TUGAS AKHIR

ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI METODE TIANG PANCANG KELOMPOK MINI FRANKI MF-32 DAN METODE STATIS

STUDI KASUS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Disusun oleh :

Jalu Sunu Ajie

No. Mhs : 93 310 257

Dadang Nur Fuad

No. Mhs : 93 310 291

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2000

TUGAS AKHIR

ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI METODE TIANG PANCANG KELOMPOK MINI FRANKI MF-32 DAN METODE STATIS

STUDI KASUS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Disusun oleh :

Jalu Sunu Ajie

No. Mhs : 93 310 257

Dadang Nur Fuad

No. Mhs : 93 310 291

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA

Dosen Pembimbing I

Tanggal : 4 Juli 2000

Ir. Akhmad Marzuko, MT

Dosen Pembimbing II

Tanggal : 4 7 2000

"..... Allah meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat ....."

(Qs. Al - Mujaadilah : 11)

"Sesungguhnya shalatku, ibadahku, hidupku dan matiku adalah kepunyaan Allah yang menguasai seluruh alam"

(Do'a Iftitah)

"Mencari ilmu itu seperti ibadah, mengungkapkannya seperti bertasbih, menyelidikinya seperti berjihat, mengajarkannya seperti bersedekah dan memikirkannya seperti berpuasa"

(Ibnu Adz Bin Jabbal)

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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb.

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

Diharapkan topik yang disampaikan dalam tugas akhir ini dapat memperkaya wawasan pembaca tentang pondasi tiang. Khususnya pengaruh formasi tiang pancang kelompok Mini Franki MF-32 terhadap Daya Dukung Fondasi dengan Metode Statis dan Metode Frankipile (dinamik) pada tanah *Non Kohesif.*

Disadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari semua fihak, penelitian yang sedang dikembangkan tidak terwujud. Untuk itu kami ucapkan terima kasih kepada :

1. DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku dosen pembimbing utama,
2. Ir. Ahmad Marzuko, MS, selaku dosen pembimbing,
3. Ir. Ibnu Sudarmadji, MS, selaku dosen penguji tugas akhir,
4. Ir. H. Muslikh, MSc, Mphil, selaku pimpinan Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan UMY,
5. Rosidi, ST, selaku pimpinan sekretariat TPK Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan UMY,
6. Semua fihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8

2.1. Umum 8

2.2. Tiang Pancang Franki Mini 9

BAB III LANDASAN TEORI 11

3.1. Umum 11

3.2. Fondasi Tiang 12

3.2.1. Cara tiang meneruskan beban 13

3.2.2. Bahan tiang pancang 14

3.2.3. Metode pelaksanaan 17

3.3. Fondasi Tiang Mini Franki MF-32 22

3.4. Mekanisme Pemikulan Beban 23

3.5. Daya Dukung Ijin dan Faktor Keamanan 25

3.5.1. Metode statis 26

3.5.2. Berdasarkan uji lapangan 43

3.5.3. Berdasarkan formula dinamik 45

BAB IV DATA STRUKTUR DAN PROSEDUR PERHITUNGAN 48

4.1. Data Struktur dan Parameter Bahan 48

4.2. Analisis Daya Dukung dengan Metode Frakipile 49

4.2.1. Material yang digunakan 49

4.2.2. Alat pemancangan 49

4.2.3. Daya dukung tiang tunggal 50

4.2.4. Daya dukung tiang pancang kelompok 52

4.2.5. Metode pemancangan tiang Mini Franki MF-32 53

4.3. Analisis Daya Dukung dan Penurunan dengan Metode Statis 53

4.3.1. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-4 53

4.3.2. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-4 62

4.3.3. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-5 71

4.3.4. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-5 73

4.3.5. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-6 75

4.3.6. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-6 77

4.3.7. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-7 79

4.3.8. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-7 81

4.3.9. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-8 83

4.3.10 Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-8 85

4.3.11 Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-10 87

4.3.12. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-10 89

BAB V PEMBAHASAN 109

5.1. Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Pemancangan Frankipile 109

5.2. Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Statis 110

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 118

6.1. Kesimpulan 118

6.2. Saran 119

DAFTAR PUSTAKA 120

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Bentuk formasi tiang pancang	5
Gambar 2.	Diagram alir perhitungan / analisis	7
Gambar 3.	Tipe tiang pancang berdasakan tiang meneruskan beban ke tanah Dasar fondasi	13
Gambar 4.	Tiang pancang kayu	14
Gambar 5.	Tiang pancang baja	16
Gambar 6.	Tiang pancang beton	17
Gambar 7.	MF-32 Mini Franki *precast concrete pile*	22
Gambar 8.	Mekanisme pengalihan beban pada tanah	23
Gambar 9.	Kuva beban dan penurunan	23
Gambar 10.	Distribusi pemikulan beban	24
Gambar 11.	Variasi satuan perlawanan ujung pada tanah pasir berlapis	28
Gambar 12.	Faktor daya dukung ujung Nc* dan Nq*	29
Gambar 13.	Fariasi harga α terhadap harga Cu	31
Gambar 14.	Overlaping daerah tegangan sekitar tiang tunggal dan kelompok Tiang	33
Gambar 15.	Kelompok tiang	34
Gambar 16.	Efisiensi kelompok tiang	36
Gambar 17.	Ilustrasi efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode *Fled*	37
Gambar 18.	Kelompok tiang sebagai fondasi blok	38

Gambar 19. Perhitungan daya dukung ujung (Schmertmann, 1978) 44
Gambar 20. Formasi tiang pancang A4 54
Gambar 21. Efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode *Fled* 58
Gambar 22. Formasi tiang pancang B4 62
Gambar 23. Efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode *Fled* 66
Gambar 24. Formasi tiang pancang A5 71
Gambar 25. Formasi tiang pancang B5 73
Gambar 26. Formasi tiang pancang A6 75
Gambar 27. Formasi tiang pancang B6 77
Gambar 28. Formasi tiang pancang A7 79
Gambar 29. Formasi tiang pancang B7 81
Gambar 30. Formasi tiang pancang A8 83
Gambar 31. Formasi tiang pancang B8 85
Gambar 32. Formasi tiang pancang A10 87
Gambar 33. Formasi tiang pancang B10 89
Gambar 34. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 4 97
Gambar 35. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 5 98
Gambar 36. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 6 99
Gambar 37. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 7 100

Gambar 38. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 8 101
Gambar 39. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 10 102
Gambar 40. Grafik hubungan final set dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 4 103
Gambar 41. Grafik hubungan final set dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 5 104
Gambar 42. Grafik hubungan final set dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 6 105
Gambar 43. Grafik hubungan final set dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 7 106
Gambar 44. Grafik hubungan final set dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 8 107
Gambar 45. Grafik hubungan final set dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 10 108

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Panjang tiang dari muka tanah	6
Tabel 2.	Data karakteristik tanah pada SB 1	11
Tabel 3.	Faktor keamanan untuk fondasi tiang	26
Tabel 4.	Penentuan harga K dan δ	30
Tabel 5.	Nilai koefisien Cp	41
Tabel 6.	Harga Poisson's Ratio	42
Tabel 7.	Modulus elastisitas berbagai jenis tanah dan bahan tiang pancang	42
Tabel 8 .	Data karakteristik tanah B2 untuk formasi tiang A4, A5 dan A6	48
Tabel 9.	Data karakteristik tanah B3A untuk formasi tiang A7, A8 dan A10	48
Tabel 10.	Kapasitas ijin dari *final set* tiang MF-32	51
Tabel 11.	Perhitungan daya dukung kelompok tiang Frankipile MF-32	52
Tabel 12.	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-4 dengan panjang tiang seragam	61
Tabel 13.	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-4 dengan panjang tiang bervariasi	61
Tabel 14.	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-4 dengan panjang tiang seragam	69
Tabel 15.	Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-4 dengan panjang tiang bervariasi	70

Tabel 16. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-5 dengan panjang tiang seragam 72
Tabel 17. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-5 dengan panjang tiang bervariasi..... 72
Tabel 18. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-5 dengan panjang tiang seragam 74
Tabel 19. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-5 dengan panjang tiang bervariasi..... 74
Tabel 20. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-6 dengan panjang tiang seragam 76
Tabel 21. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-6 dengan panjang tiang bervariasi..... 76
Tabel 22. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-6 dengan panjang tiang seragam 78
Tabel 23. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-6 dengan panjang tiang bervariasi..... 78
Tabel 24. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-7 dengan panjang tiang seragam 80
Tabel 25. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-7 dengan panjang tiang bervariasi..... 80
Tabel 26. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-7 dengan panjang tiang seragam 82

Tabel 27. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-7 dengan panjang tiang bervariasi 82
Tabel 28. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-8 dengan panjang tiang seragam 84
Tabel 29. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-8 dengan panjang tiang bervariasi 84
Tabel 30. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-8 dengan panjang tiang seragam 86
Tabel 31. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-8 dengan panjang tiang bervariasi 86
Tabel 32. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-10 dengan panjang tiang seragam dan bervariasi 88
Tabel 33. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-10 dengan panjang tiang seragam dan bervariasi 90
Tabel 34. Hasil perhitungan daya dukung optimal dan penrunan minimal dengan panjang tiang seragam 91
Tabel 35. Hasil perhitungan daya dukung optimal dan penrunan minimal dengan panjang tiang bervariasi 94
Tabel 36. Nilai daya dukung tiang tunggal untuk jumlah tiang n = 4 dengan metode Frankipile dan metode Statis 97
Tabel 37. Nilai daya dukung tiang tunggal untuk jumlah tiang n = 5 dengan metode Frankipile dan metode Statis 98

Tabel 38. Nilai daya dukung tiang tunggal untuk jumlah tiang n = 6 dengan metode Frankipile dan metode Statis 99

Tabel 39. Nilai daya dukung tiang tunggal untuk jumlah tiang n = 7 dengan metode Frankipile dan metode Statis 100

Tabel 40. Nilai daya dukung tiang tunggal untuk jumlah tiang n = 8 dengan metode Frankipile dan metode Statis 101

Tabel 41. Nilai daya dukung tiang tunggal untuk jumlah tiang n = 10 dengan metode Frankipile dan metode Statis 102

Tabel 42. Kapasitas ijin dari final set tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah Tiang n = 4 103

Tabel 43. Kapasitas ijin dari final set tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah Tiang n = 5 104

Tabel 44. Kapasitas ijin dari final set tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah Tiang n = 6 105

Tabel 45. Kapasitas ijin dari final set tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah Tiang n = 7 106

Tabel 46. Kapasitas ijin dari final set tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah Tiang n = 8 107

Tabel 47. Kapasitas ijin dari final set tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah Tiang n = 10 108

Tabel 48. Hasil perhitungan daya dukung kelompok tiang dengan panjang tiang seragam 111

Tabel 49. Prosentase selisih besarnya daya dukung kelompok tiang formasi A dengan formasi B 112

Tabel 50. Prosentase selisih besarnya daya dukung kelompok tiang metode Statis terhadap metode Pemancangan Frankipile 112

Tabel 51. Efisiensi panjang tiang dari muka tanah 113

Tabel 52. Efisiensi kelompok tiang 115

NOTASI

A_p = luas penampang ujung tiang

A_s = luas selimut tiang

B = lebar sisi tiang

B_g = lebar kelompok tiang

C = kompresi elastis sementara

C_p = koefisien empiris

C_u = kohesi tanah

c_x = pencatatan rebound dari pukulan terakhir

D = diameter tiang

Eg = efisiensi kelompok tiang

e_h = efisiensi pemancangan

E_h = energi palu

E_p = modulus elastis tiang

E_s = modulus elastis tanah

f = gesekan selimut satuan

f_{ave} = gesekan selimut rata-rata

Fk = faktor keamanan

H = tinggi jatuh efektif palu

I_{ws} = faktor pengaruh

K = konstanta

L = panjang tiang

m = jumlah baris pada kelompok tiang

n = jumlah kolom pada kelompok tiang

n = jumlah tiang pada kelompok tiang

n = koefisien restitusi

N = harga N-SPT rata-rata

Nb = harga N-SPT pada elevasi dasar tiang

N_c^*, N_q^* = faktor daya dukung ujung

P = keliling tiang

Q = beban rencana

q' = tegangan vertikal efektif

Q_a = daya dukung ijin tiang

q_{c1} = nilai qc rata-rata 0,7 D -- 4 D di bawah ujung tiang

q_{c2} = nilai qc rata-rata 8 D di atas ujung tiang

q_l = daya dukung batas

q_p = daya dukung per satuan luas

Q_p = daya dukung ujung tiang

Q_u = daya dukung ultimit tiang

R_u = daya dukung tiang ultimit

R_{ut} = daya dukung dinamik

s = jarak antara as tiang

s = set

S = penurunan total fondasi tiang tunggal

S_g = penurunan kelompok tiang

S_p = penurunan dari ujung tiang

S_{ps} = penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang

S_r = penurunan rata-rata tiang tunggal

S_s = penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal

μ = poisson's ratio tanah

W = berat palu

W_p = berat tiang

ΔL = panjang segmen lapisan tanah

α = koefisien distribusi

α = konstanta

β = K.tan ϕr

η = efisiensi pemancangan

0 = arc tan (D / s)

σ' = tegangan vertikal efektif

ϕr = sudut gesek dalam pada kondisi terdrainase

ϕ = sudut gesek dalam

G_s = berat jenis tanah

γ_b = berat volume tanah basah

γ_d = berat volume tanah kering

γ_{sat} = berat volume tanah jenuh

γ' = berat volume efektif tanah

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 ring pancang dengan *diesel hammer*

Lampiran 2 BSP 357 *hydraulik hammer*

Lampiran 3 *premboring* dengan *cement milk* dan Gambar *center boring method* (CBM)

Lampiran 4 *down to hole* (DTH) *hammer*

Lampiran 5 *ring auger* dengan *continuous auger flight*

Lampiran 6 *hydraulic* dan *mechanical bore piling equipment*

Lampiran 7 *Summary of laboratory test results*

Lampiran 8 *Cone penetration test* (SB1)

Lampiran 9 *Bore hole log* (SB1)

Lampiran 10 *Direct shear test depth* 2,20-3,00 m (SB1)

Lampiran 11 *Direct shear test depth* 3,50-4,20 m (SB1)

Lampiran 12 *Cone penetration test* (SB5)

Lampiran 13 *Bore hole log* (SB5)

Lampiran 14 *Direct shear test depth* 1,00-1,80 m (SB5)

Lampiran 15 *Direct shear test depth* 3,50-5,00 m (SB5)

Lampiran 16 Daftar panjang tiang dari muka tanah

Lampiran 17 Hasil *final setting* tiang Mini Franki MF-32

Lampiran 18 Brosur PT. Frankipile Indonesia

INTISARI

Perkembangan struktur bangunan bagian atas yang begitu pesat harus diimbangi pula dengan struktur bangunan bagian bawah atau fondasi yang sesuai. Fondasi tiang pancang digunakan apabila kondisi tanah keras di bawah bangunan yang mampu memikul beban terletak cukup dalam di bawah permukaan tanah.

Tujuan studi kasus ini adalah untuk mengetahui pengaruh formasi tiang pancang kelompok Mini Franki MF-32 terhadap daya dukung dan penurunan fondasi. Analisis dilakukan pada proyek gedung 5 lantai Perpustakaan UMY, yakni membandingkan hasil dari metode Frankipile dengan metode statis.

Fondasi tiang yang dipakai adalah fondasi tiang vertikal dengan jumlah tiang dalam setiap formasi adalah 4, 5, 6, 7, 8 dan 10. Hasil analisis dengan menggunakan metode statis akan mendapatkan nilai daya dukung dan penurunan kelompok tiang yang lebih besar dari metode pemancangan Frankipile. Analisis metode statis untuk jumlah tiang 4 dengan panjang tiang bervariasi dari muka tanah, diperoleh nilai daya dukung dan penurunan kelompok tiang sebesar 452,4219 T dan 78,9 mm. Analisis metode pemancangan Frankipile untuk jumlah tiang 4, diperoleh nilai daya dukung dan penurunan kelompok tiang sebesar 266 T dan 4,75 mm.

Hasil analisis metode statis untuk jumlah tiang 4 dan 5 dengan panjang tiang yang diseragamkan dari muka tanah, menunjukkan formasi A lebih optimal digunakan sebagai fondasi kelompok tiang . Untuk jumlah tiang 6, 7, 8 dan 10 menunjukkan formasi B lebih optimal digunakan sebagai fondasi kelompok tiang.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang berfungsi meneruskan beban yang ditopang oleh fondasi dan beratnya sendiri kedalam tanah atau batuan yang terletak dibawahnya.

Pesatnya perkembangan teknologi bidang konstruksi dan semakin sempitnya lahan untuk mendirikan suatu bangunan menjadikan kecendrungan pembangunan gedung berkembang kearah vertikal. Dengan munculnya berbagai macam struktur bangunan bertingkat dan beraneka ragamnya kondisi tanah maka dibutuhkan suatu fondasi yang sesuai dengan karakteristik tanah yang cukup kuat untuk menahan beban konstruksi tersebut.

Data mengenai kondisi dan sifat tanah dasar merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam perancangan jenis dan kapasitas dukung fondasi. UMY sebagai Universitas swasta dalam perkembangan serta untuk melengkapi sarana dan prasarana perkuliahan, membangun Gedung Perpustakaan 5 lantai yang berlokasi di JL. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta. Kondisi tanah pada proyek pembangunan Gedung Perpustakaan UMY secara garis besar berupa pasir atau lanau dengan variasi campurannya dan kadang berkerikil. Di sebagian titik penyelidikan dijumpai lapisan dengan perlawanan konis sondir lebih dari 600 kg/cm^2

pada kedalaman kurang dari 10 meter (SB1, SB4, dan SB7), antara 10-15 meter (SB3, SB5, dan SB6), antara 15-20 meter (SB8 dan SB9), dan lebih dari 20 meter (SB2). Kondisi tersebut menggambarkan kemungkinan adanya lensa-lensa lapisan tanah yang tidak beraturan dan relatih tipis. Sehingga lapisan tanah keras dengan ketebalan yang cukup untuk digunakan sebagai lapisan pendukung tampaknya tidak bisa diharapkan.

Pada saat penyelidikan lapangan muka air tanah terdapat pada kedalaman antara 0,5 sampai 0,9 meter dibawah muka tanah. Dengan memperhatikan kondisi tanah setempat berupa pasir terendam air, dimungkinkan menggunakan beberapa alternatif fondasi, diantaranya fondasi lajur (*continuous footing*), fondasi rakit (*mat footing*) dan fondasi tiang yang diantaranya fondasi tiang mini.

Dari diskusi dan analisis harga serta pertimbangan pelaksanaan, diputuskan menggunakan fondasi tiang mini pada proyek Gedung Perpustakaan UMY dengan jenis tiang Mini Franki MF-32 yang diproduksi dan dilaksanakan pemancangannya oleh PT. Frankipile Indonesia.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang ada, tugas akhir ini mengambil judul "Analisis daya dukung fondasi metode tiang pancang kelompok Mini Franki MF-32 dan metode statis".

1.2. Tujuan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis daya dukung fondasi tiang pancang kelompok Mini Franki MF-32 serta penurunan yang terjadi pada proyek gedung 5 lantai Perpustakaan UMY dengan metode statis dan metode pemancangan Frankipile (dinamik).

1.3. Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penyusunan tugas akhir ini adalah memberikan pemahaman mengenai penggunaan fondasi tiang pancang Mini Franki MF-32 pada konstruksi bangunan gedung terhadap daya dukung dan penurunan yang terjadi berdasarkan data riel di lapangan, bentuk formasi tiang, panjang tiang yang digunakan yaitu bervariasi dan yang diseragamkan,

1.4. Hipotesis

Analisis dengan menggunakan metode statis akan mendapatkan nilai daya dukung fondasi yang lebih besar daripada menggunakan metode pemancangan Frankipile (dinamik).

1.5. Metodologi

Metode yang dipergunakan dalam penyusunan tugas akhir ini ialah studi kasus mengenai daya dukung fondasi tiang pancang mini Franki MF-32 dengan metode pemancangan Frankipile (dinamik) dan metode statis.

1.5.1. Metode pemancangan Frankipile (dinamik)

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

a. Pengamatan pelaksanaan pemancangan tiang.
b. Mengumpulkan data-data lapangan yang diperiukan.
c. Mempelajari beberapa pustaka mengenai fondasi tiang pancang.
d. Menghitung daya dukung fondasi yang terjadi dengan metode pemancangan Frankipile (dinamik).

1.5.2. Metode statis

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

a. Mengumpulkan data-data lapangan yang diperlukan.

b. Mempelajari beberapa pustaka mengenai fondasi tiang pancang.

c. Menghitung daya dukung fondasi yang terjadi dengan metode statis.

Untuk lebih riilnya, permasalahan yang akan dibahas menggunakan data dari proyek pembangunan Gedung Perpustakaan UMY. Data pendukung yang dirasa kurang untuk analisis dapat mengambil dari landasan teori yang ada.

1.6. Batasan Masalah

Mengingat permasalahan pemakaian serta perkembangan tiang pancang kelompok yang sangat kompleks ditambah dengan keterbatasan waktu dan kemampuan penulis, maka objek permasalahan akan dibatasi meliputi hal-hal sebagai berikut :

a. Data karakteristik tanah diambil dari tanah pada proyek pembangunan Gedung Perpustakaan UMY.

b. Jenis fondasi tiang pancang kelompok adalah fondasi tiang pancang mini Franki MF-32, mutu beton K-500 dengan dimensi tampang segi tiga sama sisi ▲ 32 x 32 x 32 cm yang disatukan dengan *pile cap*.

c. Gaya yang bekerja berupa gaya aksial dan tidak diperhitungkan gaya angkat (*up-lift force*), gaya lateral, momen dan faktor gempa.

d. Beban aksial yang digunakan adalah beban rencana pada proyek pembangunan Gedung Perpustakaan UMY.

e. Jumlah tiang pancang yang akan digunakan 4, 5, 6, 7, 8, 10.

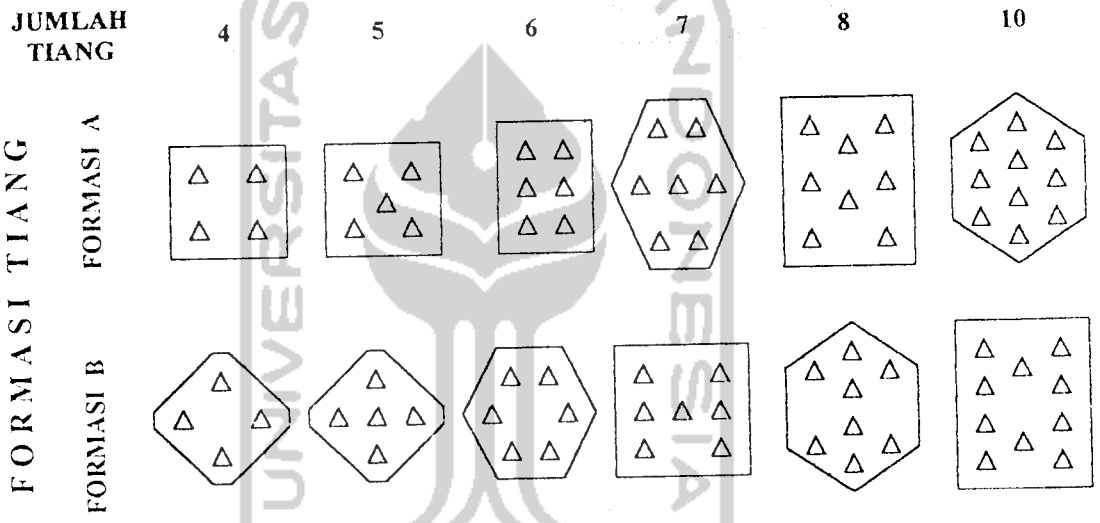
f. Formasi tiang pancang yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1.

g. Panjang tiang yang digunakan dari muka tanah asli sesuai dengan tabel 1.

h. Sambungan tiang pancang dan penulangan *pile cap* tidak diperhitungkan.

i. Formasi tiang yang digunakan adalah tiang pancang vertikal.

j. Analisis perhitungan fondasi tiang pancang berdasarkan pada metode statis.

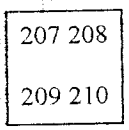
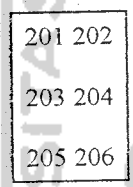
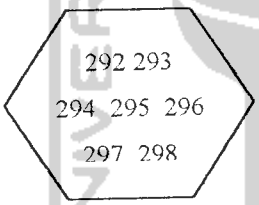
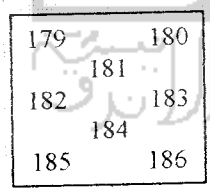
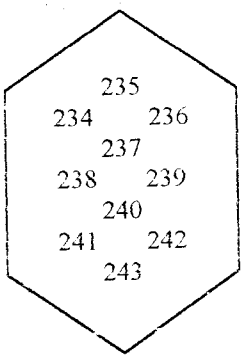


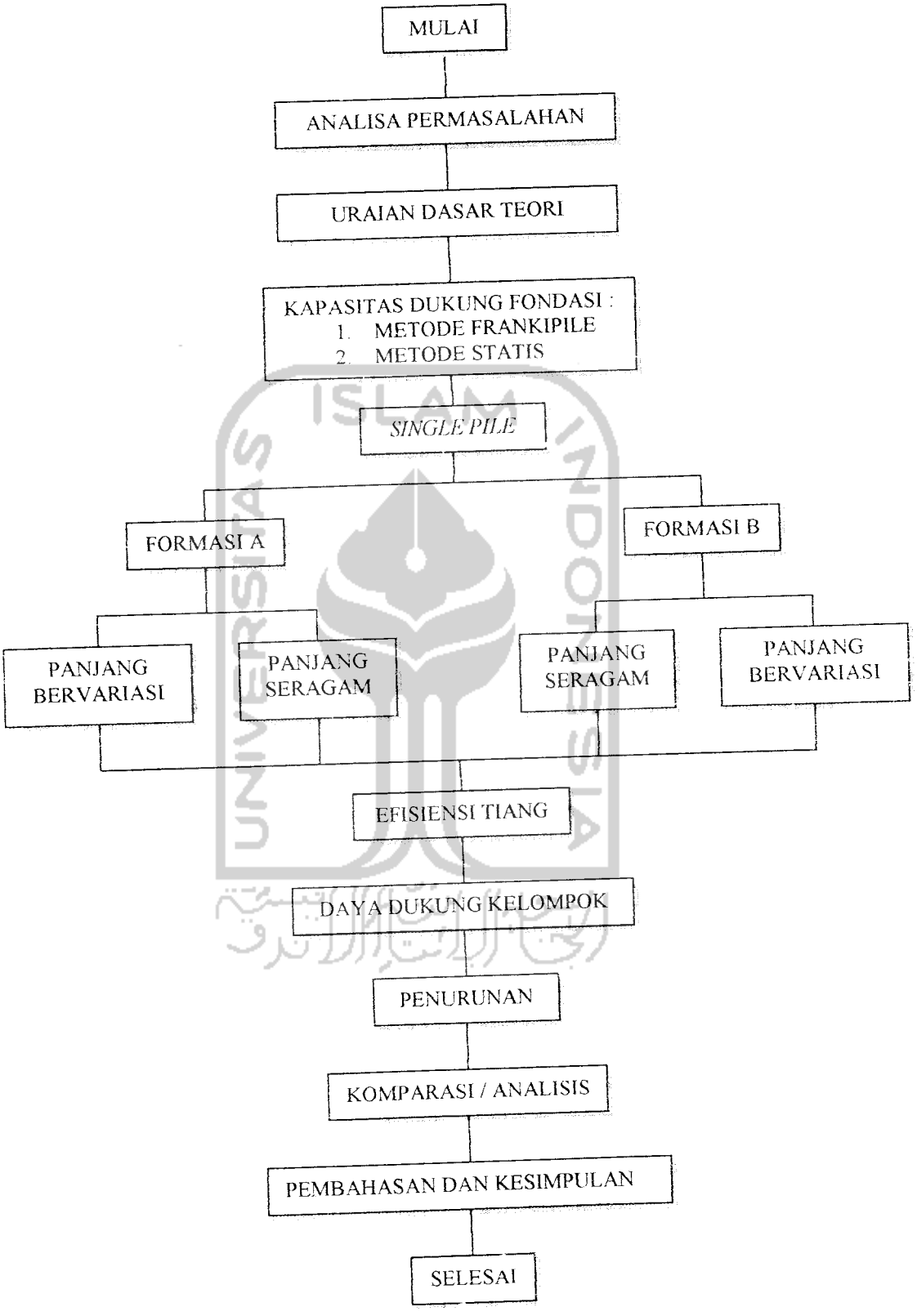
Gambar 1. Bentuk formasi tiang pancang

Keterangan :

1. Formasi A adalah formasi tiang pancang kelompok yang digunakan di lapangan.
2. Formasi B adalah formasi tiang pancang kelompok yang diusulkan untuk dianalisis kembali.

Tabel 1. Panjang tiang dan beban per kolom riil di lapangan

JUMLAH TIANG (n)	NOMOR FORMASI TIANG	PANJANG TIANG (m)	BEBAN PER KOLOM (T)
4		207 = 17,00 208 = 16,50 209 = 17,30 210 = 19,70	153,7892
5		218 = 18,50 219 = 17,00 220 = 19,00 221 = 18,50 222 = 17,00	166,5908
6		201 = 18,00 202 = 18,00 203 = 18,00 204 = 18,00 205 = 19,50 206 = 19,00	243,2220
7		292 = 13,70 293 = 13,50 294 = 17,10 295 = 13,50 296 = 14,00 297 = 11,00 298 = 17,00	284,0050
8		179 = 18,80 180 = 17,40 181 = 16,50 182 = 17,40 183 = 17,50 184 = 17,30 185 = 17,40 186 = 17,50	320,2732
10		234 = 16,80 235 = 15,50 236 = 13,20 237 = 13,50 238 = 16,40 239 = 16,50 240 = 12,70 241 = 13,50 242 = 12,50 243 = 10,50	407,5381



Gambar 2. Diagram alir perhitungan / analisis

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Tanah mempunyai peranan penting dalam pekerjaan konstruksi terutama sebagai fondasi pendukung bangunan, untuk itu perlu diketahui sifat-sifat dan lapisan-lapisan tanah dalam pelaksanaan konstruksi. Penyelidikan kondisi lapisan tanah di lapangan merupakan prasyarat bagi perencanaan elemen bawah tanah, selain itu informasi yang memadai diperlukan untuk pengkajian nilai ekonomi dari proyek yang diusulkan (Bowles, J.E ,1991).

Umumnya kondisi tanah dasar fondasi mempunyai karakteristik yang sangat berfariasi, berbagai parameter yang mempengaruhi karakteristik tanah antara lain :

a. Pengaruh muka air tanah

Pengaruh muka air tanah ini dapat mengakibatkan berat volume tanah yang terendam air akan berbeda dengan berat volume tanah yang tidak terendam air, meskipun untuk jenis tanah yang sama.

b. Pengaruh Jenis Tanah

Jenis tanah lempung memiliki karakteristik phisik dan mekanik yang berbeda dengan jenis tanah pasir sehingga memberikan nilai kuat dukung yang berbeda-beda. (K. Basah Suryolelono ,1994).

Fondasi tiang adalah elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban kepada tanah, baik beban dalam arah vertikal maupun horisontal. Namun demikian fungsi fondasi tiang lebih dari itu dan penerapannya untuk masalah-masalah lain cukup banyak, diantaranya :

a. Untuk memikul beban-beban dari struktur atas,
b. menahan beban miring, beban lateral dan momen.
c. menahan gaya angkat pada fondasi atau dok di bawah muka air,
d. mengurangi penurunan dan longsoran,
e. memperkaku tanah di bawah fondasi mesin, mengurangi amplitudo getaran dan frekuensi alamiah dari sistem, dan
f. memberikan tambahan faktor keamanan, khususnya pada kaki jembatan yang dikawatirkan mengalami erosi.

Secara umum fondasi tiang memperoleh daya dukungnya dari gesekan antara selimut tiang dengan tanah dan dari tahanan ujung. Kedua komponen tersebut dapat bekerja bersama maupun terpisah, namun demikian pada suatu fondasi tiang umumnya salah satu dari komponen tersebut dapat lebih dominan. Tiang yang memiliki tahanan ujung lebih tinggi dari tahanan selimutnya disebut tiang tahanan ujung (*bearing piles*), sebaliknya bila tahanan selimutnya lebih tinggi maka disebut tiang gesekan (*friction piles*) (Poulos, H.G and Davis, E.H ,1980).

2.2. Tiang Pancang Mini Franki

Fondasi tiang mini Franki merupakan fondasi tiang pancang beton bertulang pracetak (*precast rainfoced concrete pile*), diproduksi oleh PT. Frankipile Indonesia yang memiliki spesifikasi panjang standart 3 m dan 6 m dengan dimensi tampang :

a. segi tiga sama sisi MF-28 ▲ 28 x 28 x 28 cm, dan

b. segi tiga sama sisi MF-32 ▲ 32 x 32 x 32 cm.

Mutu beton untuk pembuatan tiang Mini Franki MF-28 dan MF-32 adalah K-500, dengan tulangan utama tiang menggunakan 3 buah besi beton ulir ϕ 16 mm untuk MF-28 dan ϕ 19 mm untuk MF-32 dengan mutu tulangan utama tersebut adalah BJTD 40 dan diikat spiral besi beton polos ϕ 6mm dengan jarak as ke as adalah 5 cm dan10 cm, pelat untuk sambungan tiang memakai pelat baja dengan tebal 10 mm yang dihubungkan pada tulangan utama dengan pengelasan. PT. Frankipile Indonesia menetapkan kapasitas ijin maksimum setiap tiang sebesar 25 ton untuk tiang MF-28 dan 40 ton untuk tiang MF-32 (Brosur PT. Frankipile Indonesia).

Seperti halnya dengan fondasi tiang pancang lainnya, maka fondasi tiang mini Franki 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 antara tiang yang direncanakan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Umum

Jenis dan kondisi tanah merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam pemilihan tipe fondasi untuk suatu struktur bangunan. Pada proyek pembangunan Gedung Perpustakaan UMY menunjukkan, bahwa kondisi tanah secara garis besar berupa material *non kohesif*.

Dari salah satu hasil penyelidikan tanah yang dilaksanakan oleh laboratorium mekanika tanah Fakultas Teknik Sipil UGM pada titik SB1, menunjukkan bahwa lapisan paling atas berupa pasir berkerikil dan sedikit lanau yang tampaknya berupa timbunan yang cukup baik dengan ketebalan antara 1,00 – 1,80 meter. Lapisan selanjutnya tersusun atas lapisan pasir kadang berlanau atau berkerikil dengan tebal dan kepadatan yang cukup bervariasi.

Tabel 2. Data karakteristik tanah pada SB 1

Scale (m)	Depth (m)	Log	Description of Soil	Sample	Water Table (m)	Note
1,00	1,50		Pasir sedang sedikit berlanau, berkerikil, coklat			Elevasi muka air –0,70 m di bawah muka air
2,00	2,60		Pasir sedang, kasar berlanau, coklat abu-abu		-0,70 m	
3,00	3,50		Pasir halus, sedang berlanau, coklat			
4,00						
5,00	5,00		Pasir halus berlanau, coklat			
			Akhir pemboran			

Hasil penyelidikan tanah pada titik SB1 menunjukkan letak muka air tanah berada pada kedalaman 0,5-0,9 meter dibawah muka tanah.

Fondasi suatu bangunan adalah konstruksi yang berfungsi meneruskan semua beban konstruksi di atasnya ke tanah pendukung atau merupakan elemen pendukung antara konstruksi atas dengan tanah (Bowles J.E, 1991).

Dalam studi kasus ini fondasi tiang pancang yang digunakan pada umumnya dipusatkan pada penyusunan tata letak tiang (formasi tiang) dan kedalaman tiang agar diperoleh formasi tiang yang menghasilkan daya dukung optimal. Selain itu juga diharapkan tidak menimbulkan penurunan yang terlalu besar.

3.2. Fondasi Tiang

Fondasi tiang pancang adalah suatu konstruksi fondasi yang digunakan untuk mentransfer beban fondasi ke lapisan tanah dimana dapat dicapai daya dukung yang lebih baik. Berbagai macam penggunaan fondasi tiang pancang menurut Poulos, H.G and Davis, E.H ,1980 sangat tergantung pada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

a. Beban yang diterima oleh fondasi tidak melebihi daya dukung tanah untuk menjamin keamanan bangunan.
b. Pembatasan penurunan yang terjadi pada bangunan merupakan nilai yang dapat diterima agar tidak merusak struktur bangunan.
c. Pengendalian pelaksanaan pekerjaan fondasi.

Penggunaan berbagai tipe tiang pancang dalam konstruksi fondasi sangat tergantung pada beban yang bekerja, tersedianya bahan yang ada, juga cara-cara

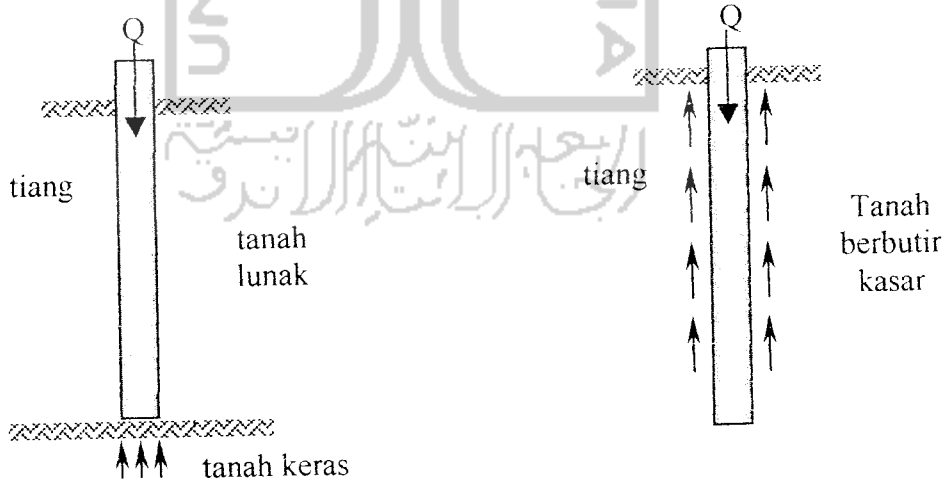
pelaksanaan pemancangannya. Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai tipe tiang yang ada maka tiang dapat dibedakan berdasarkan berbagai hal berikut :

3.2.1 Cara tiang meneruskan beban

Tipe tiang dapat dibedakan terhadap cara tiang meneruskan beban yang diterima ke tanah dasar fondasi. Hal ini tergantung pada jenis tanah dasar fondasi yang akan menerima beban kerja.

a. Bilamana ujung tiang mencapai tanah keras atau tanah baik dengan kuat dukung tinggi, maka beban yang diterima tiang akan diteruskan ke tanah dasar fondasi melalui ujung tiang, jenis tiang ini disebut *END / POINT BEARING PILE.*

b. Bila tiang dipancang pada tanah dengan nilai kuat gesek tinggi (jenis tanah pasir), maka beban yang diterima oleh tiang akan di tahan berdasarkan gesekan antara tiang dan tanah sekeliling tiang, jenis tiang ini disebut *FRICTION PILE.*



END / POINT BEARING PILE *FRICTION PILE*

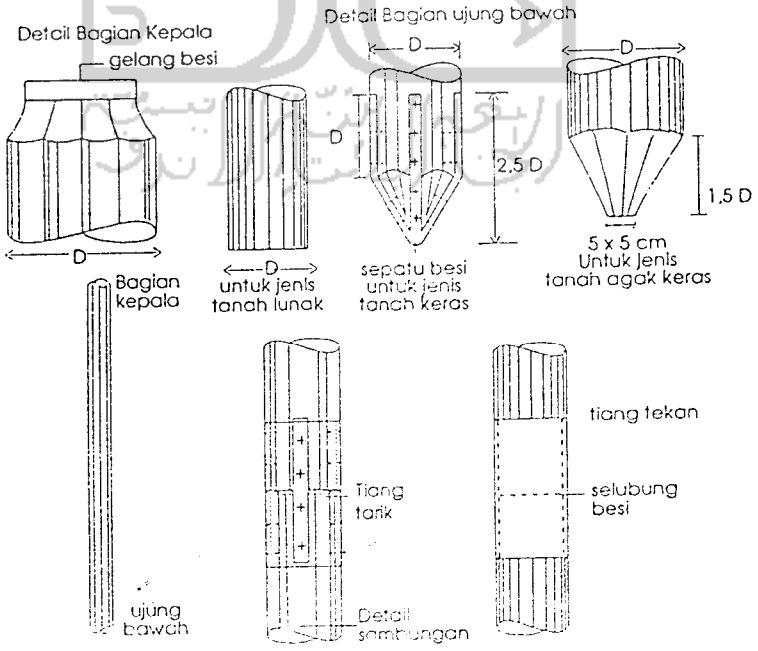
Gambar 3. Tipe tiang pancang berdasarkan tiang meneruskan beban ke tanah dasar fondasi

3.2.2. Bahan untuk tiang

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

a. Tiang kayu

Jenis tiang ini, pada umumnya digunakan untuk pekerjaan sementara, karena umurnya terbatas (mudah lapuk), tetapi bila tiang ini dipancang di daerah di mana muka air tanah tinggi atau tiang selalu terendam air, maka tiang akan berfungsi sebagai tiang permanen. Kuat dukung tiang umumnya tidak begitu besar sesuai dengan klasifikasi jenis kayu yang digunakan dan bekisar antara 0,15-0,25 KN (K. Basah Suryolelono, 1994).



Gambar 4. Tiang pancang kayu

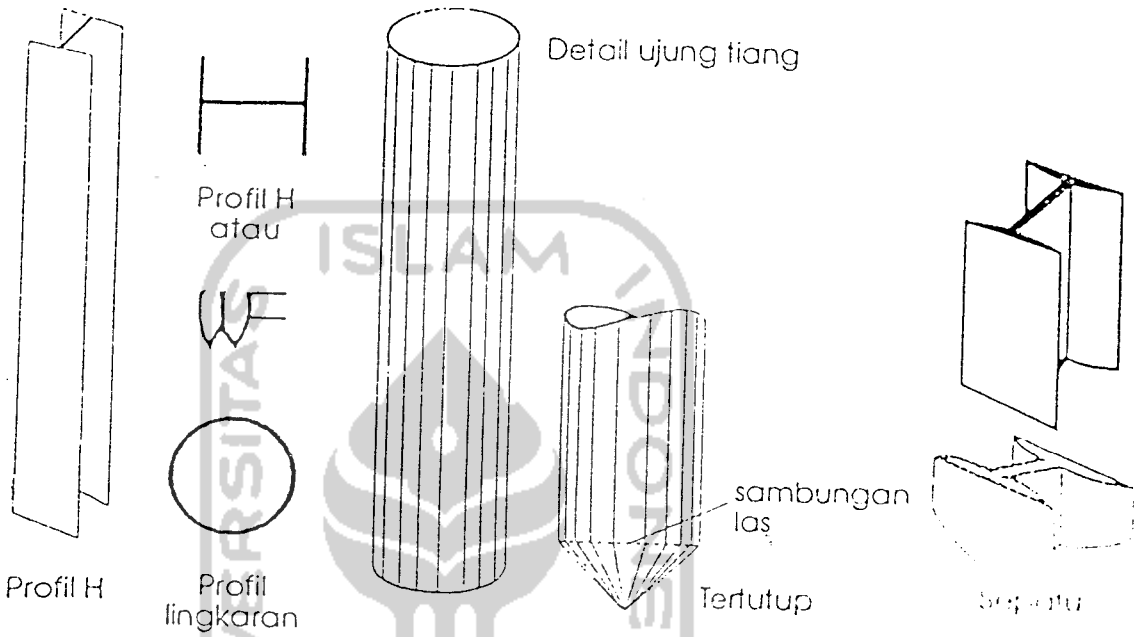
b. Tiang baja

Umumnya digunakan dengan bentuk tampang tiang merupakan peofil H, WF atau pipa dapat berlubang maupun tertutup ujung-ujungnya. Jenis tiang ini mempunyai banyak keuntungannya yaitu :

1. lebih mudah dipancang, disebabkan tiang memiliki luas tampang yang kecil dibandingkan jenis tiang yang lain, karena tiang lebih mudah masuk ke dalam tanah akibat berat sendiri,
2. mudah disambung bilamana diperlukan panjang tiang yang cukup panjang untuk mencapai kedalam yang diinginkan, sistim sambungan dapat berupa sambungan las atau baut,
3. untuk menembus jenis tanah keras, ujung tiang diperkuat dengan memberi sepatu agar tidak mudah rusak.

Problem utama yang dihadapi untuk jenis tiang ini adalah masalah korosi yang disebabkan oleh proses ionisasi tanah yang bersifat asam dan biasanya dijumpai di daerah berawa (tanah organik). Berbagai usaha untuk mengatasi problem korosi, adalah :

1. tiang dicat anti korosi atau dibungkus beton,
2. dengan metode *cathodic protection* yang bertujuan untuk menghambat terjadinya proses ionisasi pada tiang baja dengan cara mengalirkan arus listrik lemah ke tiang baja (K. Basah Suryolelono, 1994).

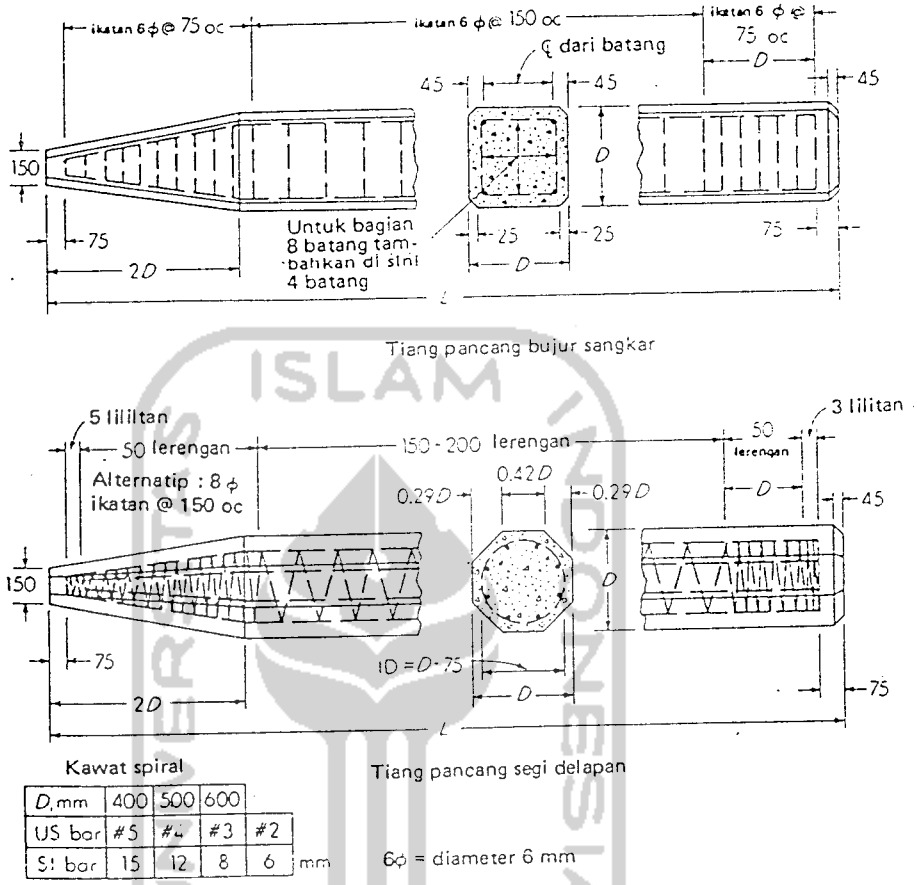


Gambar 5. Tiang pancang baja

c. Tiang beton

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

Penampang tiang beton biasanya berbentuk lingkaran, persegi empat, segitiga. Pada proses pembuatannya tiang beton dapat dicor terlebih dahulu, dicor ditempat proyek.



Gambar 6. Tiang pancang beton

3.2.3. Metode pelaksanaan

Ditinjau dari segi pelaksanaannya fondasi tiang dikelompokkan menjadi dua bagian besar. Kelompok pertama ialah fondasi tiang yang tiangnya sudah dibuat di atas permukaan tanah, termasuk dalam kelompok ini ialah tiang baja dan beton *precast*. Sedangkan kelompok kedua ialah fondasi tiang yang tiangnya dibuat secara langsung di dalam tanah di tempat yang sudah direncanakan, jenis tiang ini dikenal sebagai tiang bor (Poulos, H.G and Davis, E.H ,1980).

a. Fondasi tiang *precast pile*

Fondasi tiang dengan bahan yang sudah siap (sudah berbentuk sesuai dengan hasil perencanaan) yang sering digunakan ialah tiang baja dan tiang beton pracetak. Tiang-tiang semacam ini sudah dipesan dengan bentuk, ukuran, dan spesifikasi yang sesuai dengan hasil perencanaan. Pada awal perkembangannya pemancangan tiang pracetak hanya dilakukan dengan metode *perkusif* (tiang ditancapkan ke dalam tanah dengan cara dipukul). Sejalan dengan perkembangan teknologi pemancangan tiang pracetak dilakukan dengan metode-metode lain yang pada intinya berusaha untuk menghindari atau mengurangi efek getaran, polusi udara dan suara. Dua cara pemancangan tiang pracetak yang lebih ramah lingkungan, yaitu : metode *premboring* dengan *cement milk* dan metode *center augering*.

1. Metode pukulan (*perkusif*)

Dengan metode *perkusif*, tiang pancang yang sudah siap pakai dipukul dengan palu pemukul yang digerakkan secara mekanis dengan daya yang ditimbulkan oleh tenaga ledakan diesel atau tenaga hidrolis.

a) Drop hammer

Drop hammer pada prinsipnya menggunakan energi uap yang diproduksi dengan *boiler* dimana mengangkat dan menjatuhkan *hammer* melalui uap yang dihembuskan dari *inlet / outlet* kelubang piston untuk melakukan pemukulan pada tiang. Proses ini dilakukan berulang-ulang sampai tiang mencapai kedalaman yang direncanakan .

b) *Diesel hammer*

Diesel hammer pada prinsipnya sama dengan *drop hammer* hanya saja proses pengangkatan palu tidak perlu diulang-ulang. Apabila tiang sudah memberikan perlawanan yang berarti, secara otomatis palu akan bergerak naik turun akibat adanya kompresi dan ledakan diesel di dalam ruang bakar di bawah palu, secara skematis digambarkan pada lampiran 1.

c) *Hydraulic hammer*

Hydraulic Hammer pada prinsipnya menggunakan tenaga hidrolis, ada dua macam *Hydraulic Hammer*, yaitu *single acting* dan *double acting*. Pada *single acting hydraulic* palu setelah diangkat dengan tenaga hidrolis kemudian dilepas begitu saja sehingga jatuh bebas, sedangkan *double acting hydraulic* digerakkan turun dengan menggunakan tenaga hidrolis, secara skematis digambarkan pada lampiran 2.

2. Metode *preboring* dengan *cement milk*

Metode ini dikembangkan untuk diterapkan di lokasi kerja yang rentan terhadap pengaruh getaran, dan polusi suara atau udara. Metode ini menggunakan tiang pancang pracetak berbentuk bundar (*PC Spun Pile*) yang dimasukkan ke dalam tanah setelah terlebih dahulu dibuatkan lubang dengan ukuran lebih besar dari tiang yang akan dipasang. Sebagai pengisi antara dinding lubang dan tiang, digunakan *cement milk* (campuran semen dan air) yang berfungsi sebagai perekat antara tiang dengan tanah. Proses pemasangan tiang dengan metode *preboring* dengan *cement milk* ini digambarkan secara skematis pada lampiran 3.

3. Metode *center boring*

Metode ini dikembangkan untuk mengatasi pekerjaan fondasi pada lingkungan yang sensitif terhadap getran dan polusi suara atau udara. Pemasangan fondasi dengan cara ini sangat cocok digunakan pada tanah lunak yang memiliki tingkat kelongsoran yang tinggi. Metode ini menggunakan bahan tiang pracetak bundar (*PC Spun Pile*) tanpa sepatu pada ujungnya (ujung tiang terbuka). Tiang ditekan ke dalam tanah dengan tenaga hidrolis yang dikombinasikan dengan beban pemberat di atas tiang setelah terlebih dahulu tanah dibagian ujung tiang dibor dengan alat bor yang melewati rongga dalam tiang. Setelah tiang mencapai kedalaman yang diinginkan, dilakukan penyuntikan *cement milk* dengan tekanan tinggi pada ujung tiang dengan tujuan untuk memperkuat lapisan dasar fondasi. Proses pemasangan tiang dengan metode center boring ini digambarkan secara skematis pada lampiran 3.

b. Fondasi tiang bor

Pada prinsipnya fondasi tiang bor adalah membuat lubang di dalam tanah dan mengisinya dengan adukan beton. Bahan pertimbangan pemilihan penggunaan tiang bor biasanya mengenai kapasitas atau daya dukung per unit tiang dan kondisi lingkungan pekerjaan. Aplikasi dari masing-masing proses tersebut tergantung pada jenis tanah dan ketinggian muka air tanah setempat. Berdasarkan proses pengeboran tiang, pekerjaan tiang bor dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu pekerjaan tiang bor tanpa proteksi dan pekerjaan tiang bor dengan proteksi.

1. Pekerjaan tiang bor tanpa proteksi

Pada dasarnya pembuatan tiang bor selalu memerlukan proteksi dengan casing sementara (biasanya sekitar 3-6 meter dari muka tanah) untuk mencegah runtuhnya lubang di bagian permukaan akibat desakan alat atau ring pengeboran. Pekerjaan tiang bor tanpa proteksi yang dimaksud di sini adalah pembuatan tiang bor yang selama proses pengeborannya dinding tiang tidak perlu dijaga dengan *temporary casing* ataupun *slurry*.

a) Pelaksanaan tiang bor pada kondisi tanah ideal

Pada tanah ideal, pelaksanaan tiang bor menjadi sangat mudah karena dinding lubang bor tidak runtuh selama proses pekerjaan berlangsung. Yang perlu diperhatikan pada kondisi tanah ideal semacam ini adalah ada atau tidaknya air di dalam lapisan tanah yang akan dibor, karena tekanan air tanah yang besar dapat menyebabkan runtuhnya dinding lubang pengeboran.

b) Pelaksanaan tiang bor pada kondisi tanah berbatu

Dalam kondisi tanah yang berbatu, diperlukan peralatan khusus untuk melakukan pengeboran. Pada tanah yang tidak terlalu keras, kita dapat menggunakan *rock auger*, *core barret* dan *chisel*. Pada tanah dengan batuan yang keras atau cadas diperlukan peralatan bor pemecah batu yang dikenal dengan Down To Hole Hammer atau DTH Hammer lampiran 4.

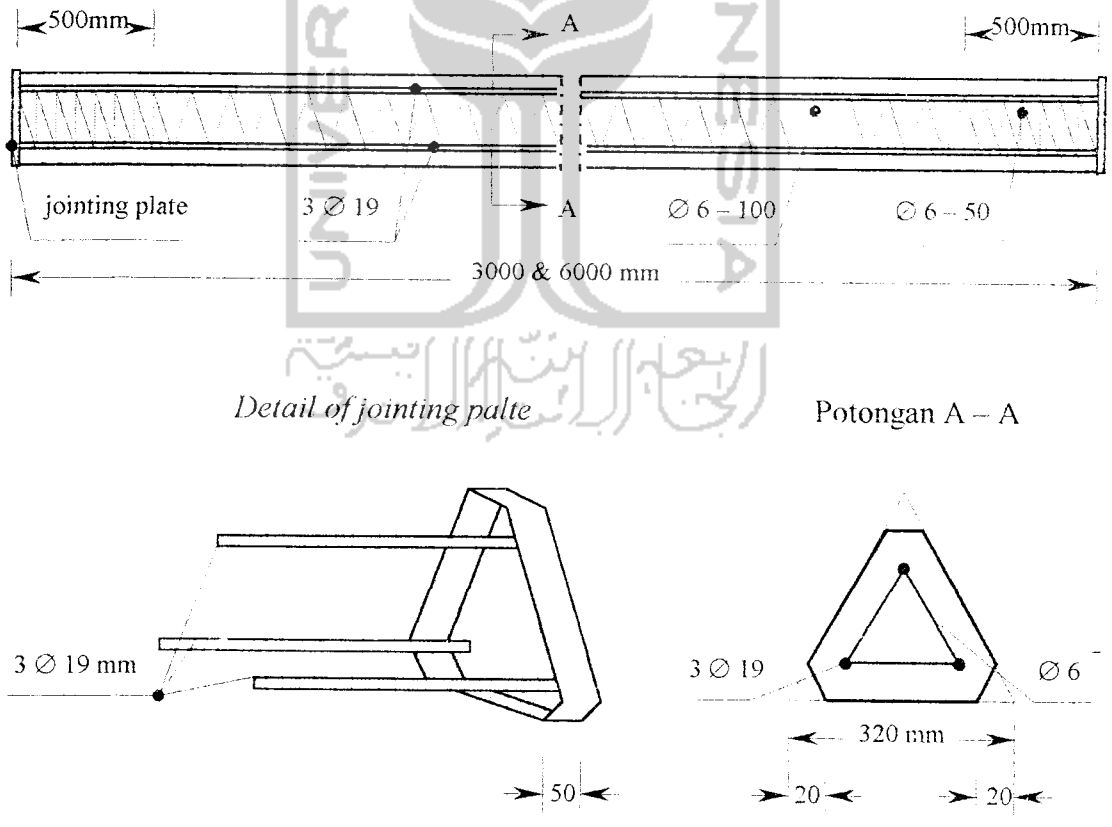
2. Pekerjaan Tiang Bor dengan Proteksi

Pekerjaan tiang bor dengan proteksi yang dimaksud di sini adalah pembuatan tiang bor yang selama proses pengeborannya dinding tiang perlu dijaga dengan

temporary casing ataupun *slurry*. Kondisi ini biasanya diterapkan pada tanah yang mudah runtuh dan berpasir lepas.

3.3. Fondasi Tiang Mini Franki MF-32

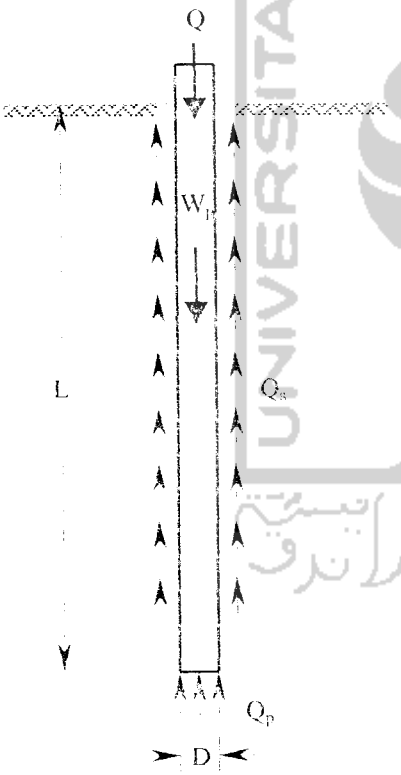
Pada proyek pembangunan Gedung Perpustakaan UMY, menggunakan fondasi tiang mini Franki MF-32 yang memiliki tampang segitiga sama sisi ▲ 32 x 32 x 32 cm yang diproduksi oleh PT. Frankipile Indonesia, dengan panjang standart 3 m dan 6m. PT. Frankipile Indonesia menetapkan kapasitas ijin maksimum setiap tiang sebesar 40 ton untuk tiang MF-32 dan pemancangan tiang menggunakan mesin pancang *Drop Hammer* yang memiliki berat palu 2,00 ton.



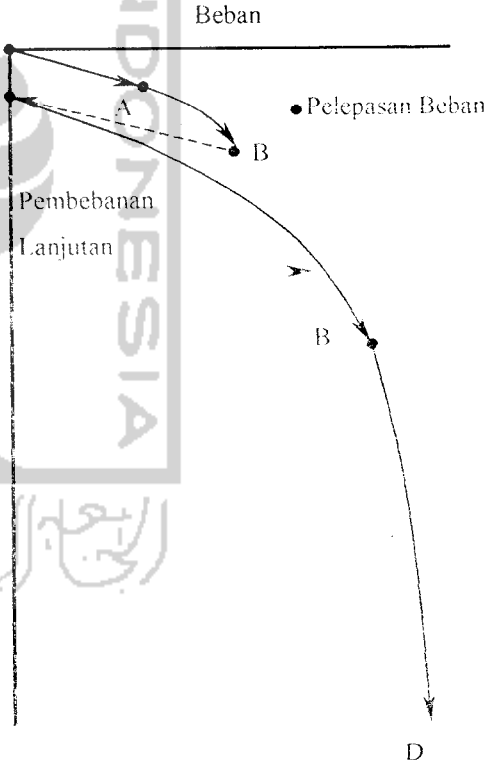
Gambar 7. MF-32 Mini Franki *Precast Concrete Pile*

3.4. Mekanisme Pemikulan Beban

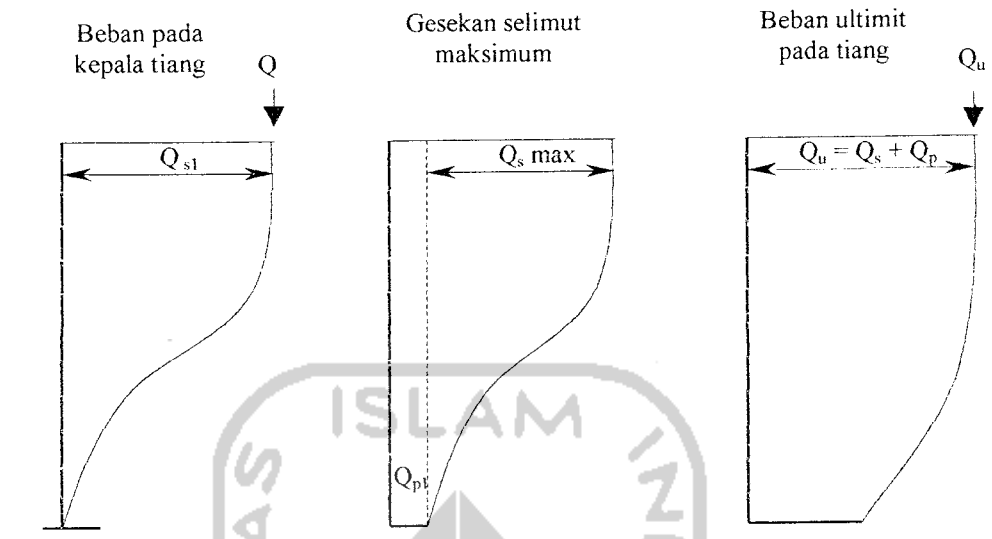
Fondasi tiang mengalihkan beban kepada tanah melalui dua mekanisme gesekan selimut dan tahanan ujung, kedua komponen tersebut ditunjukkan oleh gambar 8. Gesekan kulit diperoleh sebagai akibat adhesi atau perlawanan gesekan antara selimut tiang dengan tanah sekitarnya, sedangkan tahanan ujung timbul karena desakan ujung tiang terhadap tanah dasar. Jika fondasi tiang dibebani akan mengahasilkan kurva beban penurunan seperti ditunjukan oleh gambar 9.



Gambar 8. Mekanisme pengalihan beban pada tanah (Coduto, hal 315)



Gambar 9. Kurva beban dan penurunan



Gambar 10. Distribusi pemikulan beban di titik A(a), B(b), C(c)

Konsep yang memisahkan gesekan selimut dan tahanan ujung fondasi tiang merupakan dasar perhitungan daya dukung tiang pancang secara statik. Persamaan dasarnya mengambil bentuk sebagai berikut :

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_p \qquad (3.1)$$

dimana :

Q_u = daya dukung ultimit tiang

Q_p = daya dukung ujung (selimut)

Q_s = daya dukung selimut ultimit

W_p = berat tiang

Komponen Q_p dan Q_s ditunjukkan pada tahap pembebanan terakhir gambar 10.c , berat tiang W_p umumnya amat kecil dan dapat diabaikan.

3.5. Daya Dukung Ijin dan Faktor Keamanan

Daya dukung ijin tiang (Q_a) 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.

$$Q_a = Q_u / FK \qquad (3.2)$$

$$Q_a = \{Q_p / FK_1\} + \{Q_s / FK_2\} \qquad (3.3)$$

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

a. Bangunan Monumental, umumnya memiliki umur rencana melebihi 100 tahun seperti Monas, Monumen Garuda Wisnu Kencana dll.
b. Bangunan Permanen, umumnya bangunan gedung, jembatan, jalan raya dan jalan kereta api yang memiliki umur rencana 50 tahun.
c. Bangunan Sementara, umur rencana kurang dari 25 tahun bahkan mungkin hanya beberapa saat selama kontruksi.

Faktor-faktor lain kemudian ditentukan berdasarkan tingkat pengendaliannya pada saat kontruksi :

a. Pengendalian Baik : kondisi tanah cukup homogen dan kontruksi didsarkan pada program penyelidikan tanah dengan tingkat profesional, terdapat informasi uji pembebanan di lokasi proyek atau dekat lokasi dan pengawasan kontruksi dilaksanakan ketat.
b. Pengendalian Normal : situasi yang paling umum hampir sama dengan kondisi di atas hanya saja kondisi tanah berfariasi dan tidak tersedia data pengujian tiang.

c. Pengendalian Kurang : tidak ada uji pembebanan, kondisi tanah sulit dan berfariasi, tetapi pengujian tanah dilakukan dengan baik, pengawasan kurang.

d. Pengendalian buruk : kondisi tanah amat buruk dan sukar ditentukan, penyelidikan tanah tidak memadai.

Tabel 3. Faktor Keamanan untuk fondasi tiang (Reese & O'Neill, 1989)

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

Perencanaan fondasi untuk gedung atau bangunan yang lain perlu memperhatikan dua hal utama yaitu daya dukung dan penurunan yang terjadi. Terdapat beberapa pendekatan untuk menghitung kapasitas aksial fondasi tiang pancang antara lain :

3.5.1. Metode statis

Penentuan daya dukung fondasi tiang pancang dengan cara statik dapat dilakukan sebagai berikut :

a. Daya dukung ujung tiang (Q_p)

1. Tanah pasir

Formula yang digunakan menurut cara Mayerhof (1976) adalah :

$$Q_{p1} = A_p.q_p = A_p.q'.N_q^* \qquad (3.4)$$

Harga q_p tidak dapat melebihi daya dukung batas q_l, karena itu daya dukung ujung tiang tidak dapat lebih besar dari :

$$Q_{p2} = A_p.q_l = A_p.5.N_q^*.\tan \phi \qquad (3.4a)$$

dimana :

Q_p = daya dukung ujung tiang

q_p = daya dukung per satuan luas

A_p = luas penampang ujung tiang

q' = tegangan vertikal efektif

N_q^* = faktor daya dukung ujung

q_l = daya dukung batas

ϕ = sudut geser dalam

Untuk kemudian, harga Q_{p1} dan Q_{p2} dibandingkan dan diambil harga yang lebih kecil untuk dipakai sebagai daya dukung ujung tiang.

Untuk tanah pasir berlapis harga q_p dapat ditentukan dengan cara berikut ini (lihat gambar 11) :

$$q_p = q_{l(l)} + \left[q_{l(d)} - q_{l(l)}\right]\frac{L_b}{10.D} \qquad (3.5)$$

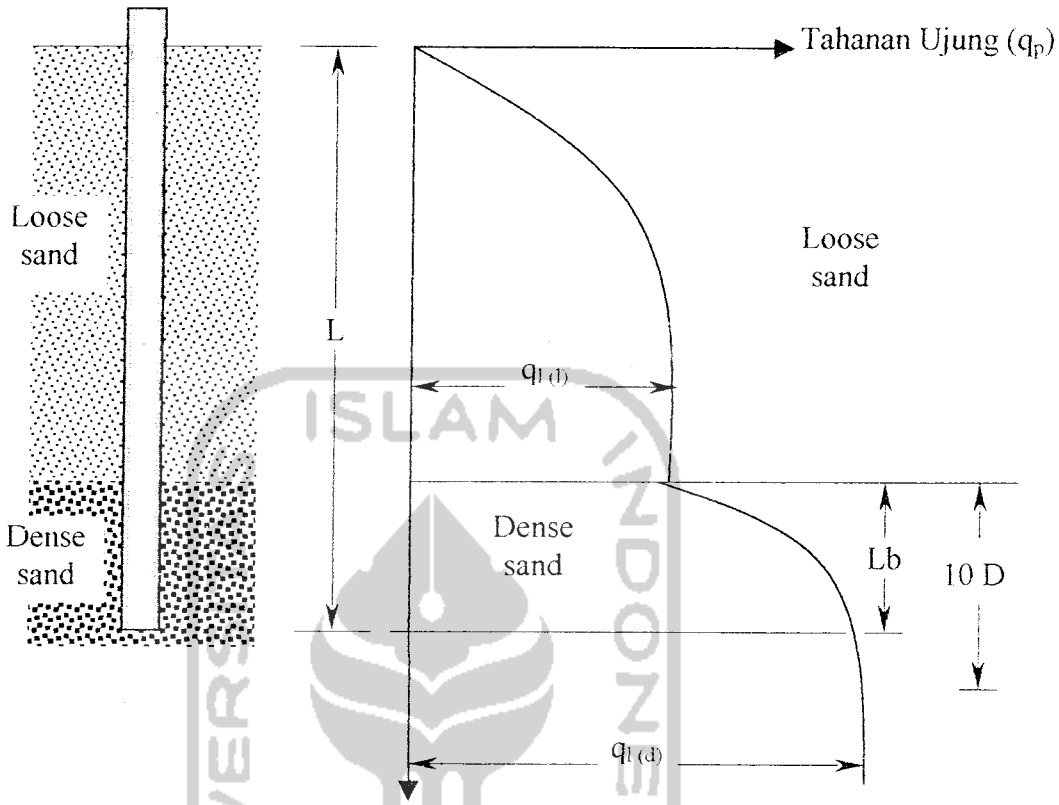
dimana :

$q_{l(l)}$ = harga q_l pada lapisan *loose sand*

$q_{l(d)}$ = harga q_l pada lapisan *dense sand*

L_b = panjang penetrasi ke dalam lapisan bawah

D = diameter atau sisi dari tiang



Gambar 11. Variasi satuan perlawanan ujung tiang pada pasir berlapis

2. Tanah lempung

Formula yang digunakan adalah :

$$Q_p = A_p . q_p = A_p . c_u . N_c^* \qquad (3.6)$$

dimana :

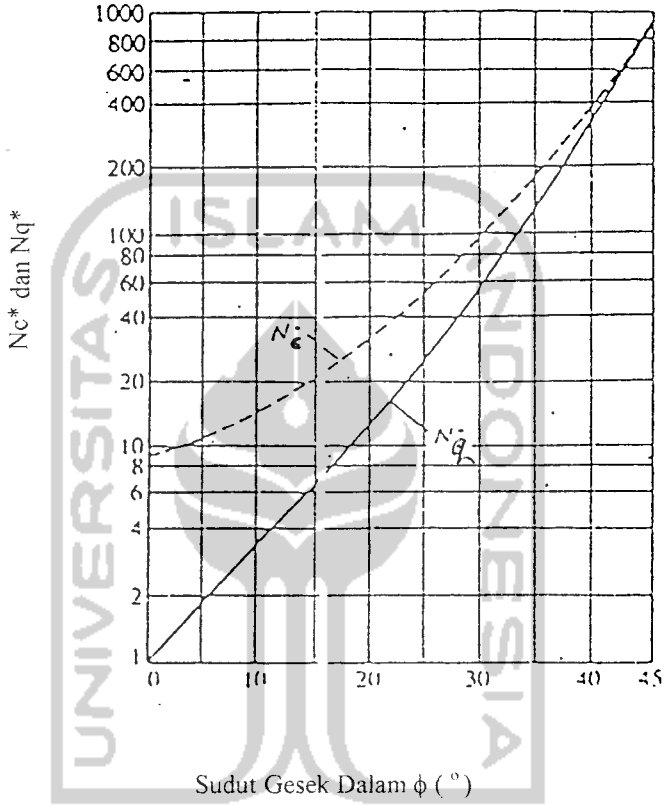
Q_p = daya dukung ujung tiang

A_p = luas penampang ujung tiang

N_c^* = faktor daya dukung ujung

c_u = nilai kohesi

Harga N_q*dan Nc* ditentukan sebagai fungsi sudut geser dalam (ϕ) seperti yang ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Faktor daya dukung ujung Nc* dan Nq*

b. Daya dukung selimut tiang (Q_s)

Daya dukung selimut tiang ditentukan, berdasarkan rumus berikut ini :

$$Q_s = \Sigma A_s.f \qquad (3.7)$$

dimana :

A_s = luas selimut tiang

= p.ΔL

p = keliling tiang

f = gesekan selimut satuan

ΔL = panjang segmen tiang

Di bawah ini diberikan cara untuk menentukan gesekan selimut (f) :

1. Tanah pasir

$$f = K.\sigma'.\tan\delta \qquad (3.8)$$

dimana :

K = konstanta

σ = tegangan vertikal evektif tanah

Harga K dan δ menurut Tomlinson (1986) ditentukan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 4. Penentuan harga K dan δ

Bahan	δ	Nilai K	
		Kepadatan relatif rendah	Kepadatan relati tinggi
Baja	20^o	0,5	1,0
Beton	$\frac{3}{4}\phi$	1,0	2,0
Kayu	$\frac{2}{3}\phi$	1,5	4,0

2. Tanah lempung

Ada beberapa formula yang digunakan diantaranya :

a) Metode alpha (Tomlinson)

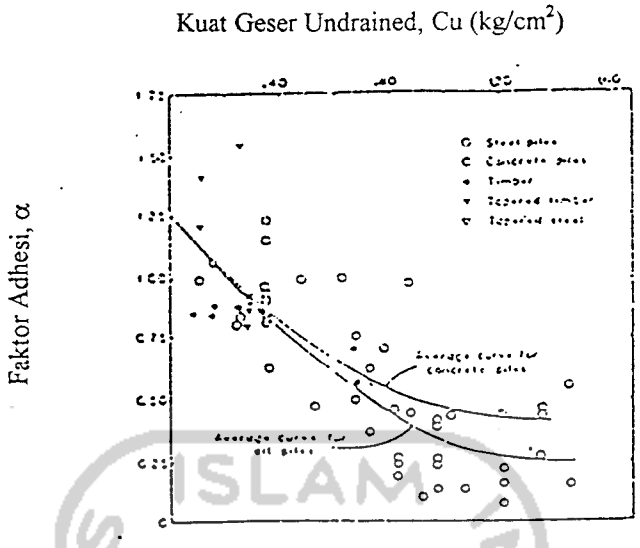
$$f = \alpha.c_u \qquad (3.9)$$

dimana :

f = gesekan selimut

α = konstanta (ditentukan dengan gambar 13)

c_u = nilai kohesi



Gambar 13. Variasi Harga α Terhadap Harga Cu

b) Metode beta (Metode Tegangan Efektif)

$f_{ave} = \beta.\sigma'$ (3.10)

dimana :

f_{ave} = gesekan selimut rata-rata

β = K.tan ϕ_r

ϕ_r = sudut gesek dalam pada kondisi terdrainase (dari uji triaksial)

K = 1-sin ϕ_r (terkonsolidasi normal)

K = (1-sin ϕ_r) $\sqrt{OCR}$ (*over consolidated*)

σ' = tegangan vertikal efektih

OCR= *Over Consolidation Ratio*

c. Daya dukung *single pile*

Daya dukung *single pile* (tiang tunggal) dapat dihitung sebagai berikut :

Qu = Qp + Qs (3.11)

$$Qa = \frac{Qu}{FK} \qquad (3.12)$$

dimana :

Qu = daya dukung ultimit tiang

Qa = daya dukung ijin tiang

Qp = daya dukung ujung tiang

Qs = daya dukung selimut ultimit

FK = 2,5 (faktor keamanan)

Untuk menentukan faktor keamanan dapat digunakan klasifikasi struktur menurut Pugsley (1966) sesuai dengan tabel 3.

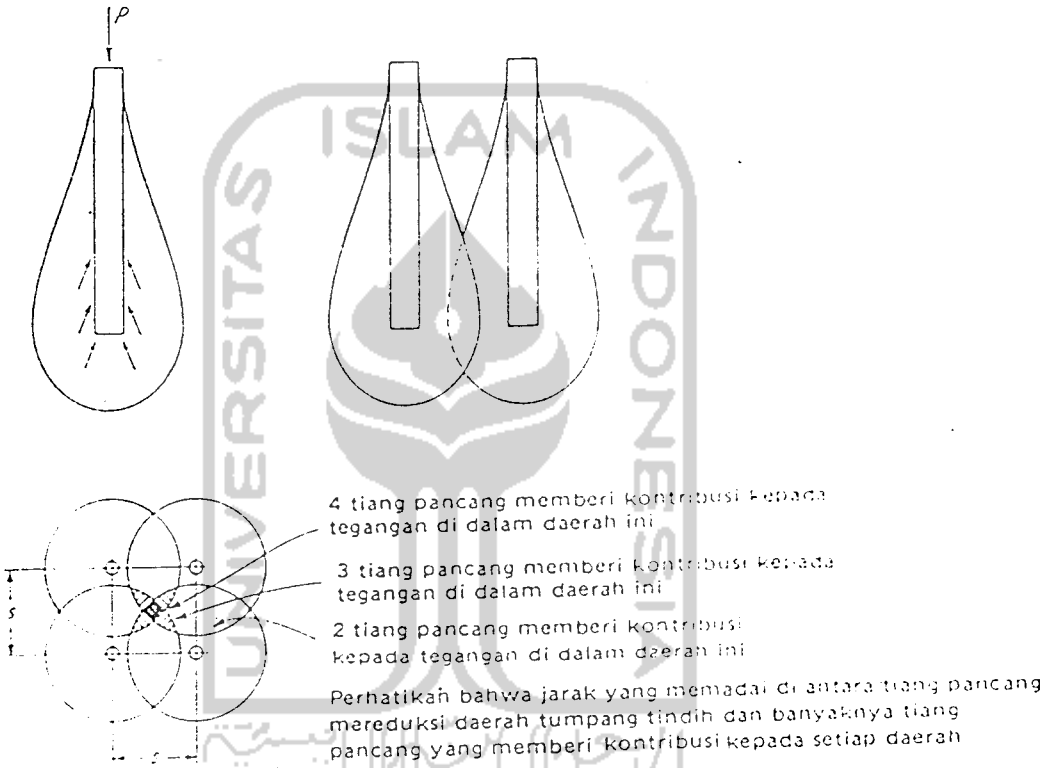
d. Daya dukung kelompok tiang

Kelompok tiang merupakan kumpulan dari beberapa tiang yang bekerja sebagai satu kesatuan. Penyatuan kelompok tiang dengan pelat beton atau biasa dikenal dengan *pile cap* (poer).

Dalam hal kelompok tiang maka baik tahanan ujung maupun pada keliling tiang akan terjadi overlapping daerah yang mengalami tegangan-tegangan akibat beban kerja struktur. Fondasi tiang yang duduk di atas lapisan pasir padat biasanya merupakan tiang tahanan ujung, untuk overlapping tegangan yang terjadi maka akan memperbesar tegangan keliling di sekitar tiang. Hal ini menguntungkan untuk fondasi yang duduk pada tanah pasir karena daya dukungnya akan meningkat.

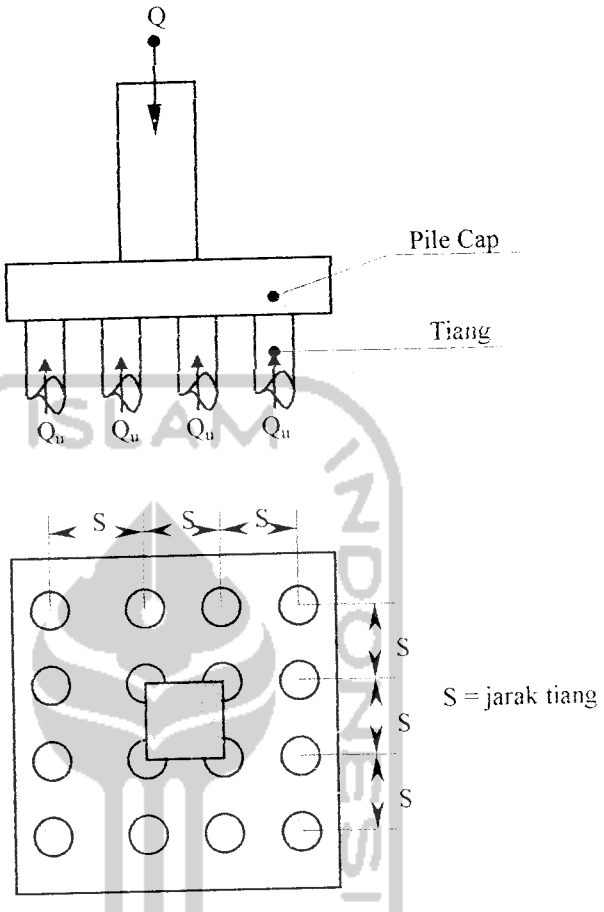
Pada tiang tahanan gesek (fondasi tiang pada tanah lempung atau pasir lepas) maka overlapping tegangan akan terjadi disekitar tiang yang akan mempengaruhi daya dukungnya. Karena jarak antara tiang tidak dapat dibuat terlalu besar

(oleh alasan praktis) maka pengaruh kelompok tiang ini tidak dapat dihindarkan sehingga daya dukung kelompok tiang dapat lebih kecil dari jumlah total daya dukung masing-masing tiang. Pada gambar 14 menunjukkan daerah pengaruh tegangan pada tiang tunggal dan kelompok tiang.



Gambar 14. Overlapping daerah tegangan sekitar tiang tunggal dan kelompok tiang

Dalam masalah kelompok tiang, yang terpenting adalah jarak tiang, pada umumnya susunan tiang dibuat simetris sehingga pusat berat kelompok tiang dan pusat berat *pile cap* terletak pada satu garis vertikal gambar 15. Kebanyakan peraturan bangunan mensyaratkan jarak minimum antara tiang 2D dan jarak optimal antara tiang adalah 2,5D – 3,0D dan jarak tiang ketepi poer adalah 1,25D.



Gambar 15. Kelompok tiang

e. Efisiensi kelompok tiang

Efisiensi kelompok tiang adalah perbandingan kapasitas kelompok terhadap jumlah kapasitas masing-masing tiang dalam satu *pile cap*.

1. Kapasitas kelompok tiang pada tanah pasir

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

a) Formula sederhana

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

$$Eg = \frac{2.(m+n-2).s+4D}{p.m.n} \qquad (3.13)$$

dimana :

m = jumlah tiang pada deretan baris

n = jumlah tiang pada deretan kolom

p = keliling dari penampang tiang

D = diameter atau sisi tiang

S = jarak antar tiang

b) Formula *Los Angeles*

$$Eg = 1 - \frac{D}{\pi.s.m.n}\left[m(n-1)+n(m-1)+(m-1)(n-1)\sqrt{2}\right] \qquad (3.14)$$

dimana besaran-besaran sesuai dengan definisi terdahulu

c) Formula Seiler Keeney

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

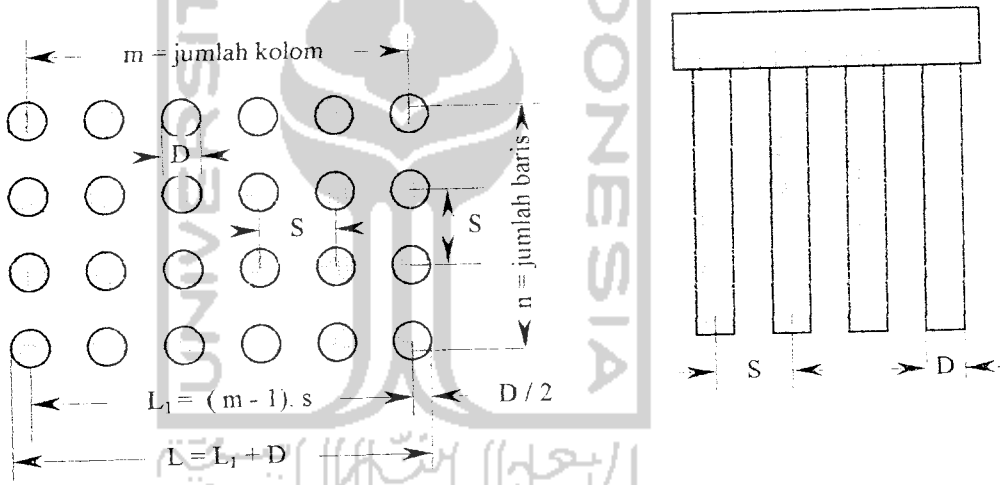
pada formula di atas (s) diambil dalam satuan meter.

d) 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 :

$$Eg = 1 - \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}\right].\theta \qquad (3.16)$$

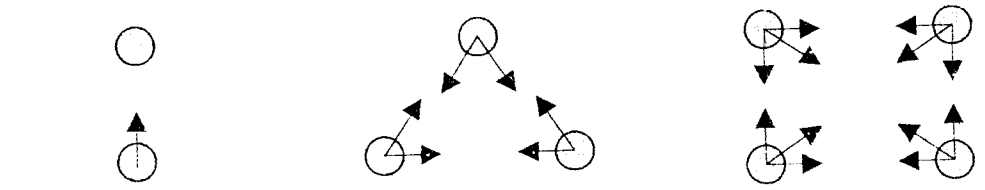
$$\theta = \arctan (D / s) \qquad (3.17)$$



Gambar 16. Efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode Converse-Labarre

e) Formula Fled

Pada metode ini kapasitas fondasi 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 17 di bawah ini :



$$Eg = \frac{15}{16} = 0{,}938 \qquad Eg = \frac{14}{16} = 0{,}875 \qquad Eg = \frac{13}{16} = 0{,}815$$



$$Eg = \frac{\left(4.\frac{13}{16}\right)+\left(2.\frac{11}{16}\right)}{6} = 0{,}77 \qquad Eg = \frac{\left(4.\frac{13}{16}\right)+\left(4.\frac{11}{16}\right)+\left(\frac{8}{16}\right)}{9} = 0{,}729$$

Gambar 17. Ilustrasi efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode Fled

Menurut Paulos, H.G and Davis, E.H, 1980 dalam menentukan daya dukung kelompok tiang pada tanah pasir perlu diperhatikan hal sebagai berikut :

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

$$Eg = m.n.\Sigma Q_u \qquad (3.18)$$

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

c) Pada tiang bor dimana tahanan gesek dominan dengan jarak s = 3D, nilai sfisiensi bekisar antara 0,67-0,75. Tetapi pada tiang bor tahanan ujung, nilai efisiensi dapat dianggap = 1,0.

Untuk menentukan kapasitas kelompok tiang pada tanah pasir dapat dilakukan seperti tersebut di bawah ini :

$$Q\ kell = Eg \times Qa \times n \qquad (3.19)$$

dimana :

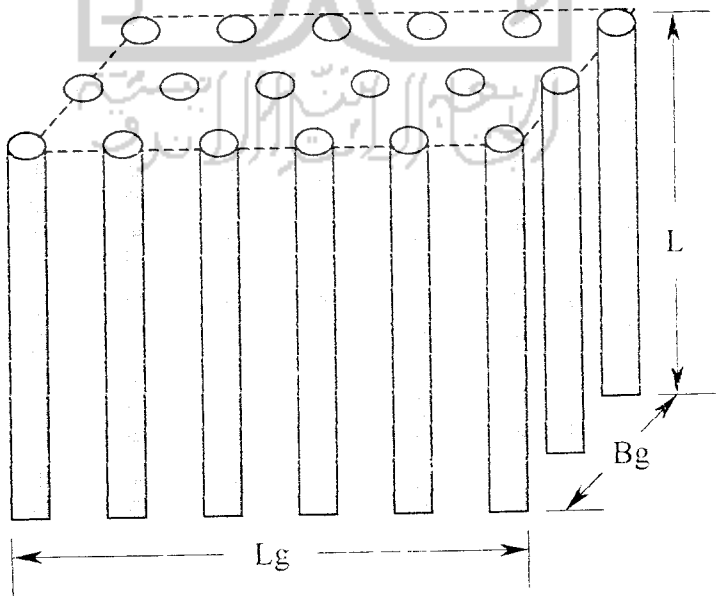
Eg = efisiensi kelompok tiang

n = jumlah tiang

Qa = daya dukung ijin tiang individu

2. Kapasitas kelompok tiang pada tanah lempung

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



Gambar 18. Kelompok tiang sebagai fondasi blok

Untuk menentukan kapasitas kelompok tiang pada tanah lempung dapat dilakukan seperti tersebut di bawah ini :

a) Tentukan jumlah total kapasitas kelompok tiang

$$\Sigma Qu = m.n.(Qp + Qs)$$

$$= m.n.[\ 9.c_{u(p)} + \alpha.c_u.p.\Delta L\ ] \qquad (3.20)$$

b) Tentukan daya dukung blok berukuran Lg x Bg x ΔL

$$\Sigma Qu = Lg.Bg.c_{u(p)}.Nc^* + \Sigma\ 2.(L.D).cu.\Delta L \qquad (3.21)$$

dimana :

Lg = panjang kelompok

Bg = lebar kelompok

P = keliling

Cu = kohesi tanah

ΔL = Panjang segmen tiang

c) Bandingkan kedua besaran di atas, harga daya dukung kelompok tiang diambil nilai yang lebih kecil.

f. Penurunan (*settlement*) fondasi tiang pada tanah *non kohesif*

Penurunan (*settlement*) pada fondasi tiang merupakan masalah yang komplek karena gangguan pada keadaan tegangan tanah saat pemancangan, dan ketidakpastian mengenai distribusi dan posisi pengalihan beban (*load transfer*) dari tiang ke tanah.

1. Penurunan fondasi tiang tunggal

Untuk memperkirakan penurunan fondasi tiang tunggal pada tanah *non kohesif* dapat dihitung dengan menggunakan metode semi empiris.

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \qquad (3.22)$$

dimana :

S = penurunan total fondasi tiang tunggal

S_s = penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal

S_p = penurunan dari ujung tiang

S_{ps} = penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang

$$Ss = \frac{(Qp + \alpha.Qs)L}{Ap.Ep} \qquad (3.23)$$

dimana :

Q_p = beban yang didukung ujung tiang

Q_s = beban yang didukung selimut tiang

L = panjang tiang

A_p = luas penampang tiang

E_p = modulus elastis tiang = $2.10^6\ ton/m^2$ (tabel 7)

α = koefisien distribusi

Vesic (1977) menyarankan harga α = 0,33 - 0,5 untuk distribusi gesekan yang seragam sepanjang tiang. Distribusi tegangan seperti ini hanya dapat diperoleh secara empiris dengan memonitor gesekan selimut saat uji pembebanan tiang.

$$S_p = \frac{Cp.Qp}{D.qp} \qquad (3.24)$$

dimana :

C_p = koefisien empiris (lihat tabel 5)

Q_p = perlawanan ujung dibawah beban kerja

q_p = daya dukung batas diujung tiang

D = diameter atau sisi tiang

Tabel 5. Nilai koefisien Cp (Vesic ,1977)

Jenis tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir	0,02 – 0,04	0,09 – 0,18
Lempung	0,02 – 0,03	0,03 – 0,06
Lanau (silt)	0,03 – 0,05	0,08 – 0,12

$$S_{ps} = \left[\frac{Q}{P.L}\right]\frac{D}{Es}\left(1 - vs^2\right)Iws \qquad (3.25)$$

dimana :

Q = beban kerja

P = keliling tiang

L = panjang tiang tertanam

D = diameter tiang

E_s = modulus elastisitas tanah = 1350 ton/m^2

v_s = poisson's ratio tanah = 0,2

I_{ws} = faktor pengaruh

$$= 2 + 0{,}3.\sqrt{\frac{L}{D}}$$

Tabel 6. Harga Poisson's Ratio (T.W. Lambe & R.V. Whitman ,1969)

Tipe Tanah	Poisson's Ratio
Clay, saturated	0,5
Clay, undrained	0,35 – 0,40
Clay, with sand & silt	0,30 – 0,42
Sandy soil	0,15 – 0,25
Sand	0,30 – 0,35

Tabel 7. Modulus Elastisitas berbagai jenis tanah dan bahan tiang pancang (Hans.F.Winterkom & Hsai Yng Fang ,1975)

Jenis Tanah	Modulus Elastisitas (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
Kayu	80000 – 100000
Beton	200000 – 300000
Baja	2150000

2. Penurunan kelompok tiang

Penurunan kelompok tiang umumnya lebih besar daripada fondasi tiang tunggal.Untuk memperkirakan penurunan yang terjadi pada kelompok tiang dapat dihitung dengan menggunakan metode Vesic ,1977 .

$$S_g = S_R \cdot \sqrt{\frac{Bg}{D}} \qquad (3.26)$$

dimana :

S_g = penurunan kelompok tiang

S_R = penurunan rata-rata fondasi tiang tunggal

B_g = lebar kelompok tiang

D = diameter tiang tunggal

3.5.2. Berdasarkan uji lapangan

Penentuan daya dukung fondasi tiang pancang dengan berdasarkan hasil uji lapangan dapat dilakukan sebagai berikut :

a. Berdasarkan uji CPT (Schmertmann & Nottingham ,1975)

1. Daya dukung ujung (Q_p)

Metode ini hanya berlaku untuk fondasi tiang pancang dengan mengambil niali rata-rata perlawanan ujung sondir 8D diatas ujung tiang dan (0,7D - 4D) di bawah ujung tiang seperti yang ditunjukkan pada gambar 19.

$$Qp = \left(\frac{qc_1 + qc_2}{2} \right) Ap \qquad (3.27)$$

dimana :

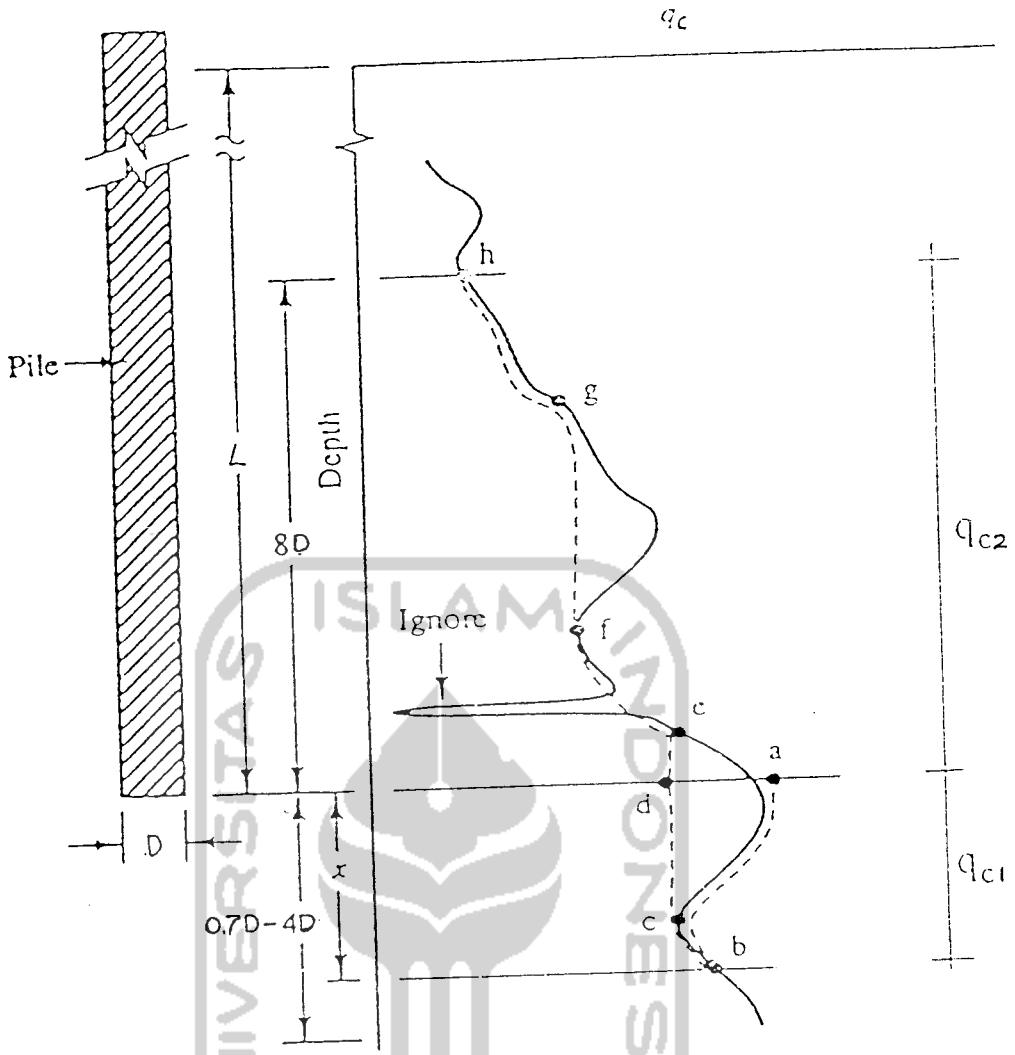
Q_p = daya dukung ujung tiang

qc_1 = nilai qc rata-rata 0,7D-4D di bawah ujung tiang

qc_2 = nilai qc rata-rata 8D diatas ujung tiang

A_p = luas proyeksi penampang tiang

Pada umumnya nilai perlawanan ujung diambil tidak lebih dari 100 kg/cm^2 untuk tanah pasir dan tidak melebihi 75 kg/cm^2 untuk tanah pasir kelanauan.



Gambar 19. Perhitungan daya dukung ujung (Schmertmann, 1978)

2. Daya dukung selimut (Q_s)

Untuk menghitung daya dukung selimut tiang maka digunkan formula sebagai berikut :

$$Qs = K_{s.c}\left[\sum_{z=0}^{8D}\frac{z}{8D}.fs.As + \sum_{z=8D}^{L} fs.As\right] \qquad (3.28)$$

Ksc adalah faktor reduksi yang tergantung kepada kedalaman dan nilai gesekan selimut (f), namun perlu diingat bahwa nilai K_{sc} pada persamaan di atas dihitung berdasarkan total kedalaman. Nilai f dibatasi hingga 1,2 kg/cm^2 untuk tanah pasir dan 1,0 kg/cm^2 untuk tanah pasir kelanauan.

b. Berdasarkan uji SPT (Mayerhoff ,1956)

Mayerhoff menganjurkan formula daya dukung untuk tiang pancang sebagai berikut :

$$Q_u = 40N_b.A_p + 0{,}2N.A_s \qquad (3.29)$$

dimana :

Q_u = daya dukung ultimit fondasi tiang pancang

N_b = harga N-SPT pada elevasi dasar tiang

A_p = luas penampang dasar tiang

A_s = luas selimut tiang

N = harga N-SPT rata-rata

3.5.3. Berdasarkan formula dinamik

Formula dinamik didasarkan pada hubungan daya dukung tiang pancang dengan energi pemancangan tiang, yaitu menghubungkan daya dukung tiang pancang dengan nilai set, serta mengganggap perlawanan tanah pada saat pemancangan adalah sama dengan kapasitas tiang untuk memikul beban dalam keadaan statis.

Beberapa formula dinamik yang cukup dikenal adalah sebagai berikut :

a. Formula Hiley (1)

$$R_{UT} = \frac{e_h.E_h}{s + \frac{1}{2}c_x} \cdot \frac{W_r + n^2.W_p}{W_r + W_p} \qquad (3.30)$$

dimana :

R_{UT} = daya dukung dinamik

e_h = efisiensi

E_h = energi palu

W_r = berat palu

W_p = berat tiang

n = koefisien restitusi

s = set

c_x = pencatatan rebound dari pukulan terakhir

b. Formula Hiley (2)

$$R_U = \frac{W.h.\eta}{s + \frac{1}{2}c} \qquad (3.31)$$

dimana :

R_U = daya dukung tiang ultimit

= FK x daya dukung tiang yang diijinkan (Q)

W = berat palu

H = tinggi jatuh efektif palu

η = efisiensi pemancangan

s = jumlah penetrasi per pukulan

c = kompresi elastis sementara

c. Formula Modified ENR

$$R_{UT} = \frac{e_h.E_h}{s + 0{,}254} \cdot \frac{W_r + n^2.W_p}{W_r + W_p} \qquad (3.32)$$

d. Formula Janbu

$$R_{UT} = \frac{e_h.E_h}{K_u.s} \qquad (3.33)$$

$$K_u = C_d\left[1+\sqrt{1+\frac{\lambda}{C_d}}\right]$$

$$C_d = 0{,}75 + 0{,}15.\frac{W_p}{W_r}$$

$$\lambda = \frac{e_h.E_h.L}{A.E.s^2}$$

e. Formula PCUBC

$$R_{UT} = \frac{e_h.E_h.C_1}{s+C_2} \qquad (3.34)$$

$$C_1 = \frac{W_r + k.W_p}{W_r + W_p}$$

$$C_2 = \frac{R_{UT}.L}{A.E}$$

k = 0,25 (tiang baja)

k = 0,1 (tiang lain)

BAB IV

DATA STRUKTUR DAN PROSEDUR PERHITUNGAN

4.1. Data Struktur dan Parameter Bahan

Bab ini menguraikan prosedur perhitungan fondasi tiang pancang kelompok pada tanah *non kohesif* dengan menggunakan metode statis. Data dan parameter bahan yang diperlukan dalam analisis formasi fondasi tiang pancang kelompok adalah sebagai berikut ini.

a. Data karakteristik tanah adalah tanah pada proyekGedung Perpustakaan UMY.

b. Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang mini Franki MF-32, dengan dimensi tampang ▲ 32 x 32 x 32 cm.

c. Mutu beton K-500 dengan berat volume beton 24 KN/m^3.

d. Jumlah tiang pancang yang digunakan 4, 5, 6, 7, 8 dan 10.

e. Data karakteristik tanah yang digunakan sesuai dengan tabel 8 dan tabel 9 :

Tabel 8. Data Karakteristik Tanah B2 untuk Formasi Tiang A4, A5, dan A6

Boring No	Kedalaman (m)	γb gr/cm^3	γd gr/cm^3	Gs	e	c gr/cm^3	ϕ (°)
B2 (SB5)	1.00-1.80	2.16	1.89	2.86	0.51	0,00	37.23
	3.50-5.00	2.03	1.76	2.85	0.62	0,00	37.23

Tabel 9. Data Karakteristik Tanah B3A untuk Formasi Tiang A7, A8, dan A10

Boring No	Kedalaman (m)	γb gr/cm^3	γd gr/cm^3	Gs	e	c gr/cm^3	ϕ (°)
B3A (SB1)	2.20-3.00	1.88	1.50	2.74	0.83	0,01	40.03
	3.50-4.20	1.87	1.42	2.67	0.88	0,04	39.35

f. Jarak antara tiang (as-as) 2,5D dan jarak tiang ketepi poer 1,25D.

g. Beban aksial, panjang tiang yang diperhitungkan dan bentuk formasi tiang pancang kelompok yang digunakan sesuai dengan tabel 1 dan gambar 1.

4.2. Analisis Daya Dukung dengan Metode Frankipile

Dalam pelaksanaan pemancangan tiang mini Franki MF-32 oleh PT. Frankipile Indonesia dipergunakan spesifikasi dan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

4.2.1. Material yang digunakan

a. Mutu beton tiang Mini Franki MF-32 adalah K-500.

b. Tulangan utama tiang menggunakan 3 buah besi beton ulir ϕ 19 mm dengan mutu tulangan utama tersebut adalah BJTD 40 dan diikat spiral oleh besi beton polos ϕ 6mm dengan jarak as ke as adalah 5 cm dan 10 cm.

c. Pelat untuk sambungan tiang memakai pelat baja dengan tebal 10 mm yang dihubungkan pada tulangan utama dengan pengelasan.

4.2.2. Alat pemancangan

a. Menggunakan mesin pancang MR 26 dengan berat palu pancang 2,00 ton.

b. Selama pemancangan digunakan helmet agar pukulan palu terbagi merata pada kepala tiang.

c. Untuk mencegah rusaknya kepala tiang akibat pukulan palu maka digunakan paking (*cushion*) dari *plywood* setebal minimal 5 cm, paking tersebut diperiksa dan diganti secara periodik selama pemancangan.

4.2.3. Daya dukung tiang tunggal

a. PT. Frankipile Indonesia yang membuat dan melaksanakan pemancangan telah menetapkan kapasitas ijin setiap tiang sebesar 40 ton untuk tiang MF-32.

b. Pemancangan tiang dapat dihentikan setelah kriteria set sesuai daya dukung yang diinginkan tercapai.

c. Kriteria set untuk menentukan kapasitas daya dukung tiang Mini Franki, dihitung dengan menggunakan formula "Hiley's (2)" yaitu :

$$Ru = \frac{W.h.\eta}{s + \frac{1}{2}.c} \qquad (3.24)$$

apabila :

Q = daya dukung tiang yang diijinkan untuk tiang MF-32

= 40 ton

Digunakan faktor keamanan (FK) = 2,5

Ru = 40.2,5 = 100 ton

W = 2,00 ton

h = 0,8 . 1,00 m

= 0,8 m = 31,5 *inches*

η = 0,6

c = 0,5 *inches*

$$Ru = \frac{W.h.\eta}{s + \frac{1}{2}.c}$$

$$100 = \frac{2,00.31,50.0,6}{s + (0,5/2)}$$

Tabel 10. Kapasitas ijin dari *final set* pemancangan tiang MF-32 dengan berat palu pancang 2,00 T pada proyek pembangunan Gedung Perpustakaan UMY (PT. Frankipile Indonesia)

Jumlah Tiang	Nomor Tiang	Kedalaman (m)	Fianal Set (cm)	Kapasitas Ijin (ton)
4	207	17,00	0,70	55
	208	16,50	0,40	57
	209	17,30	0,50	56
	210	19,70	0,30	58
5	218	18,50	3,10	41
	219	17,00	1,10	52
	220	19,00	0,70	55
	221	18,50	0,20	59
	222	17,00	1,60	48
6	201	18,00	0,70	55
	202	18,00	0,40	57
	203	18,00	0,40	57
	204	18,00	0,70	55
	205	19,50	0,40	57
	206	19,50	0,80	54
7	292	13,70	1,30	50
	293	13,50	2,50	43
	294	17,10	1,20	51
	295	13,50	1,60	48
	296	14,00	1,20	51
	297	11,00	1,30	50
	298	17,00	1,00	53
8	179	18,80	1,80	47
	180	17,40	2,30	44
	181	16,50	1,90	47
	182	17,40	1,80	47
	183	17,50	2,10	46
	184	17,30	1,50	49
	185	17,40	1,90	47
	186	17,50	1,90	47
10	234	16,80	1,10	52
	235	15,50	1,20	51
	236	13,20	1,10	52
	237	13,50	2,00	46
	238	16,40	1,50	49
	239	16,50	1,60	48
	240	12,70	1,20	51
	241	13,50	1,60	48
	242	12,50	1,60	48
	243	10,50	2,40	44

s = (37,800 / 100) – 0,25

= 0,128 *inches* per pukulan

= 0,325 cm per pukulan

= 3,250 cm / 10 kali pukulan

d. kalendering atau jumlah penetrasi diambil ≤ 3,250 cm untuk 10 kali pukulan dengan tinggi jatuh palu sebesar 1,00 m,

e. hasil final set dan kapasitas ijin pemancangan tiang Mini Franki MF-32 dapat dilihat pada tabel 10.

4.2.4. Daya dukung tiang pancang kelompok

Daya dukung tiang pancang kelompok Mini Franki MF-32 ditetapkan dengan cara mengalikan kapasitas ijin maksimum yang diperoleh dari final set dengan jumlah tiang yang digunakan dalam satu formasi. Untuk lebih jelasnya hasil dari analisis yang dilakukan oleh Frikipile, ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 11. Perhitungan daya dukung fondasi Frankipile MF-32

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	Daya Dukung Kelompok (T)
4	153,7892	226
5	166,5900	255
6	243,2221	335
7	284,0049	346
8	320,2732	374
10	407,5381	489

4.2.5. Metode pemancangan tiang Mini Franki MF-32

a. Pemancangan tiang Mini Franki dilakukan dengan *drop hammer*. Pemukulan dilakukan pada bagian atas tiang (*top driving*) yang telah dipasang helmet khusus untuk tiang berbentuk segitiga.

b. Tiang Mini Franki dipancang sampai kedalaman yang ditentukan, panjang setiap bagian adalah 3,00 m dan 6,00 m. Apabila kedalaman pemancangan lebih dari panjang setiap bagian maka dilakukan penyambungan antara bagian tiang.

c. Pengambilan set atau kalendering dilakukan dengan cara menumbuk tiang dengan tinggi jatuh palu setinggi 1,00 m selama 10 kali pukulan. Final set dinyatakan telah tercapai apabila penurunan tiang selama 10 kali pukulan tadi tidak melebihi set akhir yang telah ditentukan yaitu 3,250 cm.

d. Pemancangan tiang dapat dihentikan setelah ujung tiang mencapai kedalaman yang diinginkan melalui kontrol kalendering atau set akhir yang telah dihitung menurut formula Hiley's (2) untuk daya dukung yang telah direncanakan.

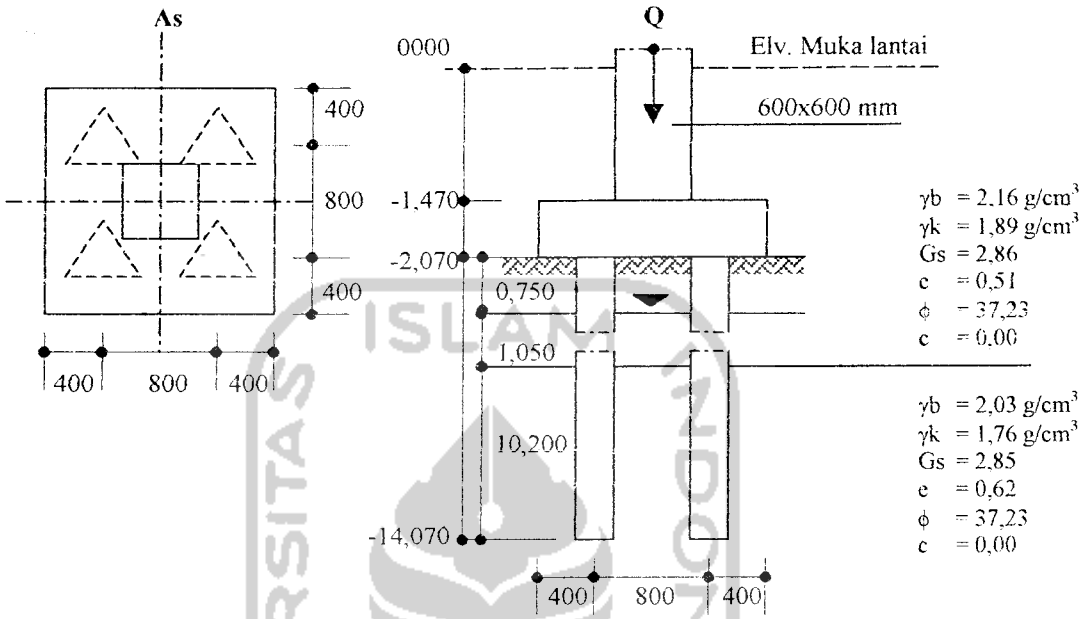
4.3. Analisis Daya Dukung dan Penurunan Dengan Metode Statis

Penentuan daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang dengan cara statik pada tanah *non kohesif* dapat dilakukan sebagai berikut ini.

4.3.1. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-4

Penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi A-4 ditinjau dari panjang tiang yang diseragamkan dan panjang tiang bervariasi (digunakan di lapangan) dapat dilakukan sebagai berikut :

a. Daya dukung tiang tunggal dengan panjang tiang seragam



Gambar 20. Formasi tiang pancang A-4

1. Daya dukung ujung tiang (Q_p)

Digunakan formula Mayerhof (1976) :

$$Q_{p1} = A_p.q_p = A_p.q'.N_q^*$$

$$Ap = \frac{a^2}{4}\sqrt{3}$$

$$= \frac{0{,}32^2}{4}\sqrt{3} = 0{,}04434 \text{ m}^2$$

$$\gamma sat = \frac{(Gs_B + e_B)}{(1+e_B)}\gamma w$$

$$= \frac{(2{,}85+0{,}62)}{(1+0{,}62)}.1 = 2{,}1419\ gr/cm^3 = 2{,}1419\ ton/m^3$$

γ' $= \gamma sat - 1$

$= 2{,}1419 - 1 = 1{,}1419 \ gr/cm^3 = 1{,}1419 \ ton/m^3$

Nq* = 150 (lihat gambar 12)

$Qp_1 = A_p \cdot q' \cdot Nq^*$

$= Ap. (h.\gamma').Nq^*$

$= 0{,}04434.(12{,}000.1{,}1419).150 = 91{,}1443$ T

Harga q_p tidak dapat melebihi daya dukung batas q_1 ($q_p \leq q_1$) karena itu daya dukung ujung tiang tidak dapat lebih besar dari :

$Q_{p2} = A_p.q_1 = A_p.5.N_q^* \tan \phi$

$Q_{p2} = 0{,}0443.5.150.\text{tgn } 37{,}23 = 25{,}2697$ T

Daya dukung ujung tiang yang dipakai $Qp = Qp_2 = 25{,}2697$ T

2. Daya dukung selimut (Qs)

$Qs = \Sigma As.f$

$As = P.\Delta L$

P = keliling selimut tiang

$= 3.a = 3. 0{,}32 = 0{,}96$ m

ΔL = panjang sekmen tiang per lapisan

$f = K.\sigma'.\text{tgn } \delta$

K = 2 (lihat tabel 4)

$\delta = \frac{3}{4}\phi$ (lihat tabel 4)

a) Kedalaman 0 – 0,750 m

$As_1 = P.h_1$

$= 0{,}96.0{,}75 = 0{,}720 \ m^2$

$f_1 = K.(h_1.\gamma b).tgn \frac{3}{4}\phi$

$= 2.(0{,}75.2{,}16).tgn \frac{3}{4}.37{,}23 = 1{,}717135 \ ton/m^2$

$Qs_1 = As_1.f_1$

$= 0{,}720.1{,}717135 = 1{,}2363 \ T$

b) Kedalaman 0,750 – 1,800 m

$As_2 = P.h_2$

$= 0{,}96.1{,}05 = 1{,}008 \ m^2$

$\gamma sat = \frac{(Gs + e)}{(1+e)}.\gamma w$

$= \frac{(2{,}86+0{,}51)}{(1+0{,}51)}.1 = 2{,}2318 \ gr/cm^3 = 2{,}2318 \ ton/m^3$

$\gamma' = \gamma sat - 1$

$= 2{,}2318 - 1 = 1{,}2318 \ gr/cm^3 = 1{,}2318 \ ton/m^3$

$f_2 = K.(h.\gamma').tgn \frac{3}{4}\phi$

$= 2.(1{,}05.1{,}2318).tgn \frac{3}{4}.37{,}23 = 1{,}370928 \ ton/m^2$

$Qs_2 = As_2.f_2$

$= 1{,}008.1{,}370928 = 1{,}3819 \ T$

c) Kedalaman 1,800 – 12,000 m

$As_3 = P.h_3$

$= 0{,}96.10{,}2 = 9{,}7920\ m^2$

$$\gamma sat = \frac{(Gs + e)}{(1 + e)} \gamma w$$

$$= \frac{(2{,}85 + 0{,}62)}{(1 + 0{,}62)}.1 = 2{,}1419\ gr/cm^3 = 2{,}1419\ ton/m^3$$

$\gamma' = \gamma sat - 1$

$= 2{,}1419 - 1 = 1{,}1419\ gr/cm^3 = 1{,}1419\ ton/m^3$

$$f_3 = K.(h.\gamma').\ tgn\ \frac{3}{4}\phi$$

$$= 2.\ (10{,}200.1{,}1419).\ tgn\ \frac{3}{4}.37{,}23 = 12{,}34657\ ton/m^2$$

$Qs_3 = As_3.f_3$

$= 9{,}792.12{,}34657 = 120{,}8976\ T$

$Qs = \Sigma\ As.f$

$= (As_1.f_1) + (As_2.f_2) + (As_3.f_3)$

$= (0{,}720.1{,}717135) + (1{,}008.1{,}370928) + (9{,}792.12{,}34657)$

$= 123{,}5159\ T$

3. Daya dukung ultimit tiang (Qu)

$Qu = Qp + Qs$

$= 25{,}2697 + 123{,}5159 = 148{,}7855\ T$

4. Daya dukung ijin *single pile* (Qa)

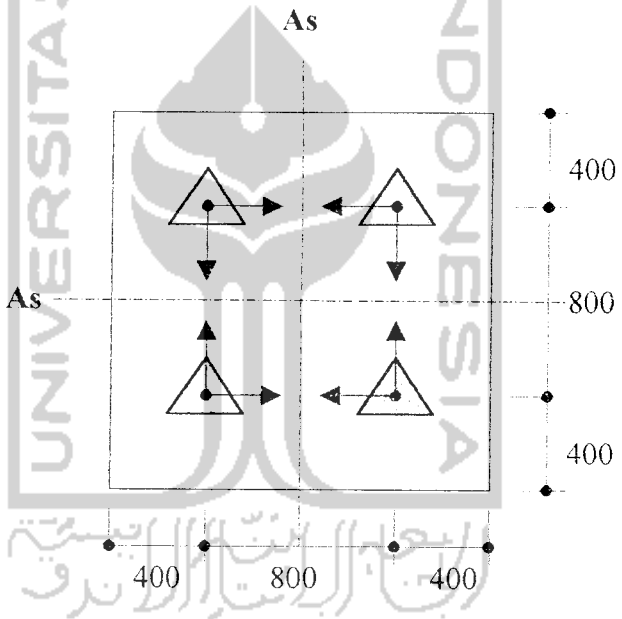
Digunakan faktor keamanan (FK) = 2,5 (Reese & O'Neill, 1989) :

$$Qa = \frac{Qu}{FK}$$

$$= \frac{148,7855}{2,5} = 59,51421 \text{ T}$$

b. Daya dukung tiang pancang kelompok dengan panjang tiang seragam

1. Efisiensi tiang dihitung dengan menggunakan formula Fled



Gambar 21. Efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode Fled

$$Eg = \frac{4.\left(\frac{14}{16}\right)}{4} = 0,8750$$

2. Daya dukung kelompok tiang

Qkell = Eg.Qa.n

= 0,8750.59,51421.4 = 208,2997 T

c. Penurunan fondasi tiang tunggal dengan panjang tiang seragam

Untuk memperkirakan penurunan fondasi tiang tunggal pada tanah *non kohesif* dapat dihitung dengan menggunakan metode semi empiris.

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

1. Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal

$$Ss = \frac{(Qp + \alpha.Qs)L}{Ap.Ep}$$

$$= \frac{(25{,}2697 + 0{,}5.123{,}5159)12{,}000}{0{,}04434.2.10^6} = 0{,}011776 \text{ m}$$

2. Penurunan dari ujung tiang

$$S_p = \frac{Cp.Qp}{D.qp}$$

$$ql = 5.Nq^*.tgn\ \phi$$

$$= 5.150.tgn\ 37{,}23 = 569{,}9002$$

$$S_p = \frac{0{,}03.25{,}2697}{0{,}32.569{,}9002} = 0.004157 \text{ m}$$

3. Penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang

$$S_{ps} = \left[\frac{Q}{P.L}\right]\frac{D}{Es}\left(1 - vs^2\right)Iws$$

$$P = 3.a$$

$$= 3.0{,}32 = 0{,}96 \text{ m}$$

$$Es = 1350\ ton/m^2$$

$$v_s = 0{,}2$$

$I_{ws} = 2 + 0{,}3.\sqrt{12{,}000/0{,}32} = 3{,}83712$

- Beban vertikal		= 153,7892 T
- Berat tanah di atas fondasi	: $(1{,}600^2 - 0{,}600^2).1{,}470.2{,}16$	= 6,9855 T
- Berat poer	: $1{,}600^2.0{,}600.2{,}4$	= 3,6864 T
- Berat tiang pancang	: 0,04434.12.2,4.4	= 5,1080 T
		Q_{total} = 169,5690 T

$$S_{ps} = \left[\frac{169{,}5690}{0{,}96.12{,}000}\right].\frac{0{,}32}{1350}\left(1 - 0{,}2^2\right)3{,}83712 = 0{,}01285 \text{ m}$$

4. Penurunan pondasi tiang tunggal

$S = Ss + Sp + Sps$

$= 0{,}011776 + 0.004157 + 0{,}01285 = 0{,}028786$ m

d. Penurunan Tiang pancang kelompok dengan panjang tiang seragam

$$S_g = S_R.\sqrt{\frac{Bg}{D}}$$

$$S_R = \frac{S.n}{n}$$

$$= \frac{0{,}028786.4}{4} = 0{,}028786 \text{ m}$$

Bg = lebar kelompok tiang

= 0,800 m

$$S_g = 0{,}028786.\sqrt{\frac{0{,}800}{0{,}32}} = 0{,}045514 \text{ m}$$

Untuk lebih jelasnya hasil analisis di atas, ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 12. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-4 dengan panjang tiang seragam

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Seragam)				
				Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
4	169,5690	207	12	59,5142	0,8750	208,2997	0,0289	0,0457
		208	12	59,5142			0,0289	
		209	12	59,5142			0,0289	
		210	12	59,5142			0,0289	

e. Daya dukung dan penurunan dengan panjang tiang bervariasi

Analisis daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang kelompok dengan panjang tiang bervariasi, analog dengan analisis daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang kelompok dengan panjang tiang yang diseragamkan. Untuk lebih jelasnya hasil analisis di atas, ditampilkan pada tabel berikut :

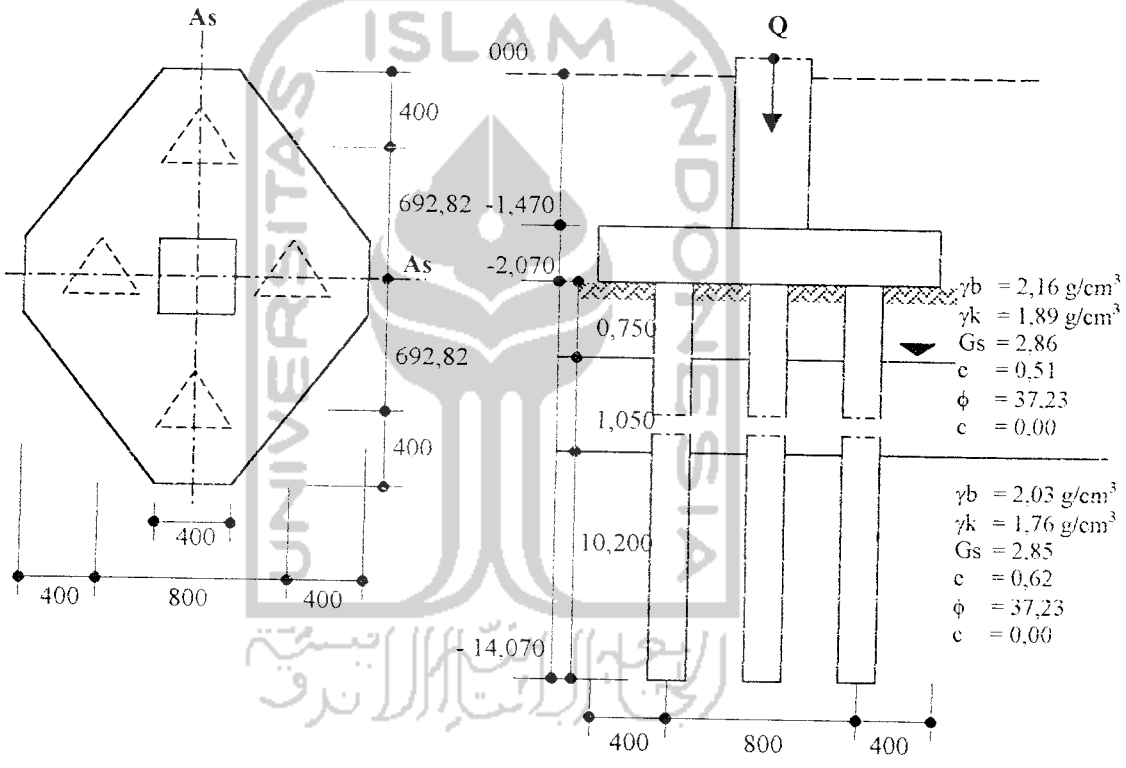
Tabel 13. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-4 dengan panjang tiang bervariasi

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No. Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Bervariasi)				
				Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
4	194,4704	207	17	118,5453	0,8750	452,4219	0,0463	0,0789
		208	16,5	115,5964			0,0441	
		209	17,3	122,8263			0,0478	
		210	19,7	160,0856			0,0616	

4.3.2. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-4

Penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi B-4 ditinjau dari panjang tiang yang diseragamkan dan panjang tiang bervariasi (digunakan di lapangan) dapat dilakukan sebagai berikut :

a. Daya dukung tiang tunggal dengan panjang tiang seragam



Gambar 22. Formasi tiang pancang B-4

1. Daya dukung ujung tiang (Q_p)

Digunakan formula Mayerhof (1976) :

$$Q_{p1} = A_p.q_p = A_p.q'.N_q^*$$

$$Ap = \frac{a^2}{4}\sqrt{3}$$

$$Ap = \frac{0{,}32^2}{4}\sqrt{3} = 0{,}4434 \text{ m}^2$$

$$\gamma sat = \frac{(Gs_B + e_B)}{(1 + e_B)}\gamma w$$

$$= \frac{(2{,}85 + 0{,}62)}{(1 + 0{,}62)}.1 = 2{,}1419 \ gr/cm^3 = 2{,}1419 \ ton/m^3$$

$\gamma' = \gamma sat - 1$

$= 2{,}1419 - 1 = 1{,}1419 \ gr/cm^3 = 1{,}1419 \ ton/m^3$

Nq* = 150 (lihat gambar 12)

$Qp_1 = A_p \, . \, q' \, . \, Nq^*$

$= Ap. (h.\gamma').Nq^*$

$= 0{,}04434.(12{,}000.1{,}1419).150 = 91{,}1443$ T

Harga q_p tidak dapat melebihi daya dukung batas q_1 ($q_p \leq q_1$) karena itu daya dukung ujung tiang tidak dapat lebih besar dari :

$Q_{p2} = A_p.q_1 = A_p.5.N_q^* \tan \phi$

$Q_{p2} = 0{,}0443.5.150.tgn\ 37{,}23 = 25{,}2697$ T

Daya dukung ujung tiang yang dipakai $Qp = Qp_2 = 25{,}2697$ T

2. Daya dukung selimut (Qs)

$Qs = \Sigma As.f$

$As = P.\Delta L$

P = keliling selimut tiang

$P = 3.a = 3.\ 0{,}32 = 0{,}96$ m

ΔL = panjang sekmen tiang per lapisan

$f = K.\sigma'.tgn\ \delta$

$K = 2$ (tabel 3.3)

$\delta = \frac{3}{4}\phi$ (tabel 3.3)

a) kedalaman 0 – 0,750 m

$As_1 = P.h_1$

$= 0,96.0,75 = 0,720\ m^2$

$f_1 = K.(h_1.\gamma b).tgn\ \frac{3}{4}\phi$

$= 2.(0,75.2,16).tgn\ \frac{3}{4}.37,23 = 1,717135\ ton/m^2$

$Qs_1 = As_1.f_1$

$= 0,720.1,717135 = 1,2363\ T$

b) kedalaman 0,750 – 1,800 m

$As_2 = P.h_2$

$= 0,96.1,05 = 1,008\ m^2$

$\gamma sat = \frac{(Gs + e)}{(1+e)}.\gamma w$

$= \frac{(2,86+0,51)}{(1+0,51)}.1 \qquad = 2,2318\ gr/cm^3 = 2,2318\ ton/m^3$

$\gamma' = \gamma sat - 1$

$= 2,2318 - 1 = 1,2318\ gr/cm^3 = 1,2318\ ton/m^3$

$f_2 = K.(h.\gamma'). tgn \frac{3}{4}\phi$

$= 2. (1,05.1,2318). tgn \frac{3}{4}.37,23 = 1,370928 \ ton/m^2$

$Qs_2 = As_2.f_2$

$= 1,008.1,370928 = 1,3819 \ T$

c) kedalaman 1,800 – 12,000 m

$As_3 = P.h_3$

$= 0,96.10,2 = 9,7920 \ m^2$

$\gamma sat = \frac{(Gs + e)}{(1 + e)}\gamma w$

$= \frac{(2,85 + 0,62)}{(1 + 0,62)}.1 \quad = 2,1419 \ gr/cm^3 = 2,1419 \ ton/m^3$

$\gamma' = \gamma sat - 1$

$= 2,1419 - 1 = 1,1419 \ gr/cm^3 = 1,1419 \ ton/m^3$

$f_3 = K.(h.\gamma'). tgn \frac{3}{4}\phi$

$= 2. (10,200.1,1419). tgn \frac{3}{4}.37,23 = 12,34657 \ ton/m^2$

$Qs_3 = As_3.f_3$

$= 9,792.12,34657 = 120,8976 \ T$

$Qs = \Sigma As.f$

$= (As_1.f_1) + (As_2.f_2) + (As_3.f_3)$

$= (0,720.1,717135) + (1,008.1,370928) + (9,792.12,34657)$

$= 123,5159 \ T$

3. Daya dukung ultimit tiang (Qu)

$$Qu = Qp + Qs$$

$$= 25{,}2697 + 123{,}5159 = 148{,}7855 \text{ T}$$

4. Daya dukung ijin *single pile* (Qa)

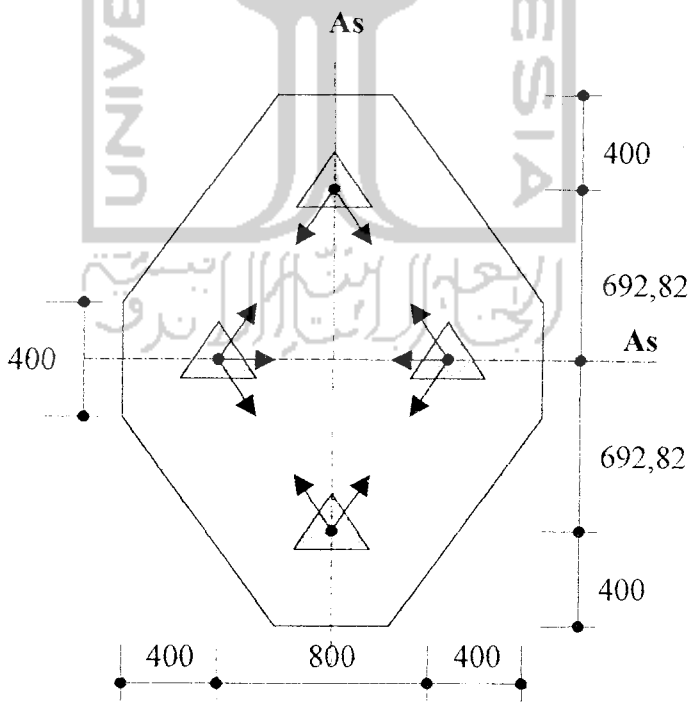
Digunakan faktor keamanan (FK) = 2,5 (sumber : Reese & O'Neill, 1989) :

$$Qa = \frac{Qu}{FK}$$

$$= \frac{148{,}7855}{2{,}5} = 59{,}51421 \text{ T}$$

b. Daya Dukung Kelompok Tiang Dengan Panjang Tiang Seragam

1. Efisiensi tiang dihitung dengan menggunakan formula *Fled*



Gambar 23. Efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode Fled

$$Eg = \frac{2.\left(\frac{13}{16}\right) + 2.\left(\frac{14}{16}\right)}{4} = 0{,}8438$$

2. Daya dukung kelompok tiang

Qkell = Eg.Qa.n

= 0,8438.59,51421.4 = 200,8723 T

c. Penurunan fondasi tiang tunggal dengan panjang tiang seragam

Untuk memperkirakan penurunan fondasi tiang tunggal pada tanah *non kohesif* dapat dihitung dengan menggunakan metode semi empiris.

$S = S_s + S_p + S_{ps}$

1. Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal

$$Ss = \frac{(Qp + \alpha.Qs)L}{Ap.Ep}$$

$$= \frac{(25{,}2697 + 0{,}5.123{,}5159).12{,}000}{0{,}04434.2.10^6} = 0{,}011776 \text{ m}$$

2. Penurunan dari ujung tiang

$$S_p = \frac{Cp.Qp}{D.qp}$$

ql = 5.Nq*.tgn ϕ

= 5.150.tgn 37,23 = 569,9002

$$S_p = \frac{0{,}03.25{,}2697}{0{,}32.569{,}9002} = 0.004157 \text{ m}$$

3. Penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang

$$S_{ps} = \left[\frac{Q}{P.L}\right].\frac{D}{Es}\left(1 - vs^2\right)Iws$$

P = 3.a

= 3.0,32 = 0,96 m

Es = 1350 ton/m^2

v_s = 0,2

I_{ws} = 2 + 0,3. $\sqrt{12,000/0,32}$ = 3,83712

- Beban vertikal = 153,7892 T
- Berat tanah di atas fondasi :

{(0,4.1,6)+(0,4.1,78564)+(4.0,5.0,6.0.89282)-(0,6^2)}.1,470.2,16 = 6,5588 T

- Berat poer :

{(0,4.1,6)+(0,4.1,78564)+(4.0,5.0,6.0.89282)}.0,600.2,4 = 2,9745 T

- Berat tiang pancang : 0,04434.12.2,4.4 = 5,1080 T

Q_{total} = 167,8816 T

$$S_{ps} = \left[\frac{167,8816}{0,96.12,000}\right].\frac{0,32}{1350}\left(1 - 0,2^2\right)3,83712 = 0,01273 \text{ m}$$

4. Penurunan pondasi tiang tunggal

S = Ss + Sp + Sps

= 0,011776 + 0.004157 + 0,01273 = 0,024916 m

d. Penurunan tiang pancang kelompok dengan panjang tiang seragam

$$S_g = S_R \cdot \sqrt{\frac{Bg}{D}}$$

$$S_R = \frac{S.n}{n}$$

$$= \frac{0{,}024916.4}{4} = 0{,}024916 \text{ m}$$

Bg = lebar kelompok tiang

= 0,800 m

$$S_g = 0{,}024916 \cdot \sqrt{\frac{0{,}800}{0{,}32}} = 0{,}03939 \text{ m}$$

Untuk lebih jelasnya hasil analisis si atas ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 14. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-4 dengan panjang tiang seragam

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (ton)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Seragam)						
		No Tiang	L (m)	Daya Dukung Ijin Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Penurunan Tunggal (m)	Penurunan Kelompok (m)
4	167,8816	207	12	59,5142	0,8438	200,8723	0,0249	0,0394
		208	12	59,5142			0,0249	
		209	12	59,5142			0,0249	
		210	12	59,5142			0,0249	

e. Daya Dukung dan Penurunan Dengan Panjang Tiang Bervariasi

Analisis daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang Kelompok dengan panjang tiang yang bervariasi, analog dengan analisis daya dukung dan

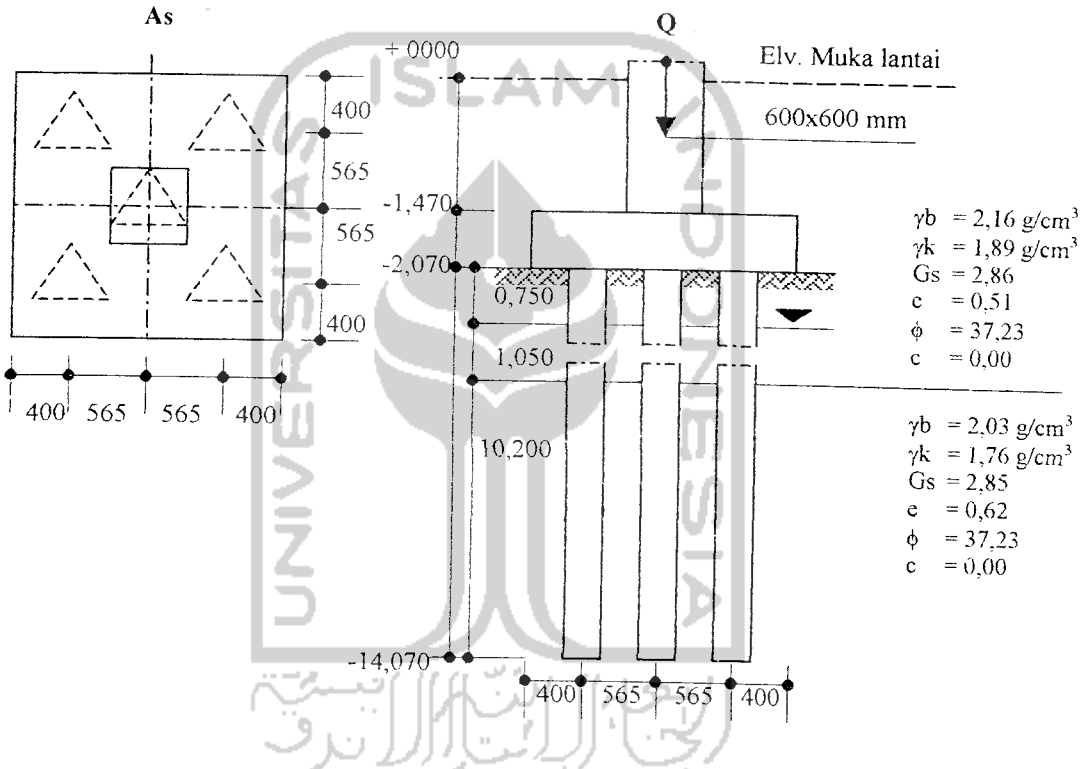
penurunan fondasi tiang pancang dengan panjang seragam. Untuk lebih jelasnya hasil analisis diatas, ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 15. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-4 dengan panjang tiang bervariasi

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (ton)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Bervariasi)						
		No. Tiang	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
4	170,8248	207	17	118,5453	0,8438	436,2898	0,0450	0,0769
		208	16,5	115,5964			0,0427	
		209	17,3	122,8263			0,0464	
		210	19,7	160,0856			0,0604	

4.3.3. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-5

Secara idiomatik penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi A-5 dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 24. Formasi tiang pancang A-5

Untuk lebih jelasnya hasil analisis diatas, ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 16. Hasil perhitungan daya dukung dan denurunan formasi A-5 dengan panjang tiang seragam

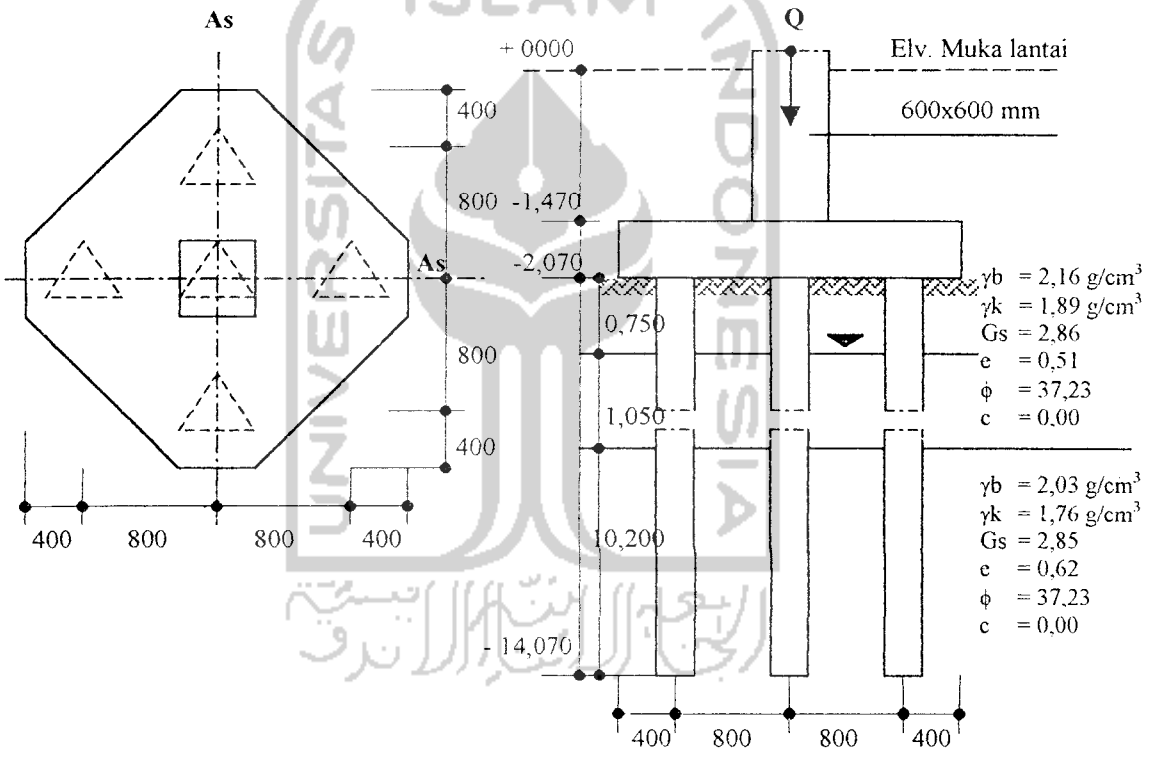
Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Seragam)				
				Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
5	189,1066	218	12	59,5142	0,9000	267,8139	0,0303	0,0569
		219	12	59,5142			0,0303	
		220	12	59,5142			0,0303	
		221	12	59,5142			0,0303	
		222	12	59,5142			0,0303	

Tabel 17. Hasil perhitungan daya dukung dan denurunan formasi A-5 dengan panjang tiang bervariasi

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No. Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Bervariasi)				
				Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
5	192,2491	218	18,5	140,7866	0,9000	600,5961	0,0541	0,0969
		219	17	118,5453			0,0462	
		220	19	148,6652			0,0571	
		221	18,5	140,7866			0,0541	
		222	17	118,5453			0,0462	

4.3.4. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-5

Secara idiomatik penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi B-5 dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 25. Formasi tiang pancang B-5

Untuk lebih jelasnya hasil analisis diatas, ditampilkan pada berikut :

Tabel 18. Hasil perhitungan daya dukung dan denurunan formasi B-5 dengan panjang tiang seragam

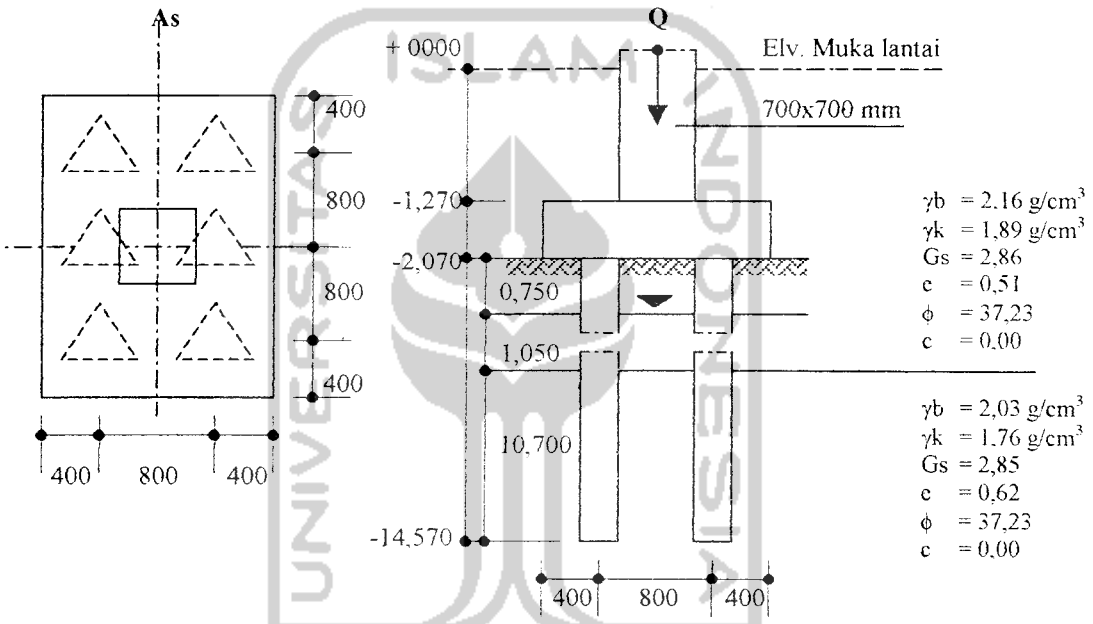
Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Seragam)				
				Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
5	189,5351	218	12	59,5142	0,9000	267,8139	0,0303	0,0678
		219	12	59,5142			0,0303	
		220	12	59,5142			0,0303	
		221	12	59,5142			0,0303	
		222	12	59,5142			0,0303	

Tabel 19. Hasil perhitungan daya dukung dan denurunan formasi B-5 dengan panjang tiang bervariasi

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No. Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Bervariasi)				
				Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
5	192,4615	218	18,5	140,7866	0,9000	600,5961	0,0541	0,1153
		219	17	118,5453			0,0462	
		220	19	148,6652			0,0571	
		221	18,5	140,7866			0,0541	
		222	17	118,5453			0,0462	

4.3.5. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-6

Secara idiomatik penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi A-6 dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 26. Formasi tiang pancang A-6

Untuk lebih jelasnya hasil analisis diatas, ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 20. Hasil perhitungan daya dukung dan denurunan formasi A-6 dengan panjang tiang seragam

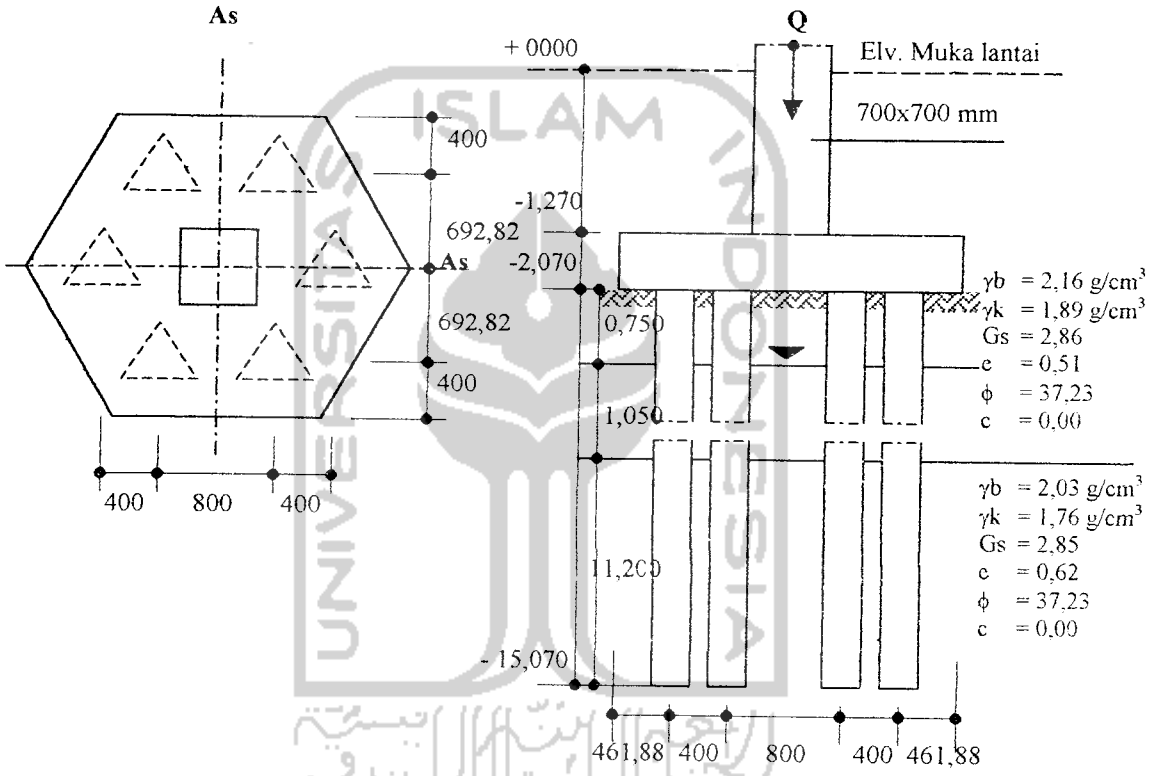
Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No Tiang	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Seragam)					
			L	Daya Dukung Ijin			Penurunan	
			(m)	Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
6	269,4281	201	12,5	64,3715	0,8542	329,9168	0,0371	0,0585
		202	12,5	64,3715			0,0371	
		203	12,5	64,3715			0,0371	
		204	12,5	64,3715			0,0371	
		205	12,5	64,3715			0,0371	
		206	12,5	64,3715			0,0371	

Tabel 21. Hasil perhitungan daya dukung dan denurunan formasi A-6 dengan panjang tiang bervariasi

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No. Tiang	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Bervariasi)					
			L	Daya Dukung Ijin			Penurunan	
			(m)	Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
6	272,3013	201	18	133,1404	0,8542	722,7504	0,0557	0,0626
		202	18	133,1404			0,0557	
		203	18	133,1404			0,0557	
		204	18	133,1404			0,0557	
		205	19,5	156,7761			0,0644	
		206	19,5	156,7761			0,0644	

4.3.6. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-6

Secara idiomatik penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi B-6 dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 27. formasi tiang pancang B-6

Untuk lebih jelasnya hasil analisis diatas, ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 22. Hasil perhitungan daya dukung dan denurunan formasi B-6 dengan panjang tiang seragam

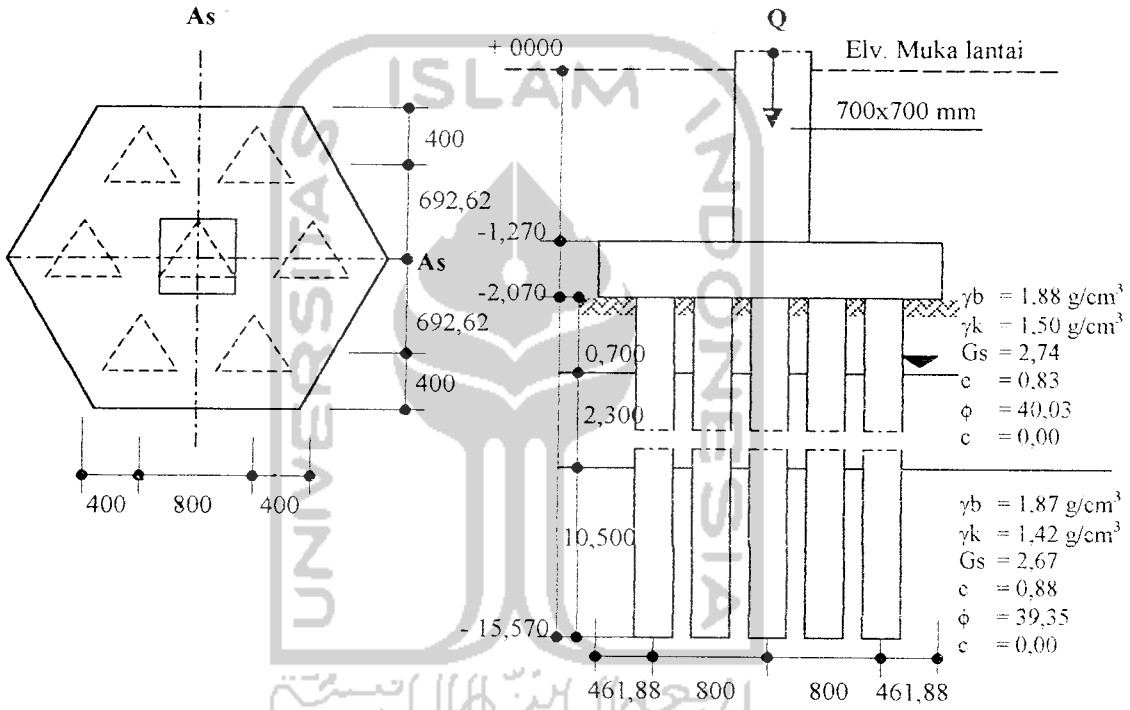
Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No Tiang	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Seragam)					
			L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
6	269,1509	201	12,5	64,3715	0,8750	337,9504	0,0371	0,0771
		202	12,5	64,3715			0,0371	
		203	12,5	64,3715			0,0371	
		204	12,5	64,3715			0,0371	
		205	12,5	64,3715			0,0371	
		206	12,5	64,3715			0,0371	

Tabel 23. Hasil perhitungan daya dukung dan denurunan formasi B-6 dengan panjang tiang bervariasi

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No. Tiang	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Bervariasi)					
			L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
6	272,9022	201	18	133,1404	0,8750	740.3496	0,0558	0,1221
		202	18	133,1404			0,0558	
		203	18	133,1404			0,0558	
		204	18	133,1404			0,0558	
		205	19,5	156,7761			0,0644	
		206	19,5	156,7761			0,0644	

4.3.7. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-7

Secara idiomatik penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi A-7 dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 28. Formasi tiang pancang A-7

Untuk lebih jelasnya hasil analisis diatas, ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 24. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-7 dengan panjang tiang seragam

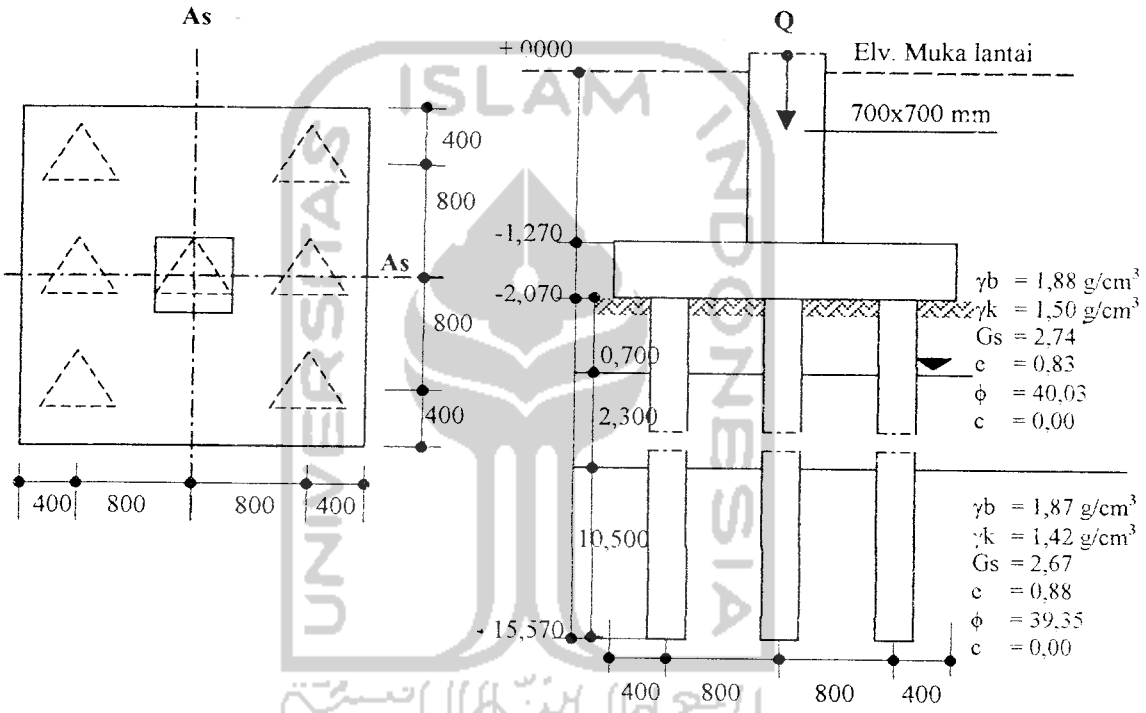
Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Seragam) Daya Dukung Ijin Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Penurunan Tunggal (m)	Penurunan Kelompok (m)
		292	13,5	69,9395			0,0437	
		293	13,5	69,9395			0,0437	
		294	13,5	69,9395			0,0437	
7	310,7119	295	13,5	69,9395	0,7857	384,6603	0,0437	0,0909
		296	13,5	69,9395			0,0437	
		297	13,5	69,9395			0,0437	
		298	13,5	69,9395			0,0437	

Tabel 25. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-7 dengan panjang tiang bervariasi

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No. Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Bervariasi) Daya Dukung Ijin Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Penurunan Tunggal (m)	Penurunan Kelompok (m)
		292	13,7	71,5768			0,0441	
		293	13,5	69,9395			0,0438	
		294	17,1	104,1390			0,0533	
7	317,7031	295	13,5	69,9395	0,7857	428,0637	0,0438	0,0963
		296	14	74,0908			0,0447	
		297	11	52,0789			0,0413	
		298	17	103,0538			0,0529	

4.3.8. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-7

Secara idiomatik penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi B-7 dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 29. Formasi tiang pancang B-7

Untuk lebih jelasnya hasil analisis diatas, ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 26. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-7 dengan panjang tiang seragam

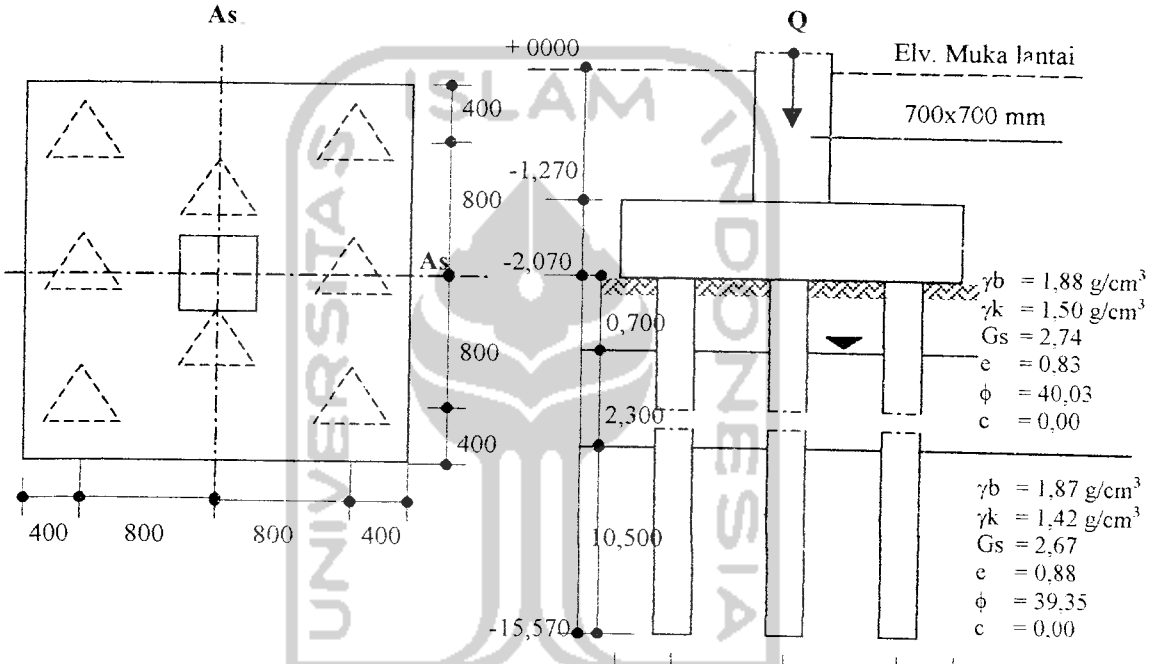
Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Seragam)				
				Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
		292	13,5	69,9395			0,0442	
		293	13,5	69,9395			0,0442	
		294	13,5	69,9395			0,0442	
7	317,7031	295	13,5	69,9395	0,8929	437,1429	0,0442	0,0989
		296	13,5	69,9395			0,0442	
		297	13,5	69,9395			0,0442	
		298	13,5	69,9395			0,0442	

Tabel 27. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-7 dengan panjang tiang bervariasi

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No. Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Bervariasi)				
				Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
		292	13,7	71,5768			0,0446	
		293	13,5	69,9395			0,0442	
		294	17,1	104,1390			0,0537	
7	318,2671	295	13,5	69,9395	0,8929	486,4683	0,0442	0,1045
		296	14	74,0908			0,0451	
		297	11	52,0789			0,0419	
		298	17	103,0533			0,0534	

4.3.9. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-8

Secara idiomatik penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi A-8 dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 30. Formasi tiang pancang A-8

Untuk lebih jelasnya hasil analisis diatas, ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 28. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-8 dengan panjang tiang seragam

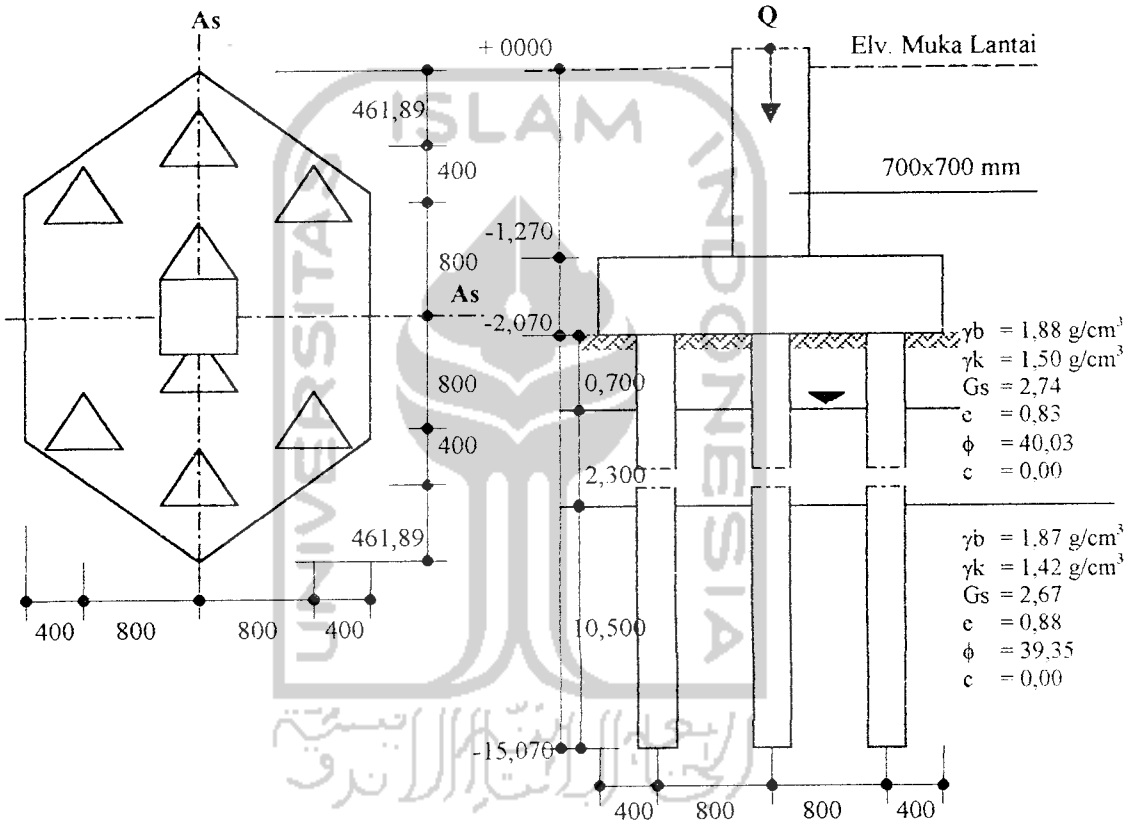
Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No Tiang	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Seragam) L (m)	Daya Dukung Ijin Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Penurunan Tunggal (m)	Penurunan Kelompok (m)
8	357,3235	129	13,5	69,9395	0,7969	445,8783	0,0469	0,1049
		130	13,5	69,9395			0,0469	
		131	13,5	69,9395			0,0469	
		132	13,5	69,9395			0,0469	
		133	13,5	69,9395			0,0469	
		134	13,5	69,9395			0,0469	
		135	13,5	69,9395			0,0469	
		136	13,5	69,9395			0,0469	

Tabel 29. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-8 dengan panjang tiang bervariasi

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No. Tiang	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Bervariasi) L (m)	Daya Dukung Ijin Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Penurunan Tunggal (m)	Penurunan Kelompok (m)
8	358,7919	129	18,5	120,1420	0,7969	688,2461	0,0616	0,1283
		130	17,4	107,4408			0,0572	
		131	16,5	97,7439			0,0541	
		132	17,4	107,4408			0,0572	
		133	17,5	108,5568			0,0575	
		134	17,31	106,3324			0,0568	
		135	17,4	107,4408			0,0572	
		136	17,5	108,5568			0,0575	

4.3.10. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-8

Secara idiomatik penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi B-8 dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 31. Formasi tiang pancang B-8

Untuk lebih jelasnya hasil analisis diatas, ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 30. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-8 dengan panjang tiang seragam

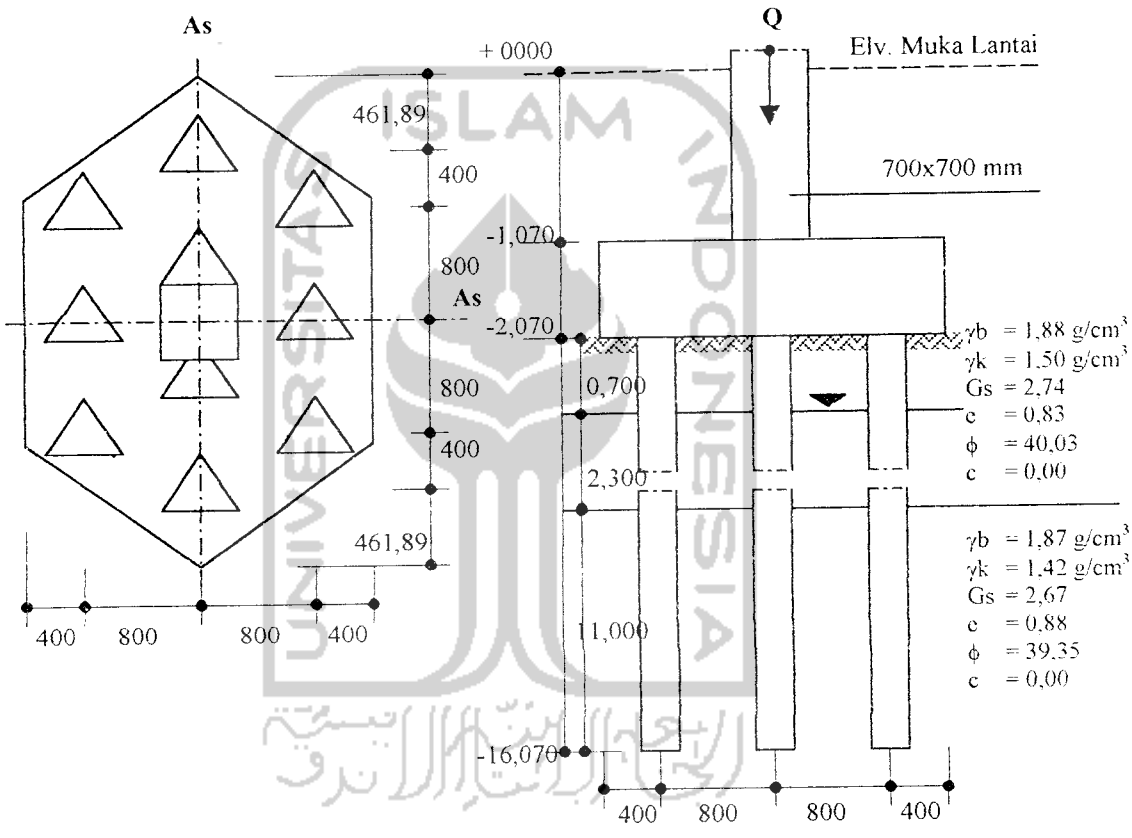
Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Seragam)				
				Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
8	359,2819	129	13,5	69,9395	0,8281	463,3352	0,0471	0,1053
		130	13,5	69,9395			0,0471	
		131	13,5	69,9395			0,0471	
		132	13,5	69,9395			0,0471	
		133	13,5	69,9395			0,0471	
		134	13,5	69,9395			0,0471	
		135	13,5	69,9395			0,0471	
		136	13,5	69,9395			0,0471	

Tabel 31. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi B-8 dengan panjang tiang bervariasi

Jumlah Tiang (n)	Beban Rencana (T)	No. Tiang	L (m)	Panjang Tiang Dari Muka Tanah (Bervariasi)				
				Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
8	362,6341	129	18,5	120,1420	0,8281	715,1921	0,0618	0,1289
		130	17,4	107,4408			0,0574	
		131	16,5	97,7439			0,0543	
		132	17,4	107,4408			0,0574	
		133	17,5	108,5568			0,0578	
		134	17,3	106,3324			0,0571	
		135	17,4	107,4408			0,0574	
		136	17,5	108,5568			0,0578	

4.3.11. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi A-10

Secara idiomatik penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi A-10 dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 32. Formasi tiang pancang A-10

Untuk lebih jelasnya hasil analisis diatas, ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 32. Hasil perhitungan daya dukung dan penurunan formasi A-10 dengan panjang tiang seragam dan bervariasi

Panjang Tiang Seragam dan Bervariasi Dari Muka Tanah															
Jml. Tiang (n)	No. Tiang	Beban Rencana (T)	L (m)	Formasi A (Panjang Tiang Seragam) Daya Dukung Ijin Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Penurunan Tunggal (m)	Penurunan Kelompok (m)	Beban Rencana (T)	L (m)	Formasi A (Panjang Tiang Bervariasi) Daya Dukung Ijin Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Penurunan Tunggal (m)	Penurunan Kelompok (m)
	234		13	65,9812			0,0529			16,8	100,9067			0,0604	
	235		13	65,9812			0,0529			15,5	87,7034			0,0569	
	236		13	65,9812			0,0529			13,7	71,5768			0,0536	
	237		13	65,9812			0,0529			13,5	69,9395			0,0534	
	238		13	65,9812			0,0529			16,4	96,7051			0,0592	
10	239	449,9522	13	65,9812	0,7375	486,6114	0,0529	0,1182	450,1225	16,5	97,7439	0,7375	567,5179	0,0595	0,1241
	240		13	65,9812			0,0529			12,7	63,6989			0,0527	
	241		13	65,9812			0,0529			13,5	69,9395			0,0534	
	242		13	65,9812			0,0529			12,5	62,216			0,0526	
	243		13	65,9812			0,0529			10,5	49,0861			0,0529	

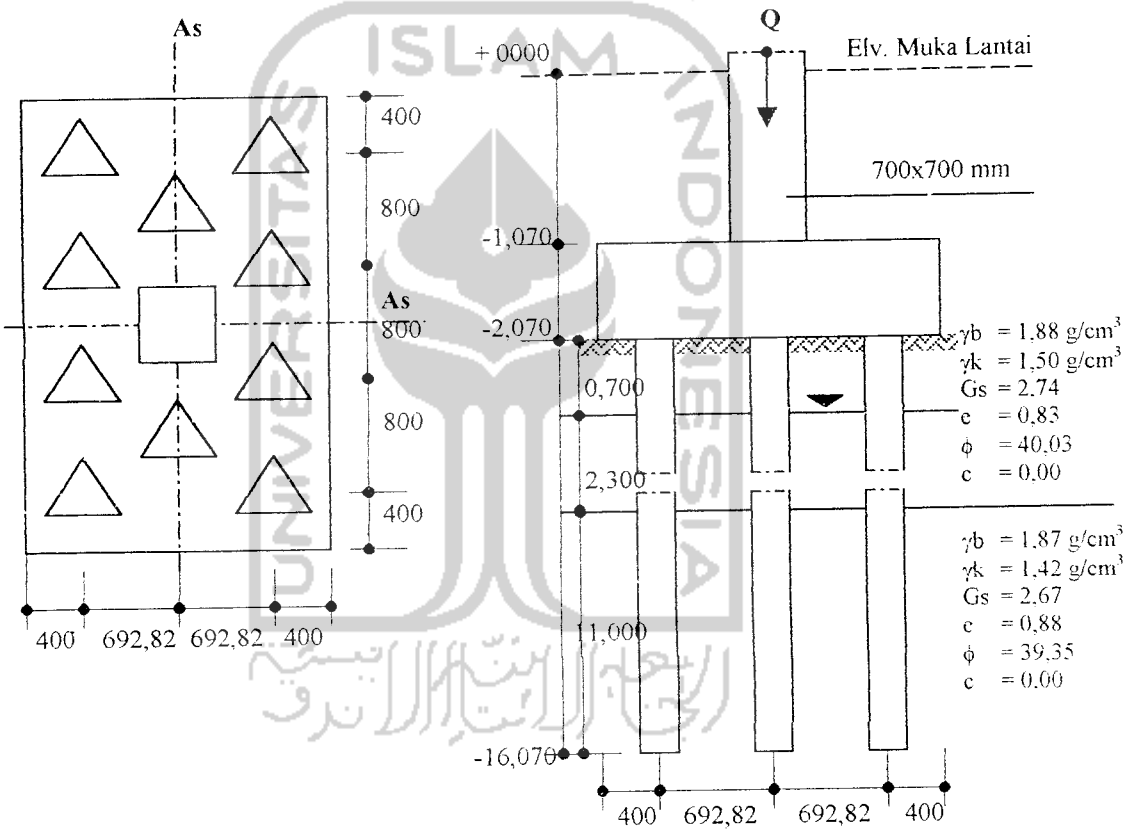
Untuk lebih jelasnya hasil analisis diatas, ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 33. Hasil perhitungan daya dukung dan denurunan dormasi B-10 dengan panjang tiang seragam dan bervariasi

Panjang Tiang Seragam dan Bervariasi Dari Muka Tanah															
Jml. Tiang (n)	No. Tiang	Beban Rencana (T)	L (m)	Formasi B (Panjang Tiang Seragam)					Beban Rencana (T)	L (m)	Formasi B (Panjang Tiang Bervariasi)				
				Daya Dukung Ijin			Penurunan				Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi Tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)			Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
	234		13	65,9812			0,0531			16,8	100,9067			0,0606	
	235		13	65,9812			0,0531			15,5	87,7034			0,0571	
	236		13	65,9812			0,0531			13,7	71,5768			0,0538	
	237		13	65,9812			0,0531			13,5	69,9395			0,0535	
	238		13	65,9812			0,0531			16,4	96,7051			0,0594	
10	239	452,3056	13	65,9812	0,8250	544,3449	0,0531	0,1104	452,4759	16,5	97,7439	0,8250	643,8516	0,0596	0,1157
	240		13	65,9812			0,0531			12,7	63,6989			0,0528	
	241		13	65,9812			0,0531			13,5	69,9395			0,0535	
	242		13	65,9812			0,0531			12,5	62,216			0,0527	
	243		13	65,9812			0,0531			10,5	49,0861			0,0531	

4.3.12. Daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang formasi B-10

Secara idiomatik penentuan daya dukung tiang pancang pada formasi B-10 dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 33. Formasi tiang pancang B-10

Hasil analisis secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 34. Hasil perhitungan daya dukung optimal dan penurunan minimal dengan panjang tiang seragam (n = 4, 5, 6, 7, 8, 10)

Jml. Tiang (n)	No. Tiang	Panjang Tiang Seragam Dari Muka Tanah													
		Formasi A								Formasi B					
		Beban Rencana (T)	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan		Beban Rencana (T)	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)			Tunggal (T)	Efisiensi tiang	Kelompok (T)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
4	207	169,569	12	59,5142	0,8750	208,2997	0,0289	0,0457	167,8816	12	59,5142	0,8434	200,8723	0,0249	0,0394
	208		12	59,5142			0,0289			12	59,5142			0,0249	
	209		12	59,5142			0,0289			12	59,5142			0,0249	
	210		12	59,5142			0,0289			12	59,5142			0,0249	
5	218	189,1066	12	59,5142	0,9000	267,8139	0,0303	0,0569	189,5351	12	59,5142	0,9000	267,8139	0,0303	0,0678
	219		12	59,5142			0,0303			12	59,5142			0,0303	
	220		12	59,5142			0,0303			12	59,5142			0,0303	
	221		12	59,5142			0,0303			12	59,5142			0,0303	
	222		12	59,5142			0,0303			12	59,5142			0,0303	

Lanjutan Tabel 34.

Panjang Tiang Seragam Dari Muka Tanah

Jml. Tiang (n)	No. Tiang	Formasi A								Formasi B					
		Beban Rencana (ton)	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan		Beban Rencana (ton)	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Tunggal (m)	Kelompok (m)			Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
	201		12,5	64,3715			0,0371			12,5	64,3715			0,0371	
	202		12,5	64,3715			0,0371			12,5	64,3715			0,0371	
	203		12,5	64,3715			0,0371			12,5	64,3715			0,0371	
6	204	269,4281	12,5	64,3715	0,8542	329,9168	0,0371	0,0585	269,1509	12,5	64,3715	0,8750	337,9504	0,0371	0,0771
	205		12,5	64,3715			0,0371			12,5	64,3715			0,0371	
	206		12,5	64,3715			0,0371			12,5	64,3715			0,0371	
	292		13,5	69,9395			0,0437			13,5	69,9395			0,0442	
	293		13,5	69,9395			0,0437			13,5	69,9395			0,0442	
	294		13,5	69,9395			0,0437			13,5	69,9395			0,0442	
7	295	310,7119	13,5	69,9395	0,7857	384,6603	0,0437	0,0909	317,7031	13,5	69,9395	0,8929	437,1429	0,0442	0,0989
	296		13,5	69,9395			0,0437			13,5	69,9395			0,0442	
	297		13,5	69,9395			0,0437			13,5	69,9395			0,0442	
	298		13,5	69,9395			0,0437			13,5	69,9395			0,0442	

Lanjutan Tabel 34.

Jml. Tiang (n)	No. Tiang	Panjang Tiang Seragam Dari Muka Tanah													
		Formasi A							Formasi B						
		Beban Rencana (ton)	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan		Beban Rencana (ton)	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Tunggal (m)	Kelompok (m)			Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
8	129	357,3235	13,5	69,9395	0,7969	445,8783	0,0469	0,1049	359,2819	13,5	69,9395	0,8281	463,3352	0,0471	0.1053
	130		13,5	69,9395			0,0469			13,5	69,9395			0,0471	
	131		13,5	69,9395			0,0469			13,5	69,9395			0,0471	
	132		13,5	69,9395			0,0469			13,5	69,9395			0,0471	
	133		13,5	69,9395			0,0469			13,5	69,9395			0,0471	
	134		13,5	69,9395			0,0469			13,5	69,9395			0,0471	
	135		13,5	69,9395			0,0469			13,5	69,9395			0,0471	
	136		13,5	69,9395			0,0469			13,5	69,9395			0,0471	
10	234	449,9522	13	65,9812	0,7375	486,6114	0,0529	0,1182	452,3056	13	65,9812	0,8250	544,3449	0,0531	0,1104
	235		13	65,9812			0,0529			13	65,9812			0,0531	
	236		13	65,9812			0,0529			13	65,9812			0,0531	
	237		13	65,9812			0,0529			13	65,9812			0,0531	
	238		13	65,9812			0,0529			13	65,9812			0,0531	
	239		13	65,9812			0,0529			13	65,9812			0,0531	
	240		13	65,9812			0,0529			13	65,9812			0,0531	
	241		13	65,9812			0,0529			13	65,9812			0,0531	
	242		13	65,9812			0,0529			13	65,9812			0,0531	
	243		13	65,9812			0,0529			13	65,9812			0,0531	

Hasil analisis secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 35. Hasil perhitungan daya dukung optimal dan penurunan minimal dengan panjang tiang bervariasi (n = 4, 5, 6, 7, 8, 10)

Jml. Tiang (n)	No. Tiang	Panjang Tiang Bervariasi Dari Muka Tanah												
		Formasi A							Formasi B					
		Beban Rencana (ton)	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan		Beban Rencana (ton)	L (m)	Daya Dukung Ijin		Penurunan	
				Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Tunggal (m)	Kelompok (m)			Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
4	207	194,4704	17	118,5453	0,8750	452,4219	0,0463	0,0789	170,8248	17	118,5453	0,8438	436,2898	0,0450	0,0769
	208		16,5	111,5964			0,0441			16,5	111,5964			0,0427	
	209		17,3	122,8263			0,0478			17,3	122,8263			0,0464	
	210		19,7	160,0856			0,0616			19,7	160,0856			0,0604	
5	218	192,2491	18,5	140,7866	0,9000	600,5961	0,0541	0,0969	192,4615	18,5	140,7866	0,9000	600,5961	0,0541	0,1153
	219		17	118,5453			0,0462			17	118,5453			0,0462	
	220		19	148,6652			0,0571			19	148,6652			0,0571	
	221		18,5	140,7866			0,0541			18,5	140,7866			0,0541	
	222		17	118,5453			0,0462			17	118,5453			0,0462	

Lanjutan Tabel 35.

Panjang Tiang Bervariasi Dari Muka Tanah

Jml. Tiang (n)	No. Tiang	Formasi A							Formasi B						
		Beban Rencana (ton)	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan		Beban Rencana (ton)	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Tunggal (m)	Kelompok (m)			Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
6	201	272,3013	18	133,1404	0,8542	722,7504	0,0557	0,0626	272,9022	18	133,1404	0,8750	740,3496	0,0558	0,1221
	202		18	133,1404			0,0557			18	133,1404			0,0558	
	203		18	133,1404			0,0557			18	133,1404			0,0558	
	204		18	133,1404			0,0557			18	133,1404			0,0558	
	205		19,5	156,7761			0,0644			19,5	156,7761			0,0644	
	206		19,5	156,7761			0,0644			19,5	156,7761			0,0644	
7	292	317,7031	13,7	71,5768	0,7857	428,0637	0,0441	0,0963	318,2671	13,7	71,5768	0,8929	486,4683	0,0446	0,1045
	293		13,5	69,9395			0,0438			13,5	69,9395			0,0442	
	294		17,1	104,139			0,0533			17,1	104,139			0,0537	
	295		13,5	69,9395			0,0438			13,5	69,9395			0,0442	
	296		14	74,0908			0,0447			14	74,0908			0,0451	
	297		11	52,0789			0,0413			11	52,0789			0,0419	
	298		17	103,0538			0,0529			17	103,0538			0,0534	

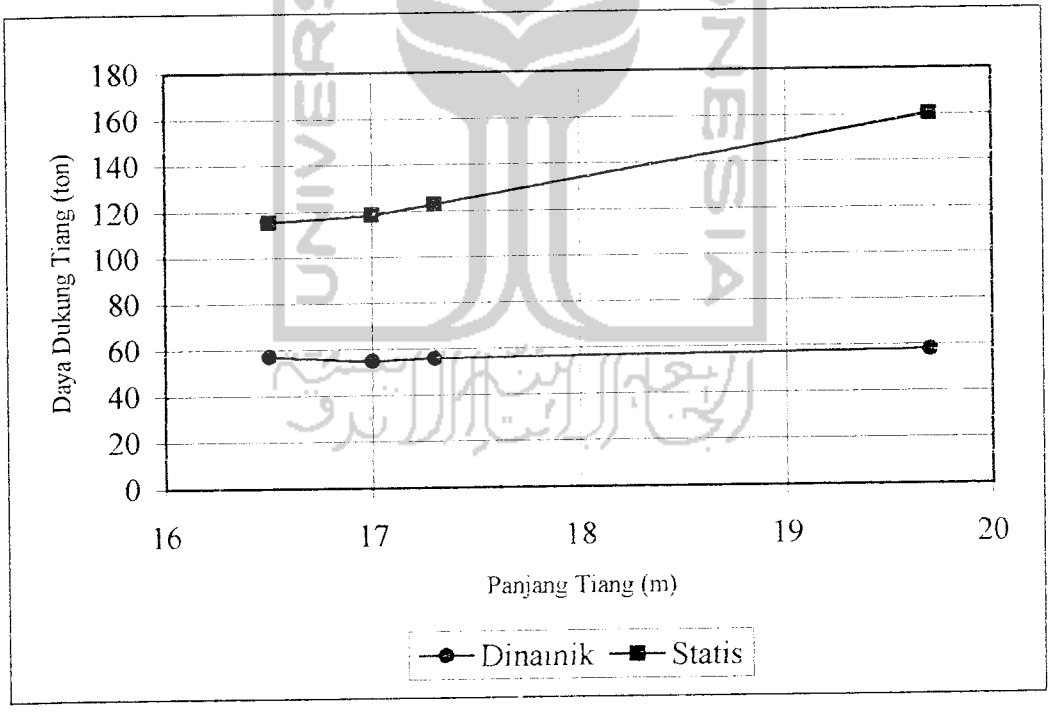
Lanjutan Tabel 35.

Panjang Tiang Bervariasi Dari Muka Tanah

Jml. Tiang (n)	No. Tiang	Formasi A							Formasi B					
		Beban Rencana (ton)	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan		Beban Rencana (ton)	L (m)	Daya Dukung Ijin			Penurunan	
				Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Tunggal (m)	Kelompok (m)			Tunggal (ton)	Efisiensi tiang	Kelompok (ton)	Tunggal (m)	Kelompok (m)
8	129	358,7919	18,5	120,1420	0,7969	688,2461	0,0616	0,1283	362,6341	18,5	120,142	0,8281	715,1921	0,0618	0,1289
	130		17,4	107,4408			0,0572			17,4	107,4408			0,0574	
	131		16,5	97,7439			0,0541			16,5	97,7439			0,0543	
	132		17,4	107,4408			0,0572			17,4	107,4408			0,0574	
	133		17,5	108,5568			0,0575			17,5	108,5568			0,0578	
	134		17,3	106,3324			0,0568			17,3	106,3324			0,0571	
	135		17,4	107,4408			0,0572			17,4	107,4408			0,0574	
	136		17,5	108,5568			0,0575			17,5	108,5568			0,0578	
10	234	450,1225	16,8	100,9067	0,7375	567,5179	0,0604	0,1241	452,4759	16,8	100,9067	0,8250	643,8516	0,0606	0,1157
	235		15,5	87,7034			0,0569			15,5	87,7034			0,0571	
	236		13,7	71,5768			0,0536			13,7	71,5768			0,0538	
	237		13,5	69,9395			0,0534			13,5	69,9395			0,0535	
	238		16,4	96,7051			0,0592			16,4	96,7051			0,0594	
	239		16,5	97,7439			0,0595			16,5	97,7439			0,0596	
	240		12,7	63,6989			0,0527			12,7	63,6989			0,0528	
	241		13,5	69,9395			0,0534			13,5	69,9395			0.0535	
	242		12,5	62,216			0,0526			12,5	62,216			0.0527	
	243		10,5	49,0861			0,0529			10,5	49,0861			0.0531	

Tabel 36. Nilai daya dukung tiang tunggal dengan metode dinamik dan metode statis untuk jumlah tiang n = 4

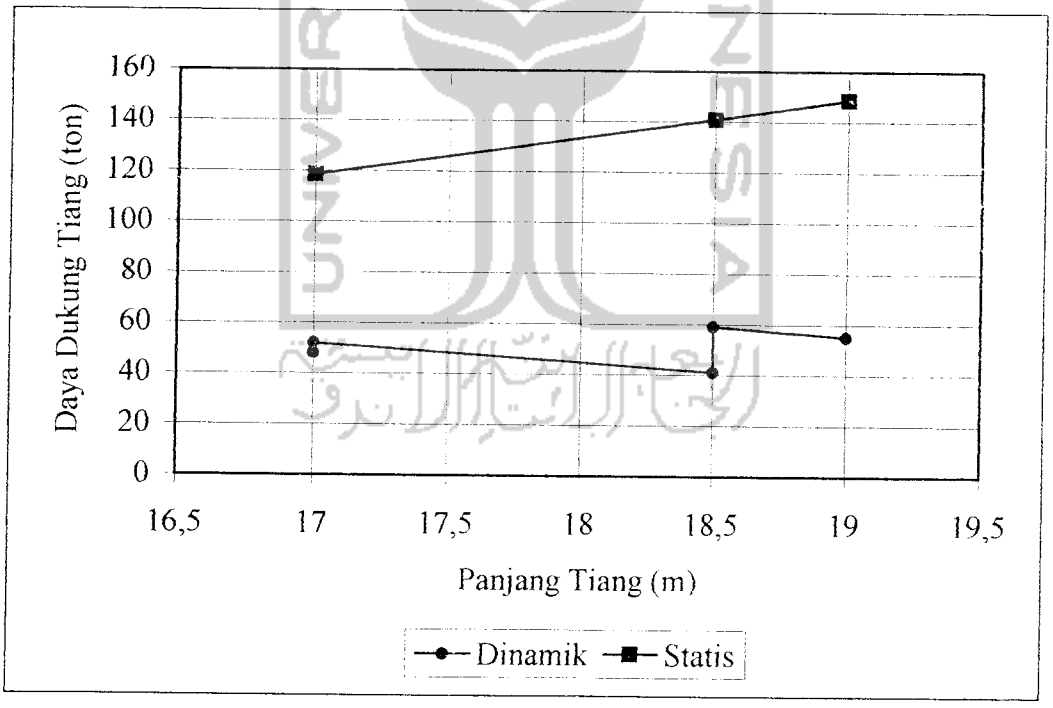
Jumlah Tiang (n)	Panjang Tiang (m)	Daya Dukung Tiang	
		Dinamik (T)	Statis (T)
4	16,5	57	115,5964
	17	55	118,5453
	17,3	56	122,8263
	19,7	58	160,0856



Gambar 34. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 4

Tabel 37. Nilai daya dukung tiang tunggal dengan metode dinamik dan metode statis untuk jumlah tiang n = 5

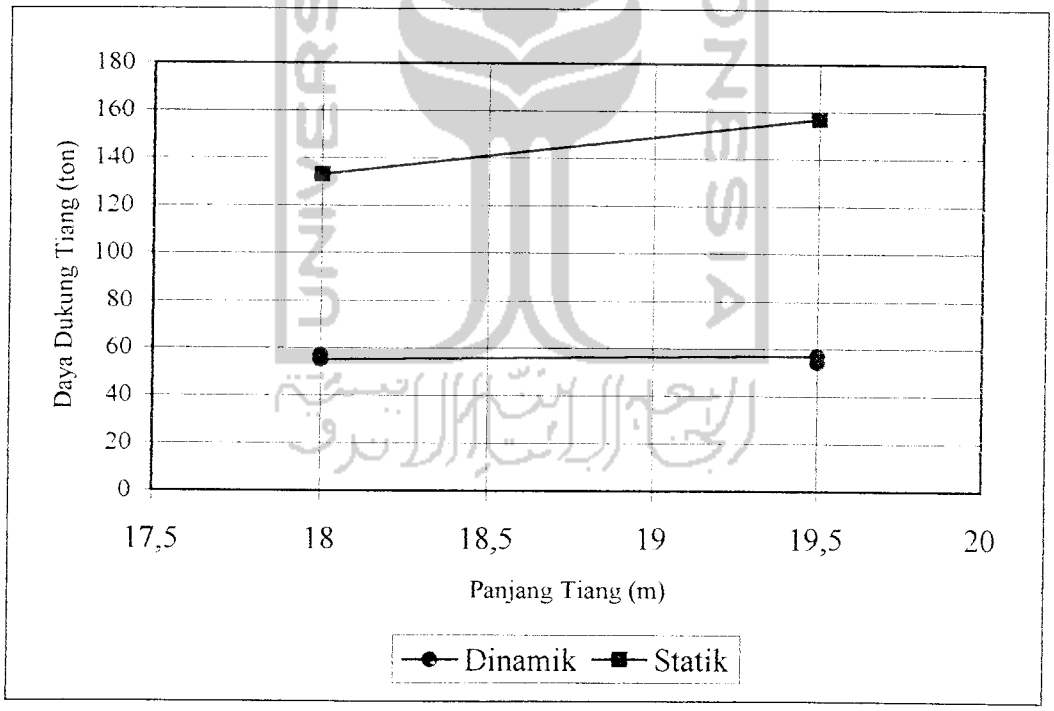
Jumlah Tiang (n)	Panjang Tiang (m)	Daya Dukung Tiang	
		Dinamik (T)	Statis (T)
5	17	48	118,5453
	17	52	118,5453
	18,5	41	140,7866
	18,5	59	140,7866
	19	55	148,6652



Gambar 35. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 5

Tabel 38. Nilai daya dukung tiang tunggal dengan metode dinamik dan metode statis untuk jumlah tiang n = 6

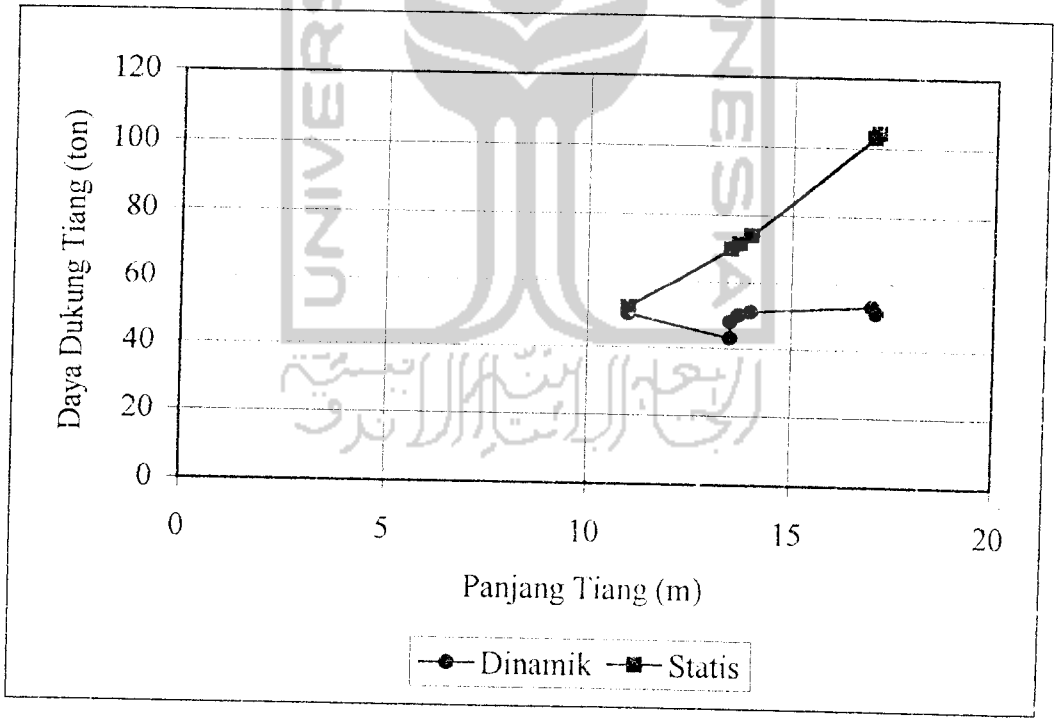
Jumlah Tiang (n)	Panjang Tiang (m)	Daya Dukung Tiang	
		Dinamik (T)	Statis (T)
6	18	55	133,1404
	18	57	133,1404
	18	57	133,1404
	18	55	133,1404
	19,5	57	156,7761
	19,5	54	156,7761



Gambar 36. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 6

Tabel 39. Nilai daya dukung tiang tunggal dengan metode dinamik dan metode statis untuk jumlah tiang n = 7

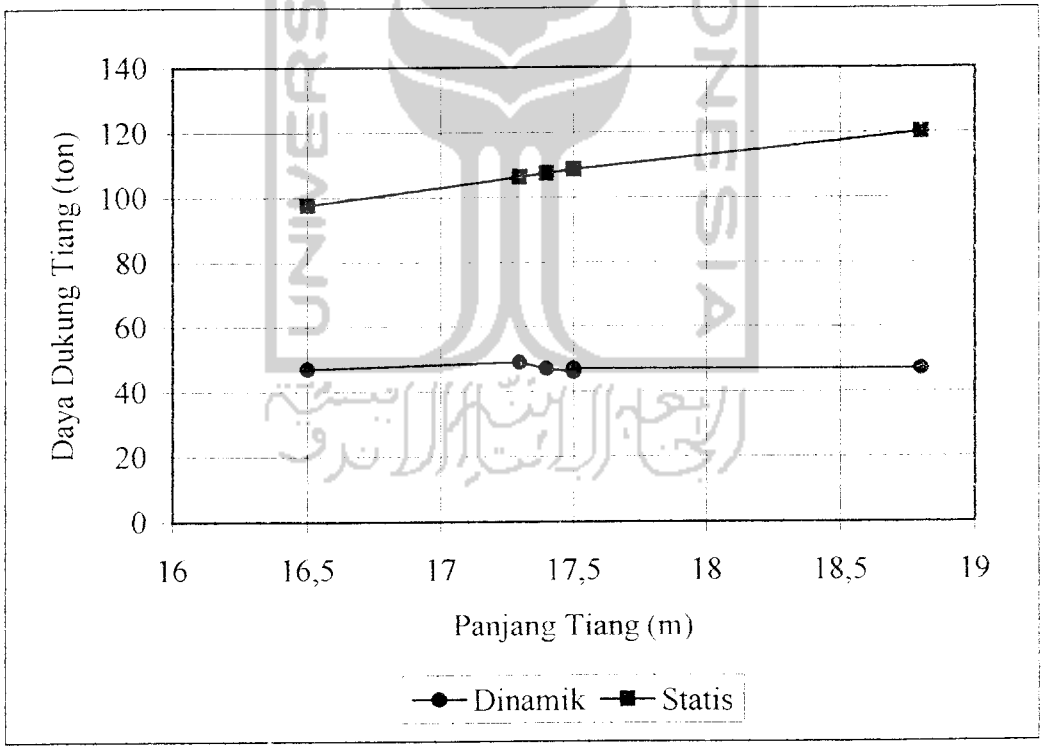
Jumlah Tiang (n)	Panjang Tiang (m)	Daya Dukung Tiang	
		Dinamik (T)	Statis (T)
7	11	50	52,0789
	13,5	43	69,9395
	13,5	48	69,9395
	13,7	50	71,5768
	14	51	74,0908
	17	53	103,0538
	17,1	51	104,139



Gambar 37. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 7

Tabel 40. Nilai daya dukung tiang tunggal dengan metode dinamik dan metode statis untuk jumlah tiang n = 8

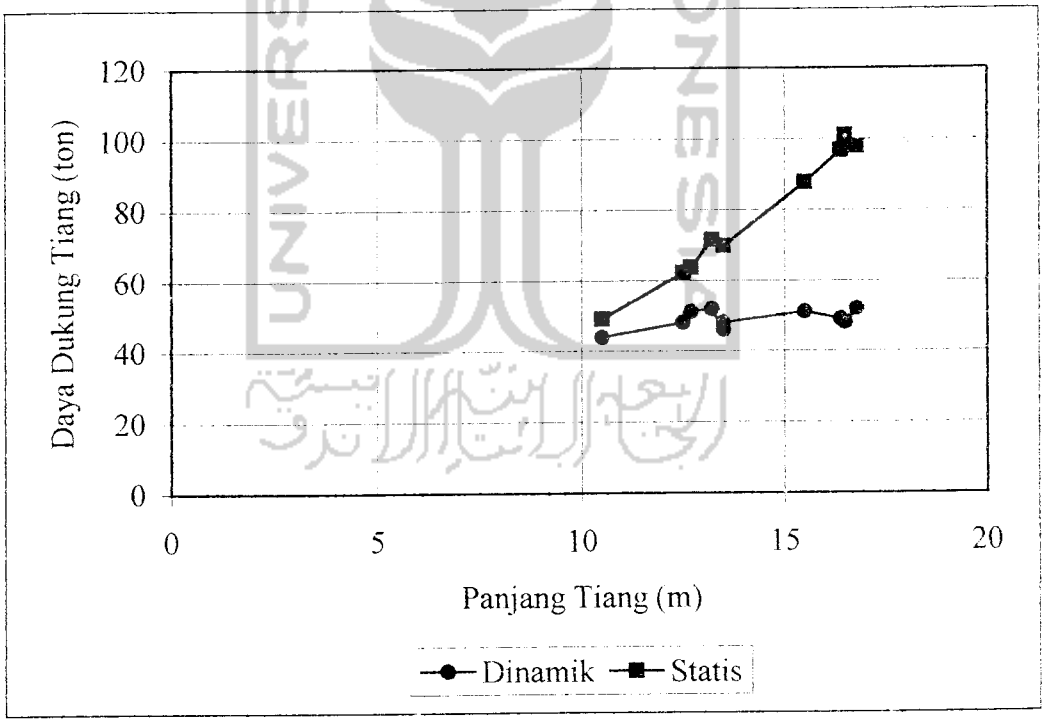
Jumlah Tiang (n)	Panjang Tiang (m)	Daya Dukung Tiang	
		Dinamik (T)	Statis (T)
8	16,5	47	97,7439
	17,3	49	106,3324
	17,4	47	107,4408
	17,4	47	107,4408
	17,4	47	107,4408
	17,5	46	108,5568
	17,5	47	108,5568
	18,8	47	120,142



Gambar 38. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 8

Tabel 41. Nilai daya dukung tiang tunggal dengan metode dinamik dan metode statis untuk jumlah tiang n = 10

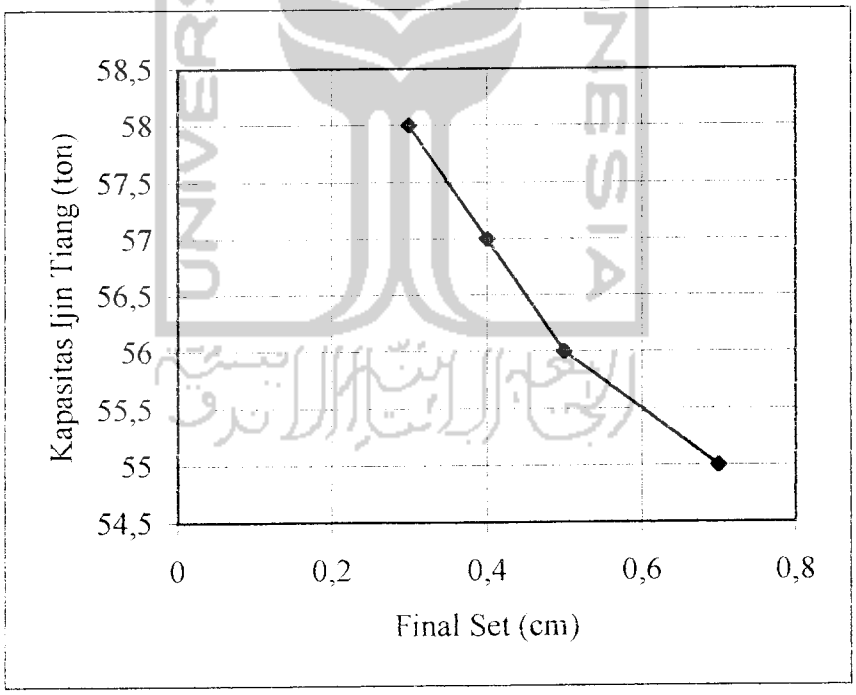
Jumlah Tiang (n)	Panjang Tiang (m)	Daya Dukung Tiang	
		Dinamik (T)	Statis (T)
10	10,5	44	49,0861
	12,5	48	62,216
	12,7	51	63,6989
	13,2	52	71,5768
	13,5	46	69,9395
	13,5	48	69,9395
	15,5	51	87,7034
	16,4	49	96,7051
	16,5	48	100,9067
	16,8	52	97,7439



Gambar 39. Grafik hubungan antara panjang tiang dengan daya dukung tiang untuk jumlah tiang n = 1(

Tabel 42. Kapasitas ijin dari *final set* tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah tiang n = 4

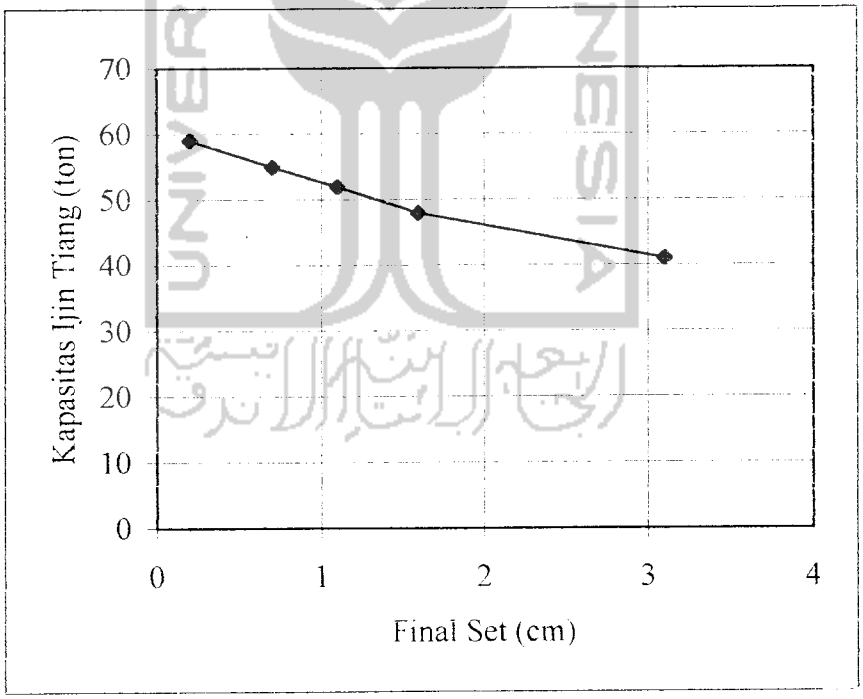
Jumlah Tiang	Panjang Tiang (m)	Final Set (cm)	Kapasitas Ijin Tiang (T)
4	19,7	0,3	58
	16,5	0,4	57
	17,3	0,5	56
	17	0,7	55



Gambar 40. Grafik hubungan *final set* dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 4

Tabel 43. Kapasitas ijin dari *final set* tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah tiang n = 5

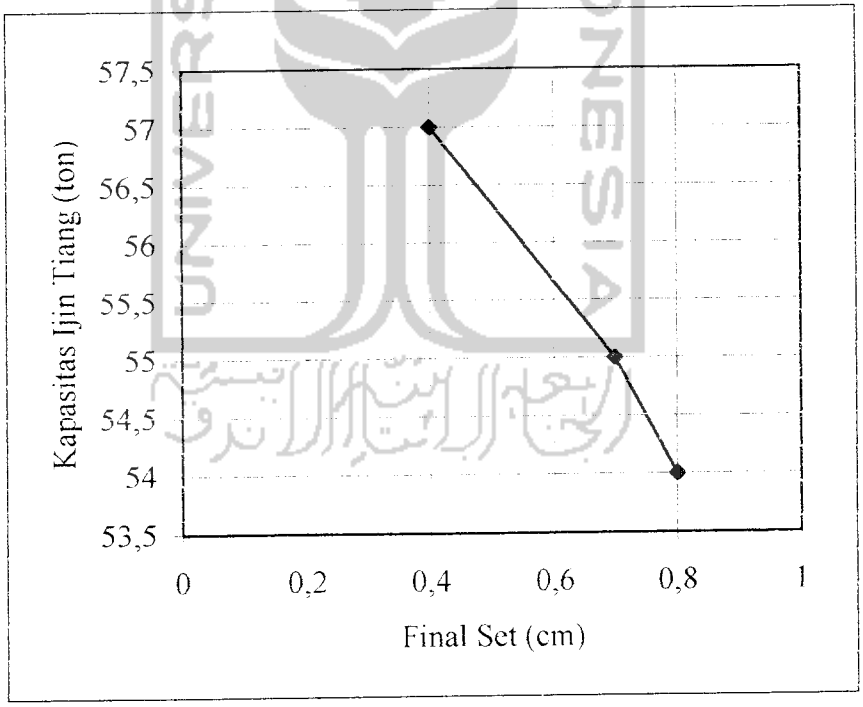
Jumlah Tiang	Panjang Tiang (m)	Final Set (cm)	Kapasitas Ijin Tiang (T)
5	18,5	0,2	59
	19	0,7	55
	17	1,1	52
	17	1,6	48
	18,5	3,1	41



Gambar 41. Grafik hubungan *final set* dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 5

Tabel 44. Kapasitas ijin dari *final set* tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah tiang n = 6

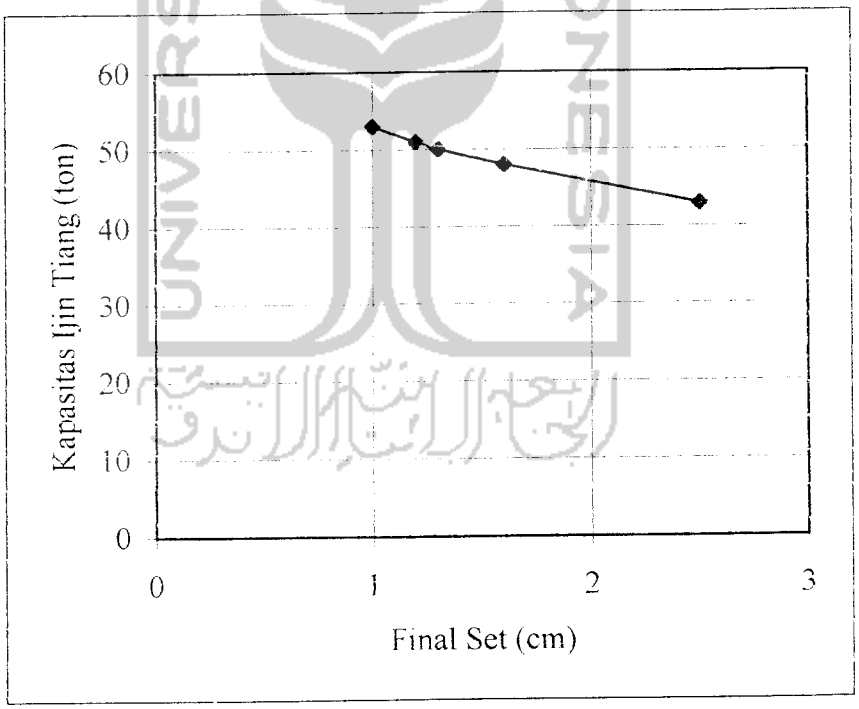
Jumlah Tiang	Panjang Tiang (m)	Final Set (cm)	Kapasitas Ijin Tiang (T)
6	18	0,4	57
	18	0,4	57
	19,5	0,4	57
	18	0,7	55
	18	0,7	55
	19,5	0,8	54



Gambar 42. Grafik hubungan *final set* dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 6

Tabel 45. Kapasitas ijin dari *final set* tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah tiang n = 7

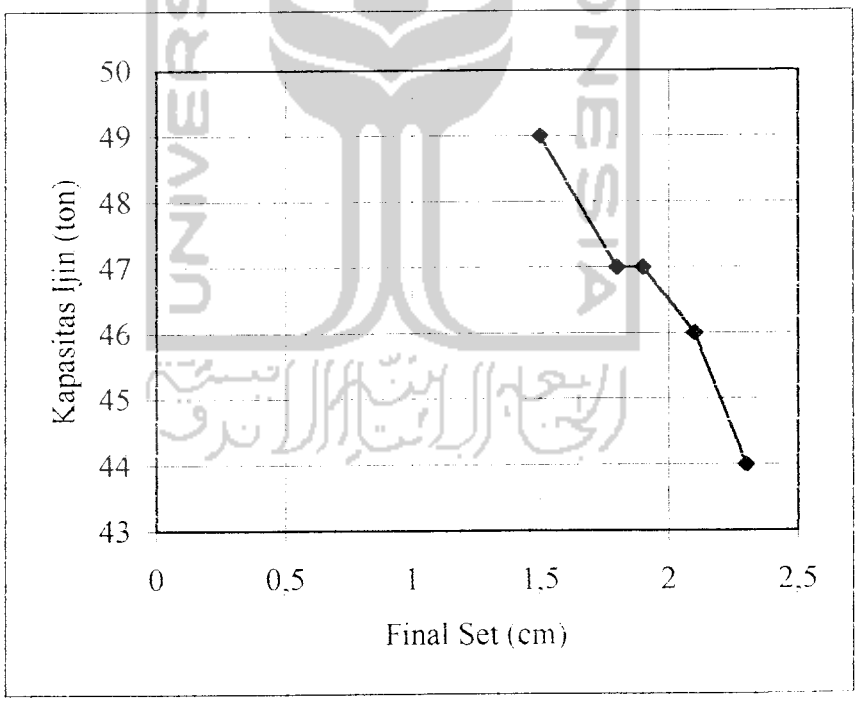
Jumlah Tiang	Panjang Tiang (m)	Final Set (cm)	Kapasitas Ijin Tiang (T)
7	17	1	53
	17,1	1,2	51
	14	1,2	51
	13,7	1,3	50
	11	1,3	50
	13,5	1,6	48
	13,5	2,5	43



Gambar 43. Grafik hubungan *final set* dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 7

Tabel 46. Kapasitas ijin dari *final set* tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah tiang n = 8

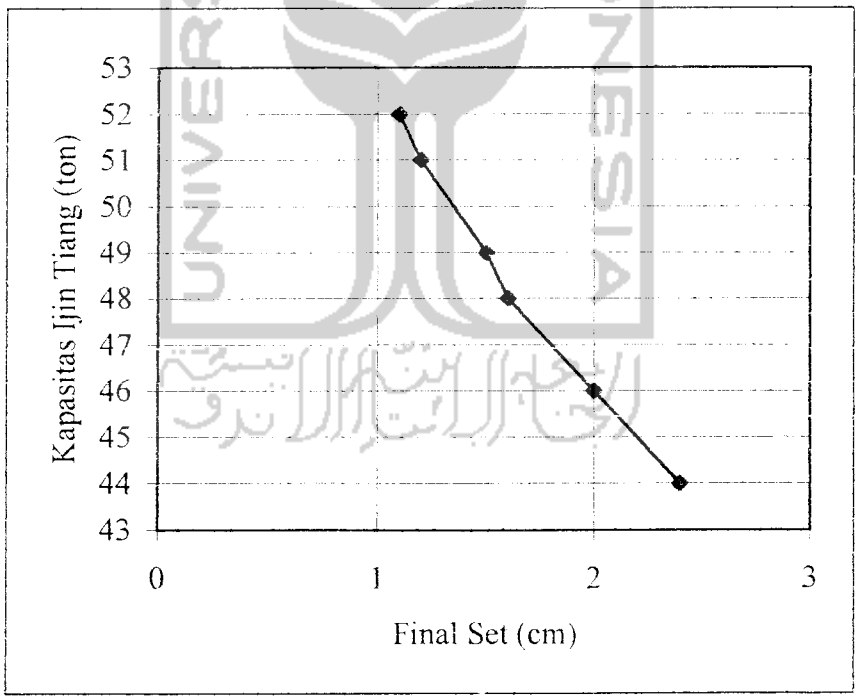
Jumlah Tiang	Panjang Tiang (m)	Final Set (cm)	Kapasitas Ijin Tiang (T)
8	17,3	1,5	49
	18,8	1,8	47
	17,4	1,8	47
	16,5	1,9	47
	17,4	1,9	47
	17,5	1,9	47
	17,5	2,1	46
	17,4	2,3	44



Gambar 44. Grafik hubungan *final set* dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 8

Tabel 47. Kapasitas ijin dari *final set* tiang Mini Franki MF-32 untuk jumlah tiang n = 10

Jumlah Tiang	Panjang Tiang (m)	Final Set (cm)	Kapasitas Ijin Tiang (T)
10	16,8	1,1	52
	13,2	1,1	52
	15,5	1,2	51
	12,7	1,2	51
	16,4	1,5	49
	16,5	1,6	48
	13,5	1,6	48
	12,5	1,6	48
	13,5	2	46
	10,5	2,4	44



Gambar 45. Grafik hubungan *final set* dengan kapasitas ijin tiang untuk jumlah tiang n = 10

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. Daya Dukung dengan Metode Pemancangan Frankipile

Hasil analisis dengan menggunakan metode pemancangan Frankipile menunjukkan bahwa untuk menentukan kapasitas ijin tiang sangat dipengaruhi oleh *final set* yaitu ≤ 3,25 cm. Hasil *final set* dan kapasitas ijin untuk masing-masing tiang Mini Franki MF-32 sangat berfariatif.

Seperti salah satu contoh untuk jumlah tiang 4 *final set* terkecil 0,3 cm dengan kapasitas ijin tiang 58 ton dan *final set* terbesar 0,7 cm dengan kapasitas ijin tiang 55 ton. Nilai daya dukung yang dihasilkan dari metode pemancangan Frankipile, terlihat pada tabel 4.28, gambar 4.13 dan tabel 4.34, gambar 4.19 untuk jumlah tiang n = 4 dapat dicermati :

a. Panjang tiang tidak mempengaruhi hasil daya dukung tiang.
b. Daya dukung yang dihasilkan memiliki kecenderung yang sama, karena selisih *final set* pada masing-masing tiang kecil.
c. Daya dukung yang dihasilkan berkisar antara 40 T – 60 T.
d. Pengambilan *final set* ≤ 3,25 cm digunakan sebagian besar untuk mendapatkan nilai daya dukung ujung tiang (*end bearing*) ≥ 40 T.
e. Semakin besar nilai *final set* maka daya dukung yang dihasilkan semakin kecil.

Daya dukung tiang pancang kelompok Mini Franki MF-32 diperoleh dengan cara menjumlahkan kapasitas ijin masing-masing tiang dalam satu formasi. Untuk jumlah tiang 4 diperoleh nilai daya dukung kelompok sebesar 226 T, begitu juga untuk formasi lainnya.

5.2. Daya Dukung dengan Metode Statis

Daya dukung tiang pancang adalah kumulatif dari gesekan antara selimut tiang dengan tanah (Qs) dan tahanan ujung tiang (Qp). Berdasarkan dari hasil analisis formasi A-4 memiliki gesekan antara selimut tiang dengan tanah Qs = 123,5159 ton lebih dominan dari tahanan ujung tiangnya Qp = 25, 2697 ton, begitu juga untuk formasi lainnya. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa, fondasi tiang pancang yang digunakan termasuk jenis tiang gesekan (*friction pile*).

Analisis daya dukung tiang pancang kelompok dengan metode statis diperhitungkan dengan terlebih dahulu mengetahui kemampuan daya dukung tiang tunggal dan efisiensi kelompok tiang,

Hasil Analisis untuk jumlah tiang 4 dengan panjang tiang dari muka tanah seragam yaitu 12 m diperoleh daya dukung tiang tunggal sebesar 59,5142 T. Efisiensi yang dihasilkan dari formasi A-4 = 0,8750 lebih besar dari formasi B-4 = 0,8434, sehingga daya dukung tiang pancang kelompok yang dihasilkan pada formasi A-4 = 208,2997 T lebih besar dari daya dukung formasi B-4 = 200,8723 T. Besarnya nilai daya dukung kelompok tiang pada formasi A-4 dari formasi B-4 diakibatkan oleh berkurangnya pengaruh *overlapping* daerah tegangan. Semakin besar jarak antara as tiang maka pengaruh *overlapping* akan semakin berkurang, sehingga kontribusi antara tiang juga berkurang. Hal ini menyebabkan efisiensi tiang

bertambah besar dan daya dukung tiang juga bertambah besar. Untuk jumlah tiang lainnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 48. Hasil perhitungan daya dukung kelompok tiang dengan panjang tiang seragam

Jml Tiang (n)	Panjang Tiang (m)	Daya Dukung Ijin					
		Formasi A			Formasi B		
		Tunggal (ton)	Efisiensi	Kelompok (ton)	Tunggal (ton)	Efisiensi	Kelompok (ton)
5	12	59,5142	0,9000	267,8139	59,5142	0,9000	267,8139
6	12,5	64,3715	0,8542	329,9168	64,3715	0,8750	337,9504
7	13,5	69,9395	0,7857	384,6603	69,9395	0,8929	437,1429
8	13,5	69,9395	0,7969	445,8783	69,9395	0,8281	463,3352
10	13	65,9812	0,7375	486,6114	65,9812	0,8250	544,3449

Uraian di atas menunjukkan bahwa untuk jumlah tiang 5 hasil daya dukung pada formasi A sama dengan formasi B. Untuk jumlah tiang 6, 7, 8 dan 10 daya dukung formasi B lebih besar dari formasi A

Demikian juga dengan panjang tiang dari muka tanah bervariasi untuk jumlah tiang 4 hasil daya dukung kelompok pada formasi A lebih besar dari formasi B. Untuk jumlah tiang 5 hasil daya dukung kelompok tiang pada formasi A sama dengan formasi B. Untuk jumlah tiang 6, 7, 8 dan 10 hasil daya dukung kelompok tiang pada formasi B lebih besar dari formasi A.

Hasil analisis dengan metode statis pada formasi A dan formasi B, dengan panjang tiang bervariasi dan yang diseragamkan terdapat selisih nilai daya dukung kelompok tiang yang sama seperti pada tabel berikut :

Tabel 49. Prosentase selisih besarnya daya dukung kelompok tiang formasi A dengan formasi B

Jml. Tiang (n)	Daya Dukung Kelompok Tiang		
	Formasi A (ton)	Formasi B (ton)	% Selisih
4	208,2997	200,8723	3,70
5	267,8139	267,8139	0,00
6	329,9168	337,9504	2,44
7	384,6603	437,1429	13,64
8	445,8783	463,3352	3,92
10	486,6114	544,3449	11,86

Hasil analisis dari kedua metode yang digunakan yaitu metode pemancangan Frankipile dan metode Statis memberikan suatu perbandingan. Metode statis dalam menganalisis kapasitas dukung kelompok tiang akan menghasilkan nilai yang lebih besar dari metode pemancangan Frankipile. Hal ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 50. Persentase selisih besarnya daya dukung kelompok tiang metode statis terhadap metode pemancangan Frankipile

Jumlah Tiang (n)	Formasi A	Daya Dukung Kelompok		% Selisih Daya Dukung
		Metode Statis (T)	Metode Frankipile (T)	
4	A-4	452,4219	226	100,19
5	A-5	600,5961	255	135,53
6	A-6	722,7504	335	115,75
7	A-7	428,0637	346	23,72
8	A-8	688,2461	374	84,02
10	A-10	567,5179	489	16,06

Hasil analisis menunjukkan bahwa formasi tiang dan panjang tiang yang digunakan mempengaruhi efisiensi kelompok tiang dan daya dukung kelompok tiang. Semakin besar efisiensi kelompok tiang maka daya dukung kelompok tiang yang dihasilkan juga akan bertambah besar. Sedangkan panjang tiang yang digunakan adalah panjang tiang seragam akan lebih optimal dan efisien dari panjang yang bervariasi dari muka tanah. Hal ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 51. Efisiensi panjang tiang dari muka tanah

Jml. Tiang (n)	No Tiang	Panjang Tiang Bervariasi (m)	Panjang Tiang Seragam (m) Formasi A dan Formasi B (m)	Efisiensi Panjang Tiang (m)
4	207	17	12	5,0
	208	16,5	12	4,5
	209	17,3	12	5,3
	210	19,7	12	7,7
5	218	18,5	12	6,5
	219	17	12	5,0
	220	19	12	7,0
	221	18,5	12	6,5
	222	17	12	5
6	201	18	12,5	5,5
	202	18	12,5	5,5
	203	18	12,5	5,5
	204	18	12,5	5,5
	205	19,5	12,5	7,0
	206	19,5	12,5	7,0

Lanjutan Tabel 51.

Jml. Tiang (n)	No Tiang	Panjang Tiang Bervariasi (m)	Panjang Tiang Seragam (m)	
			Formasi A dan Formasi B (m)	Efisiensi Panjang Tiang (m)
7	292	13,7	13,5	0,2
	293	13,5	13,5	0,2
	294	17,1	13,5	3,6
	295	13,5	13,5	0,0
	296	14	13,5	0,5
	297	11	13,5	-
	298	17	13,5	3,5
8	129	18,5	13,5	5,0
	130	17,4	13,5	3,9
	131	16,5	13,5	3,0
	132	17,4	13,5	3,9
	133	17,5	13,5	4,0
	134	17,3	13,5	3,8
	135	17,4	13,5	3,9
	136	17,5	13,5	4,0
10	234	16,8	13	3,8
	235	15,5	13	2,5
	236	13,7	13	0,7
	237	13,5	13	0,5
	238	16,4	13	3,4
	239	16,5	13	3,5
	240	12,7	13	-
	241	13,5	13	0,5
	242	12,5	13	-
	243	10,5	13	-

Efisiensi tiang pancang adalah perbandingan antara kapasitas kelompok tiang terhadap kapasitas masing-masing tiang. Efisiensi merupakan nilai yang menunjukkan seberapa besar sebuah tiang pancang dapat dimanfaatkan secara optimal. Nilai efisiensi tergantung pada formasi tiang, diameter tiang, jarak antara as tiang dan jumlah tiang yang digunakan. Hasil analisis yang menggunakan metode Fled menunjukkan bahwa kapasitas fondasi individual tiang berkurang sebesar 1 / 16 akibat adanya tiang yang berdampingan baik dalam arah lurus maupun dalam arah diagonal.

Tabel 52. Efisiensi kelompok tiang pancang berdasarkan metode Fled

Jml Tiang (n)	**Efisiensi Kelompok Tiang**	
	Formasi A	**Formasi B**
4	$\frac{4.(14/16)}{4} = 0{,}8750$	$\frac{2.(13/16)+2.(14/16)}{4} = 0{,}8438$
5	$\frac{4.(15/16)+(12/16)}{5} = 0{,}900$	$\frac{4.(15/16)+(12/16)}{5} = 0{,}900$
6	$\frac{2.(13/16)+4.(14/16)}{6} = 0{,}8542$	$\frac{6.(14/16)}{6} = 0{,}8750$
7	$\frac{6.(13/16)+.(10/16)}{7} = 0{,}7857$	$\frac{2.(13/16)+(14/16)+4.(15/16)}{7} = 0{,}8929$
8	$\frac{2.(11/16)+2.(12/16)+4.(14/16)}{8} = 0{,}7969$	$\frac{2.(12/16)+2.(13/16)+4.(14/16)}{8} = 0{,}8281$
10	$\frac{2.(8/16)+2.(12/16)+6.(13/16)}{10} = 0{,}7375$	$\frac{2.(12/16)+4.(13/16)+4.(14/16)}{10} = 0{,}8250$

Besarnya penurunan fondasi tiang pancang kelompok dipengaruhi oleh karakteristik tanah, bentuk formasi, panjang tiang yang tertanam dari muka tanah, beban yang bekerja pada fondasi dan lebar kelompok pada formasi.

Hasil analisis untuk jumlah tiang 4 dengan panjang tiang seragam dari muka tanah 12 m, lebar kelompok tiang pada formasi A dan formasi B adalah 0,80 m pada kondisi tanah *non kohesif*, diperoleh penurunan pada formasi A sebesar 0,0457 m dengan beban rencana 169,5690 ton lebih besar dari penurunan formasi B sebesar 0,0339 m dengan beban rencana 167,8816 ton.

Untuk jumlah tiang 5 dengan panjang tiang seragam dari muka tanah 12 m, lebar kelompok tiang pada formasi A adalah 1,130 m dan formasi B adalah 1,60 m pada kondisi tanah *non kohesif*, diperoleh penurunan pada formasi A sebesar 0,0569 m dengan beban rencana 189,1066 ton lebih kecil dari penurunan formasi B sebesar 0,0678 m dengan beban rencana 189,5351 ton.

Untuk jumlah tiang 4 dengan panjang tiang bervariasi dari muka tanah dan lebar kelompok tiang pada formasi A dan formasi B adalah 0,80 m pada kondisi tanah *non kohesif*, diperoleh penurunan pada formasi A sebesar 0,0789 m dengan beban rencana 194,4704 ton lebih besar dari penurunan formasi B sebesar 0,0769 m dengan beban rencana 170,8248 ton.

Untuk jumlah tiang 5 dengan panjang tiang bervariasi dari muka tanah dan lebar kelompok tiang pada formasi A adalah 1,130 m dan formasi B adalah 1,60 m pada kondisi tanah *non kohesif*, diperoleh penurunan pada formasi A sebesar 0,0969 m dengan beban rencana 192,2491 ton lebih kecil dari penurunan formasi B sebesar 0,1153 m dengan beban rencana 192,4615 ton.

Umumnya fondasi tiang yang dipancang pada tanah pasir karena efek pemancangannya akan memadatkan tanah disekitarnya sehingga kepadatan tanah dan penurunan yang terjadi tidak seragam. Oleh karena itu penyatuan fondasi tiang dengan *pile cap* akan menghasilkan suatu penurunan yang seragam. Penurunan kelompok tiang umumnya akan lebih besar daripada tiang tunggal karena pengaruh tegangan pada daerah yang lebih luas dan lebih dalam.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

a. Daya dukung yang dihasilkan pada metode statis lebih besar dari metode pemancangan Frankipile. Hal ini disebabkan oleh pengambilan faktor keamanan yang terlalu besar pada metode pemancangan Frankipile (dinamik).

b. Daya dukung yang dihasilkan pada metode pemancangan Frankipile (dinamik) sangat dipengaruhi oleh penentuan *final set*

c. Metode statis yang digunakan dalam menganalisis daya dukung fondasi tiang pancang kelompok Mini Franki MF-32, menunjukkan nilai daya dukung yang lebih besar dari metode yang digunakan oleh Frankipile yaitu metode dinamik.

d. Hasil analisis menunjukkan kesesuai dengan hipotesis, sehingga hipotesis dapat diterima.

e. Metode statis yang digunakan dalam menganalisis daya dukung fondasi tiang pancang kelompok Mini Franki MF-32, menunjukkan panjang tiang bervariasi dapat diefisiensikan dengan menggunakan panjang tiang yang diseragamkan dari muka tanah.

f. Hasil analisis metode statis untuk jumlah tiang 4 dan 5 dengan panjang tiang bervariasi dan yang diseragamkan, menunjukkan formasi A lebih optimal dan efisien untuk digunakan sebagai fondasi kelompok tiang.

g. Hasil analisis metode statis untuk jumlah tiang 6, 7, 8 dan 10 dengan panjang tiang bervariasi dan yang diseragamkan menunjukkan, formasi B lebih optimal dan efisien untuk digunakan sebagai fondasi kelompok tiang.

6.2. Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang formasi tiang pancang kelompok dengan formasi yang lebih variatif, sehingga dapat ditemukan formasi fondasi tiang pancang kelompok yang optimal.
2. Analisis penurunan tiang pancang kelompok dalam waktu panjang akibat konsolidasi tanah.
3. Analisis tiang pancang kelompok dengan variasi bentuk dan diameter tiang yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

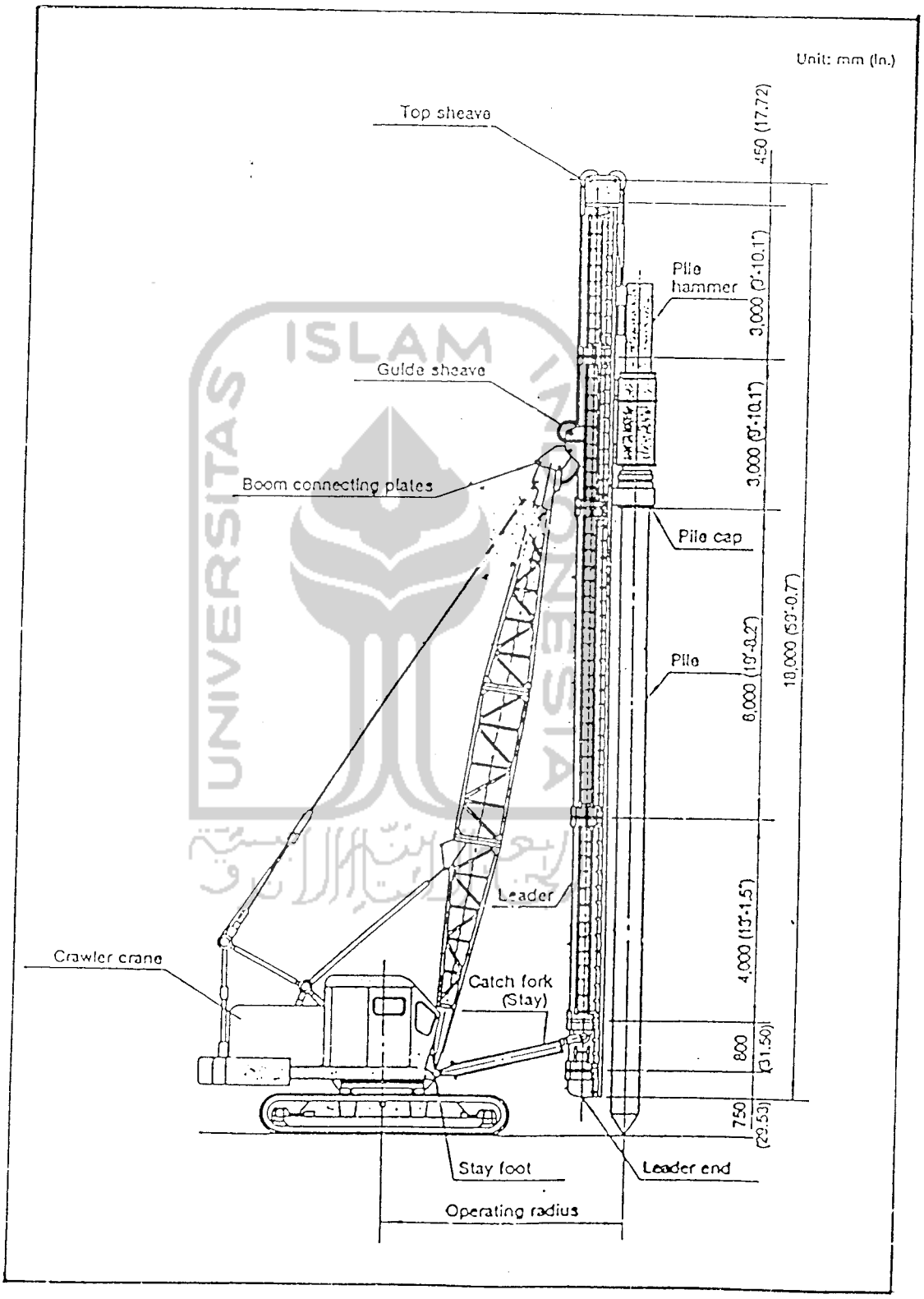
1. Bowles, J.E ,1991, ***"Foundation Analysis and Design"*** ,Mc Graw Hill.
2. Meyerhoff, G.G ,1976, ***"Bearing Capasity and Settlement of Pile Foundations"*** ,Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, vol.102.no.GT-3.
3. Poulos, H.G and Davis, E.H ,1980, ***"Pile Foundations in Engineering Practice"*** ,John Wiley & Sons.
4. Vesic, A.S ,1977, ***"Design of Pile Foundations"***, NCHRP Synthesis of Practice, no.42. Transportation Research Board, Washington, DC.
5. Rahardjo, P.P ,1995, **"Daya Dukung Aksial dan Penurunan Kelompok Tiang"** ,Publikasi GEC, Unpar.
6. Sarjono, 1991, **"Fondasi Tiang Pancang"** , Sinar Wijaya, Surabaya.
7. Sosrodarsono, S dan Nakazawa, K ,1994, **"Mekanikan Tanah dan Teknik Fondasi"**, Pradnya Paramita, Jakarta.
8. Wesley, L.D ,1977, **"Mekanika Tanah"** , Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
9. Suryolelono, K.B ,1994, **"Teknik Fondasi I dan II"** , Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
10. PT. Frankipile Indonesia, *An Australian-Indonesian Joint Enterprise and a member of the Franki International Group* **"Tiang Mini Franki MF-28 dan MF-32"**, brosur PT. Frankipile Indonesia.

11. Rahardjo, P.P ,_____, **"Manual Fondasi Tiang"** , ISBN 979-95267-0-1, Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

12. Coduto, D.P., 1984, ***"Foundation Design Principles and Practices"***, Prentice Hall, Englewood, N.J., 07632.

Rig Pancang

Dengan Diesel Hammer



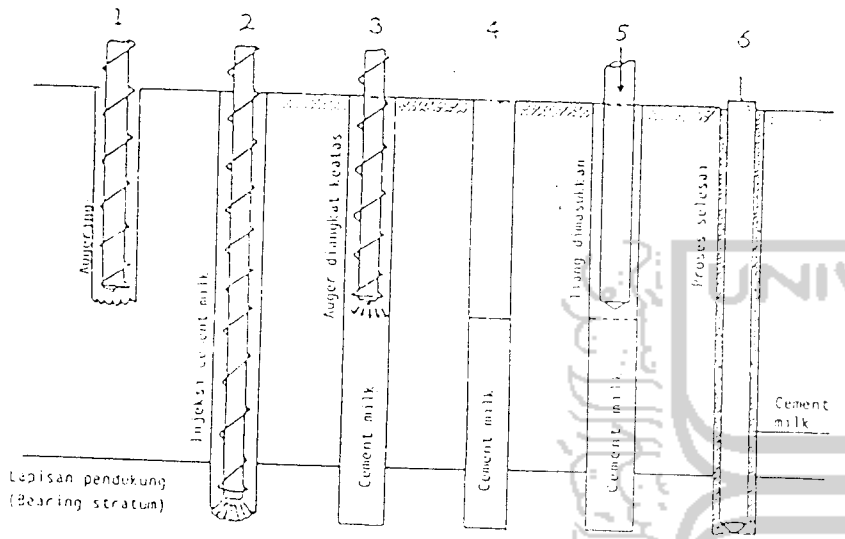
BSP 357 Hydraulic Hammer melengkapi armada

IHI

P.T. PAKUBUMI SEMESTA



A. Preboring dengan cement milk

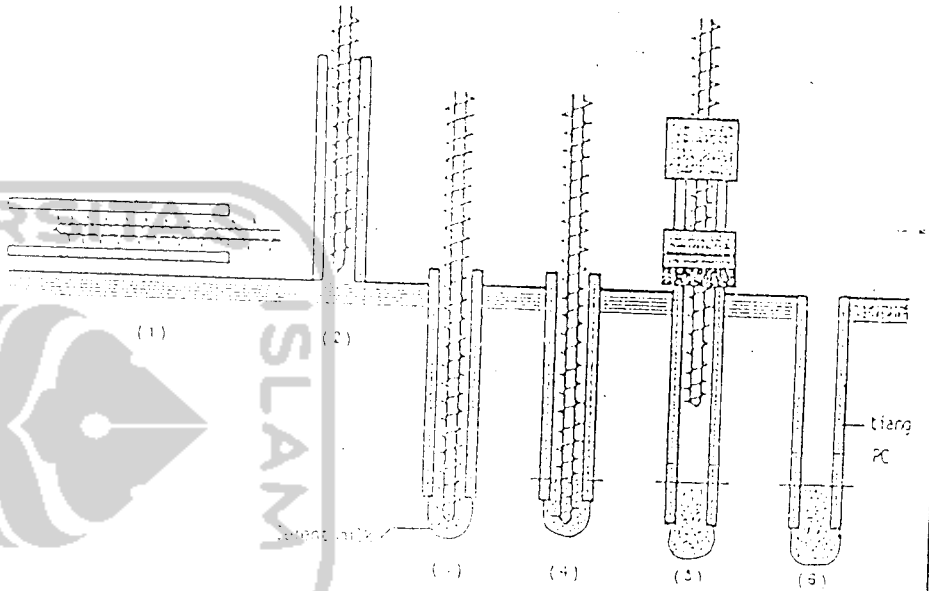


KETERANGAN

1. Pengeboran (augering) dilakukan sampai lapisan pendukung (bearing stratum).
2. Setelah mencapai lapisan pendukung, lewat ujung auger diinjeksi cement milk.
3. Angkat auger perlahan-lahan sambil pengisian semen milk sampai selesai.
4. Lubang bor telah terisi dengan cement milk.
5. Tiang PC dimasukkan kedalam lubang.
6. Tiang dimasukkan sampai ke dasar lubang dan cement milk mengisi ruangan antara tiang dengan dinding lubang bor.

PT. Pakubumi Semesta

B. Center Boring Method (CBM)



KETERANGAN

1. Auger spiral dimasukkan kedalam tiang.
2. Tiang diangkat dan diposisikan vertikal.
3. Setelah ujung tiang mencapai kedalaman yang ditentukan, cement milk diinjeksi lewat ujung auger spiral.
4. Auger spiral diputar terus sehingga cement milk bersatu dengan tanah menjadi soil cement.
5. Auger spiral diangkat perlahan-lahan, kemudian tiang ditekan.
6. Pemasangan tiang PC selesai.

PT. Pakubumi Semesta

Lampiran 3

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Down To Hole (DTH) Hammer

ATLAS COPCO

Challenger 11

DOWN HOLE HAMMER

Features:

- Valveless down hole hammer design
- 1150 blows per minute at 200 P.S.I.
- Designed to operate at pressures to 250 P.S.I.
- Special chuck design to reduce torque on bit
- Suitable for drilling holes from 11" to 17½" in diameter
- Recommended for any hard rock application
- Suitable for drilling oil & gas wells, water wells, piling holes, elevator shaft holes and other construction jobs where large volume rock excavation is required.

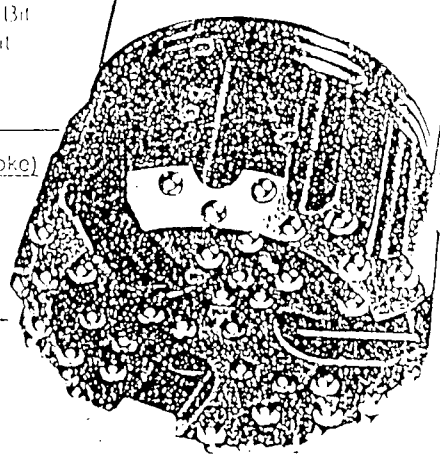
Specifications:

10½"	Diameter
8⅛"	Cylinder Bore
5"	Stroke
1170 lbs.	(Hammer only)
71½"	Hammer Length w/o Bit
80½"	Hammer Length w/Bit
6⅝"	A.P.I. Reg. Threads

Air Consumption:

P.S.I.	C.F.M. (with solid choke)
125	1125
150	1400
200	2100
250	2900

ATLAS COPCO CHALLENGER 11



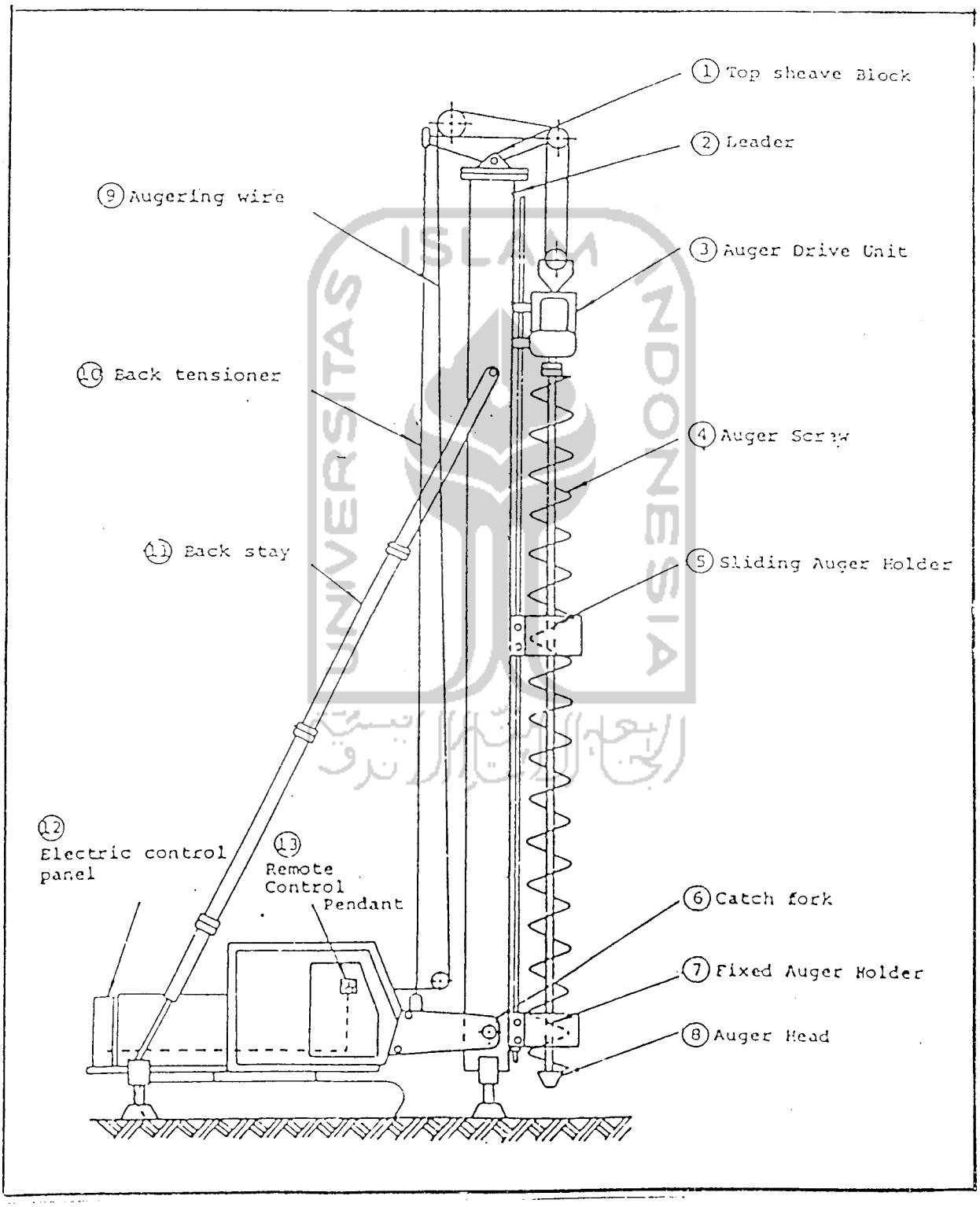
ATLAS COPCO

THOMPSON, CT 06277
TEL. (203) 923-9551
TELEX 927560
FAX (203) 923-2617

MADE IN U.S.A.

Rig Auger

Dengan Continuous Auger Flight



SOIL MECHANICS LABORATORY - CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT - GADJAH MADA UNIVERSITY - YOGYAKARTA

SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULTS

Project : Pembangunan Gedung Perpustakaan
Location : Kampus Terpadu UMY, Jl. Ring Road Selatan, Yogyakarta

Made by : gde
Checked by : ada

Boring No	Depth m	Bulk density, ρ_b g/cm^3	Dry density, ρ_d g/cm^3	Moisture content w_N, %	Specific Gravity G_s	Void Ratio e	Degree of Saturation S_r, %	Finer # 200 %	Coef. of gradation			Strength Parameters *	
									Cz	Cu	Symbol	c kg/cm^2	φ °
B1 (SB 7)	2.50 - 3.00	1.91	1.66	15.23	2.92	0.76	58.39	1.49	1.27	4.35	SW - SP	0.04	40.36
B2 (SB 5)	1.00 - 1.80	2.16	1.89	14.33	2.86	0.51	79.76	7.97	0.95	9.54	SW - SM	0.00	37.23
	3.50 - 5.00	2.03	1.76	15.27	2.85	0.62	70.38	2.59	1.03	8.52	SW - SP	0.00	37.23
B3A (SB 1)	2.20 - 3.00	1.88	1.50	25.61	2.74	0.83	84.47	25.06	-	-	SM -SC	0.01	40.03
	3.50 -4.20	1.87	1.42	31.79	2.67	0.88	96.27	62.5	-	-	ML - CL	0.04	39.35
B4 (SB 3)	1.00 - 2.00	2.16	1.84	17.23	2.85	0.55	89.81	3.40	1.01	6.88	SW - SP	0.00	37.23
	3.50 - 5.00	2.03	1.67	21.26	2.87	0.71	85.41	1.48	1.14	5.59	SW - SP	0.00	36.87
B5 (SB 9)	2.00 - 3.00	2.05	1.76	16.56	2.86	0.63	75.64	0.12	1.31	3.85	SW - SP	0.00	40.70
	4.00 - 5.00	1.91	1.67	14.24	2.84	0.70	57.89	8.21	1.42	4.83	SW - SM	0.02	40.36
B6	2.20 - 3.00	2.00	1.64	21.91	2.85	0.74	84.70	1.20	1.20	3.61	SW - SP	0.02	39.35
	4.00 - 5.00	1.93	1.61	20.00	2.81	0.75	75.22	1.09	1.09	3.35	SW - SP	0.04	40.36

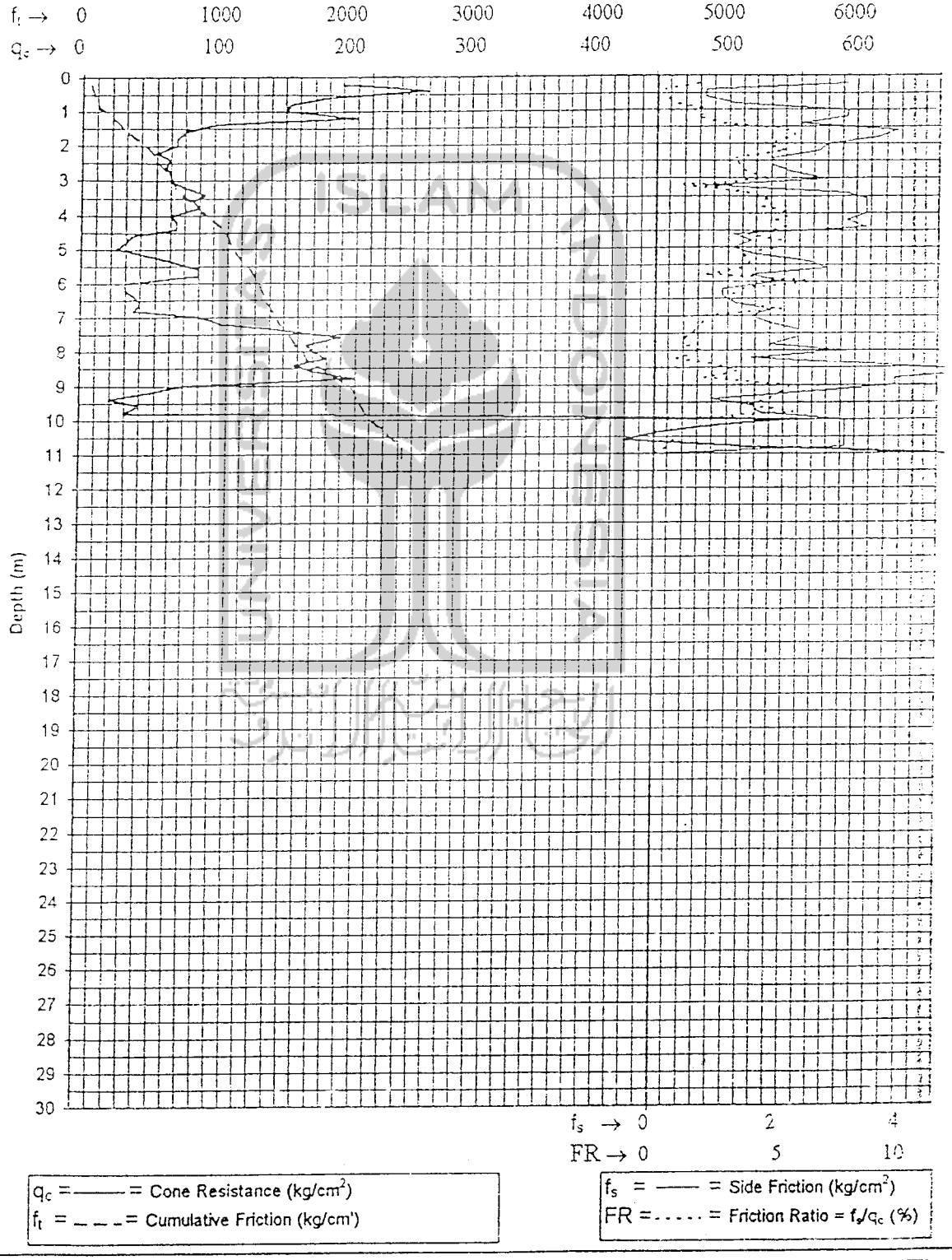
Note :
* = from direct shear test

Lampiran 7

CONE PENETRATION TEST (10 TON)

Project : Pembangunan Gedung Perpustakaan
Location : Kampus Terpadu UMY
Test no. : SB 1
Elevation : + 97.670 m

Weather : Sunny
Date : 11 September 1998
Tested by : Kasih W



q_c = ——— = Cone Resistance (kg/cm^2)
f_t = _ _ _ = Cumulative Friction (kg/cm')

f_s = ——— = Side Friction (kg/cm^2)
FR = ... = Friction Ratio = f_s/q_c (%)

BORE-HOLE LOG
(HAND AUGER)

Test point no. : B3 A (SB1)
Project : Pembangunan Gedung Perpustakaan
Location : Kampus Terpadu UMY

Elevation : + 97.670 m
Date : 19-Sep-98
Made by : Kwo

Scale (m)	Depth (m)	Log	Description of Soil	Sample	Water Table (m)	Note
1.00	1.50		Pasir sedang sedikit berlanau berkerikil,coklat (urug)		-0.70 m	Elevasi muka air - 0.70 m di bawah muka tanah
2.00	2.60		Pasir sedang, kasar berkerikil, coklat abu-abu			
3.00	3.50		Pasir halus, sedang berlanau, coklat			
4.00	5.00		Pasir halus berlanau , coklat			
5.00			Akhir Pemboran			
6.00						
7.00						
8.00						

DIRECT SHEAR TEST

Project : Gedung Perpustakaan
Location : Kampus Terpadu UMY
Test point : B 3A (SB 1)

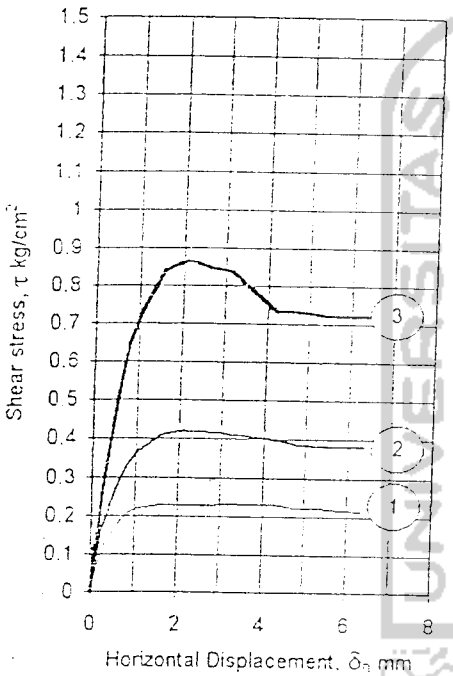
Depth : 2.20 - 3.00 m
Date : 21 September 1998
Made by : Kasih W

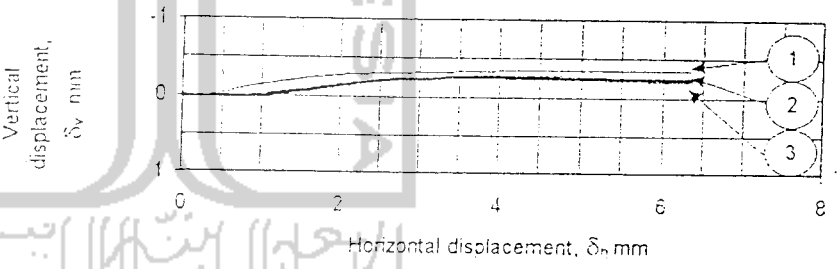
Description of soil : *Pasir halus-sedang, berlanau*

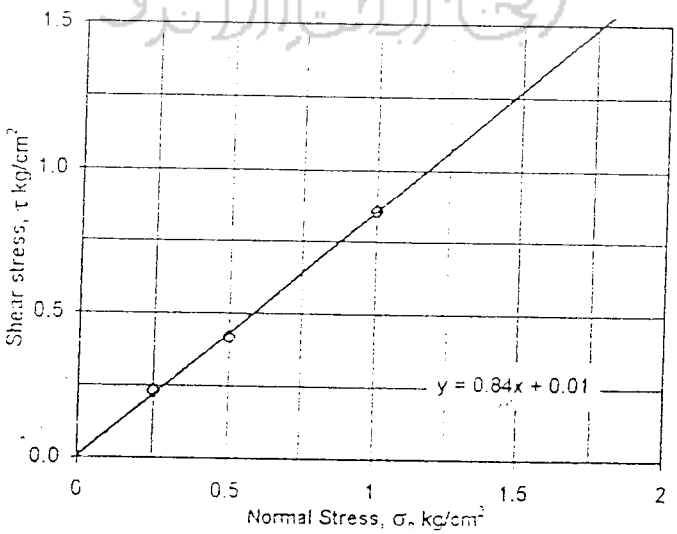
Dimensions of sample :

Diameter	=	6.35	cm
Area	=	31.65	cm^2
Ht.	=	2.00	cm
Volume	=	63.31	cm^3

Specimen no.		1	2	3
Mass of soil + ring	gr	263.85	205.50	208.40
Mass of ring	gr	145.70	86.70	88.93
Mass of soil	gr	118.15	118.80	119.47
Initial water content	w_o (%)		25.61	
Bulk density	γ_b (gr/cm^3)	1.87	1.88	1.89
Dry density	γ_d (gr/cm^3)	1.87	1.88	1.89
Final water content	w_c (%)			
Normal stress	σ_n (kg/cm^2)	0.25	0.50	1.00
Shear stress at failure	τ_f (kg/cm^2)	0.23	0.42	0.86
Shear displacement at failure	δ_h (%)	5.01	3.34	3.34







Angle of Internal Friction	ϕ	=	40.03 °
Cohesion	c	=	0.01 kg/cm^2

DIRECT SHEAR TEST

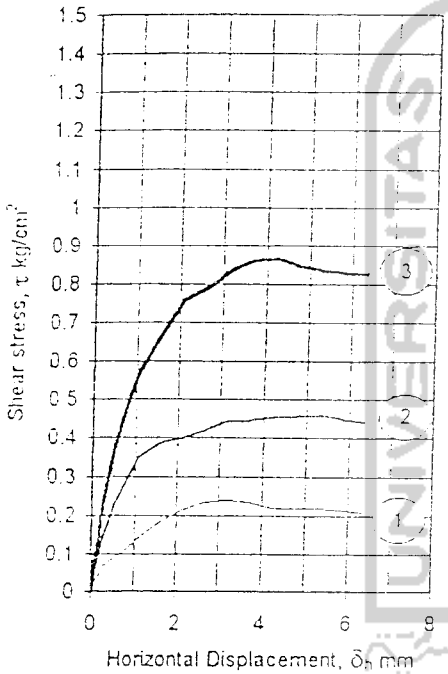
Project	: Gedung Perpustakaan	Depth	: 3.50 - 4.20 m
Location	: Kampus Terpadu UMY	Date	: 22 September 1998
Test point	: B 3A (SB 1)	Made by	: Ponimin

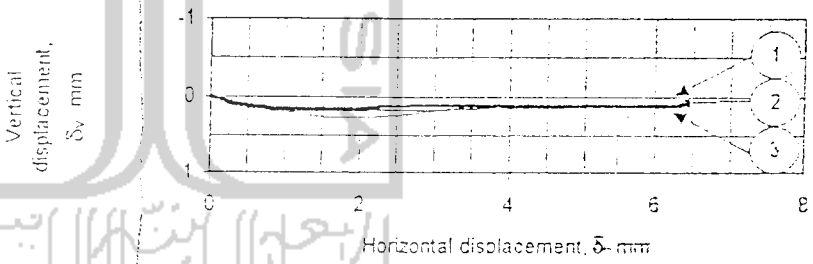
Description of soil : _____

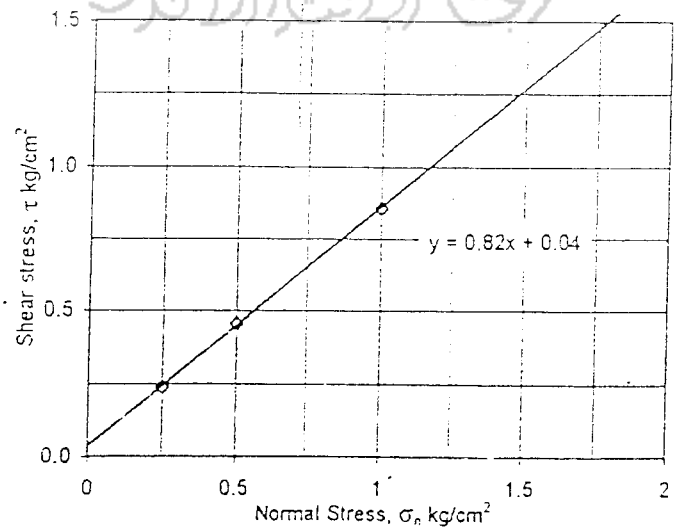
Dimensions of sample :

Diameter = 6.35 cm
Area = 31.65 cm^2
Ht. = 2.00 cm
Volume = 63.31 cm^3

Specimen no.		1	2	3
Mass of soil + ring	gr	261.70	285.50	287.00
Mass of ring	gr	144.24	86.70	88.93
Mass of soil	gr	117.46	118.80	118.07
Initial water content	w_1 (%)		31.79	
Bulk density	γ_b (gr/cm^3)	1.86	1.88	1.87
Dry density	γ_d (gr/cm^3)	1.41	1.42	1.42
Final water content	w_2 (%)			
Normal stress	σ_n (kg/cm^2)	0.25	0.50	1.00
Shear stress at failure	τ (kg/cm^2)	0.24	0.46	0.86
Shear displacement at failure	δ_h (%)	5.01	8.35	6.68







Angle of Internal Friction	ϕ	=	39.35 °
Cohesion	c	=	0.04 kg/cm^2

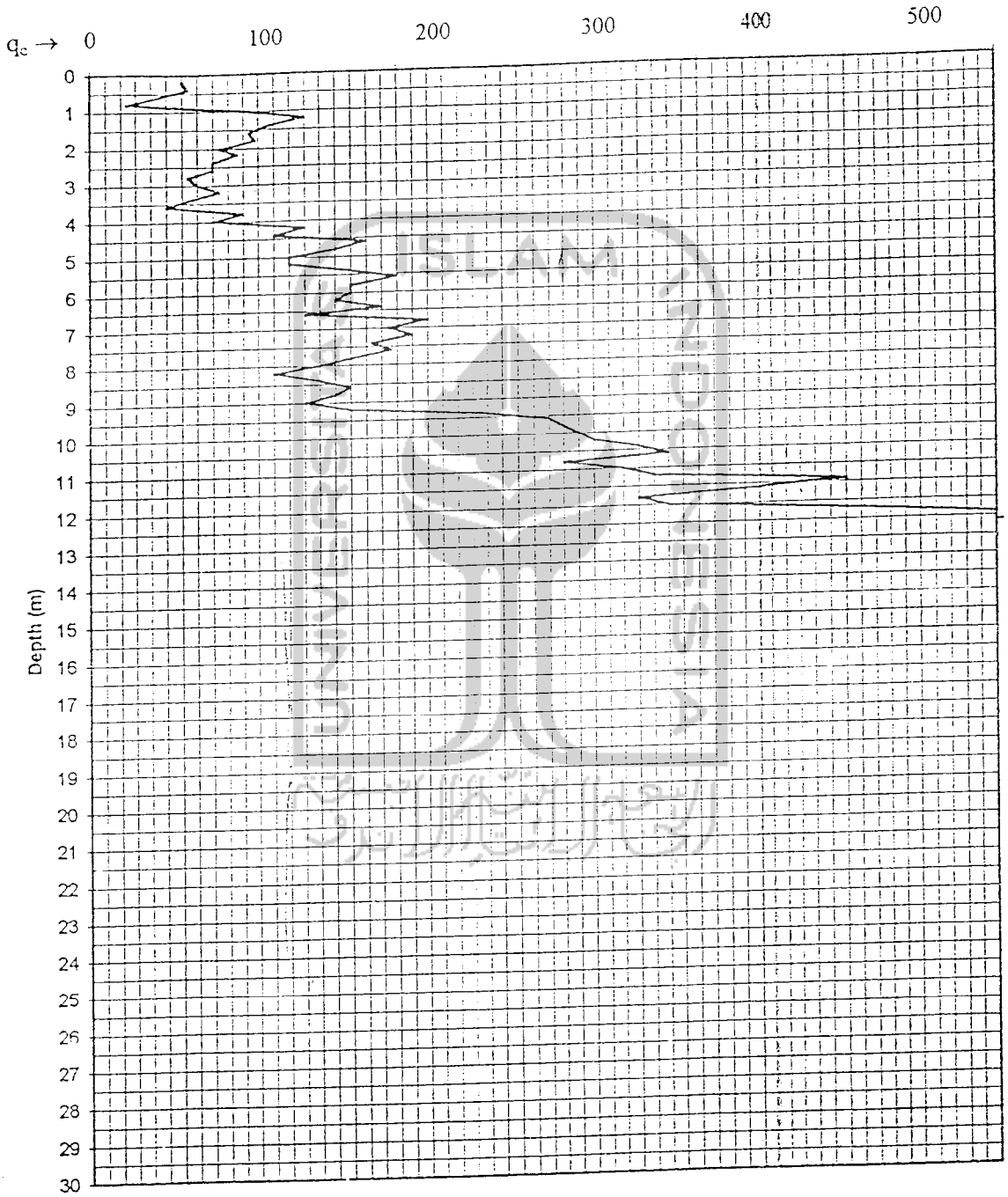
333-350.XLS

Lampiran 12

CONE PENETRATION TEST (10 TON)

Project : Pembangunan Gedung Perpustakaan
Location : Kampus Terpadu UMY
Test no. : SB 5 (tengah)
Elevation : + 97.451 m

Weather : Sunny
Date : 10 September 1998
Tested by : Kwo



q_c = ____ = Cone Resistance (kg/cm^2)

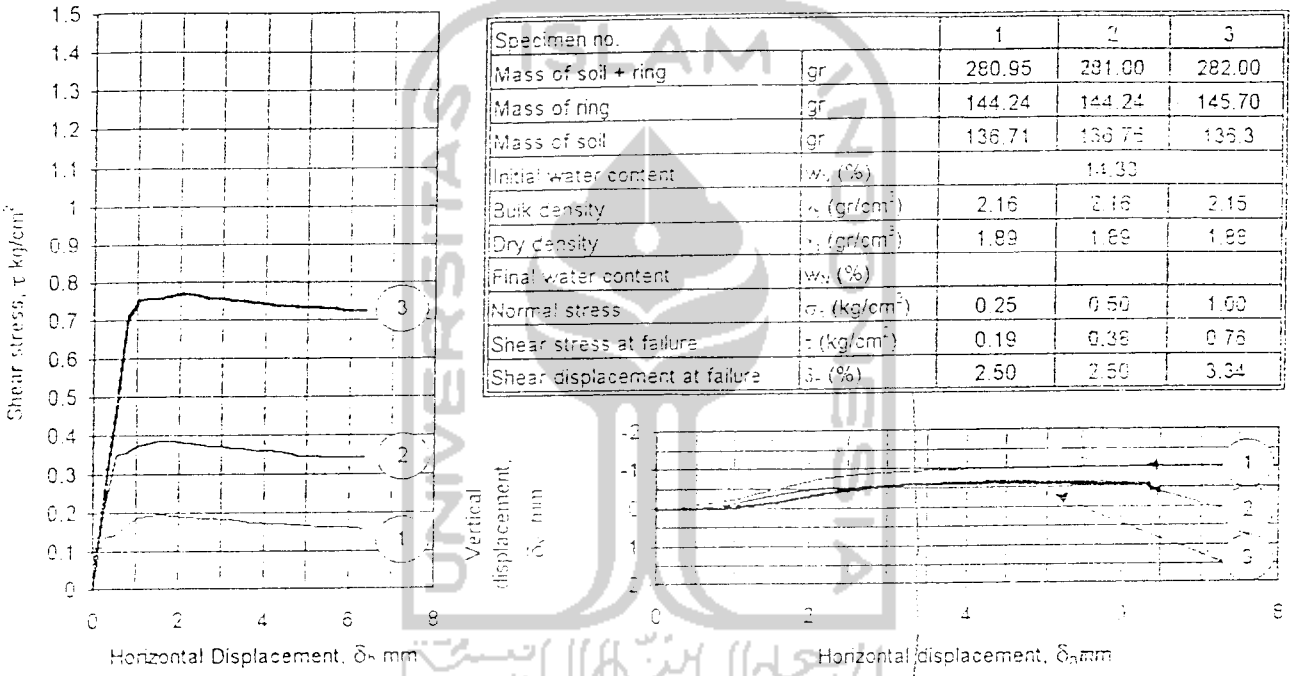
DIRECT SHEAR TEST

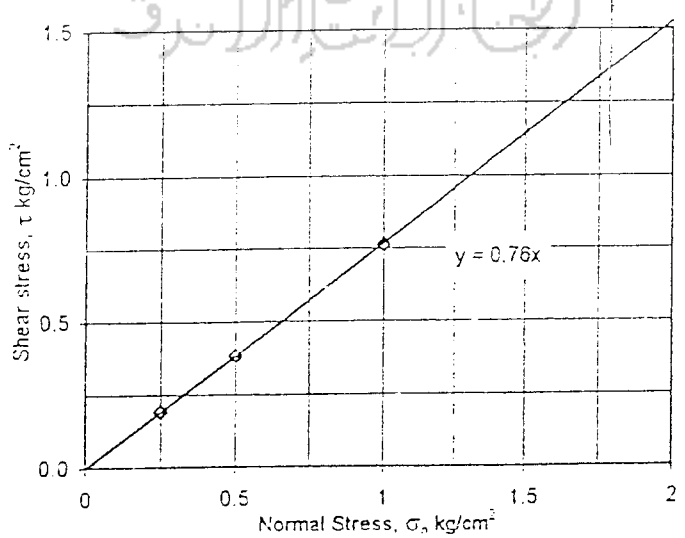
Project : Gedung Perpustakaan
Location : Kampus Terpadu UMY
Test point : B 2 (SB 5)

Depth : 1.00 - 1.60 m
Date : 21 September 1998
Made by : Kasih W

Description of soil : *Pasir sedang, berlanau, coklat*
Dimensions of sample :
Diameter = 6.35 cm
Area = 31.65 cm^2
Ht. = 2.00 cm
Volume = 63.31 cm^3

Specimen no.		1	2	3
Mass of soil + ring	gr	280.95	281.00	282.00
Mass of ring	gr	144.24	144.24	145.70
Mass of soil	gr	136.71	136.76	136.3
Initial water content	w_o (%)		14.33	
Bulk density	γ_b (gr/cm^3)	2.16	2.16	2.15
Dry density	γ_d (gr/cm^3)	1.89	1.89	1.88
Final water content	w_f (%)			
Normal stress	σ (kg/cm^2)	0.25	0.50	1.00
Shear stress at failure	τ (kg/cm^2)	0.19	0.38	0.76
Shear displacement at failure	δ_f (%)	2.50	2.50	3.34





Angle of Internal Friction	φ	=	37.23 °
Cohesion	c	=	0.00 kg/cm^2

DAFTAR PANJANG TIANG

Lampiran 16

PROYEK : PEMBANGUNAN GEDUNG PERPUSTAKAAN KAMPUS TERPADU UMY
PEKERJAAN : PEMANCANGAN TIANG PANCANG MINI
LOKASI : JL. LINGKAR SELATAN, TAMANTIRTO, KASIHAN, BANTUL, YOGYAKARTA
KONTRAK : No. 689/TPK-UMY/XI/1998 Tanggal 16 November 1998
PEKERJAAN DIMULAI TANGGAL : 23 NOVEMBER 1998
PEKERJAAN SELESAI TANGGAL : 22 DESEMBER 1998
RENCANA WAKTU PELAKSANAAN : 27 HARI KALENDER
REALISASI WAKTU PELAKSANAAN : 30 HARI KALENDER

No. Tiang	Panjang di bawah muka tanah (m)	Panjang diperhitungkan (m)
1	17.00	18.00
2	17.00	18.00
3	16.80	18.00
4	11.00	12.00
5	10.80	12.00
6	11.00	12.00
7	11.20	12.00
8	11.00	12.00
9	11.00	12.00
10	11.25	12.00
11	11.00	12.00
12	11.40	12.00
13	11.00	12.00
14	10.90	12.00
15	10.80	12.00
16	17.50	18.00
17	16.90	18.00
18	16.80	18.00
19	16.60	18.00
20A	16.80	18.00
21	20.00	21.00
22	16.80	18.00
23	17.80	18.00
24	16.80	18.00
25	16.75	24.00
26	22.00	18.00
27	17.00	18.00
28	16.75	18.00
29	17.00	18.00
30	17.00	18.00
31	17.00	12.00
32	10.80	12.00
33	11.00	12.00
34	10.60	12.00
35	10.60	12.00
36	11.00	18.00
37	16.80	12.00
38	11.25	12.00
39	10.75	12.00
40	10.75	12.00
41	11.00	12.00
42	10.90	12.00
43	11.20	12.00
44	10.75	12.00
45	10.60	

No. Tiang	Panjang di bawah muka tanah (m)	Panjang diperhitungkan (m)
46	10.50	12.00
47	10.40	12.00
48	10.50	12.00
49	10.60	12.00
50	11.00	12.00
51	10.80	12.00
52	11.40	12.00
53	11.00	12.00
54	11.10	12.00
55	17.00	18.00
56	17.00	18.00
57	17.00	18.00
58	16.50	18.00
59	16.80	18.00
60	21.50	24.00
61	17.10	18.00
62	17.00	18.00
63	16.80	18.00
64	16.80	18.00
65	16.90	18.00
66	16.60	18.00
67	16.80	18.00
68	17.00	18.00
69	17.00	18.00
70	17.50	18.00
71	17.50	18.00
72	17.00	18.00
73	17.80	18.00
74	16.80	18.00
75	28.50	30.00
76	16.50	18.00
77	16.80	18.00
78	10.50	12.00
79	16.80	18.00
80	16.50	18.00
81	16.50	18.00
82	16.50	18.00
83	22.50	24.00
84	16.50	18.00
85	12.80	15.00
86	10.00	12.00
87	17.00	18.00
88	16.00	18.00
89	17.25	18.00
90	16.60	18.00

No. Tiang	muka tanah (m)	diperhitungkan (m)
91	16.50	18.00
92	17.00	18.00
93	16.60	18.00
94	17.00	18.00
95	17.40	18.00
96	16.40	18.00
97	16.40	18.00
98	13.00	15.00
99	16.25	18.00
100	16.60	18.00
101	17.00	18.00
102	12.50	15.00
103	16.40	18.00
104	17.00	18.00
105	16.50	18.00
106	16.60	18.00
107	16.90	18.00
108	17.00	18.00
109	17.00	18.00
110	11.00	12.00
111	11.50	12.00
112	19.00	21.00
113	18.00	18.00
114	19.60	21.00
115	19.00	21.00
116	16.50	18.00
117	16.60	18.00
118	17.00	18.00
119	17.00	18.00
120	17.00	18.00
121	17.10	18.00
122	17.00	18.00
123	16.90	18.00
124	16.75	18.00
125	17.00	18.00
126	17.00	18.00
127	17.00	18.00
128	17.00	18.00
129	18.80	21.00
130	17.40	18.00
131	16.50	18.00
132	17.40	18.00
133	17.50	18.00
134	17.25	18.00
135	17.40	18.00
136	17.50	18.00
137	17.20	18.00
138	16.50	18.00
139	16.50	18.00
140	16.80	18.00
141	16.50	18.00
142	17.40	18.00
143	16.80	18.00
144	16.90	18.00
145	16.50	18.00
146	16.50	18.00
147	15.50	18.00
148	17.50	18.00
149	17.40	18.00
150	18.00	18.00
151	19.50	21.00
152	18.50	21.00
153	19.60	21.00

No. Tiang	muka tanah (m)	diperhitungkan (m)
154	19.50	21.00
155	17.50	18.00
156	20.00	21.00
157	19.80	21.00
158	19.40	21.00
159	20.10	21.00
160	20.15	21.00
161	19.80	21.00
162	19.60	21.00
163	19.80	21.00
164	19.80	21.00
165	17.25	18.00
166	17.00	18.00
167	17.30	18.00
168	17.00	18.00
169	12.40	15.00
170	17.00	18.00
171	16.50	18.00
172	16.70	18.00
173	17.00	18.00
174	16.50	18.00
175	15.50	18.00
176	12.70	15.00
177	16.50	18.00
178	16.50	18.00
179	10.50	12.00
180	10.50	12.00
181	10.50	12.00
182	10.50	12.00
183	10.40	12.00
184	10.50	12.00
185	10.50	12.00
186	10.50	12.00
187	13.00	15.00
188	13.60	15.00
189	12.00	12.00
190	13.50	15.00
191	12.00	12.00
192	11.70	12.00
193	12.00	12.00
194	19.20	21.00
195	19.50	21.00
196	19.00	21.00
197	19.00	21.00
198	19.00	21.00
199	19.50	21.00
200	16.50	18.00
201	18.00	18.00
202	18.00	18.00
203	18.00	18.00
204	18.00	18.00
205	19.50	21.00
206	19.00	21.00
207	17.00	18.00
208	16.50	18.00
209	17.30	18.00
210	19.70	21.00
211	19.50	21.00
212	19.50	21.00
213	19.00	21.00
214	18.90	21.00
215	17.00	18.00
216	16.50	18.00

No. Tiang	muka tanah (m)	diperhitungkan (m)
217	16.50	18.00
218	18.50	21.00
219	17.00	18.00
220	19.00	21.00
221	18.50	21.00
222	17.00	18.00
223	17.25	18.00
224	20.50	21.00
225	12.50	15.00
226	12.80	15.00
227	13.50	15.00
228	16.60	18.00
229	12.80	15.00
230	13.50	15.00
231	13.80	15.00
232	12.80	15.00
233	13.80	15.00
234	16.80	18.00
235	15.50	18.00
236	13.20	15.00
237	13.50	15.00
238	16.40	18.00
239	16.50	18.00
240	12.70	15.00
241	13.50	15.00
242	12.50	15.00
243	10.50	12.00
244	13.60	15.00
245	17.00	18.00
246	17.00	18.00
247	17.00	18.00
248	17.00	18.00
249	11.75	12.00
250	16.10	18.00
251	16.20	18.00
252	17.00	18.00
253	16.50	18.00
254	16.00	18.00
255	16.25	18.00
256	16.40	18.00
257	17.00	18.00
258	16.50	18.00
259	16.50	18.00
260	16.00	18.00
261	13.50	15.00
262	16.80	18.00
263	16.50	18.00
264	17.00	18.00
265	17.00	18.00
266	18.00	18.00
267	19.00	21.00
268	17.00	18.00
269	16.00	18.00
270	18.90	21.00
271	15.90	18.00
272	18.10	18.00
273	17.00	18.00
274	17.80	18.00
275	13.70	15.00
276	13.00	15.00
277	27.50	30.00
278	12.90	15.00
279	12.60	15.00
280	12.60	15.00
281	12.70	15.00
282	17.75	18.00
283	12.60	15.00
284	17.25	18.00
285	14.00	15.00
286	13.50	15.00
287	13.50	15.00
288	17.00	18.00
289	13.50	15.00
290	16.00	18.00
291	16.50	18.00
292	13.70	15.00
293	13.50	15.00
294	17.10	18.00
295	13.50	15.00
296	14.00	15.00
297	11.00	12.00
298	17.00	18.00
299	16.00	18.00
300	19.50	21.00
301	18.00	18.00
302	18.00	18.00
303	17.00	18.00
304	19.50	21.00
305	20.00	21.00
306	12.00	12.00
307	12.20	15.00
308	12.00	12.00
309	12.00	12.00
310	12.00	12.00
311	12.00	12.00
312	12.00	12.00
313	11.80	12.00
314	13.50	15.00
315	13.00	15.00
316	12.75	15.00
317	17.25	18.00
318	16.50	18.00
319	17.00	18.00
320	19.80	21.00
321	19.85	21.00
322	17.80	18.00
323	17.30	18.00
324	19.50	21.00
325	18.00	18.00
326	12.00	12.00
327	12.10	15.00
328	12.00	12.00
329	12.40	15.00
330	12.50	15.00
331	17.20	18.00
332	17.00	18.00

Jumlah	5224.65	5640

Rata-rata panjang tiang di bawah muka tanah = **15.74** m

Rata-rata panjang tiang terbayar = **16.98** m

TIANG MINI FRANKI MF-28 & MF-32

SPESIFIKASI TEKNIS DAN PEMANCANGAN

1. Material yang digunakan.

- Mutu beton untuk pembuatan tiang Mini Franki MF28 & MF32 adalah **K-500**
- Tulangan utama tiang menggunakan 3 buah besi beton ulir **Φ16mm** untuk MF28 dan Φ19mm untuk MF32. Mutu tulangan utama tersebut adalah **BJTD 40** dan diikat spiral besi beton polos **∅6 mm** dengan jarak as ke as 5 cm dan 10 cm
- Pelat untuk sambungan tiang memakai pelat baja dengan tebal **10 mm** yang dihubungkan pada tulangan utama dengan pengelasan.

2. Alat Pancang

- Berat palu (hammer) pancang 1.50 ton untuk MF28 dan 2.00 ton untuk MF32.
- Gerak palu, baik arah maupun tinggi jatuh dapat diatur sehingga kelurusan tiang maupun energi dapat diatur selama pemancangan tiang.
- Selama pemancangan digunakan helmet agar pukulan palu terbagi merata pada kepala tiang.
- Untuk mencegah rusaknya kepala tiang akibat pukulan-pukulan palu (impact), digunakan paking (cushion) dari plywood setebal minimal 5 cm. Paking tersebut diperiksa dan diganti secara periodik selama pemancangan.

3. Daya Dukung Tiang

- Pemancangan tiang dihentikan setelah kriteria set sesuai daya dukung yang diinginkan tercapai
- Kriteria set untuk menentukan kapasitas daya dukung tiang Mini Franki, dihitung dengan menggunakan "**Hiley's Formula**"

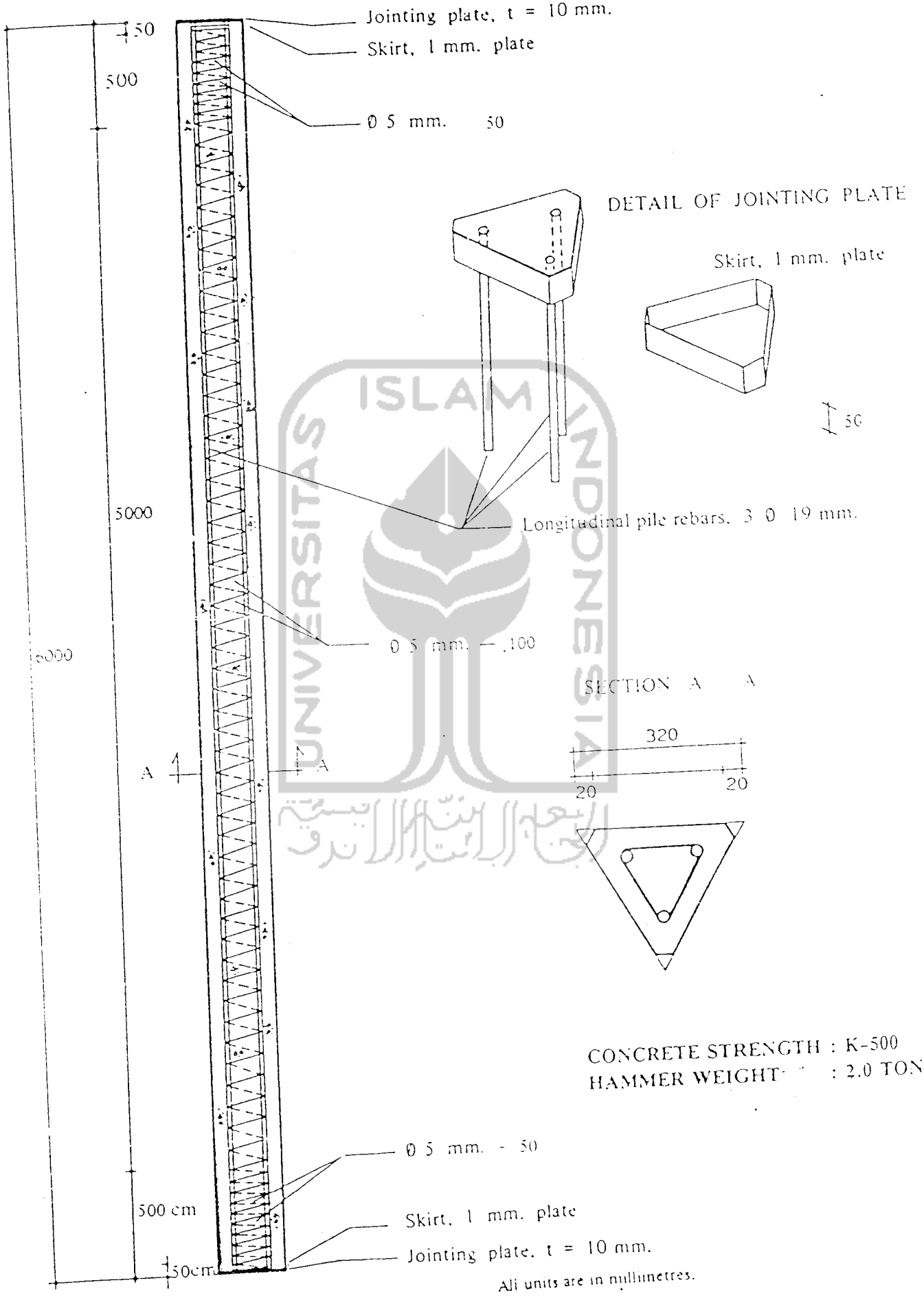
$$Ru = \frac{W \cdot h \cdot \eta}{s + c/2}$$

Ru = Daya dukung tiang ultimate (ton)
Ru = Faktor keamanan x daya dukung tiang yang diijinkan (Q)

Apabila Q = 25 tons, maka Ru = 2,5 x 25 = 62,50 tons

W = Berat palu (hammer) = 1,5 ton

MF-32 Mini Franki Precast Concrete Pile



DETAIL OF JOINTING PLATE

Skirt, 1 mm. plate

50

SECTION A A

CONCRETE STRENGTH : K-500
HAMMER WEIGHT : 2.0 TONS

All units are in millimetres.

TA 3 bc

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

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	JALU SUNU AJIP	93 310 257		TSS
2.	DADANG NUR FUAD	93 310 291		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS PENGARUH FORMASI PANCANG KELOMPOK TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI PADA PROYEK GEDUNG PERPUSTAKAAN UMY

Dosen Pembimbing I : DR.IR.EDY PURWANTO, CES,DEA
Dosen Pembimbing II : IR. A. MARZUKO, MT





Yogyakarta, 15 Nop. 1999
An. Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

IR. H.T ADJUDDIN BM ARIS, MS

FRANKI

MINI FRANKI
STRATA & PENETRATION REPORT

Site: UMY Yog GA
Contract No.: 9996
Client: UMY
File Size: ~~28 x 28 x 28~~ 32 x 32 x 32
Estimated Depth:
Pile No.: 183
M/C No.: 23
Date: 4-12-96

STRATA	Penetration	Blows	Drop m	Set mm
	0.50 m	14	075	
	1.00 m	13	1m	
	1.50 m	16		
	2.00 m	14		
	2.50 m	16		
	3.00 m	10		
	3.50 m	13	1	
	4.00 m	14	1	
	4.50 m	16		
	5.00 m	15		
	5.50 m	14		
	6.00 m	13+18	075	
	6.50 m	27	1m	
	7.00 m	26		
	7.50 m	24		
	8.00 m	20		
	8.50 m	18		
	9.00 m	16+3		57cm
	9.50 m	21		
	10.00 m	18		
	10.50 m	24		
	11.00 m	20		
	11.50 m	20+3		37cm
	12.00 m	16+23	075	
	12.50 m	20	1m	
	13.00 m	28		
	13.50 m	29		
	14.00 m	27		
	14.50 m	29		
	15.00 m	22+3		29cm
	15.50 m	21		
	16.00 m	28		
	16.50 m	40		
	17.00 m	40		
	17.50 m	30+20		27cm
	18.00 m			

PT. FRANKIPILE INDONESIA

FINAL SETTING

Pile No : 183
Date : 4-12-96
Depth :

Depth: 17.50 m 21 cm

Depth: 15 meter 29 cm

Depth: 12 meter 37 cm

Depth: 9 meter 50 cm

SECTION OF PILE DRIVING

NO.	METRE	CASTING DATE
1.	6m/3m/ m	24 / 11 / 96
2.	6m/3m/ m	21 / 11 / 96
3.	6m/3m/ m	21 / 11 / 96
4.	6m/3m/ m	
5.	6m/3m/ m	
6.	6m/3m/ m	
7.	6m/3m/ m	
8.	6m/3m/ m	

REMARK

Signed

h = Tinggi jatuh efektif palu
= 0,80 x 1,00 m = 0,80 m = 31,50 inches

η= efficiency pemancangan = 0,60

s = kalendering/jumlah penetrasi per pukulan (inches)

c = kompresi elastis sementara = 0,50"

$$62,50 = \frac{1,50 \times 31,50 \times 0,60}{s + (0,50 / 2)}$$

$$s + 0,25 = (28,350/62,50$$

$$s = 0,454 - 0,25$$

$$= 0,204 \text{ inchi per pukulan}$$

$$= 5,18 \text{ cm / 10 kali pukulan}$$

Kalendering diambil ≤ 5,20 cm untuk 10 kali pukulan dengan tinggi jatuh hammer sebesar 1,0 m.

4. Metode Pemancangan Tiang Mini Franki

- Pemancangan tiang Mini Franki dilakukan dengan drop hammer. Pemukulan dilakukan pada bagian atas tiang (top driving), yang telah dipasang helmet khusus untuk tiang berbentuk segitiga.
- Tiang Mini Franki dipancang sampai kedalaman yang ditentukan, panjang setiap bagian adalah 3,0 m dan 6,0 m Apabila kedalaman pemancangan lebih dari panjang setiap bagian, dilakukan penyambungan antara bagian tiang.
- Pemancangan tiang dihentikan setelah ujung tiang mencapai kedalaman yang diinginkan melalui kontrol kalendering atau set akhir yang telah dihitung menurut runnus Hiley untuk daya dukung yang direncanakan Pengambilan set atau kalendering dilakukan dengan cara menumbuk tiang dengan tinggi jatuh palu setinggi 1,0 m selama 10 kali pukulan Final set dinyatakan telah tercapai dan pemancangan dapat dihentikan apabila penurunan tiang selama 10 kali pukulan tadi tidak melebihi set akhir yang telah ditentukan

TIANG MINI FRANKI MF-28 & MF-32

SPESIFIKASI TEKNIS DAN PEMANCANGAN

1. Material yang digunakan.

- Mutu beton untuk pembuatan tiang Mini Franki MF28 & MF32 adalah **K-500**
- Tulangan utama tiang menggunakan 3 buah besi beton ulir **Φ16mm** untuk MF28 dan Φ19mm untuk MF32. Mutu tulangan utama tersebut adalah **BJTD 40** dan diikat spiral besi beton polos **∅6 mm** dengan jarak as ke as 5 cm dan 10 cm
- Pelat untuk sambungan tiang memakai pelat baja dengan tebal **10 mm** yang dihubungkan pada tulangan utama dengan pengelasan.

2. Alat Pancang

- Berat palu (hammer) pancang 1.50 ton untuk MF28 dan 2.00 ton untuk MF32.
- Gerak palu, baik arah maupun tinggi jatuh dapat diatur sehingga kelurusan tiang maupun energi dapat diatur selama pemancangan tiang.
- Selama pemancangan digunakan helmet agar pukulan palu terbagi merata pada kepala tiang.
- Untuk mencegah rusaknya kepala tiang akibat pukulan-pukulan palu (impact), digunakan paking (cushion) dari plywood setebal minimal 5 cm. Paking tersebut diperiksa dan diganti secara periodik selama pemancangan.

3. Daya Dukung Tiang

- Pemancangan tiang dihentikan setelah kriteria set sesuai daya dukung yang diinginkan tercapai
- Kriteria set untuk menentukan kapasitas daya dukung tiang Mini Franki, dihitung dengan menggunakan "**Hiley's Formula**"

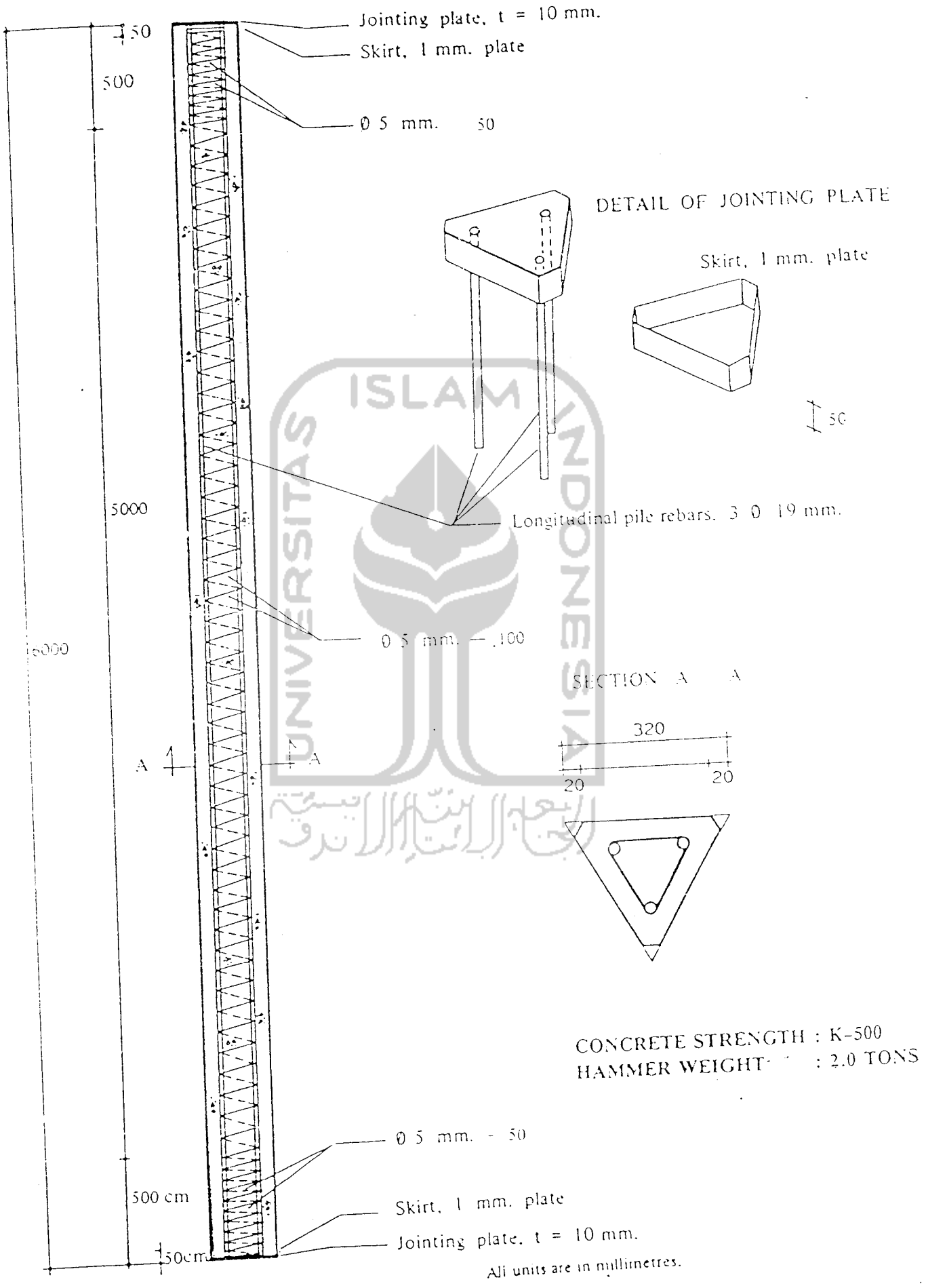
$$Ru = \frac{W.h.\eta}{s + c/2}$$

Ru = Daya dukung tiang ultimate (ton)
Ru = Faktor keamanan x daya dukung tiang yang diijinkan (Q)

Apabila Q = 25 tons, maka Ru = 2,5 x 25 = 62,50 tons

W = Berat palu (hammer) = 1,5 ton

MF-32 Mini Franki Precast Concrete Pile



CONCRETE STRENGTH : K-500
HAMMER WEIGHT : 2.0 TONS

All units are in millimetres.

TA 3 bu

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

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	JALU SUNU AJIE	93 310 257		TSS
2.	DADANG NUR FUAD	93 310 291		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS PENGARUH REORIENTASI PANCANG KELOMPOK PRONKIPILE TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI PADA PROYEK GEDUNG PERPUSTAKAAN UMY

Dosen Pembimbing I : DR.IR.EDY PURWANTO, CES.DEA
Dosen Pembimbing II : IR. A. MARZUKO, MT





Yogyakarta, 15 Nop. 1999
An. Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil

IR. H.T ADJUDDIN BM ARIS, MS

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
01	18.11.20	I - III	- Perbaiki Tata Cara penulisan agar konsisten untuk penulisannya	
02.	20/11-20	III	- Perbaiki sesuai terkoreksi - Lengkapi daftar isi, daftar tabel dll.	
03	29/3 20	I	• judul sementara • efisiensi • Kesimpulan • Uji Q kelompok • ke Dosen Pemb I	
	1.4.20	II		
	11/4-2020		- Tambahkan lisan/ jd abstraksi - Buatkan grafik hasil/22 perbaiki.	

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
01.	29/10-200	—	- Skripsi untuk Sidang TA	
	19/6-200	—	- Perbaiki sesuai terkoreksi - Fee untuk di jilid.	