi perpindahan awal ujung tiang (y_p) sangat berpengaruh untuk mendapatkan nilai daya dukung yang optimal. Nilai tersebut diperoleh dengan mengambil suatu asumsi perpindahan awal ujung tiang yang menghasilkan perpindahan ujung tiang segmen terakhir sebesar 0,75 cm.

3. Mengacu pada gambar 5.13 s/d 5.18, pada analisis perhitungan “mini pile” sebagai tiang tunggal akan terjadi kecenderungan sebagai berikut :

- Semakin panjang tiang yang digunakan akan diperoleh daya dukung yang semakin besar dengan penurunan yang semakin besar pula.

- Semakin luas penampang tiang yang digunakan akan diperoleh daya dukung yang semakin besar dengan penurunan yang semakin kecil.

4. Untuk menentukan efisiensi dari susunan tiang yang tidak berbentuk empat persegi panjang dapat digunakan metode Feld. Berdasarkan metode ini, semakin banyak jumlah tiang dalam satu kelompok efisiensinya akan cenderung semakin kecil.

5. Dengan adanya faktor efisiensi kelompok tiang, maka besar daya dukung kelompok tiang tidak sama dengan jumlah daya dukung tiang tunggal yang dipergunakan dalam satu kelompok.

6. Penambahan dimensi dan panjang “mini pile” bentuk segi empat maupun segi tiga pada kelompok tiang tidak selalu menghasilkan daya dukung yang semakin besar, hal ini tergantung dari efisiensi dan jumlah tiang yang digunakan untuk setiap dimensi tiang yang direncanakan.

7. Penurunan kelompok tiang pada tanah pasir yang dihitung berdasarkan metode Vesic (1977), dipengaruhi oleh penurunan tiang tunggal (S), diameter (D), dan lebar kelompok tiang (B_g). Dengan memperbesar D dan memperkecil B_g maka akan diperoleh angka penurunan kelompok tiang yang kecil

6.2 Saran

1. Metode Coyle~Reese digunakan untuk memprediksi daya dukung tiang yang mengalami beban aksial. Mekanisme peralihan beban tersebut akan berjalan sesuai dengan posisi tiang pancang. Sehingga perlu penelitian lebih lanjut jika posisi tiang pancang tidak vertikal atau miring.

2. Luas penampang dan keliling tiang akan mempengaruhi daya dukung tiang tunggal. Dalam kondisi tertentu, karena alasan ekonomis, dibuat tiang dengan penampang tidak penuh (berlubang ditengahnya). Tiang dengan penampang ini akan terlihat jelas perbedaan luas penampang dan kelilingnya sehingga perlu dipelajari dengan metode Coyle~Reese.

3. Untuk lebih meningkatkan ketelitian, kecepatan dan kemudahan dalam aplikasi perhitungan ini diperlukan penggunaan program komputer.

4. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai aplikasi pondasi "mini pile" pada jenis konstruksi bangunan lainnya dengan karakteristik tanah dan beban yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. , 1988, **FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN**, International Student Edition, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Bowles, J. E. , 1991, **ANALISIS DAN DESAIN PONDASI**, Jilid 1, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Bowles, J. E. , 1991, **ANALISIS DAN DESAIN PONDASI**, Jilid 2, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Braja, M. Das, 1990, **PRINCIPLES OF FOUNDATION ENGINEERING**, Second edition, PWS-KENT Publishing Company, Boston
- Herbiantoro, Y, dan Badarudin, 1997, **STUDI KOMPARASI KAPASITAS DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG DENGAN METODE T – Z DAN METODE TERZAGHI**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- , **MANUAL PONDASI TIANG**, Universitas Katolik Parahyangan, Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Bandung.
- Nayak, N. V. , 1982, **FOUNDATION DESIGN MANUAL**, Second Edition, Dhanpat Rai & Son, Delhi
- Peck, R. B. , Hanson, W. E. , Thornburn, T. H. , 1986, **TEKNIK PONDASI**, Edisi Kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Poulos, H. G, dan Davis, E. H. , 1980, **PILE FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN**, John Wiley & Sons Inc., New York.

Prakash, S. , Ranjan, G. , Saran, S. , 1979, **ANALYSIS AND DESIGN OF FOUNDATION AND RETAINING STRUCTURES**, Sarita Prakashan, New Delhi

Sardjono, H. S. , 1988, **PONDASI TIANG PANCANG**, Jilid 1, edisi II, Sinar Jaya, Surabaya

Sardjono, H. S. , 1991, **PONDASI TIANG PANCANG**, Jilid 2, edisi I, Sinar Jaya, Surabaya

Sosarodarsono, S. dan Nakazawa, K. , 1983, **MEKANIKA TANAH DAN TEKNIK PONDASI**, Cetakan Kedua, P.T. Pradnya paramita, Jakarta.

Suryolelono, K, B. , 1994, **TEKNIK PONDASI BAGIAN II**, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Suryolelono, K, B., 1991, **TEKNIK PONDASI BAGIAN I**, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Sutiyanto, C dan Sujarwo, 1998, **STUDI KASUS ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI “MICRO PILES” PADA STRUKTUR MENARA SALURAN TRANSMISI 150 kV KUDUS – PATI PROPINSI JAWA TENGAH**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

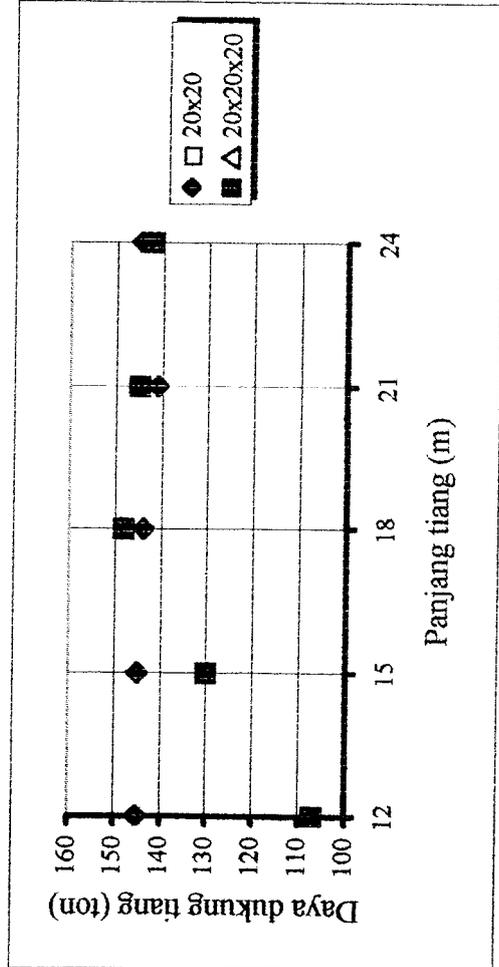
Tomlinson, M. J , 1977, **PILE DESIGN AND CONSTRUCTION PRACTICE**, Viewpoint Publication, London.

Wesley, L. D. , 1977, **MEKANIKA TANAH**, Cetakan IV, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

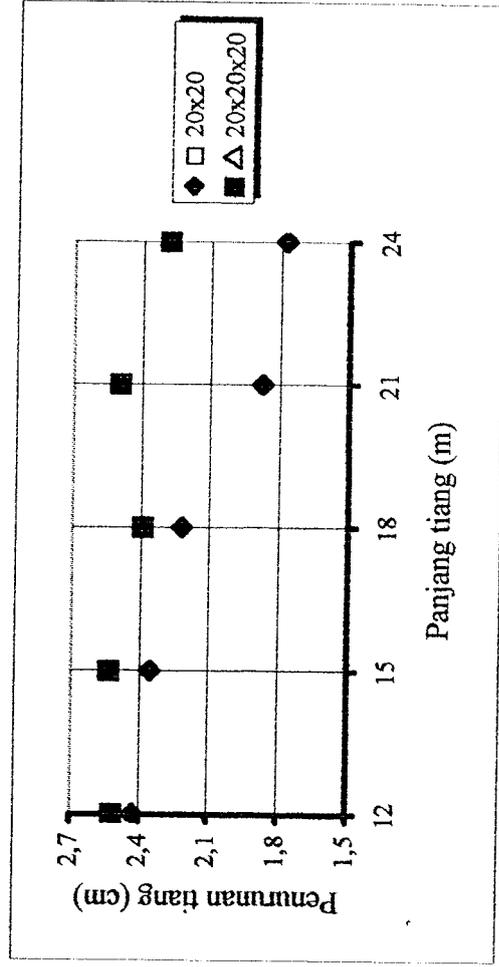
LAMPIRAN

Tabel daya dukung dan penurunan dimensi tiang beban tipe B

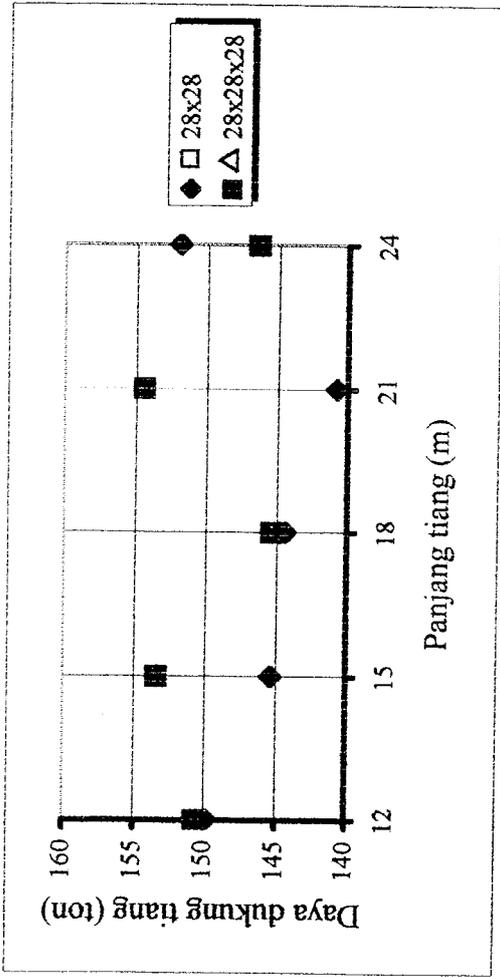
L (m)	□ 20x20		△ 20x20x20		□ 28x28		△ 28x28x28		□ 32x32		△ 32x32x32	
	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)
12	145,27605	2,42885	106,92389	2,51817	149,90174	2,19853	150,66916	2,63858	152,48229	2,10870	156,97359	2,34921
15	145,19974	2,35781	130,03057	2,53408	145,40828	1,85228	153,38786	2,21621	157,25313	1,74406	157,09383	2,21260
18	144,03825	2,22175	148,24197	2,39219	144,45513	1,75162	145,35675	2,22832	165,56116	1,74916	155,29279	2,13389
21	141,15470	1,87631	144,93182	2,49385	140,86280	1,86554	154,39360	2,15197	155,43308	1,75507	151,10431	1,77030
24	144,72116	1,77859	142,12263	2,28174	151,98646	1,76585	146,41699	1,78753	153,69846	1,76173	151,75094	1,78109



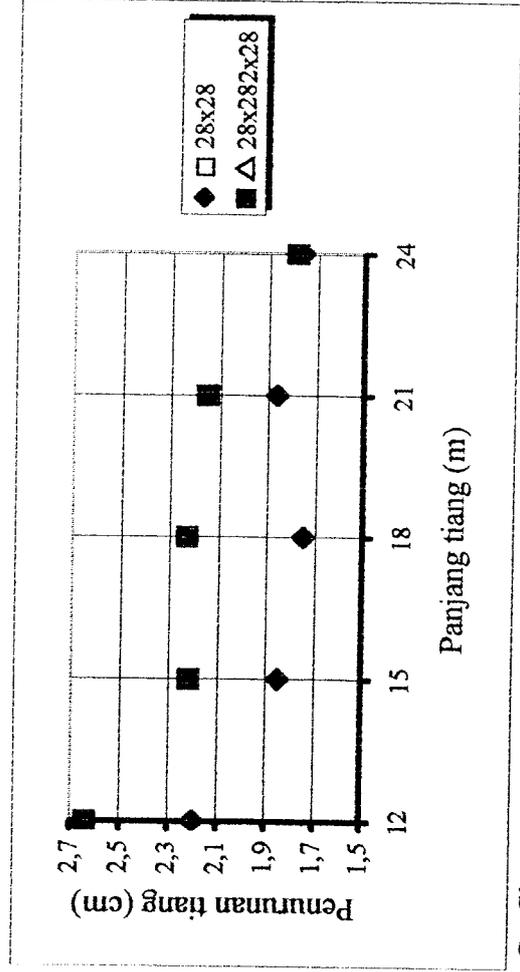
Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung kelompok "mini pile" dimensi 20 cm



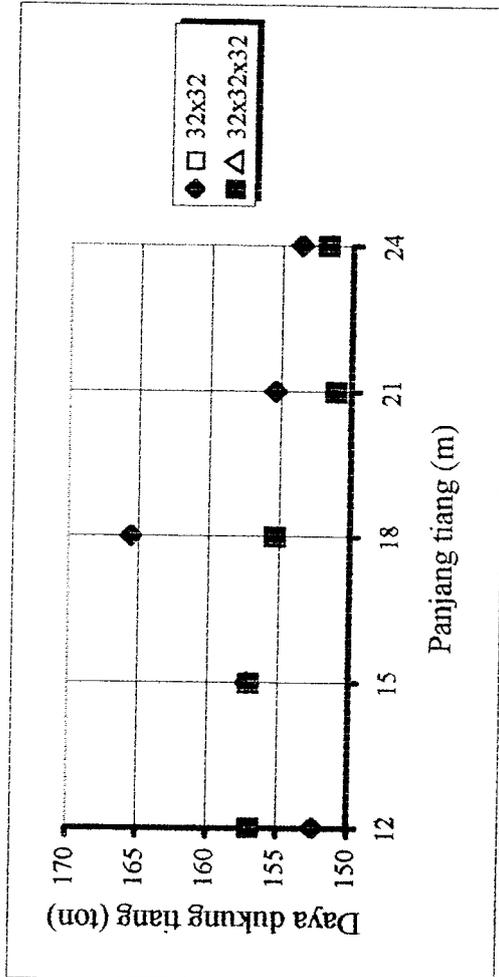
Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan kelompok "mini pile" dimensi 20 cm



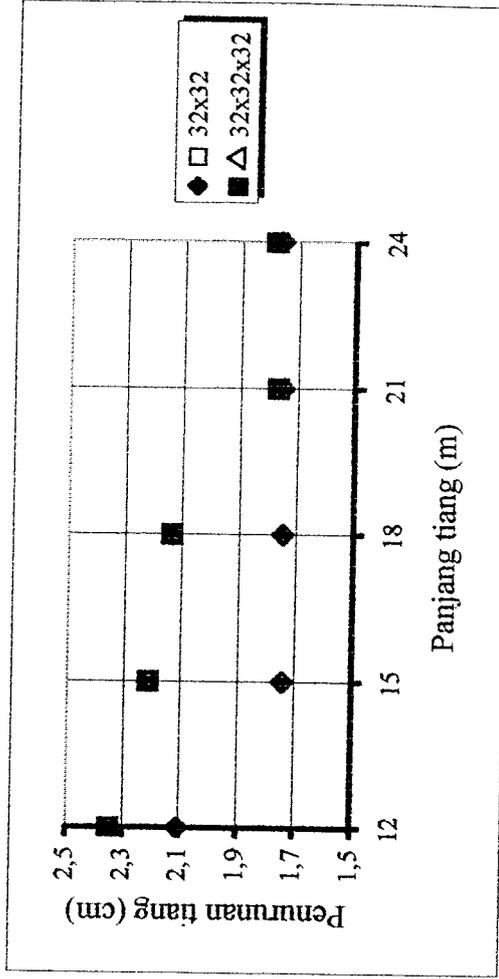
Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung kelompok "mini pile" dimensi 28 cm



Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan kelompok "mini pile" dimensi 28 cm



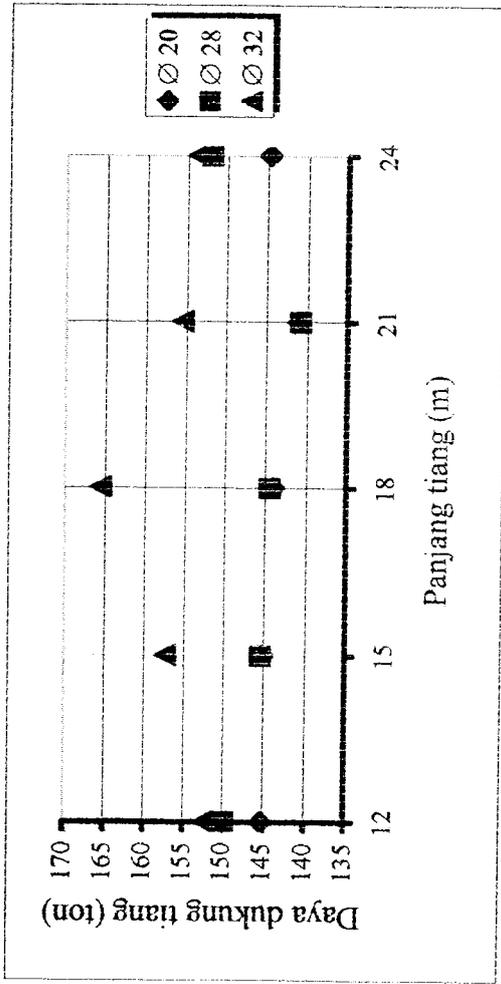
Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap daya dukung kelompok "mini pile" dimensi 32 cm



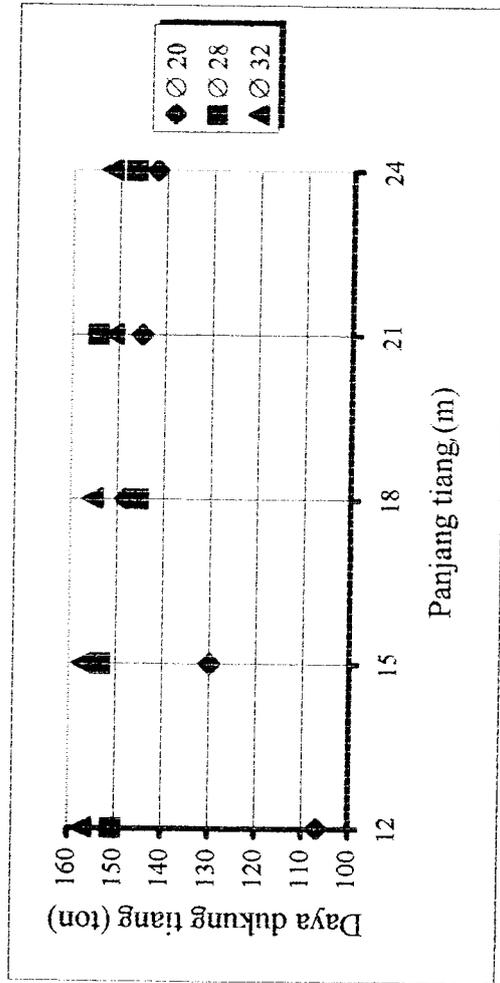
Grafik pengaruh panjang dan bentuk tiang terhadap penurunan kelompok "mini pile" dimensi 32 cm

Tabel Daya dukung dan penurunan kelompok tiang beban tipe B berdasarkan dimensi tiang

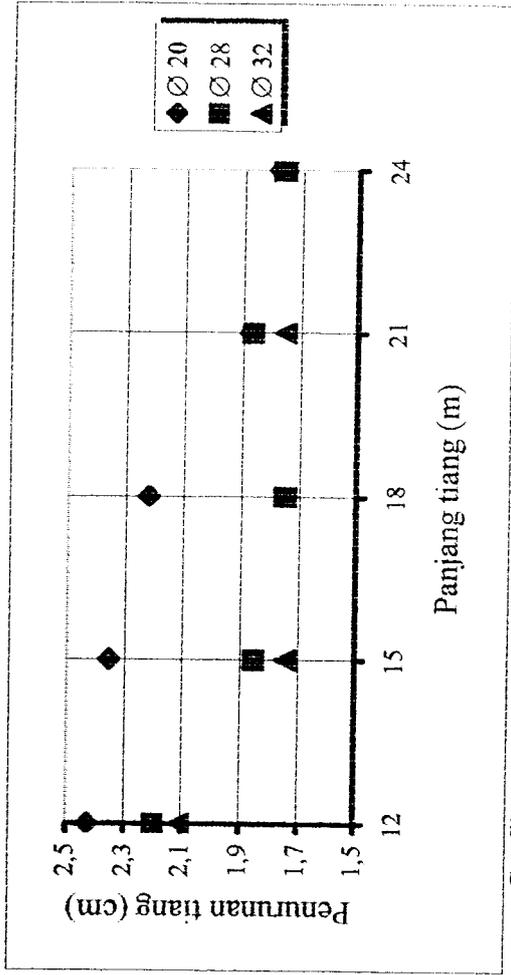
L (m)	Segi empat						Segitiga					
	□ 20x20		□ 28x28		□ 32x32		△ 20x20x20		△ 28x28x28		△ 32x32x32	
	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)	Qg (ton)	Sg (cm)
12	145,27605	2,42885	149,90174	2,19853	152,48229	2,10870	106,92389	2,51817	150,66916	2,63858	156,97359	2,34921
15	145,19974	2,35781	145,40828	1,85228	157,25313	1,74406	130,03057	2,53408	153,38786	2,21621	157,09383	2,21260
18	144,03825	2,22175	144,45513	1,75162	165,56116	1,74916	148,24197	2,39219	145,35675	2,22832	155,29279	2,13389
21	141,15470	1,87631	140,86280	1,86554	155,43308	1,75507	144,93182	2,49385	154,39360	2,15197	151,10431	1,77030
24	144,72116	1,77859	151,98646	1,76585	153,69846	1,76173	142,12263	2,28174	146,41699	1,78753	151,75094	1,78109



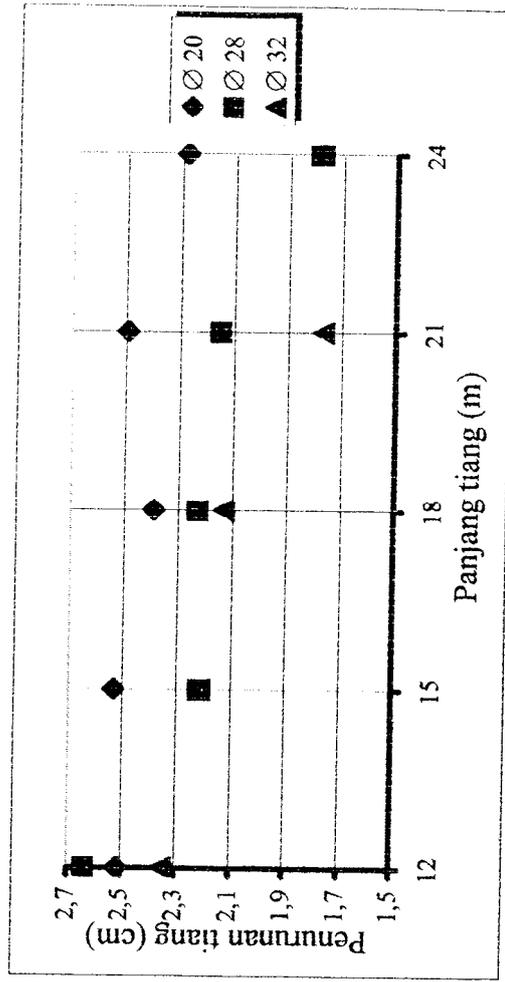
Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung kelompok "mini pile" bentuk segi empat



Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap daya dukung kelompok "mini pile" bentuk segi tiga



Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap penurunan kelompok "mini pile" bentuk segi empat



Grafik pengaruh dimensi tiang terhadap penurunan kelompok "mini pile" bentuk segi tiga

LAPORAN

HASIL PENYELIDIKAN TANAH
DI RENCANA KAMPUS-UNIVERSITAS SEMARANG
JL. ARTERI - TLOGOSARI
SEMARANG



1996

DIKERJAKAN OLEH :

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEMARANG
JL. ADMODIRONO NO. 11 - SEMARANG

L A P O R A N .

HASIL PENYELIDIKAN TANAH DI RENCANA KAMPUS : UNIVERSITAS SEMARANG JL. ARTERI TLOGOSARI - SEMARANG

I. PENDAHULUAN :

Penyelidikan tanah yang dilaksanakan di lokasi Rencana Kampus Universitas Semarang Jl. Arteri Tlogosari - Semarang berupa boring sebanyak :3(tiga) titik dengan kedalaman masing- masing :-5.00 meter dan sonder sebanyak :3(tiga) titik. Alat bor yang digunakan di lapangan adalah alat bor tangan (HAND BOR) type AUGER sedangkan untuk sonder digunakan sonder sedang type DUTCH CONE PENETROMETER dengan biconus yang berkapasitas :2.50 ton. Dari hasil boring dapat diketahui jenis lapisan tanahnya dan ketinggian muka air tanah sedangkan dari sonder dapat diketahui nilai conus resistance, local friction dan total friction untuk tiap- tiap kedalaman. Baik untuk boring dan sonder hasilnya terlampir. Sample's hasil boring di test di laboratorium untuk menentukan sifat physis dan sifat mekanis. Dari sample's tersebut hasilnya dapat diperiksa pada buku laporan ini.

II. HASIL BORING :

Dari ke:3(tiga) titik bor hasilnya hampir sama. Dari permukaan sampai kedalaman kurang lebih :-3.00 meter lapisan tanahnya berupa lempung yang tidak begitu padat. Semakin kedalam hingga kedalaman :-5.00 meter lapisan tanahnya berupa pasir berbutir halus mengandung lumpur (Silty Sand). Lapisan pasir tersebut juga tidak begitu padat. Hal ini terlihat dari hasil Direct Shear Test dimana besarnya :Cohession (c) dan sudut geser dalam (ϕ) tidak begitu besar.

III. HASIL SONDER :

Dari hasil sonder terlihat bahwa rata-rata nilai conus resistancinya dari permukaan hingga kedalaman : -3.00 meter berkisar antara : 10- 15 kg/Cm². Semakin kedalaman hingga kedalaman :-5.00 meter nilai conus resistancinya terjadi peningkatan namun peningkatannya tidak seberapa. Hingga mata conus mencapai kedalaman :-20.00 meter belum terdapat nilai conus > 200 kg/Cm² ini berarti bahwa sampai kedalaman :-20.00 meter belum terdapat lapisan tanah yang keras/ cadas.

IV. PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TANAH (SAFE BEARING CAPACITY).

Karena nantinya akan dibangun bangunan yang berat (Bertingkat) dan lapisan tanah yang keras letaknya agak dalam maka disarankan untuk memilih jenis pondasi sumuran (Round- Footing).

Kedalaman pondasi :-3.00 meter

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| a. Round- Footing, diameter dasar | : 1.50 meter |
| Besarnya Safe Bearing Capacity | : 1.093 kg/Cm ² . |
| b. Round- Footing, diameter dasar | : 2.00 meter |
| Besarnya Safe Bearing Capacity | : 1.104 kg/Cm ² . |
| c. Round- Footing, diameter dasar | : 2.50 meter |
| Besarnya Safe Bearing Capacity | : 1.113 kg/Cm ² . |

CATATAN :

1. Pada perhitungan diatas sudah termasuk factor of safety sebesar : 2.50
2. Perhitungan kedalamannya diperhitungkan terhadap permukaan tanah setempat/ tanah asli.

V. . . .

V. PENDAPAT DAN SARAN :

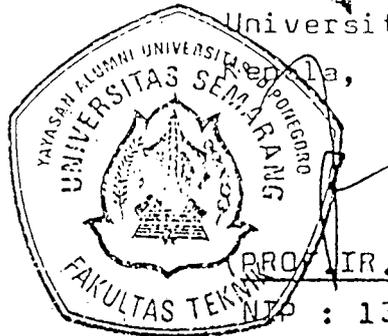
Untuk bangunan yang diletakkan diatas tanah timbunan mi-
sal : Lantai bangunan, maka tanah timbunan tersebut hen-
daknya dipadatkan lapis demi lapis sehingga diharapkan -
tidak terjadi penurunan dikemudian hari.

Semarang, 14 Mei 1996

Laboratorium Mekanika Tanah

Fakultas Teknik

Universitas Semarang.



PROF. IR. JOETATA HADIHARAJA)

NIP : 130 237 471

PEMERINTAH KOTAMADYA DAERAH
TINGKAT II SEMARANG

KELURAHAN Plogosari Kulon.
JALAN Arteri Plogosari.
Perumahan Agd. No 591.1/1958/95
Survei No. R.1248

LEGENDA

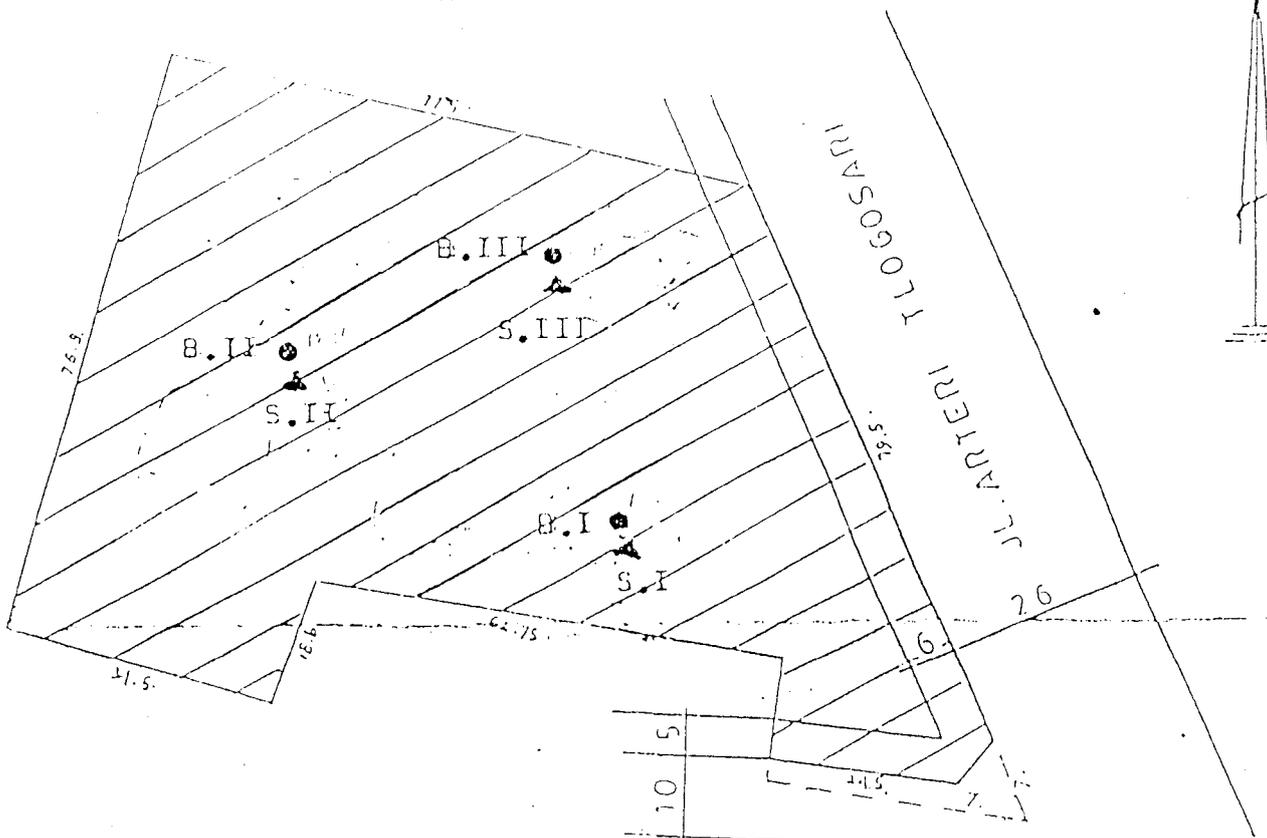
Garis. St. An. Rad jak.

-  Tanah yang Ditawar
-  Garis Sempadan Jalan
-  Garis Sempadan Bangunan

Luas Tanah Sesuai planning ± 6823 m²
Luas Bangunan Maks. 5458 m²
Kawasan Perumahan & Jasa.
Peruntukan Tanah
No. Urut CP/1248/95/90k. Per. AS

GAMBAR SITUASI 1 : 1000
(Tidak merupakan suatu hak atas tanah)

Putra
Kuda



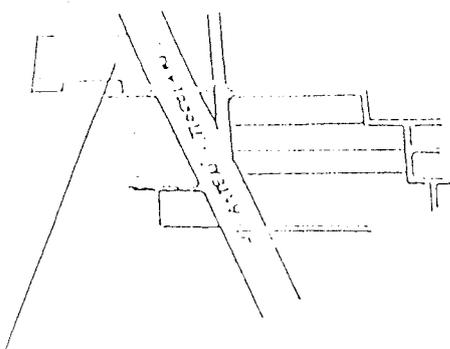
Dikeluarkan tgl ..1.7.OCT..1995

Berlaku s/d tgl....1.7.OCT.2000

DILENGKAPI

[Handwritten signature]

Peta Lokasi Skala 1 : 10 000



DINAS TATA KOTA
KODYA DATI II SEMARANG

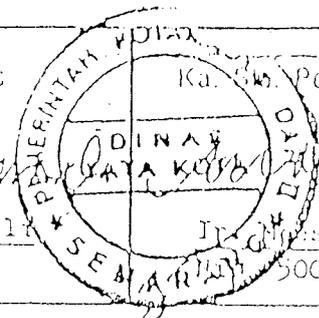
Kepala Dinas
Ymt

Ka. Perencanaan Kota

[Handwritten signature]

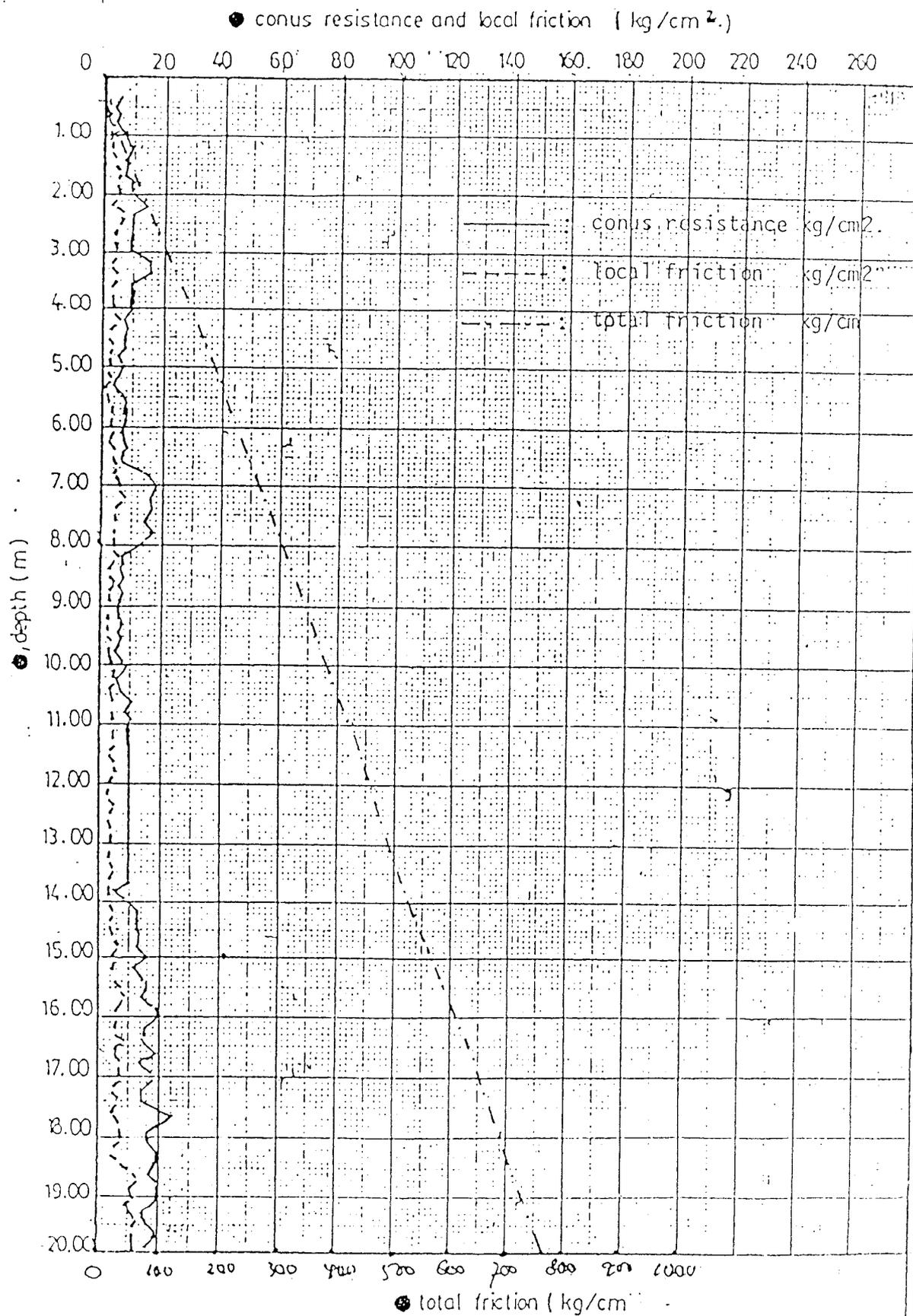
Tr. Noestain Ali
Nip. 500055705

Tr. Noestain Ali
500055705



Project :Kampus Baru U.S.M	Sounding No: S.1	
Location: Jl. Arteri Hlogosari Smg.	Date: 2/V/1986	Checked by: WD

GRAPH OF SOUNDING



elevation : _____ m	water level : _____ m
---------------------	-----------------------

Project Kampus Baru/ U.S.M

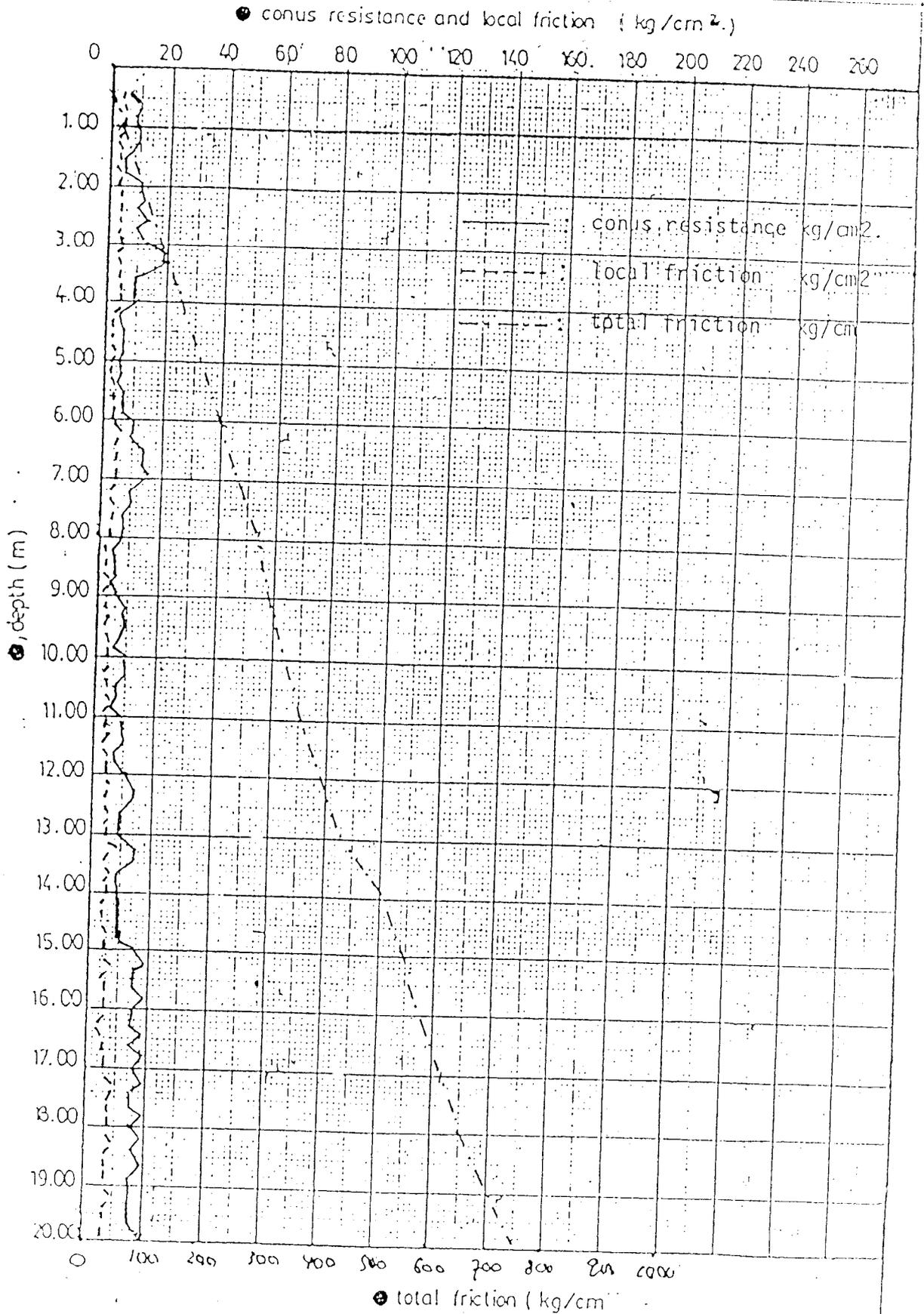
Sounding No: 5.11

Location Jl. Arteri Plogosari Smg.

Date: 2/V/1996

Checked by: [signature]

GRAPH OF SOUNDING



elevation :

.m.

water level :

.m.

Project : Kampus Baru U.S.P.

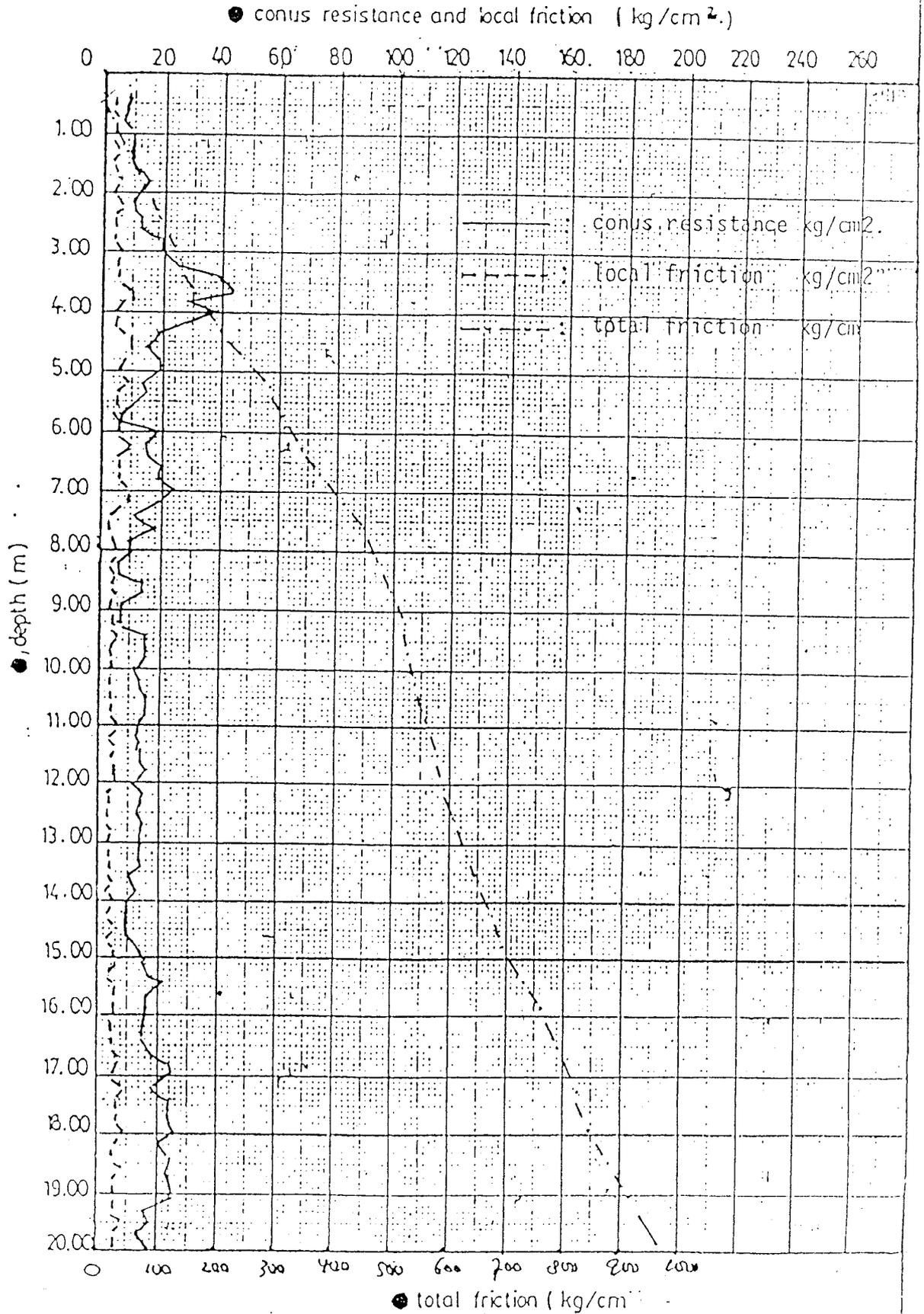
Sounding No: 1111

Location: Jl. Arteri Tlogosari Smg.

Date: 2/V/1996

Checked by: WD

GRAPH OF SOUNDING



elevation : .m.

water level : .m.

Soil Profile

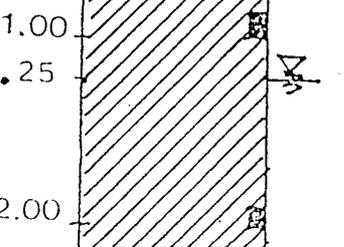
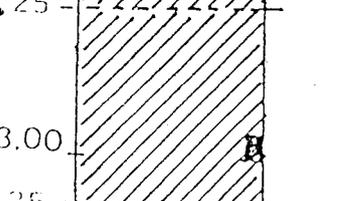
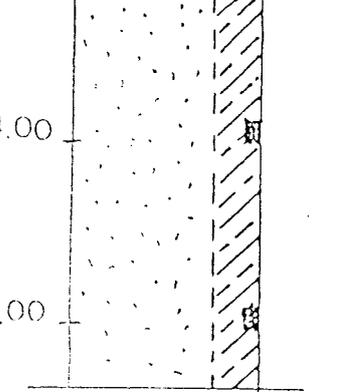
Project : Kampus Baru
 Universitas Semarang
 Location : Jl. Arteri Tlogosari Semarang
 Sample code : B.I

Date : 2/V/1996

Depth(m)	Log	Gwl	Remarks.
± 0.00			
1.00			Lempung agak padat (Coklat tua).
1.25			
2.00			
2.25			
3.00			Lempung lunak (Coklat muda).
3.50			
4.00			Pasir halus mengandung lumpur (Kelabu tua).
5.00			

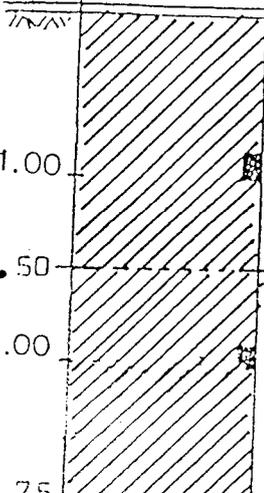
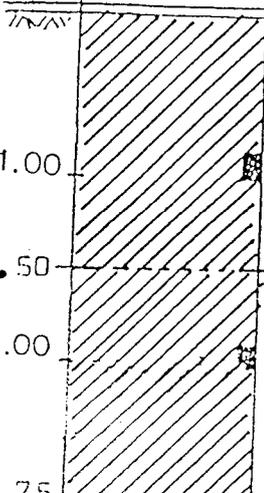
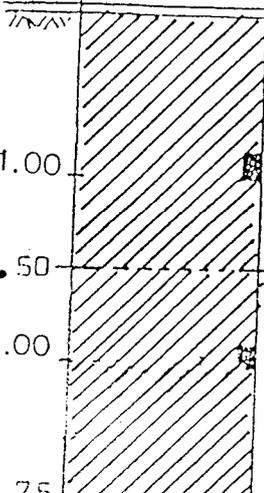
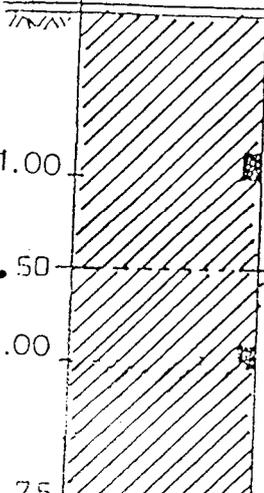
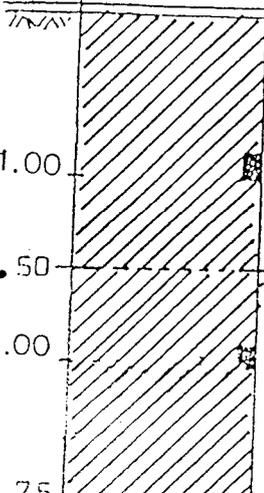
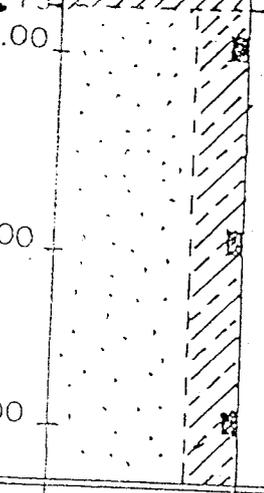
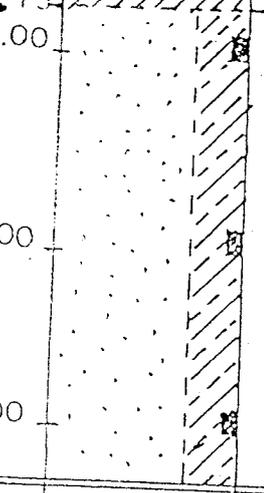
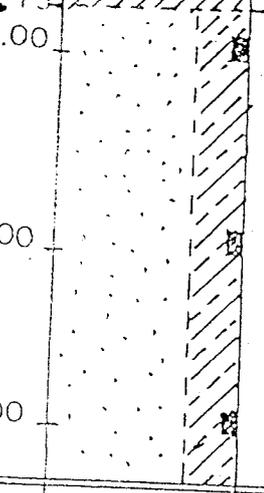
Soil Profile

Project : Kampus Baru
 Universitas Semarang
 Location : Jl. Arteri Tlogosari Semarang
 Sample code : B.II Date : 2/V/1996

Depth(m)	Log	Gwl	Remarks.
± 0.00			
1.00			Lempung agak padat (Coklat tua).
1.25			
2.00			Lempung lunak (Coklat muda).
2.25			
3.00			Pasir halus mengandung lumpur (Kelabu tua).
3.25			
4.00			
5.00			

Soil Profile

Project : Kampus Baru
 Universitas Semarang
 Location : Jl. Arteri Tlogosari Semarang
 Sample code : B.III
 Date : 2/V/1996

Depth(m)	Log	Gwl	Remarks.
± 0.00			
1.00			Lempung agak padat (Coklat tua).
1.50			
2.00			Lempung lunak (Coklat kelabu)
2.75			
3.00			Pasir halus mengandung lumpur (Kelabu tua).
4.00			
5.00			

PHYSICAL PROPERTIES

Bore number : B.I
 Date of test : 3/V/1996
 Project : Di Rencana
 Tested by : Is
 Kampus U.S.M
 Location : Jl.Arteri Tlogosari Semarang

1. Depth (m)	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
2. Spasific gravity (Gs)	2.070	2.045	2.147	2.352	2.000
3. Cont. Number	7	26	21	5	10
4. Wt. of wet soil + cont. gr.	44.72	50.60	46.05	70.24	78.9
5. Wt. of dry soil + cont. gr.	36.71	40.35	36.35	56.00	59.6
6. Wt. of cont. gr.	17.97	18.19	18.21	18.49	18.0
7. Wt. of water gr.	8.01	10.25	9.70	14.24	18.9
8. Wt. of dry soil gr.	18.74	22.16	18.14	37.51	41.5
9. Water content %	42.74	46.25	53.47	37.96	45.5
10. Volume of void Vv. cm ³	8.01	10.15	9.70	14.24	18.9
11. Volume of solid Vs. cm ³	9.05	10.84	8.44	15.94	17.7
12. Total of volume cm ³	17.06	20.99	18.14	30.18	36.7
13. Wet. density gr/cm ³	1.567	1.544	1.534	1.714	1.6
14. Dry density gr/cm ³	1.098	1.055	0.999	1.242	1.1
15. Void ratio e.	0.885	0.945	1.149	0.912	1.0
16. Porosity n. %	46.95	48.36	53.47	47.18	51.5

PHYSICAL PROPERTIES

Bore number : B.II Date of test : 3/V/1
 Project : Di Rencana Tested by : Is
 Kampus U.S.M
 Location : Jl.Arteri Tlogosari Semarang

1. Depth (m)	1.00	2.00	3.00	4.00
2. Spacific gravity (Gs)	2.069	2.044	2.148	2.316
3. Cont. Number	1	4	3	6
4. Wt. of wet soil + cont. gr.	49.89	54.56	48.04	69.65
5. Wt. of dry soil + cont. gr.	40.78	43.40	37.37	55.05
6. Wt. of cont. gr.	18.11	18.19	18.20	18.25
7. Wt. of water gr.	9.11	11.16	10.17	14.60
8. Wt. of dry soil gr.	22.67	25.21	19.67	36.80
9. Water content %	40.17	44.26	51.69	39.67
10. Volume of void Vv. cm ³	9.11	11.16	10.17	14.60
11. Volume of solid Vs. cm ³	10.95	12.33	9.15	15.88
12. Total of volume cm ³	20.06	23.49	19.32	30.48
13. Wat. density gr/cm ³	1.584	1.548	1.544	1.686
14. Dry density gr/cm ³ .	1.130	1.073	1.018	1.207
15. Void ratio e.	0.832	0.905	1.111	0.919
16. Porosity n. %	45.41	47.50	52.64	47.90

PHYSICAL PROPERTIES

Boor number : U.III
 Project : Di Rencana Kampus U.S.M
 Location : Jl.Arteri Tlogosari Semarang
 Date of test : 3/V/1996
 Tested by : Is

1. Depth (m)	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
2. Spasific gravity (Gs)	2.129	2.024	2.138	2.329	2.368
3. Cont. Number	9	13	16	15	22
4. Wt. of wet soil + cont. gr.	57.00	51.22	63.39	59.00	74.20
5. Wt. of dry soil + cont. gr.	45.19	40.08	48.91	44.94	57.65
6. Wt. of cont. gr.	18.33	18.20	18.30	18.20	18.00
7. Wt. of water gr.	11.81	11.14	14.48	14.16	16.55
8. Wt. of dry soil gr.	26.86	21.88	30.61	26.74	39.55
9. Water content %	43.96	50.91	47.30	52.95	41.85
10. Volume of void Vv. cm ³	11.81	11.14	14.48	14.16	16.55
11. Volume of solid Vs. cm ³	12.61	10.81	14.31	11.48	16.70
12. Total of volume cm ³	24.42	21.95	28.79	25.64	33.25
13. Wat. density gr/cm ³	1.174	1.504	1.960	1.595	1.687
14. Dry dandity gr/cm ³	0.815	0.996	1.063	1.043	1.189
15. Void ratio e.	0.956	1.031	1.011	1.233	0.991
16. Porosity n. %	48.30	50.75	50.29	55.22	49.77

DIRECT SHEAR TEST

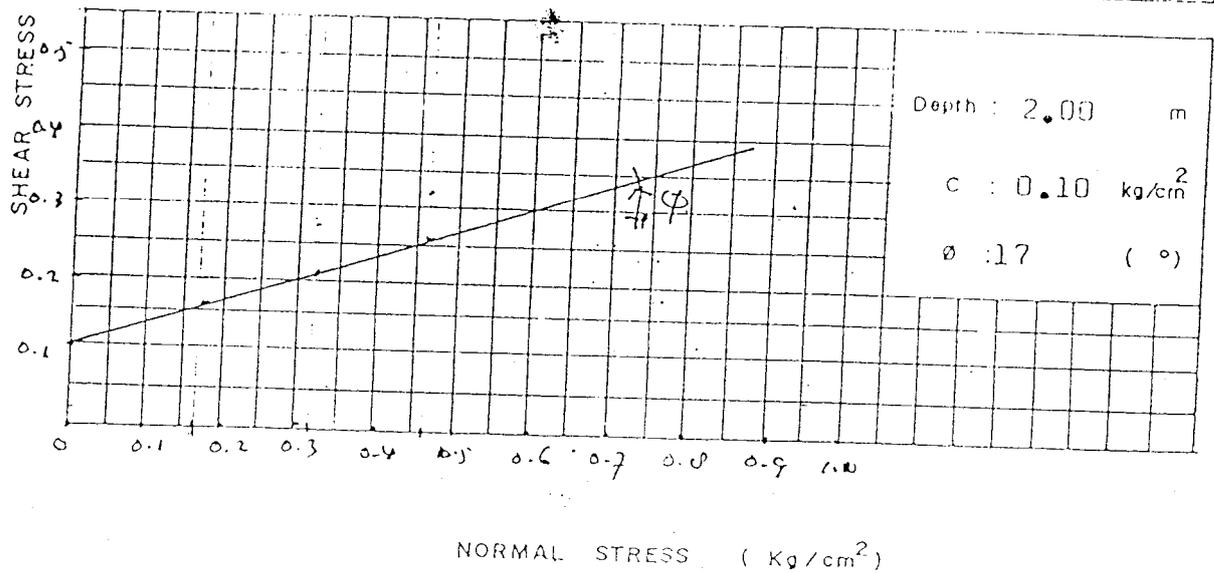
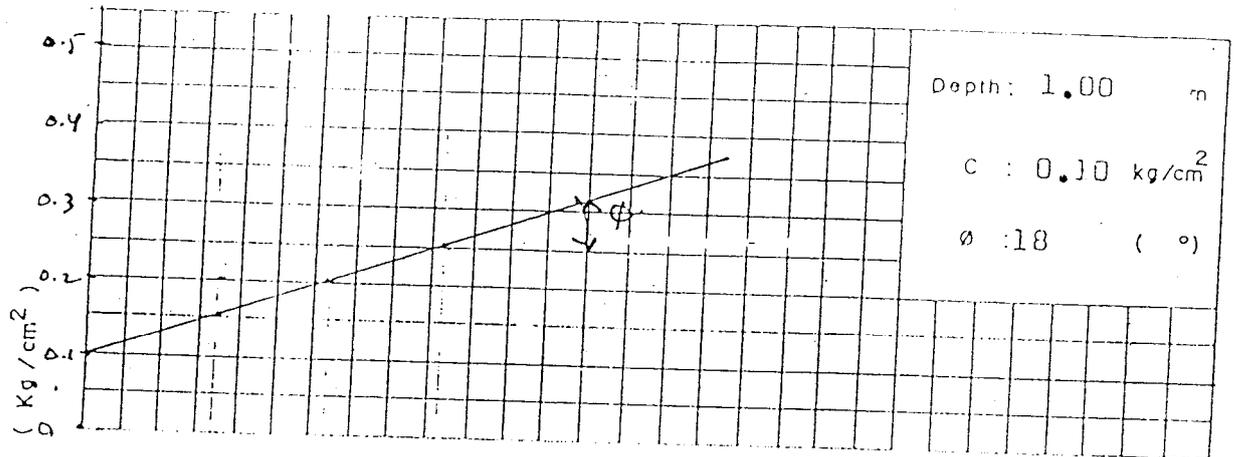
Boring no : B.I

Date of test : 3/V/1996

Project : Rencana Kampus
Baru U.S.M

Tested by : Is

Location : Jl. Arteri Tlogosari
Semarang



Test No :	1			2		
Normal Stress kg/cm ²	0.169	0.314	0.459	0.169	0.314	0.459
Shear Stress kg/cm ²	0.150	0.200	0.250	0.150	0.200	0.250

DIRECT SHEAR TEST

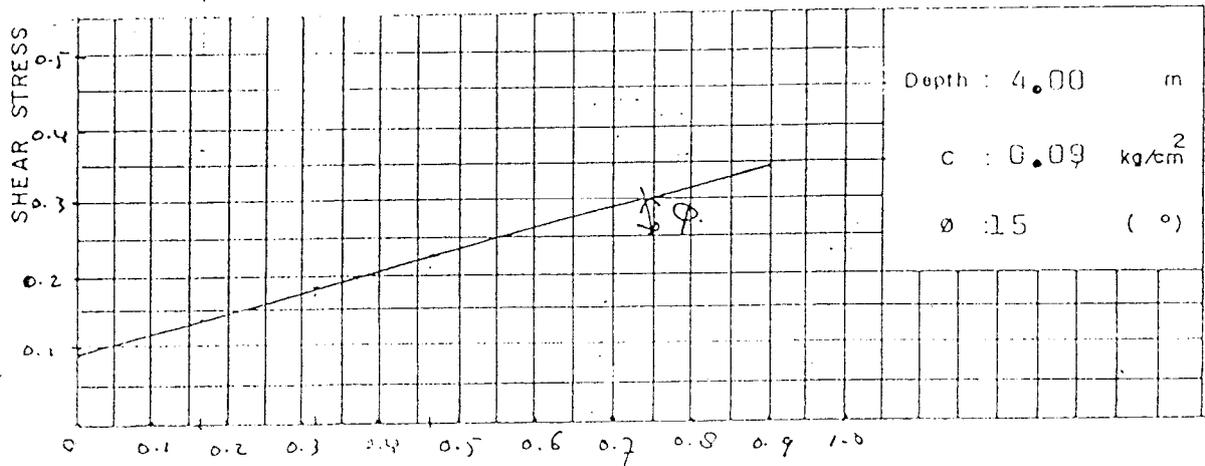
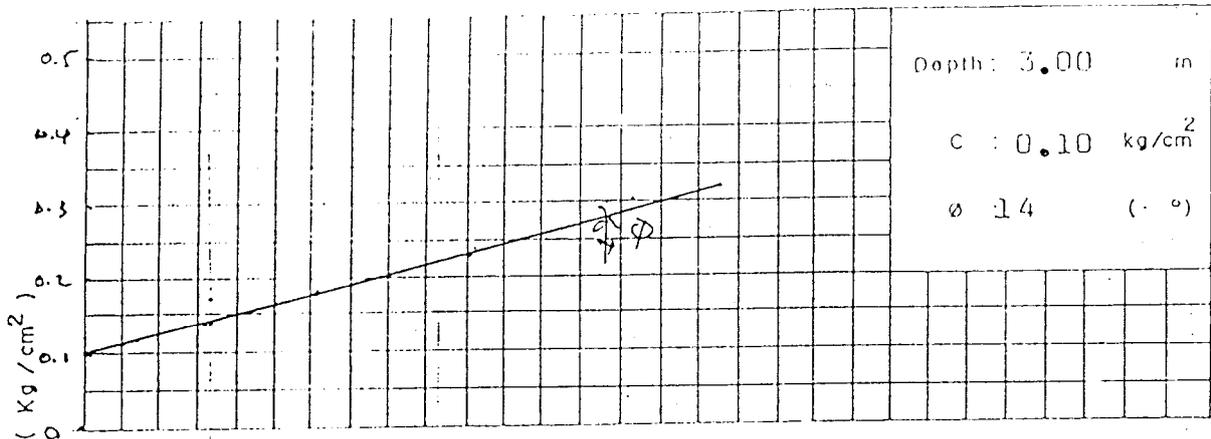
Boring no : B.1

Date of test : 3/V/1996

Project : Rencana Kampus Baru
U.S.P

Tested by : Is

Location : Jl. Arteri Tlogosari Semarang



NORMAL STRESS (Kg/cm²)

Test No :	3			4		
Normal Stress kg/cm ²	0.169	0.314	0.459	0.169	0.314	0.459
Shear Stress kg/cm ²	0.140	0.175	0.220	0.140	0.175	0.220

DIRECT SHEAR TEST

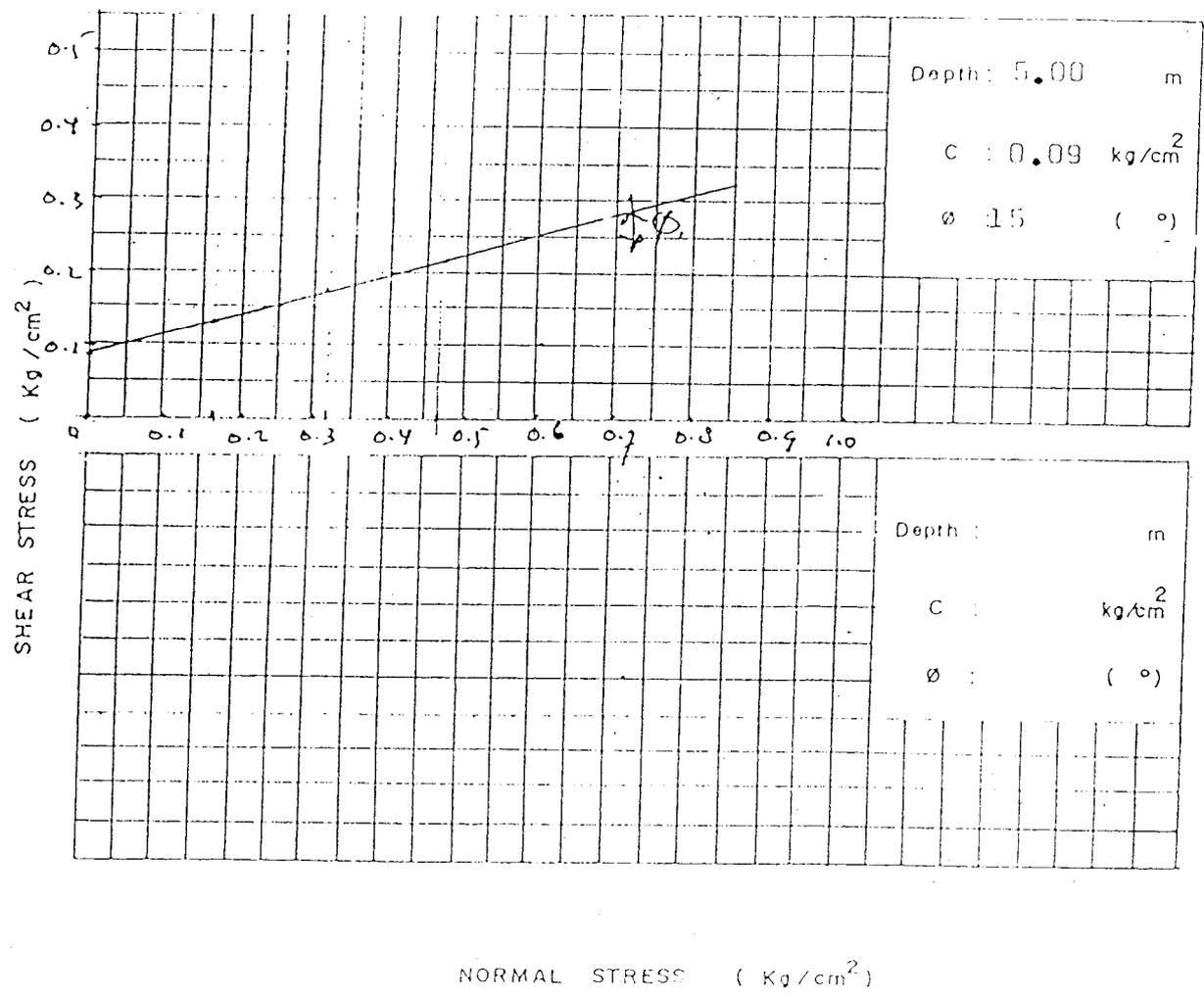
Boring no : B.I

Date of test : 3/V/1996

Project : Rencana Kampus Baru
U.S.M

Tested by : Is

Location : Jl. Arteri Hoqosari Semarang.



Test No :	5					
Normal Stress kg/cm ²	0.169	0.314	0.459			
Shear Stress kg/cm ²	0.130	0.170	0.210			

DIRECT SHEAR TEST

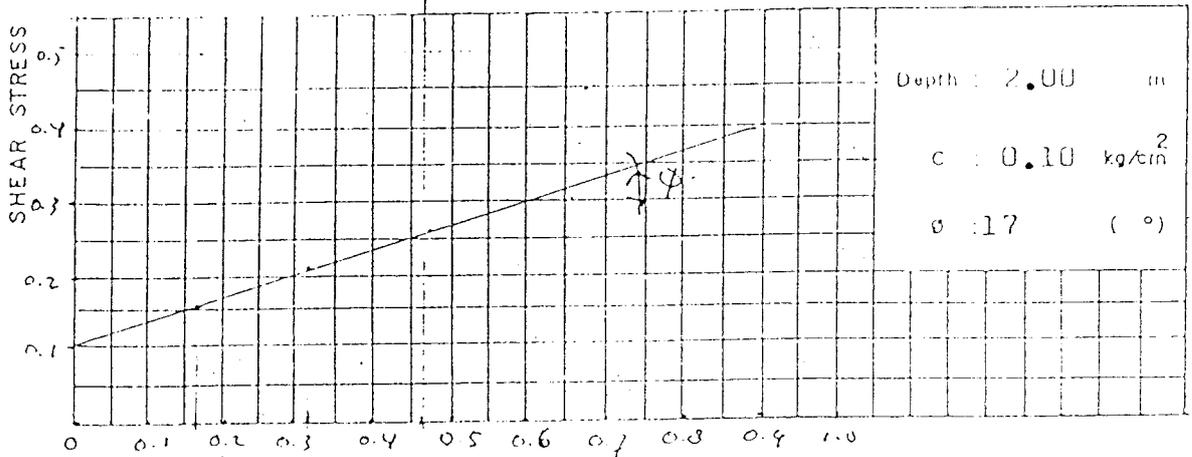
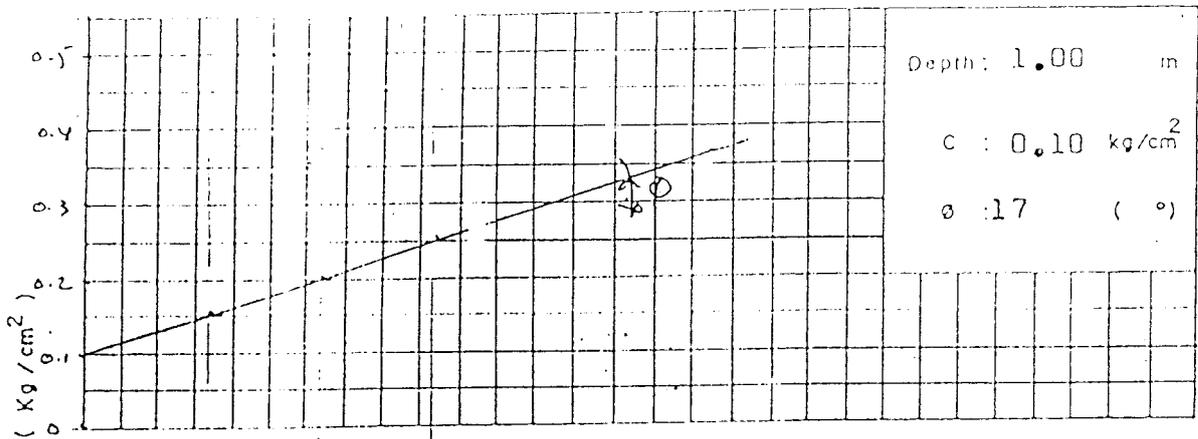
Boring no : B.11

Date of test : 13/V/1996

Project : Rencana Kampus Baru
U.S.P

Tested by : Is

Location : Jl. Klaten Tlogosari Semarang



NORMAL STRESS (Kg/cm²)

Test No :	1			2		
	Normal Stress kg/cm ²	0.169	0.314	0.459	0.169	0.314
Shear Stress kg/cm ²	0.150	0.200	0.250	0.150	0.200	0.250

DIRECT SHEAR TEST

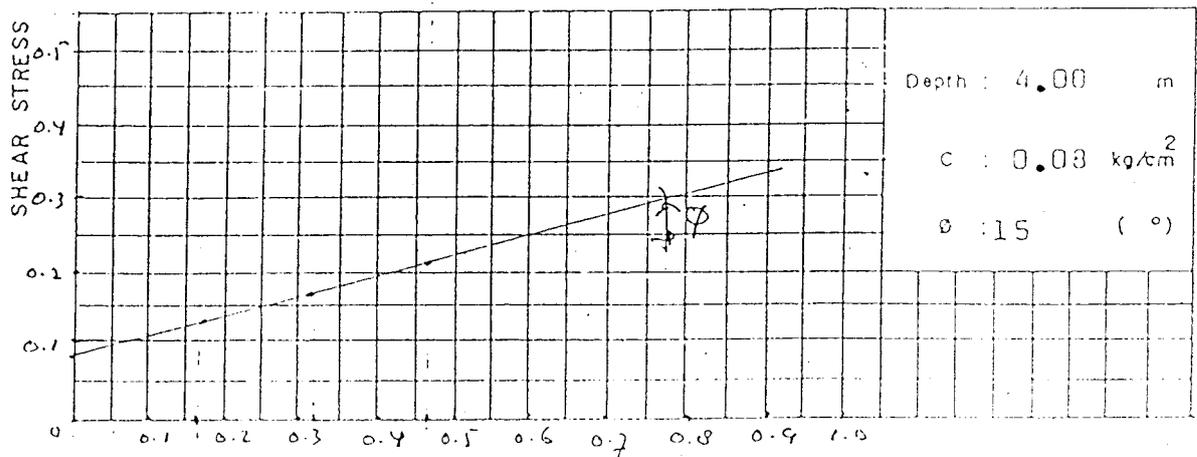
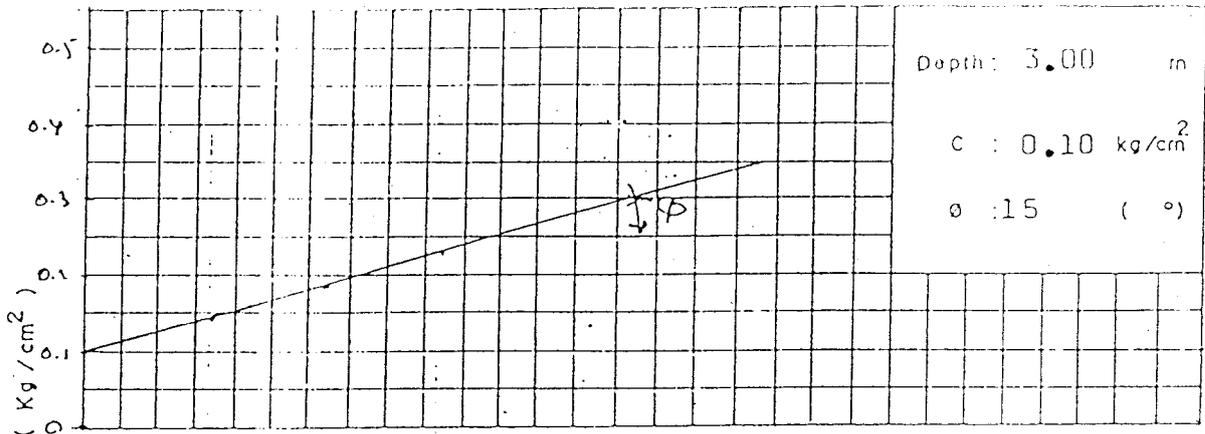
Boring no : B.II

Date of test : 3/V/1996

Project : Rencana Kampus Baru
U.S.M

Tested by : Is

Location : Jl. Arteri Tlogosari Semarang.



NORMAL STRESS (Kg/cm²)

Test No :	3			4		
Normal Stress kg/cm ²	0.169	0.314	0.459	0.169	0.314	0.459
Shear Stress kg/cm ²	0.140	0.190	0.230	0.130	0.160	0.210

DIRECT SHEAR TEST

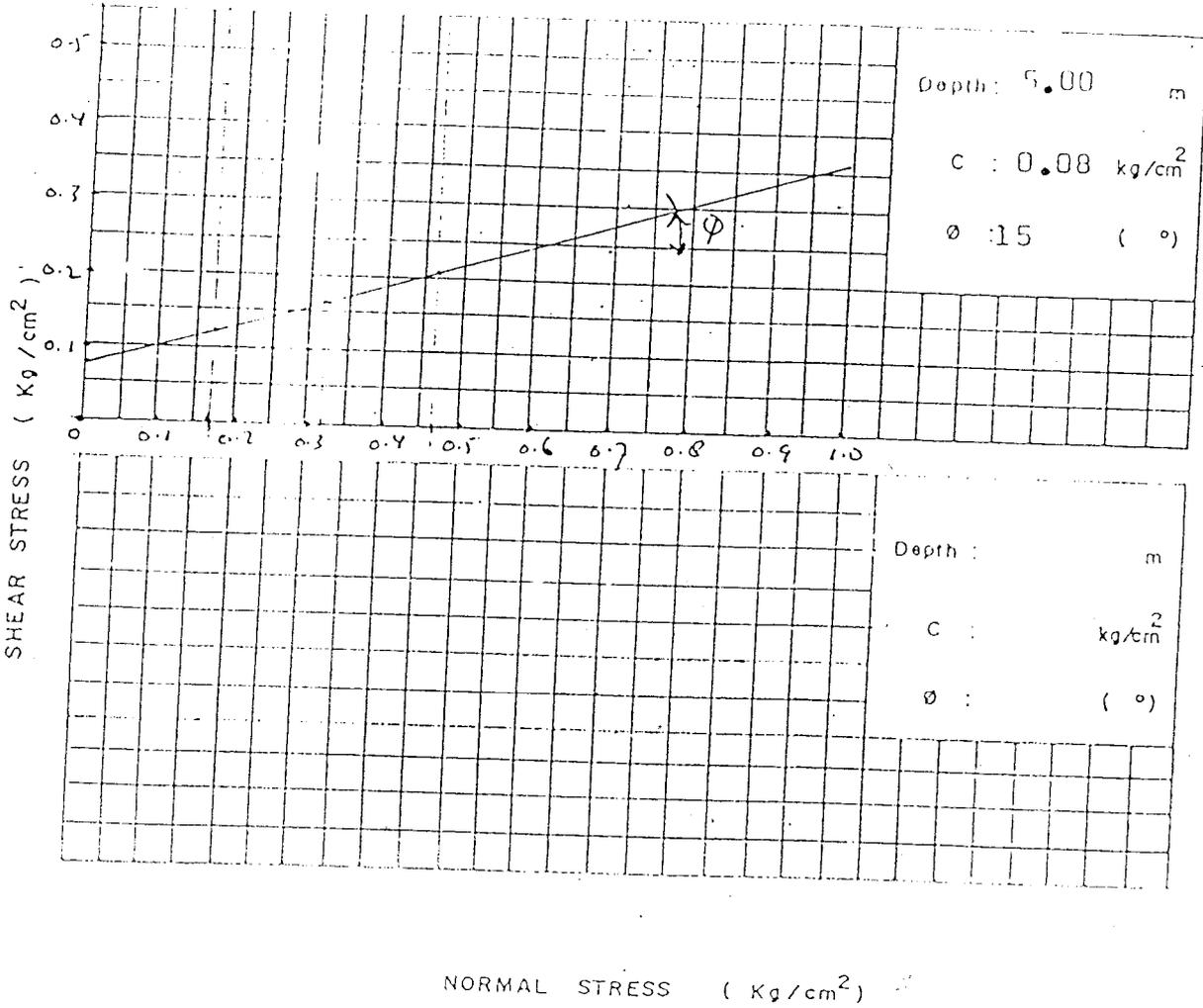
Boring no : U.11

Date of test : 3/V/1996

Project : Rencana Kampus Baru
U.S.B

Tested by : Is

Location : Jl. Klaten Plogosari Semarang



Test No :	5					
Normal Stress	kg/cm ²	0.169	0.314	0.459		
Shear Stress	kg/cm ²	0.130	0.160	0.200		

DIRECT SHEAR TEST

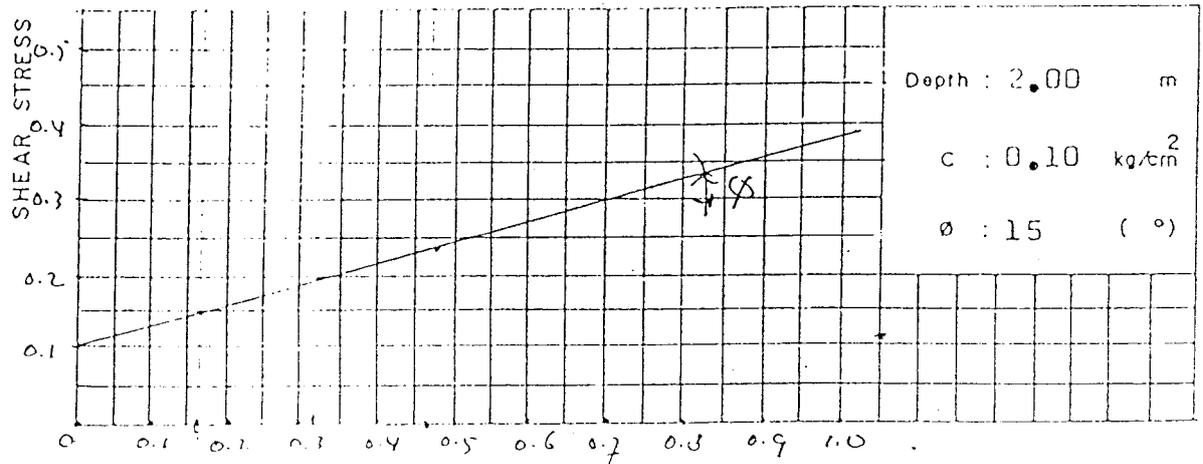
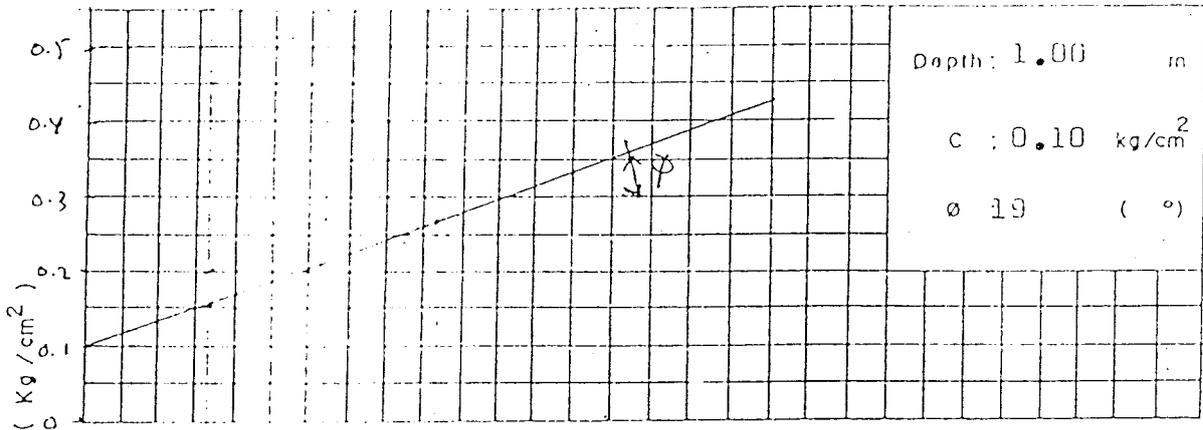
Boring no : B.111

Date of test : 3/V/1998

Project : Rencana Kampus Baru
U.S.M

Tested by : Is

Location : Jl. Arteri Plogosari Semarang



NORMAL STRESS (Kg/cm²)

Test No :	1			2		
Normal Stress kg/cm ²	0.169	0.314	0.459	0.169	0.314	0.459
Shear Stress kg/cm ²	0.150	0.210	0.270	0.150	0.200	0.240

DIRECT SHEAR TEST

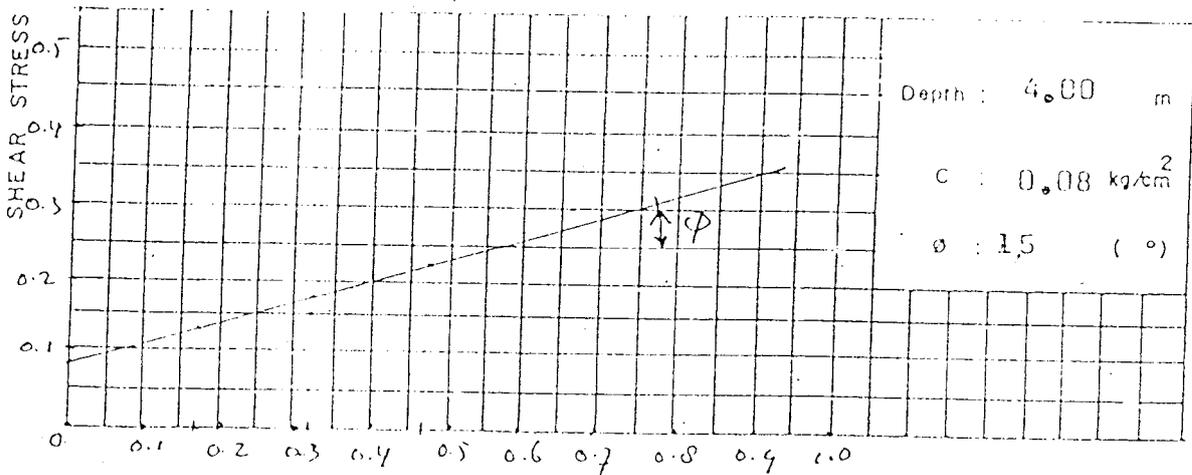
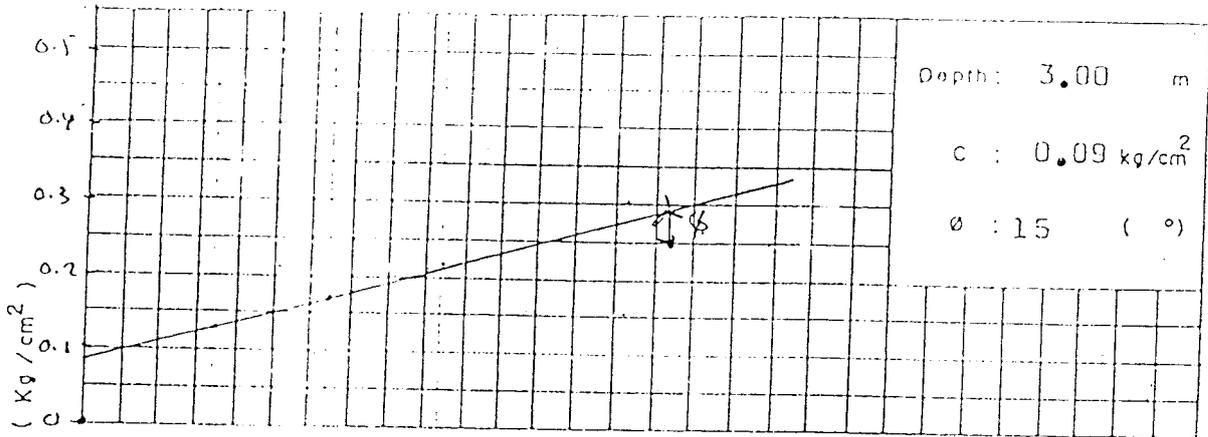
Boring no : B.III

Date of test : 13/V/1996

Project : Rencana Kampus Baru
U.S.M

Tested by : Is

Location : Jl. Arteri Plogosari Semarang



NORMAL STRESS (Kg/cm²)

Test No :	3			4		
Normal Stress kg/cm ²	0.169	0.314	0.459	0.169	0.314	0.459
Shear Stress kg/cm ²	0.130	0.165	0.210	0.130	0.160	0.210

DIRECT SHEAR TEST

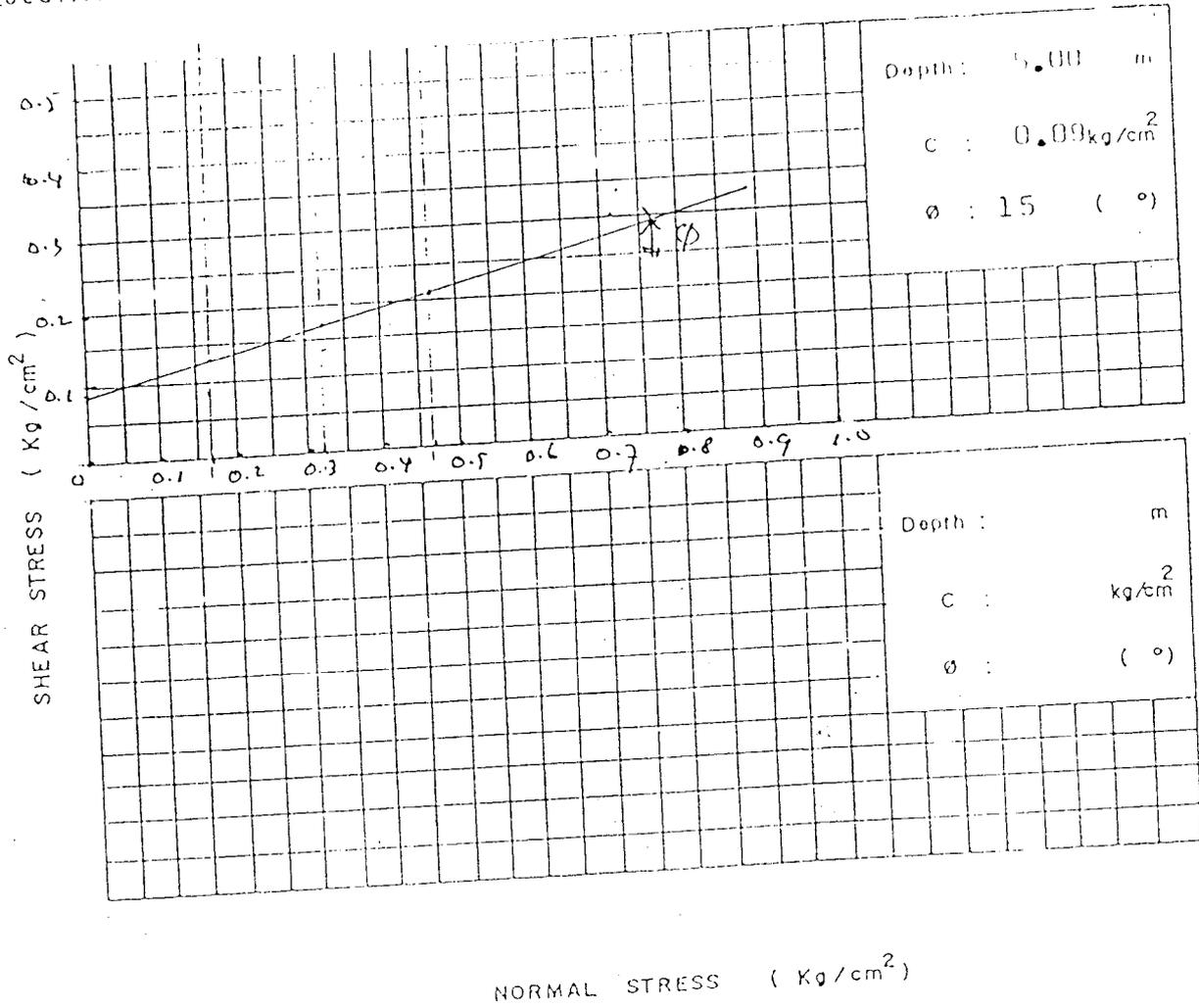
Boring no : B.III

Date of test : 3/V/1996

Project : Rencana Kampus Baru

Tested by : Is

Location : U.S.M
: Jl. Arteri Tlogosari Semarang



Test No :		5		
Normal Stress	kg/cm ²	0.169	0.314	0.459
Shear Stress	kg/cm ²	0.130	0.160	0.210

MINI PILE (triangular cross section)

grade

Concrete : K-300 (equal to 30 Mpa)

Steel : U-30 (equal to 40 Mpa)

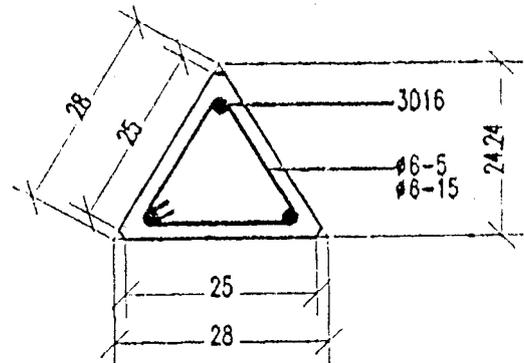
Type A (28x28x28 cm)

reinforcement : 3 D 13

stirrups : ϕ 6 - 5 cm (at the end)

-15 cm (at the middle)

load capacity : 20 to 25 ton (depend with soil condition)



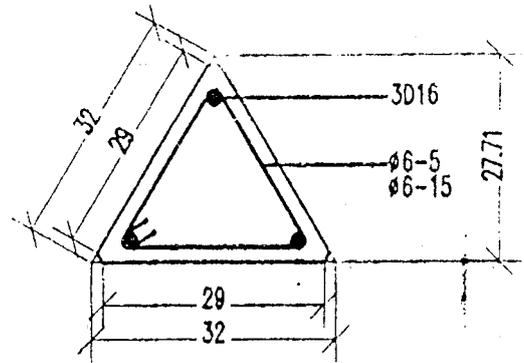
Type B (32x32x32 cm)

reinforcement : 3 D 16

stirrups : ϕ 6 - 5 cm (at the end)

-15 cm (at the middle)

load capacity : 25 to 35 ton (depend with soil condition)



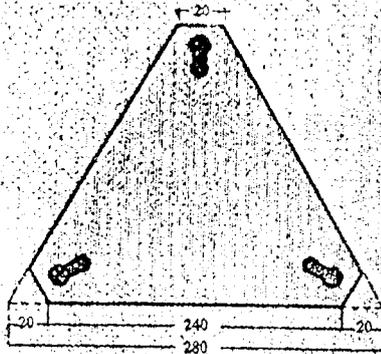
we have already stock of the pile in standard length, 6 meter and 3 meter,
In special case we accept a specific length or cross section and reinforcement.



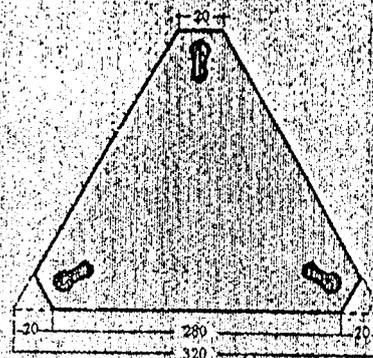
CONSTRUCTION OF

PILE

JP - 280

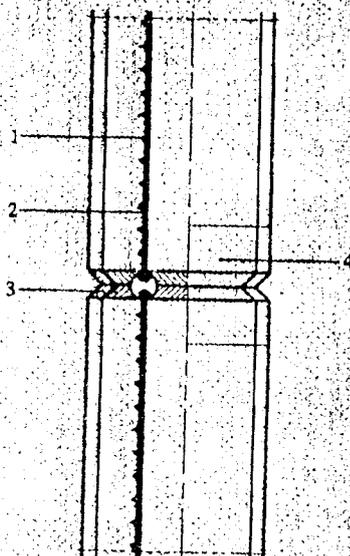


JP - 320



Specification	Length of Pile (mm)	PC Wire No & dia	Spiralwire Pitch		Diameter (mm)	Cross Section (cm ²)	Weight (kg/m)	Moment (tm)	Allowable Bearing Capacity (ton)
			L1 = 1,000 mm	L2 = L - 2L1					
JP - 280	3,000	3 x 6 mm	50 mm	100 mm	3.2	330	80		
	6,000	3 x 6 mm	50 mm	100 mm	3.2				
	9,000	3 x 6 mm	50 mm	100 mm	3.2				
JP - 320	3,000	3 x 6 mm	50 mm	100 mm	3.2	435	104		
	6,000	3 x 6 mm	50 mm	100 mm	3.2				
	9,000	3 x 6 mm	50 mm	100 mm	3.2				

WELDED JOINT



1. Spiral Reinforcement
2. PC Wire
3. Joint plate (prestressed system)
4. Reinforced band

Use 9 mm Joint plate