

**LAPORAN  
PENELITIAN DOSEN**



**STUDI KEGAGALAN DAYA DUKUNG PONDASI DALAM DAN  
ALTERNATIF PERBAIKANNYA**  
*(Studi Kasus Apartemen di Cikarang, Jawa Barat)*

**Tim Peneliti**

**Ketua : Ir. Idrus M. Alatas M.Sc**

**NIDN : 0316016101**

**Anggota : Siti Aisyah Anandayu**

**NPM : 11110004**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL  
2016**

## PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN

- 1 Judul Penelitian : **STUDI KEGAGALAN DAYA DUKUNG PONDASI  
DALAM DAN ALTERNATIF PERBAIKANNYA  
(Studi Kasus Apartemen di Cikarang, Jawa Barat)**
- 2 Ketua Peneliti :
- a. Nama Lengkap : Ir. Idrus M. Alatas M.Sc
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NIP : 11860032
- d. Disiplin ilmu : Geoteknik (Teknik Sipil)
- e. Pangkat/Golongan : Lektor /III d
- f. Jabatan : Dosen
- g. Fakultas/Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan / Teknik Sipil
- h. Alamat : Jl. Moh. Kahfi II, Srengseng Sawah Jak-Sel.
- i. Telpon/Faks/E-mail : 0218410387/hb\_idrus@yahoo.com
- 3 Anggota Peneliti : Siti Aisyah Anandayu
- 4 Lokasi Penelitian : Cikarang, Jawa Barat
- 5 Jumlah biaya : Rp.6.500.000,-

Jakarta, Oktober 2016

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Sipil**



Ir. Marsiano, MT

**Ketua Peneliti**



Ir. Idrus M. Alatas M.Sc

**Menyetujui,  
Ketua LP2M – ISTN**



DR. Ir. Syamsul Elyumin MSc

## **KATA PENGANTAR**

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitian penelitian dan menyusun laporan penelitian ini dengan baik. Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa banyak isi laporan ini yang merupakan aplikasi dari teori yang sudah sering dipakai oleh praktisi. Meskipun demikian kendala dan kekurangan selalu ada baik dari segi penelitian, penyajian maupun pengolahan data yang ada.

Kritik dan saran yang sifatnya konstruktif atau membangun sangat peneliti harapkan demi kesempurnaan dari laporan ini dan juga dapat menambah pengetahuan dari peneliti itu sendiri.

Akhir kata peneliti ucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak, atas segala dukungannya. Semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat, terutama bagi praktisi dan perekayasa bidang geoteknik di Indonesia

Jakarta, September 2016

**Peneliti**

**Ir. Idrus M. Alatas M.Sc**

**Siti Aisyah Anandayu**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Hipotesis .....	2
1.6 Batasan Masalah .....	3
1.7 Metodologi Penelitian .....	3
1.8 Sistematika Pembahasan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Umum .....	5
2.2 Penyelidikan tanah di Lapangan untuk perencanaan Pondasi .....	6
2.2.1 Penyelidikan di Lapangan dengan <i>Standart Penetration</i>	

	<i>Test</i> (SPT) .....	6
2.2.1.1	Tujuan Percobaan SPT .....	8
2.2.1.2	Kegunaan hasil penyelidikan SPT .....	8
2.3	Perencanaan Struktur Bangunan .....	9
2.3.1	Pembebanan .....	9
2.3.2	Beban Statis .....	9
2.3.2.1	Beban Mati .....	9
2.3.2.1	Beban Hidup .....	10
2.4	Pondasi Tiang Pancang.....	11
2.4.1	Daya Dukung Tiang Pancang .....	12
2.4.1.1	Faktor – faktor dalam analisa daya dukung .....	13
2.4.1.2	Kapasitas daya dukung ultimit metode statis ...	19
2.4.1.3	Kapasitas daya dukung berdasarkan data Lapangan .....	21
2.4.1.3	daya dukung ijin dan Faktor keamanan .....	26
2.4.2	Analisa Kelompok Tiang ( <i>Pile Group</i> ) .....	26
2.4.2.1	Analisa Jumlah Tiang dalam Pondasi (n) .....	26
2.4.2.2	Jarak Antar tiang dalam kelompok .....	26
2.4.2.3	Efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ ).....	29
2.4.2.4	Kapasitas dukung kelompok tiang.....	30
2.4.3	Analisa Penggabungan dua kelompok pondasi .....	31
2.4.4	Analisa Distribusi gaya pada tiap pondasi dalam group ..	34
2.5	Uji Pembebanan Tiang Pancang .....	34
2.5.1	Uji Pembebanan Statik .....	34

2.5.1.1	Tujuan Pengujian .....	34
2.5.1.2	Metode Pengujian .....	35
2.5.1.3	Metode Pembebanan .....	38
2.5.1.4	Interpretasi Hasil Uji Pembebanan Statik .....	39

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Deskripsi Proyek .....	44
3.2	Data Teknis Pondasi .....	47
3.3	Data Hasil Penyelidikan tanah .....	47
3.3.1	Pembahasan data Sondir .....	50
3.3.2	Pembahasan data Bore .....	52
3.3.2	Pembahasan data laboratorium .....	54
3.4	Data Hasil Penetrasi Tiang Pancang .....	54
3.5	Tahapan Penelitian .....	57
3.6	Metode Pengumpulan Data .....	60
3.6.1.	Data Primer .....	60
3.6.2	Data Sekunder .....	60

### **BAB IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN**

4.1	Pendahuluan .....	61
4.2	Pembahasan Data Uji Pembebanan .....	61
4.2.1	Interpretasi Hasil Uji Pembebanan Statik .....	62
4.3	Analisa daya dukung berdasarkan data lapangan .....	73
4.3.1	Analisa daya dukung berdasarkan data Sondir .....	73
4.3.2	Analisa daya dukung berdasarkan data SPT .....	77
4.4	Analisa nilai – nilai parameter tanah .....	80

4.5	Analisa Gedung .....	98
4.5.1	Spesifikasi Bahan .....	98
4.5.2	Beban yang diperhitungkan .....	98
4.5.3	Variasi <i>load tension</i> .....	100
4.5.4	Analisa Perhitungan gedung .....	101
4.6	Analisa Kapasitas Pondasi eksisting (-26,00 m) .....	106
4.6.1	Perhitungan efisiensi tiang pancang eksisting .....	106
4.6.2	Perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang pancang eksisting (-26,00 m) .....	108
4.7	Analisa Perbaikan Pondasi Dalam .....	110
4.7.1	Menambah kedalaman tiang pancang sampai kedalaman -36,00 m .....	110
4.7.1.1	Perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang pancang .....	110
4.7.2	Menambah kedalaman tiang terpancang dan menambah jumlah tiang .....	113
4.7.2.1	Analisa Penambahan jumlah tiang dan kapasitas dukung pondasinya .....	114
4.8	Analisa Penggabungan dua kelompok tiang .....	130
4.8.1	Analisa Distribusi gaya pada tiap tiang dalam group .....	130

## **BAB V SIMPULAN DAN SARAN**

5.1.	Simpulan .....	150
------	----------------	-----

5.2. Saran .....	151
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	152
<b>LAMPIRAN</b>	
Lampiran 1: Lembar Asistensi .....	153
Lampiran 2: Peta Situasi Penyelidikan Tanah dan Layput Pondasi ..	154
Lampiran 3: Data BorLog .....	155
Lampiran 4: Data CPT ( <i>Cone penetration Test</i> ) .....	156
Lampiran 5: Hasil Uji Labolatorium .....	157
Lampiran 6: Hasil Uji Pembebanan ( <i>Loading test</i> ) .....	158
Lampiran 7: Hasil Pembacaan Penetrasi Tiang .....	159
Lampiran 8: Denah Pondasi Sebelum dilakukan Perbaikan .....	160
Lampiran 9: Denah Pondasi Sesudah dilakukan Perbaikan .....	161



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prosedur pengujian SPT.....	6
Gambar 2.2	Tahanan Ujung dan tahanan gesek dan model bidang keruntuhan .....	13
Gambar 2.3	Persyaratan jarak tiang.....	23
Gambar 2.4	Jarak Tiang .....	23
Gambar 2.5	hasil perhitungan metoda feld .....	24
Gambar 2.6	letak susunan tiang .....	27
Gambar 2.7	letak susunan tiang yang akan dilakukan penggabungan .....	28
Gambar 2.8	poyongan tiang dan detail gaya – gaya dalam .....	28
Gambar 2.9	Pengujian dengan sistem kentledge .....	32
Gambar 2.10	Interpretasi daya dukung dengan Davisson .....	36
Gambar 2.11	Interpretasi daya dukung dengan Mazurkiewicz.....	37
Gambar 2.12	Interpretasi daya dukung dengan metode chin.....	38
Gambar 3.1	Potongan Gedung .....	40
Gambar 3.2	detail pemancangan .....	41
Gambar 3.3	Detail penulangan tiang pancang <i>prestress</i> .....	42
Gambar 3.4	Layout Pile, titik uji Bore dan Sondir .....	43
Gambar 3.5	Profil Tanah.....	44
Gambar 3.6	Flowchart Metodologi Penelitian .....	52
Gambar 4.1	<i>Layout</i> Pembagian Zona .....	66
Gambar 4.2	Nilai SPT tiap lapisan tanah pada <i>Bore Hole 2</i> .....	68

Gambar 4.3	Nilai SPT tiap lapisan tanah pada <i>Bore Hole 3</i> .....	69
Gambar 4.4	Nilai parameter – parameter tiap lapisan tanah pada <i>Bore Hole 2</i> .....	72
Gambar 4.5	Nilai parameter – parameter tiap lapisan tanah pada <i>Bore Hole 3</i> .....	75
Gambar 4.6	Gambaran daya dukung ujung dan daya dukung selimut pada data tiang <i>bore hole 2</i> .....	78
Gambar 4.7	Gambaran daya dukung ujung dan daya dukung selimut pada data tiang <i>bore hole 3</i> .....	81
Gambar 4.8	<i>Layout</i> pembagian Zona dan nomor – nomor titik tiang .....	88
Gambar 4.9	Formasi tiang terpancang dan penambahannya .....	101
Gambar 4.10	Formasi tiang terpancang dan penambahannya.....	103
Gambar 4.11	Formasi tiang terpancang dan penambahannya.....	104
Gambar 4.12	Formasi tiang terpancang dan penambahannya.....	106
Gambar 4.13	Formasi tiang terpancang dan penambahannya.....	108
Gambar 4.14	<i>Layout</i> tiang terpancang.....	118
Gambar 4.15	<i>Layout</i> tiang setelah dilakukan perbaikan.....	119
Gambar 4.16	letak tiang – tiang eksisting dan penambahan tiang berdimensi 40 x 40 cm.....	120
Gambar 4.17	letak tiang berat tiang.....	121
Gambar 4.18	Analisa resultan gaya pada tiang.....	121
Gambar 4.19	letak tiang – tiang eksisting dan penambahan tiang berdimensi 40 x 40 cm.....	123

Gambar 4.20	letak tiang berat tiang.....	123
Gambar 4.21	Analisa resultan gaya pada tiang.....	124
Gambar 4.22	letak tiang – tiang eksisting dan penambahan tiang berdimensi 50 x 50 cm.....	125
Gambar 4.23	letak tiang berat tiang.....	125
Gambar 4.24	Analisa resultan gaya pada tiang.....	126

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Berat sendiri material konstruksi dan komponen gedung .....	10
Tabel 2.2	Beban hidup pada struktur .....	11
Tabel 2.3	korelasi nilai N-SPT dengan <i>relative density</i> tanah non kohesif	16
Tabel 2.4	Berat isi Tanah .....	17
Tabel 2.5	jarak minimum antar tiang pancang .....	22
Tabel 3.1	<i>Summary</i> Hasil Uji Sondir .....	45
Tabel 3.2	<i>Summary</i> Hasil Data <i>Bore</i> .....	47
Tabel 3.3	<i>Summary</i> Hasil Data laboratorium <i>Bore Hole 2</i> .....	49
Tabel 4.1	<i>Summary</i> Hasil <i>Loading test</i> .....	54
Tabel 4.2	hubungan beban (Q), penurunan (s) dan perbandingan penurunan dan beban (s/Q) .....	57
Tabel 4.3	hubungan beban (Q), penurunan (s) dan perbandingan penurunan dan beban (s/Q) .....	61
Tabel 4.4	hubungan beban (Q), penurunan (s) dan perbandingan penurunan dan beban (s/Q) .....	64
Tabel 4.5	<i>Summary</i> Interpretasi Hasil Uji Pembebanan .....	65
Tabel 4.6	Data <i>Bore Hole 1</i> dan <i>Bore Hole 3</i> .....	67
Tabel 4.7	nilai kohesi (Cu) dari hasil analisa balik .....	74
Tabel 4.8	nilai kohesi (Cu) dari hasil analisa balik .....	76
Tabel 4.9	Hasil analisa Daya dukung <i>Bore Hole 2</i> sampai kedalaman 36m .....	80

Tabel 4.10 Hasil analisa Daya dukung <i>Bore Hole</i> 3 sampai kedalaman 36m.....	83
Tabel 4.11 <i>Support Reaction</i> dari <i>Upper Structure</i> .....	89
Tabel 4.12 <i>Summary</i> Faktor Efisiensi Group tiang .....	93
Tabel 4.13 <i>Summary</i> Analisa kapasitas dukung group tiang pancang eksisting (-26,00 m) .....	95
Tabel 4.14 <i>Summary</i> Analisa kapasitas dukung group tiang pancang Pada kedalaman -36,00 m.....	98
Tabel 4.15 <i>Summary</i> Hasil Analisa perbaikan Tiang.....	110
Tabel 4.16 distribusi gaya pada tiang dalam group .....	122
Tabel 4.17 distribusi gaya pada tiang dalam group .....	124
Tabel 4.18 distribusi gaya pada tiang dalam group .....	127
Tabel 4.19 <i>Summary</i> analisa pembagian gaya dalam group .....	128

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1	Grafik Hubungan $\phi$ dan Faktor Daya Dukung .....	14
Grafik 2.2	Hubungan antara kohesi (c) dan nilai N-SPT untuk tanah kohesif .....	15
Grafik 2.3	Hubungan sudut geser ( $\phi$ ) dan nilai N-SPT untuk tanah pasir .....	16
Grafik 2.4	Faktor adhesi untuk tanah lempung .....	18
Grafik 2.5	Faktor adhesi untuk tiang pancang menurut API Metode .....	18
Grafik 3.1	Hasil Uji Sondir 1.....	46
Grafik 3.2	<i>Bore Hole</i> 1 .....	48
Grafik 4.1	Hasil Uji Pembebanan <i>Pile</i> 477 .....	55
Grafik 4.2	Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode davisson .....	56
Grafik 4.3	Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Mazurkiewicz .....	57
Grafik 4.4	Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Chin .....	58
Grafik 4.5	Hasil Uji Pembebanan <i>Pile</i> 547 .....	58
Grafik 4.6	Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode davisson .....	60
Grafik 4.7	Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Mazurkiewicz .....	60
Grafik 4.8	Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Chin .....	61
Grafik 4.9	Hasil Uji Pembebanan <i>Pile</i> 614.....	62
Grafik 4.10	Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode davisson .....	63

Grafik 4.11 Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Mazurkiewicz .....	64
Grafik 4.12 Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Chin .....	65
Grafik 4.13 Grafik Hubungan $\phi$ dan Faktor Daya Dukung .....	71
Grafik 4.14 Predikdi Nilai Kohesi ( $C_u$ ) dan Sudut geser dalam ( $\phi$ ) dengan variasi Faktor Adhesi ( $\alpha$ ) yang menyebabkan keruntuhan tiang saat uji pembebanan ( <i>loading test</i> ) tiang 547 .....	77
Grafik 4.15 Predikdi Nilai Kohesi ( $C_u$ ) dan Sudut geser dalam ( $\phi$ ) dengan variasi Faktor Adhesi ( $\alpha$ ) yang menyebabkan keruntuhan tiang saat uji pembebanan ( <i>loading test</i> ) tiang 477 .....	77

## DAFTAR NOTASI

$A_b$	= luas penampang ujung bawah tiang
$A_p$	= Luas penampang tiang
$B$	= Lebar kelompok tiang (m)
$c$	= Kohesi tanah disekeliling kelompok tiang (ton/m <sup>2</sup> )
$c_b$	= Kohesi tanah dibawah dasar kelompok tiang (ton/m <sup>2</sup> )
$C_d$	=kohesi antara dinding – tanah
$d$	= diameter tiang
$D$	= Kedalaman tiang dibawah permukaan tanah (m)
$E_g$	= Efisiensi dalam group
$E_p$	= Modulus Elastis Tiang
$F$	= Faktor keamanan
$K_d$	= Koefisien tekanan lateral pada sisi tiang
$L$	= panjang tiang
$m$	= jumlah baris
$M_x$	= momen yang bekerja pada <i>pile group</i> arah sumbu x
$M_y$	= momen yang bekerja pada <i>pile group</i> arah sumbu y
$n$	= jumlah <i>pile</i> pada satu baris
$n$	= Jumlah tiang
$N_c, N_q, N_y$	= faktor-faktor kapasitas dukung (fungsi dari $\phi$ )
$P$	= Beban yang diberikan (ton)
$p_b$	= tekanan “ <i>overburden</i> ” di dasar tiang
$p_o$	= tekanan <i>overburden</i> rata-rata di sepanjang tiang
$P_{tunggal}$	= gaya axial yang bekerja pada tiang tunggal di koord (x,y)
$Q$	= beban uji yang diberikan
$Q_u$	= Kapasitas ultimit kelompok (ton)
$Q_a$	= Kapasitas dukung tiang tunggal (ton)
$Q_b$	= tahanan ujung bawah ultimit
$Q_g$	= Kapasitas ultimit kelompok (ton)



$Q_{izin}$	= Daya dukung izin tiang (ton)
$Q_u$	= kapasitas dukung ultimit neto
$Q_s$	= tahanan gesek ultimit
$S_e$	= Penurunan elastis
$W_p$	= berat sendiri tiang
$x$ & $y$	= kordinat Ptunggal yang akan dicari gayanya
$y$	= berat volume tanah
$\tau_d$	= tahanan geser sisi tiang
$\sigma_n$	= tegangan normal pada sisi tiang
$\varphi_d$	= sudut gesek antara sisi tiang dan tanah
$\delta$	= sudut gesek antara tiang dan tanah
$\eta$	= Faktor Effisiensi Grup
$\xi$	= arc tan d/s ( <i>in degree</i> )
$\Sigma x^2$ & $\Sigma y^2$	= jumlah dari jarak koordinat kwadrat sumbu x dan sumbu y

## ABSTRAK

Banyak kegagalan bangunan akibat kegagalan pondasi yang tidak dapat diperbaiki sehingga seluruh bangunan tidak dapat berfungsi lagi atau untuk perbaikannya memerlukan biaya tinggi. Oleh karena itu perlu adanya evaluasi pada pondasi, untuk mengetahui apakah daya dukung pondasi tiang sesuai dengan perkiraan semula. Evaluasi ini dapat dilakukan dengan uji pembebanan (*loading test*). Salah satu kasus terjadinya kegagalan seperti paparan adalah pada Proyek Apartemen di Cikarang, Jawa Barat. Kegagalan yang terjadi dikarenakan hasil uji pembebanan (*loading test*) yang menunjukkan terjadinya penurunan ( $\delta$ ) yang lebih besar dari 1” atau 25,4 mm sebelum beban mencapai 200%.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan pondasi dalam pada pelaksanaan proyek Apartemen di Cikarang, Jawa Barat. Selanjutnya akan dianalisa solusi perbaikan yang dapat dilakukan dalam permasalahan tersebut.

Berdasarkan hasil Analisa yang dilakukan dapat diketahui bahwa penyebab kegagalannya karena ada kesalahan dalam perencanaan pondasi, hal ini dibuktikan dengan analisa hasil Interpretasi uji pembebanan di lapangan hanya 71 - 121 ton sementara kapasitas perencanaan yang ditentukan 130 ton. Analisa perbaikan / perkuatan dilakukan pada semua pondasi group sebanyak 55 pile cap, dengan 11 titik pile cap diperdalam dari kedalaman -26,00 m menjadi -36,00 m. Dan 44 titik pile cap diperdalam dari kedalaman -26,00 m menjadi -36,00 m dan ditambahkan jumlah tiang dalam group. Penambahan tiang dalam group jumlahnya bervariasi mulai dari 1 tiang pergroup hingga 12 tiang pergroup. Diameter tiang yang digunakan dalam penambahan tiang adalah 40x40 cm dan 50x50 cm.

**Kata kunci :** Tanah, Pondasi Tiang Pancang, *loading test*, *back analysis*.

## **ABSTRACT**

*Lots of building failure due to foundation failure that can not be repaired so that the entire building no longer work or the repairation need high cost. Therefore the evaluation of the foundation is indispensable, to determine whether the capacity of the pile in accordance with the planning capacity. This evaluation can be done by loading test. One case of a failure of such exposure is at Apartment Project in Cikarang, West Java. Failure occurs because the loading test results which indicates the decrease ( $\delta$ ) more bessar of 1" or 25,4 mm before load reaches 200%. The purpose of this study is to identify the cause of foundation failure on the project Apartment in Cikarang, West Java. After that will be analyzed repair solution that can be done in the matter.*

*Based on the results of the analysis the cause of the foundation failure because there was a mistake in planning the foundation, this is evidenced by the analysis of the results of the loading test interpretation in the field only 71-121 tons while the capacity planning of the specified 130 tons. Analysis repair / retrofitting done on all the groups foundation with 55 pile cap, in 11 points pile cap deepened from a depth of -26.00 m to -36.00 m. And 44 points pile cap deepened from a depth of -26.00 m to -36.00 m and also added new pile in the group. The addition of a pile in the gruop varies from 1 pile to 12 pile on every gruop. Diameter pile used in additions are 40x40 cm and 50x50 cm.*

**Key word : Soil, Pile foundation, loading test, back analysis.**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada umumnya ada beberapa cara untuk menentukan daya dukung pondasi, salah satunya menggunakan metode *Conus Penetration Test* (CPT) dan *Standard Penetration Test* (SPT). Tetapi setelah tahap akhir pelaksanaan tiang pancang/bor seringkali tidak dilakukan evaluasi, untuk mengetahui apakah daya dukung pondasi tiang sesuai dengan perkiraan semula dan bagaimana kualitas pengerjaannya. Sedangkan banyak kegagalan bangunan akibat kegagalan pondasi yang tidak dapat diperbaiki sehingga seluruh bangunan tidak dapat berfungsi lagi atau untuk perbaikannya memerlukan biaya tinggi<sup>1</sup>.

Salah satu kasus terjadinya kegagalan seperti paparan diatas adalah pada Proyek Apartemen di Cikarang, Jawa Barat. Kegagalan yang terjadi dikarenakan hasil uji pembebanan (*loading test*) yang menunjukkan terjadinya penurunan ( $\delta$ ) yang lebih besar dari 1” atau 25,4 mm sebelum beban mencapai 200%. Uji Pembebanan (*Loading test*) dalam proyek tersebut dilakukan pada empat titik pile secara acak, dapat dilihat pada gambar layout uji pembebanan yang terlampir.

Dikarenakan terjadi suatu kasus permasalahan dalam proyek pelaksanaan pembangunan apartemen ini, maka perlu dilakukan suatu perbaikan. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai permasalahan yang terjadi serta perbaikan yang dapat dilakukan.

---

<sup>1</sup> Teddy,Livian,(2014), “*Evaluasi pondasi Tiang dengan Pile Driven Analysis (PDA) di Kota Palembang*”, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang.

## **I.2. Rumusan Masalah**

Adanya laporan hasil uji pembebanan (*loading test*) yang menunjukkan penurunan yang terjadi pada pondasi tiang pancang lebih besar dari 1” atau 25,4 mm sebelum beban mencapai 200% menunjukkan bahwa daya dukung yang ada belum mencapai daya dukung perencanaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengkajian ulang untuk mengetahui penyebab permasalahan yang terjadi, selanjutnya dapat direncanakan perbaikan – perbaikan yang dapat dilakukan pada proses pelaksanaan pembangunan Apartemen tersebut.

## **I.3 Maksud dan Tujuan**

Adapun maksud penulisan Tugas akhir ini adalah :

- a. Melakukan evaluasi pondasi tiang pancang pada pelaksanaan proyek Apartemen di Cikarang

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Mengetahui penyebab permasalahan pondasi tiang pancang pada pelaksanaan proyek Apartemen di Cikarang
- b. Merencanakan solusi perbaikan dalam pemecahan masalah tersebut

## **I.4 Manfaat**

Penulisan Tugas akhir ini diharapkan bermanfaat untuk :

- a) Sebagai bahan referensi mengenai permasalahan - permasalahan dan perbaikan pada pondasi dalam khususnya tiang pancang yang ada dilapangan.
- b) Diharapkan bermanfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan di bidang geoteknik, terutama pondasi tiang pancang bagi penelitian dan pihak-pihak terkait.

## **I.5 Hipotesis**

Jika suatu pondasi yang direncanakan dengan beban izin tertentu, maka pengujian beban dilapangan harus dilakukan sebesar 200% dari beban yang direncanakan. Apabila hasil uji pembebanan (*loading test*) diperoleh nilai penurunan ( $\delta$ ) yang lebih besar dari 1” atau 25,4 mm sebelum beban mencapai 200%, maka daya dukung tiang tersebut belum mencapai daya dukung yang direncanakan. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap tiang tersebut agar tercapai nilai daya dukung yang sesuai perencanaan.

## **I.6 Batasan Masalah**

Pada pelaksanaan proyek pembangunan Apartemen di daerah Cikarang, Jawa Barat, terdapat beberapa permasalahan yang dapat ditinjau dan dibahas, maka didalam laporan ini sangatlah perlu diadakan suatu pembatasan masalah. Yang bertujuan menghindari kekaburan serta penyimpangan dari masalah yang dikemukakan sehingga semua hal yang dipaparkan tidak menyimpang dari tujuan semula. Walaupun demikian, hal ini tidak berarti akan memperkecil arti dari pokok - pokok masalah yang dibahas disini, melainkan hanya karena keterbatasan belaka.

Namun dalam penulisan laporan ini permasalahan yang ditinjau hanya dibatasi pada :

1. Mengidentifikasi penyebab kegagalan pondasi dalam pada Proyek Apartemen di Cikarang, Jawa Barat
2. Menganalisa interpretasi hasil uji pembebanan (*loading test*)
3. Analisis daya dukung terpancang sesuai perencanaan yang sudah dibuat perencana
4. Menganalisa perbaikan pondasi tiang pancang yang sudah terpasang (*eksisting*)
5. Dikarenakan terjadi permasalahan nilai daya dukung yang tidak memenuhi perencanaan, maka akan dianalisa nilai daya dukung yang lebih besar dari hasil di lapangan
6. Menganalisa daya dukung dalam kelompok
7. Hanya meninjau daya dukung pondasi terhadap beban kolom

## **I.7. Metodologi Penulisan**

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, data diperoleh dengan cara:

1. Metode Pengambilan Data

Pengambilan data yang diperlukan dalam perencanaan diperoleh dari Proyek pembangunan apartemen di daerah Cikarang, Jawa Barat berupa data-data teknis seperti data teknis pondasi, hasil *loading test*, hasil uji CPT dan data bor log.

2. Metode Studi Kepustakaan

Melakukan studi literatur berdasarkan buku-buku yang berkaitan dengan masalah-masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini.

## **I.8. Sistematika Penulisan**

### **BAB I PENDAHULUAN**

Menjelaskan mengenai latar belakang, maksud dan tujuan penulisan, manfaat, batasan masalah dan metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang teori dari beberapa sumber yang berhubungan dengan permasalahan dan sebagai pedoman dalam pembahasan masalah.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan metodologi penelitian, pengumpulan dan interpretasi data yang akan digunakan dalam tugas akhir

### **BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN**

Bab ini berisi tentang analisis perhitungan metode optimalisasi pondasi dengan dua cara berbeda yaitu, menambah kedalaman tiang terpancang sampai kedalaman 36m serta Menambah kedalaman tiang terpancang dan menambah jumlah tiang

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi hasil analisis model pada bab sebelumnya dan kesimpulan yang diambil serta solusi perbaikan pada masalah yang ada.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi. (K. Nakazawa, 1983).

Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi jenis ini dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan – bangunan tingkat yang dipengaruhi oleh gaya – gaya penggulingan akibat beban angin. Tiang – tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan dermaga. Pada bangunan ini, tiang – tiang dipengaruhi oleh gaya – gaya benturan kapal dan gelombang air (H. C. Hardiyatmo, 2002).

Pondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud, antara lain:

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak, ke tanah pendukung yang kuat;
2. Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan dinding tiang dengan tanah disekitarnya;
3. Untuk nenganger bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan hidrostatis atau momen penggulingan;
4. Untuk menahan gaya – gaya horizontal dan gaya yang arahnya miring;
5. Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah;
6. Untuk mendukung pondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah terkikis air (H. C. Hardiyatmo, 2002).



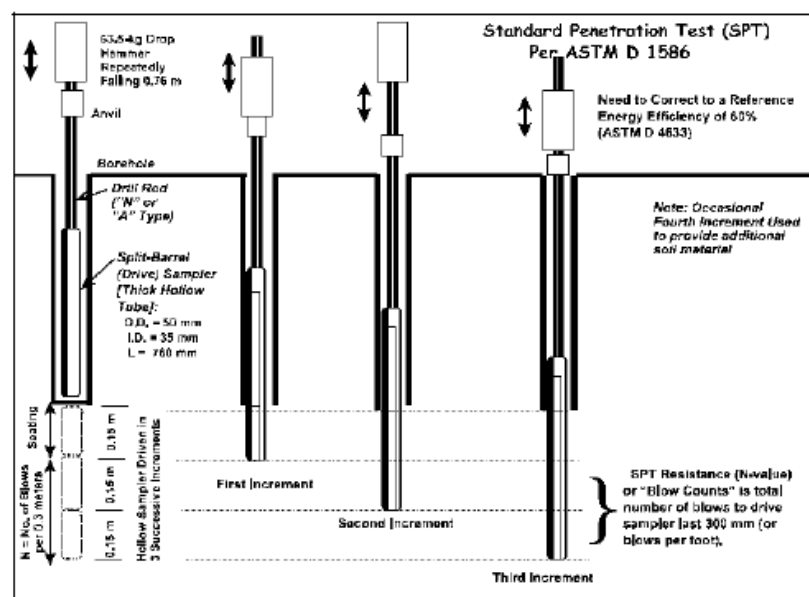
Berdasarkan penyaluran beban ke tanah, pondasi tiang dibedakan menjadi tiga yaitu :

1. Pondasi tiang dengan tahanan ujung (*end bearing pile*). Tiang ini meneruskan beban melalui tahanan ujung tiang kelapisan tanah pendukung.
2. Pondasi tiang dengan tahanan geseran (*friction pile*). Tiang ini meneruskan beban ke tanah melalui tahanan geser selimut.
3. Kombinasi *friction* dan *end bearing capacity*.

## 2.2 Penyelidikan tanah di Lapangan untuk perencanaan pondasi

### 2.2.1 Penyelidikan Lapangan dengan *Standart Penetration Test* (SPT)

Metode SPT adalah metode pemancangan batang (yang memiliki ujung pemancangan) ke dalam tanah dengan menggunakan pukulan palu dan mengukur jumlah pukulan perkedalaman penetrasi. Cara ini telah dibakukan sebagai ASTM D 1568 sejak tahun 1958 dengan revisi – revisi secara berkala sampai sekarang. Pemancangan biasanya dilakukan dengan beban 140 lbs ( $\pm$  63,5 kg) yang dijatuhkan dari ketinggian 30” atau  $\pm$  75 cm.



Gambar 2.1 Prosedur pengujian SPT

(sumber : ASTM D 1586)

Pengamatan dan perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Mula – mula tabung SPT dipukul kedalam tanah sedalam 45 cm yaitu kedalaman yang diperkirakan akan terganggu oleh pengeboran
- b. Kemudian untuk setiap kedalaman 15 cm dicatat jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk memasukkannya  
Jumlah pukulan untuk memasukan split spoon 15 cm pertama dicatat sebagai N1. Jumlah pukulan untuk memasukan 15 cm kedua adalah N2 dan jumlah pukulan untuk memasukan 15 cm ketiga adalah N3. Jadi total kedalaman setelah pengujian SPT adalah 45 cm dan menghasilkan N1, N2 dan N3.
- c. Angka SPT ditetapkan dengan menjumlahkan 2 angka pukulan terakhir ( $N2 + N3$ ) pada setiap interval pengujian dan dicatat pada lembaran *Drilling Log*.  
Pada perancangan fondasi, nilai N dapat dipakai sebagai indikasi kemungkinan model keruntuhan fondasi yang akan terjadi. Kondisi keruntuhan geser local (Local shear failure) dapat dianggap terjadi, bila  $N < 5$ , dan keruntuhan geser umum (general shear failure) terjadi pada nilai  $N > 30$ . Untuk nilai N antara 5 dan 30, interpolasi linier dari koefisien kapasitas dukung tanah  $N_a$ ,  $N_q$  dan  $N_y$  dapat dilakukan.
- d. Setelah selesai pengujian, tabung SPT diangkat dari lubang bor ke permukaan tanah untuk diambil contoh tanahnya dan dimasukkan ke dalam kantong plastik untuk diamati di laboratorium.

Hasil dari pekerjaan Bor dan SPT kemudian dituangkan dalam lembaran *drilling log* yang berisi :

- Deskripsi tanah meliputi : jenis tanah, warna tanah, tingkat plastisitas dan ketebalan lapisan tanah masing – masing
- Pengambilan contoh tanah asli/*Undisturbed sample* (UDS)

- Pengujian *Standart Penetration Test* (SPT)
- Muka air tanah
- Tanggal pekerjaan dan berakhirnya pekerjaan

Jumlah N pukulan memberikan petunjuk tentang kerapatan relatif dilapangan khususnya tanah pasir atau krikil dan hambatan jenis tanah terhadap penetrasi. Uji ini biasanya digunakan untuk tanah yang keras.

#### **2.2.1.1 Tujuan Percobaan SPT**

1. Untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah keras serta sifat daya dukung setiap kedalmannya<sup>2</sup>.
2. Untuk menentukan kepadatan relatif lapisan tanah tersebut dari pengambilan contoh tanah dengan tabung, dapat diketahui jenis tanah dan ketebalan tiap – tiap lapisan kedalaman tanah tersebut
3. Memperoleh data yang kualitatif pada perlawanan penetrasi tanah dan menetapkan kepadatan dari tanah yang tidak berkohesi yang biasanya sulit diambil sampelnya.

#### **2.2.1.2 Kegunaan hasil penyelidikan SPT**

1. Menentukan kedalaman dan tebal masing – masing lapisan tanah tersebut
2. Contoh tanah terganggu dapat diperoleh untuk identifikasi jenis tanah, sehingga interpretasi kuat geser dan deformasi tanah dapat diperkirakan dengan baik
3. Dengan korelasi empiris parameter tanah dapat diperoleh pada semua jenis tanah.

---

<sup>2</sup> Ardiansyah, MT, IP-U, Ir.Rony , (2010), <https://ronymedia.wordpress.com>

## **2.3 Perencanaan Struktur Bangunan**

### **2.3.1 Pembebanan**

Hal yang mendasar pada tahap pembebanan adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis.

### **2.3.2 Beban Statis**

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus menerus pada suatu struktur. Beban ini bersifat tetap (*steady states*). Deformasi yang terjadi pada struktur akibat beban statis akan mencapai puncaknya jika beban mencapai nilai maksimum (Himawan Indarto, 2009).

Beban statis umumnya dapat dibedakan menjadi beban mati dan beban hidup.

#### **2.3.2.1 Beban Mati**

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap. Beban mati pada struktur bangunan ditentukan oleh berat jenis bahan bangunan. Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung tahun 1987 beban mati pada struktur terbagi menjadi 2, yaitu beban mati akibat material konstruksi dan beban mati akibat komponen gedung.

**Tabel 2.1** Tabel Berat sendiri material konstruksi dan komponen gedung

<b>Berat sendiri material konstruksi</b>	
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>

Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung 1987

<b>Berat sendiri komponen gedung</b>	
Adukan semen per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan bata merah setengah batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Plafon dan penggantung	20 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai keramik	24 kg/m <sup>2</sup>
Escalator Type MES30-3-1000	7.500 kg/m <sup>2</sup>

Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung, 1987

### **2.3.2.2 Beban Hidup**

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu bangunan, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan atau beban akibat air hujan pada atap.

**Tabel 2.2** Tabel Beban hidup pada struktur

Lantai kantor, sekolah, rumah sakit	250 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ruang olah raga	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ruang pertemuan	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ruang alat dan mesin	400 kg/m <sup>2</sup>
Tangga, bordes tangga, escalator	300 kg/m <sup>2</sup>
Pelat atap	100 kg/m <sup>2</sup>
Lantai gedung parkir :	
Lantai bawah	800 kg/m <sup>2</sup>
Lantai atas	400 kg/m <sup>2</sup>

#### 2.4 Pondasi Tiang Pancang

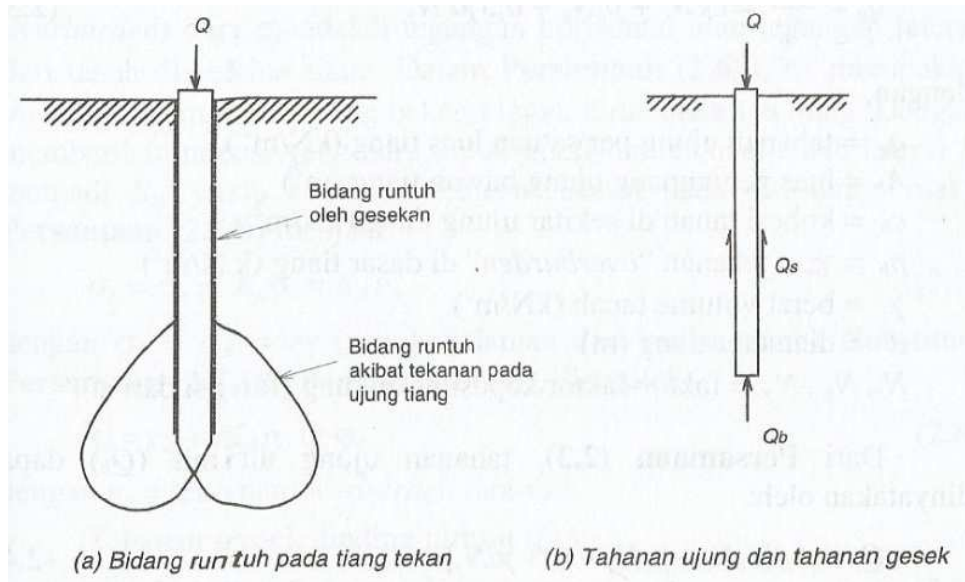
Tiang pancang adalah bagian – bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan / atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban – beban permukaan ke tingkat – tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah (Bowles, 1993). Pemakaian tiang pancang dipergunakan untuk suatu pondasi untuk suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (bearing capacity), yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang mana mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam (Sardjono HS, 1996). Tiang pancang berfungsi untuk memindahkan atau mentransferkan beban – beban dari konstruksi di atasnya (*uper structure*) kelapisan tanah. Dalam pelaksanaan pemancangan, pada umumnya dipancangkan tegak lurus dalam tanah, tetapi ada juga dipancangkan miring (*battle pile*) untuk dapat menahan gaya - gaya horizontal yang bekerja. Hal seperti ini sering terjadi pada dermaga, dimana terdapat tekanan kesamping dari kapal dan perahu. Sudut kemiringan yang dapat dicapai oleh tiang tergantung dari alat yang dipergunakan serta disesuaikan pula dengan perencanaannya. Tiang pancang pada umumnya digunakan :

1. Untuk membawa beban – beban konstruksi di atas tanah, ke dalam atau melalui sebuah lapisan tanah. Di dalam hal ini beban vertikal dan beban lateral dapat terlihat.
2. Untuk menahan gaya desakan ke atas, atau gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh atau untuk kaki – kaki menara terhadap guling.
3. Memampatkan endapan tak berkoheisi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan dorongan. Tiang pancang ini dapat ditarik keluar kemudian.
4. Mengontrol penurunan bila kaki – kaki yang tersebar atau telapak berada pada tanah tepi atau didasari oleh sebuah lapisan yang kemampatannya tinggi.
5. Membuat tanah di bawah pondasi mesin menjadi kaku untuk mengontrol amplitudo getaran dan frekuensi alamiah dari sistem tersebut.
6. Sebagai faktor keamanan tambahan di bawah tumpuan jembatan dan / atau pir (tiang), khususnya jika erosi merupakan persoalan yang potensial.
7. Dalam konstruksi lepas pantai untuk meneruskan beban – beban di atas permukaan air melalui air dan ke dalam tanah yang mendasari air tersebut. Hal seperti ini adalah mengenai tiang pancang yang ditanamkan sebagian dan yang terpengaruh baik oleh beban vertikal (dan tekuk) maupun beban lateral (Bowles, 1993).

#### **2.4.1 Daya Dukung Tiang Pancang**

Kapasitas dukung tiang pancang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban. Dalam literature digunakan istilah *pile capacity*. Variasi kondisi tanah dan pengaruh tipe cara pelaksanaan pemancangan dapat menimbulkan perbedaan yang besar pada beban ultimit tiang dalam satu lokasi bangunan. Demikian pula dengan pengaruh-pengaruh seperti : tiang dicetak di luar atau dicor di tempat,

tiang berdinding rata atau bergelombang, tiang terbuat dari baja atau beton, sangat berpengaruh pada faktor gesekan antara sisi tiang dan tanah, yang dengan demikian akan mempengaruhi *kapasitas dukung tiang* diperlihatkan dalam gambar



**Gambar 2.2** Tahanan ujung dan tahanan gesek dan model bidang keruntuhan

#### 2.4.1.1 Faktor-Faktor dalam Analisa Daya Dukung

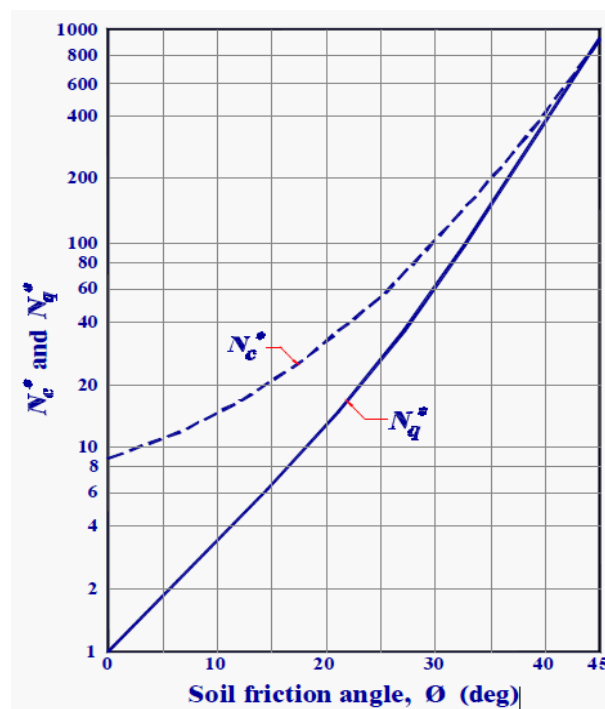
Dalam mendesain bangunan geoteknik, diperlukan data-data tanah yang mempersentasikan keadaan lapangan. Pengujian laboratorium dan pengambilan sampel tanah tidak dilakukan pada seluruh lokasi melainkan di tempat-tempat kritis yang memungkinkan dan dianggap mewakili lokasi sebenarnya.

Kelengkapan data dalam penyelidikan lapangan menentukan akurasi dalam perencanaan, tetapi tidak semua data dapat diperoleh dengan lengkap. Hal tersebut sangat berkaitan dengan permasalahan biaya pengambilan sampel atau kendala non-teknis yang terjadi di lapangan. Oleh karena itu, perencana harus mengambil asumsi yang kelak mampu dipertanggung jawabkan dengan nilai



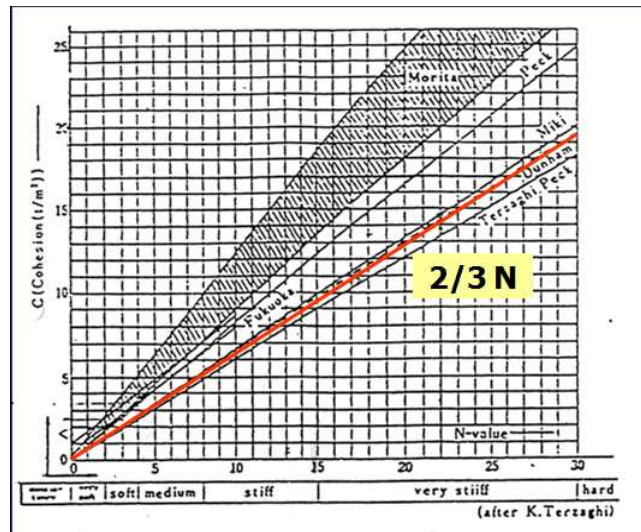
kesalahan yang minimal. Asumsi tersebut diperoleh dari korelasi empiris yang telah dilakukan oleh ahli-ahli geoteknik dan mengacu pada pemahaman mekanika tanah yang baik.

Untuk menentukan faktor daya dukung  $N_c$  dan  $N_q$  dapat menggunakan metode *meyerhoff*, dengan menggunakan grafik hubungan antara sudut geser dalam ( $\phi$ ) dengan  $N_c$  dan  $N_q$ .



**Grafik 2.1** Grafik Hubungan  $\phi$  dan Faktor Daya Dukung  
(sumber : *Meyerhof* 1983)

Untuk menentukan korelasi nilai kohesi ( $C_u$ ) pada tanah kohesif dari hasil N-SPT dapat menggunakan grafik dibawah ini :



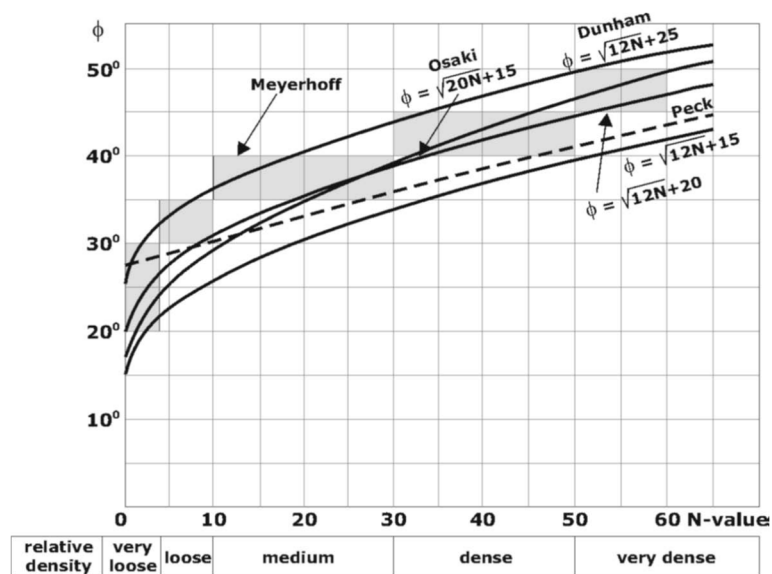
**Grafik 2.2** Hubungan antara kohesi (c) dan nilai N-SPT untuk tanah kohesif  
(Sumber : Terzaghi and Peck 1948)

*Undrained shear strength* ( $C_u$ ) pada tanah kohesif dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah kandungan air, kerapatan, tekstur tanah, kandungan mineral lempung, struktur tanah, dan *stress history*.

Korelasi nilai N-SPT dengan sudut geser pada tanah pasir dapat ditentukan dengan menggunakan **Grafik 2.3**. Untuk mengetahui nilai konsistensi tanah pasir diketahui dengan mengacu **Tabel 2.3**.

**Tabel 2.3** Korelasi nilai N-SPT dengan *relative density* tanah non kohesif  
 (sumber : *Soil Mechanics, Lambe & Whitman, from Terzaghi and Peck 1948, International Edition, 1969*)

Penetration Resistance N (blows/ft <sup>2</sup> )	Relative Density
0 – 4	Very Loose
4 – 10	Loose
10 – 30	Medium
30 – 50	Dense
> 50	Very Dense



**Grafik 2.3** Hubungan sudut geser ( $\phi$ ) dan nilai N-SPT untuk tanah pasir  
 (Sumber : *Terzaghi and Peck 1948*)

- **Berat Isi Tanah ( $\gamma$ )**

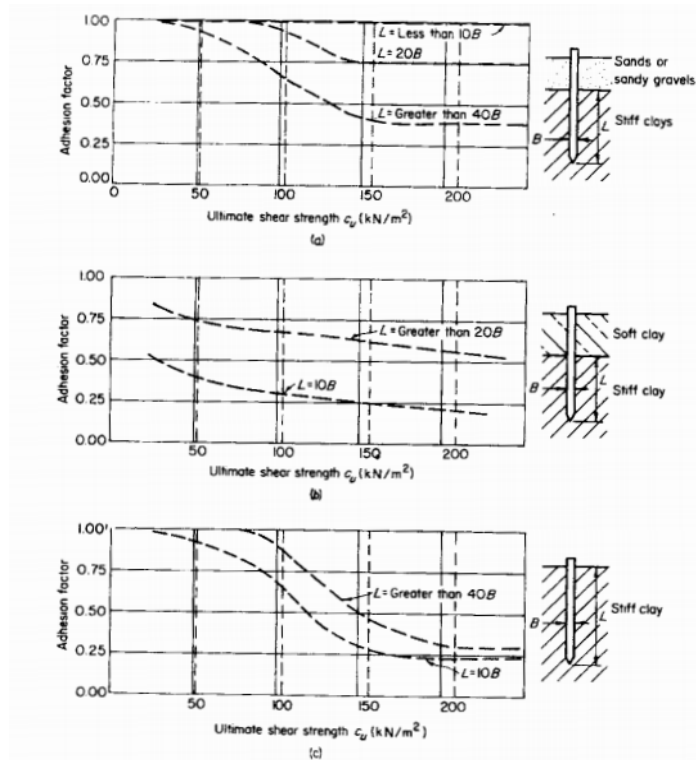
Berat isi tanah ( $\gamma$ ) adalah berat tanah per satuan volume. Nilai tipikal berat isi tanah pada berbagai jenis tanah untuk keadaan di bawah muka air tanah dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Berat Isi Tanah

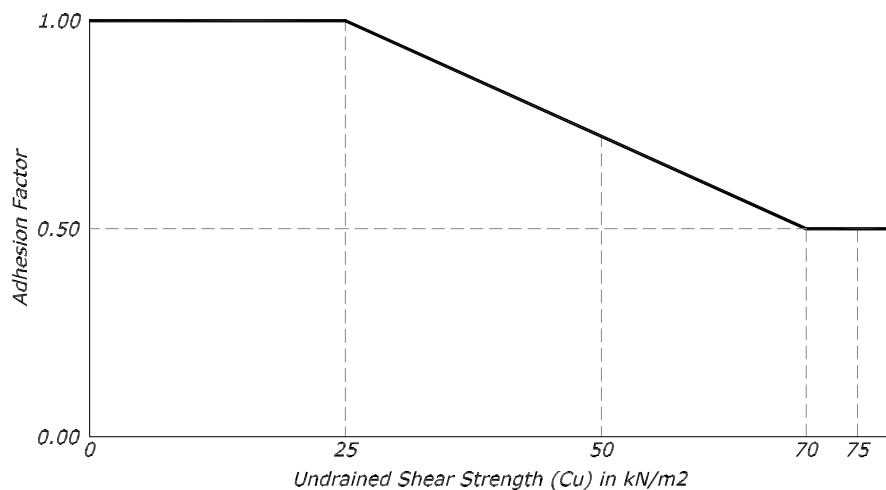
Jenis Tanah		Berat Isi Tanah (KN/m <sup>3</sup> )
GP	Poorly graded gravel	20,75
GW	Well graded gravel	21,5
GM	Silty gravel	20,75
GC	Clayey gravel	20,75
SP	Poorly graded sand	20
SW	Well graded sand	21
SM	Silty sand	19,75
SC	Clayey sand	19,25
ML	Low plasticity silt	16,50
MH	High plasticity silt	16
CL	Low plasticity clay	16
CH	High plasticity clay	15,25

- **Faktor Adhesi Tanah ( $\alpha$ )**

Metode alpha merupakan metode analisa tegangan total yang menggunakan faktor adhesi yaitu faktor yang memperhitungkan besarnya lekatan tanah dengan tiang pancang. Nilai alpha yang sering dan populer digunakan dalam praktek perencanaan adalah nilai yang dikemukakan oleh Tomlinson (1997) seperti pada grafik dibawah ini :



**Grafik 2.4** Faktor adhesi untuk tanah lempung dimana (a) tiang yang dipancang melewati tanah pasir atau kerikil (b) tiang dipancang melewati lempung lunak (c) tiang dipancang dengan lapisan tanah yang sama



**Grafik 2.5** Faktor adhesi ( $\alpha$ ) untuk Tiang pancang menurut API Metode – 2, 1986

### 2.4.1.2 Kapasitas Dukung Ultimit Cara Statis

Kapasitas dukung ultimit ultimit neto tiang ( $Q_u$ ) adalah jumlah dari tahanan ujung bawah ultimit ( $Q_b$ ) dan tahanan gesek ultimit ( $Q_s$ ) antara sisi tiang dan tanah disekitarnya dikurangi dengan berat sendiri tiang ( $W_p$ ). Bila dinyatakan dalam persamaan yaitu:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

Dengan :

- $W_p$  = berat sendiri tiang
- $Q_u$  = kapasitas dukung ultimit neto
- $Q_b$  = tahanan ujung bawah ultimit
- $Q_s$  = tahanan gesek ultimit

Tahanan ujung ultimit secara pendekatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kapasitas daya dukung ultimit pondasi dangkal sebagai berikut :

$$q_u = \frac{Q_b}{A_b} = c_b N_c + p_b N_q + 0.5 \gamma d N_\gamma$$

Dengan :

- $q_u$  = tahanan ujung per satuan luas tiang
- $A_b$  = luas penampang ujung bawah tiang
- $c_b$  = kohesi tanah disekitar ujung tiang
- $p_b$  =  $\gamma z$  = tekanan “*overburden*” di dasar tiang
- $\gamma$  = berat volume tanah
- $d$  = diameter tiang
- $N_c, N_q, N_\gamma$  = faktor-faktor kapasitas dukung (fungsi dari  $\phi$ )

Dari persamaan diatas tahanan ujung ultimit ( $Q_b$ ) dapat dinyatakan oleh:

$$Q_b = A_b [c_b N_c + p_b N_q + 0.5 \gamma d N_\gamma]$$

Tahanan gesek tiang ( $Q_s$ ) dapat dianalisis dari teori Coulomb :

$$\tau_d = \frac{Q_s}{A_s} = c_d + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi_d$$

Dengan :

$\tau_d$  = tahanan geser sisi tiang

$C_d$  = koehesi antara dinding – tanah

$\sigma_n$  = tegangan normal pada sisi tiang

$\varphi_d$  = sudut gesek antara sisi tiang dan tanah

besarnya tegangan normal pada tiang  $\sigma_n$  atau tegangan horizontal  $\varphi_d$  pada tiang bergantung pada koefisien tekanan tanah lateral

maka tahanan gesek dinding ultimit ( $Q_s$ ) adalah :

$$Q_s = \Sigma A_s \tau_d = \Sigma A_s (c_d + K_d p_o \operatorname{tg} \varphi_d)$$

Dimana :

$$p_o = \sigma_v = \Sigma \gamma_i z_i$$

= tekanan *overburden* rata-rata di sepanjang tiang

$\delta = \varphi_d$  = sudut gesek antara tiang dan tanah

$K_d$  = Koefisien tekanan lateral pada sisi tiang

#### **2.4.1.2 Daya Dukung Berdasarkan Data Lapangan**

Pada data lapangan umumnya diperhitungkan dengan data SPT dan data CPT. Yang umum digunakan pada perencanaan pondasi dalam.

##### **A. Berdasarkan Data CPT ( Cone Penetration Test)**

Kapasitas dukung tiang dapat diperoleh dari data uji kerucut statis (CPT) atau sondir. Tahanan ujung yang termobilisasi pada tiang pacing harus setara dengan tahanan ujung saat uji penetrasi. Tetapi pengaruh skala dan perbedaan kecepatan pembebanan menyebabkan perbedaan signifikan pada nilai tahanan ujung tiang. *Fleming et al* (2009) menyarankan untuk tiang pancang yang ujungnya tertutup maka tahanan ujung tiang sama dengan tahanan konus ( $q_c$ ) namun untuk tiang pancang yang ujungnya terbuka atau tiang bor tahanan ujung satuan tiang diambil 70%-nya.

Tahanan gesek tiang umumnya bergantung pada bahan tiang dan jenis tanahnya. Beberapa peneliti menyarankan tahanan gesek satuan tiang diambil sama dengan tahanan gesek lokal sisi konus ( $q_f$ ).



Kapasitas daya dukung ultimit netto dihitung dengan persamaan umum sebagai berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p = A_b f_b + A_s f_s - W_p$$

Dengan

$A_b$  = luas ujung bawah tiang

$A_s$  = luas selimut tiang

$f_b$  = tahanan ujung satuan tiang

$f_s$  = tahanan gesek satuan tiang

$W_p$  = berat tiang

### **1. Kapasitas Dukung Tiang dalam Tanah Kohesif**

Kapasitas dukung ultimit tiang ( $Q_u$ ) dihitung dengan persamaan umum :

$$Q_u = Q_b + Q_s = A_b f_b + A_s f_s - W_p$$

Dengan :

$A_b$  = luas ujung bawah tiang

$A_s$  = luas selimut tiang

$f_b$  = tahanan ujung satuan tiang

$f_s$  = tahanan gesek satuan tiang

### **metode deRuiter dan Beringen**

#### **a. Tahanan Ujung**

Untuk tiang pada pasir tahanan ujung satuan sama dengan metode Schmertmann dan Nottingham. Untuk tiang

lempung pada tahanan ujung satuan ditentukan dari analisis tegangan total seperti halnya pada teori kapasitas daya dukung fondasi dangkal pada tanah lempung

$$f_b = 5 c_u; \text{ dibatasi } f_b \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (15000 kN/m}^2\text{)}$$

$$c_u = \frac{q_{ca}}{N_k}$$

dengan:

$f_b$  = tahanan ujung satuan maksimum 150 kg/cm<sup>2</sup> (15000 kN/m<sup>2</sup>)

$c_u$  = kohesi tak terdrainase (*undrained*)

$N_k$  = koefisien tak berdimensi, nilainya antara 15 sampai 20, biasanya diambil 20.

#### **b. Tahanan Gesek**

Untuk tiang pada pasir tahanan gesek satuan dipilih nilai terkecil dari nilai gesek satuan sisi konus ( $q_f$ ) dan  $q_c/300$ .

Untuk tiang pada tanah kohesif (lempung), tahanan gesek satuan ditentukan dari nilai kohesi tak terdrainase

$$(c_u = q_c/20 = 0,05 q_c)$$

$$f_s = \alpha (q_{ca}/N_k) = 0,05 \alpha q_c$$

Dengan :

$f_s$  = tahanan gesek satuan, dengan nilai maksimum 1,2 kg/cm<sup>2</sup> (120 kPa)

$c_u$  = kohesi tak terdrainase (*undrained*)

- $\alpha$  = faktor adhesi diambil 1 untuk lempung terkonsolidasi normal dan 0,5 untuk lempung terkonsolidasi berlebihan
- $N_k$  = koefisien tak berdimensi, nilainya antara 15 sampai 20 biasanya diambil 20.

### B. Berdasarkan Data SPT ( Soil Penetration Test)

Dengan menggunakan korelasi NSPT pada tanah lempung dapat dilihat sebagai berikut:

$$Q_{ult\text{allow}} = \frac{Q_b + Q_s}{S_f}$$

$$Q_b = q_b \times A_p$$

$$q_b = 9 \times C_u$$

$$Q_s = \sum f_s \times A_s$$

$$f_s = \alpha \times C_u$$

Dimana :

$Q_{ult\text{allow}}$  = Daya dukung ultimit ijin

$Q_b$  = Tahanan ujung tiang

$Q_s$  = Tahanan gesek tiang

$A$  = koefisien adhesi

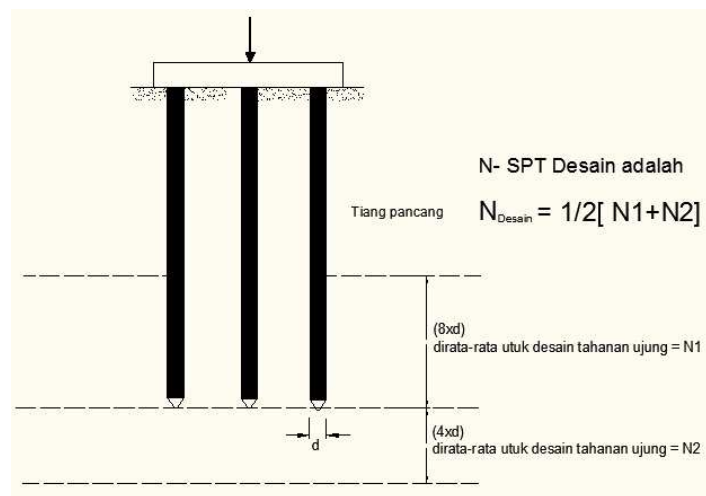
$C_u$  = kohesi undrained

$A_p$  = Luas penampang

$A_s$  = Keliling penampang tiang

$S_f$  = Safety factor,  $S_f = 3$

Nilai  $N$  rata-rata dihitung dari  $8d$  diatas dasar tiang sampai  $4d$  dibawah dasar tiang, sedang  $L_b/d$  adalah rasio kedalaman yang nilainya dapat kurang  $L/d$  bila tanahnya berlapis-lapis dapat dilihat pada gambar dibawah ini



**Gambar 2.11** Nilai N-SPT (rata-rata)

### 2.4.1.3 Daya Dukung Ijin dan Faktor Keamanan

$$Q_{izin} = \frac{Q_u}{F}$$

Dimana :

$Q_{izin}$  = Daya dukung ijin tiang (ton)

$Q_u$  = Daya dukung ultimit tiang (ton)

$F$  = Faktor keamanan (2,5)

### 2.4.2 Analisis Kelompok Tiang (*Pile Group*)

Pada tiang yang berdiameter besar atau untuk beban yang ringan sering digunakan pondasi tiang tunggal. Namun untuk memikul kolom atau beban struktur yang besar lazimnya dipikul oleh suatu kelompok tiang.

#### 2.4.2.1 Jumlah Tiang Pondasi (n)

$$n = \frac{P}{Q_{izin}}$$

Dimana :

$n$  = Jumlah tiang

$P$  = Beban yang diberikan (ton)

$Q_{ijin}$  = Daya dukung ijin pondasi (ton)

#### 2.4.2.2 Jarak antar tiang dalam kelompok

Jarak Antar Tiang Dalam Kelompok Jarak minimum antara tiang pancang yang disarankan oleh beberapa peraturan bangunan adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.5** jarak minimum antar tiang pancang

<b>Tipe tiang Pancang</b>	<b>BOCA, 1984 (pasal 1013.8)</b>	<b>NBC, 1976 (pasal 912.1f)</b>	<b>Chicago, 1987 (pasal 70.4)</b>
Gesekan	2D atau $1,75 H \geq 30$ in	2D atau $1,75 H \geq 30$ in	1D atau $1,75 H \geq 30$ in
Ujung Dukung	2D atau $1,75 H \geq 24$ in	2D atau $1,75 H \geq 24$ in	

Sumber : Bowles, 1993

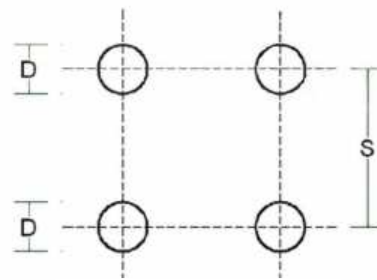
Dimana :

D = diameter tiang pancang

H = diagonal 4 (empat) persegi panjang atau tiang pancang H

Peraturan BOCA menetapkan bahwa jarak antar tiang pancang gesekan (friction pile) pada pasir lepas atau pasir kerikil lepas dinaikkan 10 % untuk tiap – tiap tiang pancang interior menjadi maksimum 40 %.

Untuk beban – beban vertikal jarak antara yang optimal berkisar antara 2,5 D sampai 3,5 D atau 2 – 3 H. Untuk kelompok tiang pancang yang memikul beban – beban lateral dan/atau beban dinamis, jarak antara tiang pancang yang lebih besar, biasanya lebih efisien. Jarak maksimum antara tiang pancang tidak diberikan dalam peraturan bangunan, tetapi jarak antara sebesar 8 atau 10 D pernah juga dipakai. Selain itu, Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L juga mensyaratkan :



**Gambar 2.3** Jarak Tiang

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 3 D$$

Dimana :

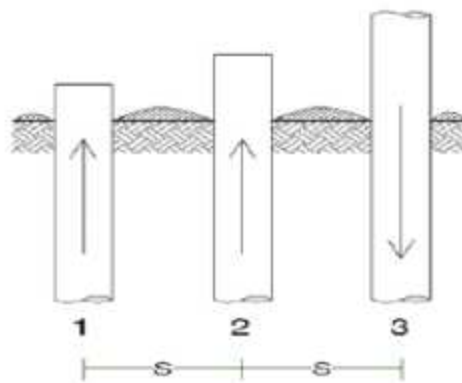
S = jarak masing –

masingtiang dalam

kelompok (*spacing*)

D = diameter tiang

- Bila  $s < 2,5 D$  Pada pemancangan tiang no. 3 akan menyebabkan :
  - a. Kemungkinan tanah di sekitar kelompok tiang akan naik terlalu berlebihan karena terdesak oleh tiang – tiang yang dipancang terlalu berdekatan.
  - b. Terangkatnya tiang – tiang di sekitarnya yang telah dipancang terlebih dahulu.



**Gambar 2.4** Jarak Tiang

- Bila  $s > 3 D$  Disini tidak ekonomis sebab akan memperbesar ukuran/dimensi dari poer (footing), sehingga memperbesar biaya

### 2.4.2.3 Efisiensi Kelompok Tiang (Eg)

Efisiensi kelompok tiang (reduksi/ penyusutan kapasitas kelompok tiang) dihitung dengan rumus : (sumber : H.C. Hardiyatmo, 2001)

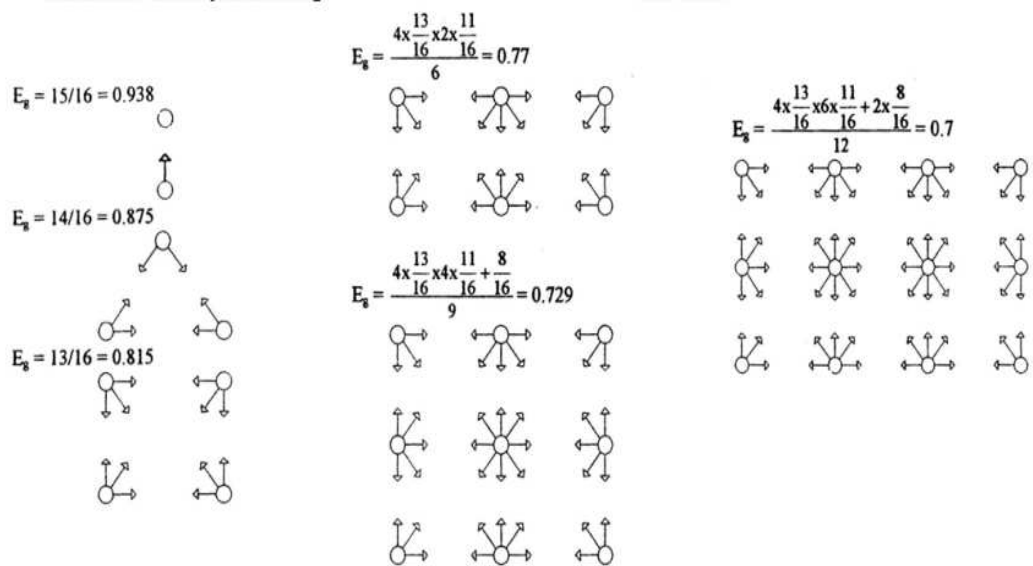
Formula Converse – Labarre :

$$D = 1 - \xi \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right\} / 90$$

Dimana :

- D = Faktor Effisiensi Grup
- $\xi$  = arc tan d/s (in degree)
- m = jumlah baris, n = jumlah *pile* pada satu baris
- d = diameter tiang
- s = jarak antara tiang ke tiang

Rumus lain untuk menentukan efisiensi tiang adalah menggunakan rumus Fled. Dalam metoda ini kapasitas pondasi individual tiang berkurang sebesar 1/16 akibat adanya tiang yang berdampingan, baik dalam arah lurus maupun dalam arah diagonal. Ilustrasi hasil perhitungan formula ini ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 2.5 hasil perhitungan metoda Feld



#### 2.4.2.4 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Kapasitas dukung kelompok tiang pada tanah lempung dapat ditentukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Kapasitas dukung kelompok tiang yang jarak antar tiang jauh (lebih besar dari  $2,25d$ ) dihitung berdasarkan pada tiang tunggal.

$$Q_u = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

Dengan :

$Q_u$  = Kapasitas ultimit kelompok (ton)

$E_g$  = Efisiensi dalam group

$n$  = jumlah tiang dalam group

$Q_a$  = Kapasitas dukung tiang tunggal (ton)

- b. Kapasitas dukung kelompok tiang yang mengalami keruntuhan blok atau jarak antar tiang sangat dekat (kurang dari  $2,25d$ ) kelompok tiang yang berukuran  $L$ ,  $B$ ,  $D$  dihitung sebagai berikut (Sumber : H.C. Hardiyatmo, 2001).

$$Q_g = [2 D (B + L) c] + [1,3 \cdot c_b \cdot N_c \cdot B \cdot L]$$

Dengan :

$Q_g$  = Kapasitas ultimit kelompok (ton)

$B$  = Lebar kelompok tiang (m)

$D$  = Kedalaman tiang dibawah permukaan tanah (m)

$L$  = Panjang kelompok tiang (m)

$N_c$  = Faktor kapasitas dukung (nilainya ditentukan berdasarkan Tabel 2.14)

$c$  = Kohesi tanah disekeliling kelompok tiang ( $\text{ton/m}^2$ )

$c_b$  = Kohesi tanah dibawah dasar kelompok tiang ( $\text{ton/m}^2$ )

Dalam hitungan kapasitas kelompok tiang maka dipilih dari hal-hal berikut :

1. Jika kapasitas kelompok tiang ( $Q_g$ ) lebih kecil daripada kapasitas tiang tunggal kali jumlah tiang ( $nQ_a$ ), maka kapasitas dukung fondasi tiang yang dipakai adalah kapasitas kelompoknya ( $Q_g$ ).
2. Sebaliknya, bila dari hitungan kapasitas kelompok tiang ( $Q_g$ ) lebih besar, maka dipakai kapasitas tiang tunggal kali jumlahnya ( $nQ_a$ )

### **2.4.3 Analisa Penggabungan dua kelompok pondasi**

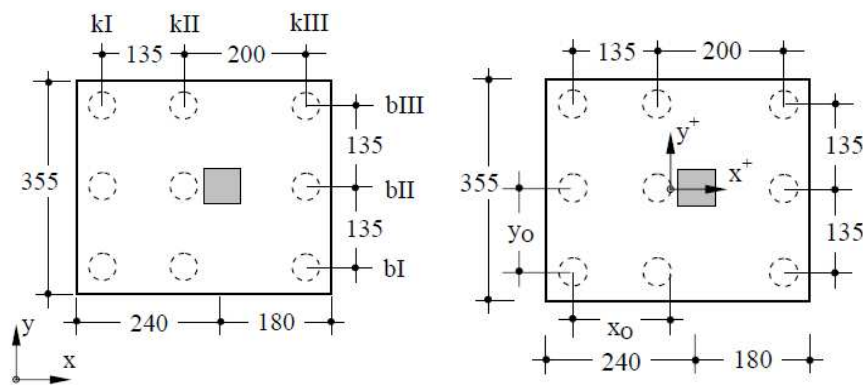
Pada tahap pelaksanaan, jika terjadi suatu permasalahan dalam kelompok pondasi perbaikan yang dilakukan harus lebih hati – hati. Dalam beberapa kasus terjadi pondasi yang tidak selalu dapat digunakan, hal ini disebabkan oleh:

1. Beban kolom terlalu besar sedangkan jarak kolom dengan kolom terlalu dekat, sehingga menimbulkan luasan pile cap pondasi yang dibutuhkan akan saling menutup (*overlapping*).
2. Ruangan terbatas misalnya berhimpit dengan bangunan lain, padat bangunan dan lain – lain.

Salah satu perbaikan yang dilakukan berupa penggabungan dua kelompok pondasi. Setelah merencanakan penggabungan dua kelompok pondasi yang perlu dilakukan adalah menganalisa resultan gaya – gayanya, berikut adalah tahapannya :

## 1. Menghitung letak titik berat tiang

Perhitungan letak titik berat tiang perlu dilakukan jika susunan tiang tidak simetris. Apabila susunan tiang sudah simetris maka baik arah x dan y letak titik beratnya berimpit pada titik berat pile cap. Berikut adalah contoh analisa perhitungan letak titik berat tiang pada kelompok tiang:



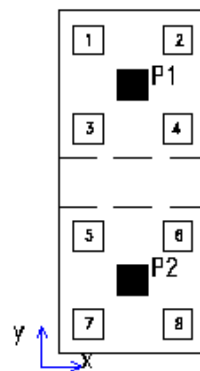
**Gambar 2.6** letak susunan tiang<sup>3</sup>

- Letak titik berat tiang terhadap baris kI :  
$$9 x_0 = 3 \cdot 1,35 + 3 \cdot 3,35$$
$$x_0 = 1,56667 \text{ m}$$
- Letak titik berat tiang terhadap baris bI :  
$$9 y_0 = 3 \cdot 1,35 + 3 \cdot 2,70$$
$$y_0 = 1,35 \text{ m}$$

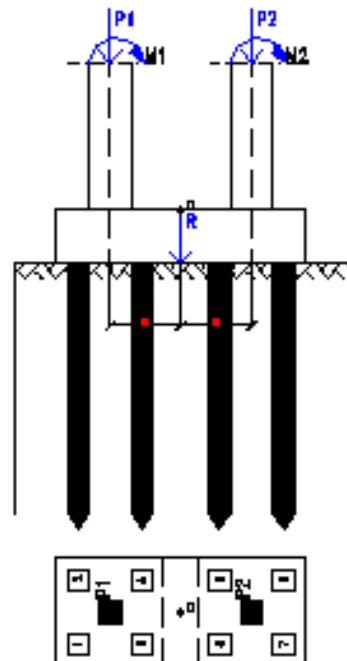
<sup>3</sup> Cahyo, Hanggoro Tri, (2006), *Hand out* Rekayasa Pondasi 2 Pondasi Tiang Pancang, Jurusan teknik sipil Universitas Negeri Semarang, Semarang

2. Analisa Resultan gaya – gaya pada pondasi

Dikarenakan terdapat dua kelompok tiang, maka terdapat dua nilai – nilai gaya dalam tiap kelompok tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa resultan gaya dari penggabungan dua kelompok tiang tersebut dengan titik tangkap pada titik berat penggabungan tiang. Berikut adalah contoh analisa resultan gaya pada penggabungan tiang :



Gambar 2.7 letak susunan tiang yang akan dilakukan penggabungan



Gambar 2.8 potongan tiang dan detail gaya – gaya dalam

$$\text{Resultan momen arah x (Mx)} = -(P1.e1) + P2.e2 + Mx1 + Mx2$$

$$\text{Resultan momen arah y (My)} = My1 + My2$$

#### 2.4.4 Analisa Distribusi Gaya pada Tiap Pondasi dalam Group

Pembebanan Pada Pondasi Kelompok Tiang Pancang Gaya luar yang bekerja pada kepala tiang (kolom) didistribusikan pada pile cap dan kelompok tiang pondasi berdasarkan rumus elastisitas dengan menganggap bahwa pile cap kaku sempurna (pelat pondasi cukup tebal), sehingga pengaruh gaya yang bekerja tidak menyebabkan pile cap melengkung atau deformasi. Maka rumus yang dipakai adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{tunggal}} = \frac{P_{\text{axial}}}{n} \pm \frac{M_x \cdot y}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \cdot x}{\Sigma x^2}$$

Dimana :

$P_{\text{tunggal}}$  = gaya axial yang bekerja pada tiang tunggal di koord (x,y)

N = jumlah tiang pada *pile group*

$M_x$  = momen yang bekerja pada *pile group* arah sumbu x

$M_y$  = momen yang bekerja pada *pile group* arah sumbu y

x & y = kordinat  $P_{\text{tunggal}}$  yang akan dicari gayanya

$\Sigma x^2$  &  $\Sigma y^2$  = jumlah dari jarak koordinat kwadrat sumbu x dan sumbu y

### 2.4 Uji Pembebanan Tiang Pancang

#### 2.4.1 Uji Pembebanan Statik

##### 2.4.1.1 Tujuan Pengujian

Uji pembebanan (*Loading Test*) adalah merupakan suatu metode pengujian yang dilakukan dengan memberikan pembebanan secara vertikal. Pengujian yang dimaksud dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satu diantaranya adalah metode uji beban (*Loading Test*) dengan menggunakan medium balok/ kubus beton dengan ukuran tertentu sebagai beban.

Tujuan *Load Test* pada dasarnya adalah untuk membuktikan bahwa tingkat keamanan suatu struktur pondasi atau bagian struktur pondasi sudah memenuhi persyaratan peraturan dari struktur pondasi yang diisyaratkan, yang tujuannya untuk memikul beban dari bangunan struktur di atasnya, penentuan tiang yang akan diuji ditentukan oleh konsultan perencana sebagai bagian dari struktur pondasi untuk memenuhi persyaratan tingkat keamanan dari bangunan tersebut.

#### **2.4.1.2 Metode Pengujian**

Metode ini merupakan sebuah metode yang dapat diandalkan untuk menguji daya dukung pondasi tiang. Interpretasi dari hasil uji pembebanan statik merupakan bagian yang cukup penting untuk mengetahui respon tiang pada selimut dan ujungnya serta besar daya dukung ultimitnya. Dalam berbagai metode interpretasi perlu mendapatkan perhatian dalam hal penentuan daya dukung ultimit yang diperoleh karena setiap metode memberikan hasil yang berbeda. Yang terpenting adalah agar dari hasil uji pembebanan statik, seorang praktisi dalam rekayasa pondasi dapat menentukan mekanisme yang terjadi, misalnya dengan melihat bentuk kurva beban- penurunan, besarnya deformasi plastis tiang, kemungkinan terjadinya kegagalan bahan tiang, dan sebagainya.

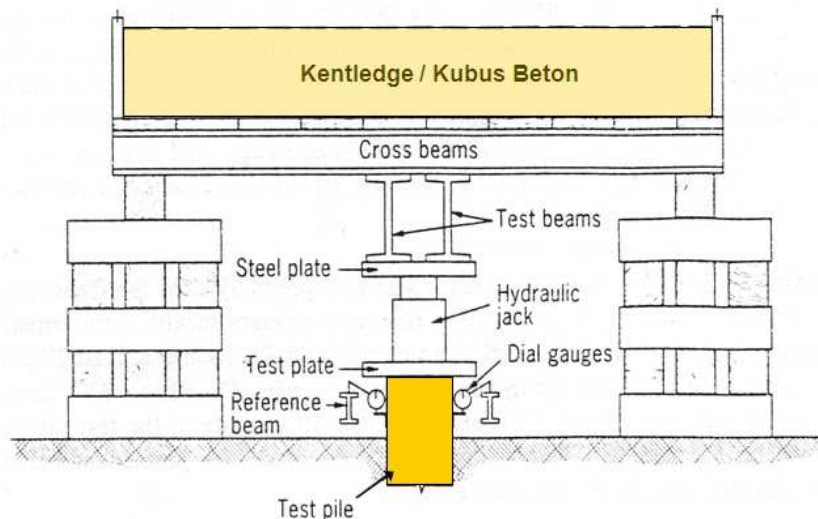
Pengujian hingga 200% dari beban kerja sering dilakukan pada tahap verifikasi dayadukung, tetapi untuk alasan lain misalnya untuk keperluan optimasi dan untuk kontrol beban ultimit pada gempa kuat, seringkali diperlukan pengujian sebesar 250% hingga 300% dari beban kerja. Pengujian beban statik melibatkan pemberian beban statik dan pengukuran pergerakan tiang. Beban-belan umumnya diberikan secara bertahap dan penurunan tiang diamati. Umumnya definisi keruntuhan yang diterima dan dicatat

untuk interpretasi lebih lanjut adalah bila dibawah suatu beban konstan, tiang terus-menerus mengalami penurunan.

Pada umumnya beban runtuh tidak dapat dicapai pada saat pengujian. Oleh karena itu daya dukung ultimit dari tiang hanya merupakan suatu estimasi. Sesudah tiang uji dipersiapkan (tiang pancang atau tiang bor), perlu ditunggu terlebih dahulu selama 7 hingga 30 hari sebelum tiang dapat diuji. Hal ini penting untuk memungkinkan tanah kembali ke keadaan semula dan tidak terganggu serta tekanan air pori yang telah terjadi telah berdisipasi. Jenis beban yang dapat dilakukan terdiri dari dua jenis yaitu beban dengan sistem kentledge seperti ditunjukan pada Gambar 2.9.

Pergerakan tiang dapat diukur dengan menggunakan satu set dial gauges yang dipasang pada kepala tiang. Toleransi pembacaan antara satu dial gauge dengan dial gauge lainnya adalah 1 mm. Dalam banyak hal, sangat penting untuk mengukur pergerakan relatif dari tiang.

Untuk mendapatkan informasi lebih lanjut dari interaksi tanah dengan tiang, pengujian tiang sebaiknya dilengkapi dengan instrumentasi. Instrumentasi yang dapat digunakan adalah strain gauges yang dapat dipasang pada lokasi-lokasi tertentu di sepanjang tiang, tell-tales pada kedalaman-kedalaman tertentu, atau load cells yang ditempatkan dibawah kaki tiang. Instrumentasi dapat memberikan informasi mengenai pergerakan kaki tiang, deformasi sepanjang tiang, atau distribusi beban sepanjang tiang selama pengujian.



**Gambar 2.9** Pengujian dengan sistem *kentledge*

- **Syarat – syarat prosedur Pembebanan<sup>4</sup>**

Percobaan pembebanan dilaksanakan sesuai dengan *American Society for Testing Material (ASTM)* Designation D 1143 – 81 section 5.2.

- **RENCANA PEMBEBANAN (merupakan Prosentase dari design load)**

Cycle I : 0% - 25% - 50% - 25% - 0%

Cycle II : 0% - 50% - 75% - 100% - 75% - 50% - 0%

Cycle III : 0% - 50% - 100% - 125% - 150% - 125% - 100% - 50% - 0%

Cycle IV : 0% - 50% - 100% - 150% - 175% - 200% - 175% - 150% - 100% - 50% - 0%

- **Pelaksanaan Pembacaan**

Pembacaan pada tiap-tiap tahap pembebanan dapat dilihat pada schedule dan skema pembacaan pembebanan.

Dari hasil-hasil selama percobaan dipersembahkan :

- Hasil Recording pembacaan
- Grafik hubungan antara :
  1. Waktu dan Pembebanan
  2. Waktu dan Penurunan
  3. Beban dan Penurunan

<sup>4</sup> <http://metodekonstruksi.blogspot.co.id/2012/10/metode-pelaksanaan-axial-test.html>



### 2.4.1.2 Metode Pembebanan

Metode pembebanan dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

#### A. Prosedur pembebanan standar (SML) Monotonik

*Slow Maintained Load Test* (SML) menggunakan delapan kali peningkatan beban. Prosedur standar SML adalah dengan memberikan beban secara bertahap setiap 25% dari beban rencana. Untuk tiap tahapan beban, pembacaan diteruskan hingga penurunan tidak lebih dari 2.54 mm/ jam, tetapi tidak lebih dari 2 jam. Penambahan beban dilakukan hingga dua kali beban rencana, kemudian ditahan. Selain itu beban diturunkan secara bertahap untuk pengukuran rebound.

#### B. Prosedur Pembebanan Standar (SML) siklik

Metode pembebanan sama dengan SML monotonik, tetapi pada tiap tahapan beban dilakukan pelepasan beban dan kemudain dibebani kembali hingga tahap beban berikutnya (unloading-reloading). Dengan cara ini, rebound dari setiap tahap beban dapatdiketahui dengan perilaku pemikulan beban pada tanah dapat disimpulkan dengan lebih baik. Metode ini membutuhkan waktu yang lebih lama daripada metode SML monotonik.

#### C. *Quick Load Test* (Quick ML)

Karena prosedur standar membutuhkan waktu yang cukup lama, maka para peneliti membuat modifikasi untuk mempercepat pengujian. Metode ini dikontrol oleh waktu dan penurunan, dimana setiap 8 tahapan beban di tahan dalam waktu yang singkat tanpa memperhatikan kecepatan pergerakan tian. Pengujian dilakukan hingga runtuh atau hingga mencapai beban tertentu. Waktu total yang dibutuhkan 3 hingga 6 jam.

#### D. Prosedur Pembebanan dengan Kecepatan Konstan (*Constant Rate of Penetration Method* atau CRP)

Metode CRP merupakan salah satu alternatif lain untuk pengujian tiang secara statis. Prosedurnya adalah dengan membebani tiang secara terus-menerus hingga kecepatan penetrasi kedalam tanah konstan. Umumnya diambil patokan sebesar 0.254 cm/menit atau lebih rendah bila jenis tanah adalah lempung. Hasil pengujian tiang dengan metode CRP menunjukkan bahwa beban runtuh relatif tidak tergantung oleh kecepatan penetrasi bila digunakan batasan kecepatan penurunan kurang dari 0.125 cm/menit. Kecepatan yang lebih tinggi dapat menghasilkan daya dukung yang sedikit lebih tinggi. Beban dan pembacaan deformasi diambil setiap menit. Pengujian dihentikan bila pergerakan total kepala tiang mencapai 10% dari diameter tiang atau bila pergerakan sudah cukup besar. Pengujian dengan metode CRP umumnya membutuhkan waktu sekitar 1 jam (tergantung ukuran dan daya dukung tiang). Metode CRP memberikan hasil yang serupa dengan metode Quick ML, dan sebagaimana metode Quick ML, metode ini juga dapat diselesaikan dalam waktu 1 hari.

#### **2.4.1.3 Interpretasi Hasil Uji Pembebanan Statik**

Dari hasil uji pembebanan, dapat dilakukan interpretasi untuk menentukan besarnya beban ultimit. Ada berbagai metode interpretasi namun, yang sering digunakan adalah tiga metode. Ketiga metode tersebut adalah:

## 1. Metode Davisson

Prosedur penentuan beban ultimit dari pondasi tiang dengan menggunakan metode ini adalah:

- a. Gambarkan kurva beban terhadap penurunan.
- b. Penurunan elasis dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\frac{S_e}{Q} = \frac{L}{A_p \cdot E_p}$$

Dimana:

$S_e$  = Penurunan elasis

$Q$  = beban uji yang diberikan

$E_p$  = modulus elatis tiang (K – 500 )

$A_p$  = Luas penampang tiang

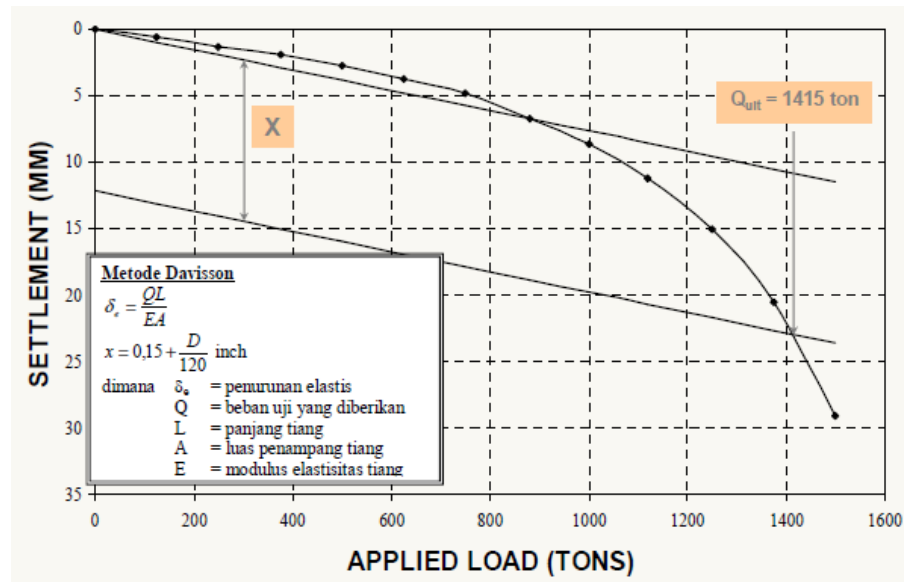
$L$  = panjang tiang

- c. Tarik garis OA seperti pada Gambar 2.11 berdasarkan persamaan penurunan elasis.
- d. Tarik garis BC yang sejajar dengan garis OA dengan jarak X, dimana X adalah:

$$X = 0,15 + \frac{D}{120} \text{ (inch)}$$

Dengan D adalah diameter atau sisi tiang dalam satuan inchi.

- e. Perpotongan antara kurva beban-penurunan dengan garis lurus merupakan daya dukung ultimit.



Gambar 2.10 Interpretasi daya dukung dengan *Davisson*<sup>5</sup>

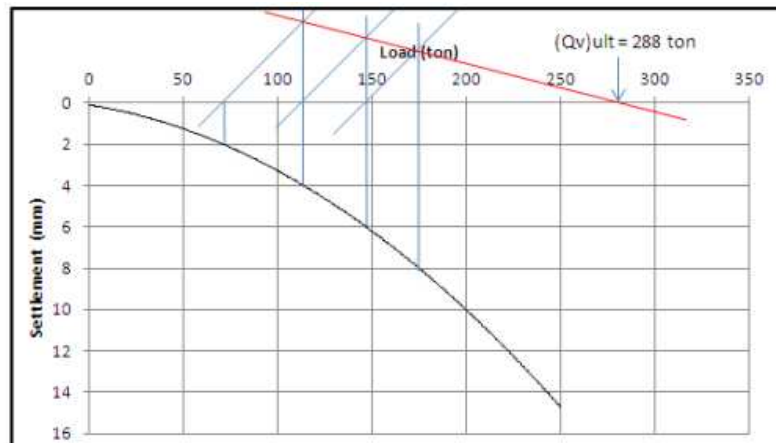
## 2. Metode Mazurkiewicz

Prosedur penentuan beban ultimit dari pondasi tiang dengan menggunakan metode Mazurkiewicz adalah:

- Gambarkan kurva beban terhadap penurunan.
- Tentukan beberapa titik pada sumbu penurunan yang telah ditentukan hingga memotong kurva dan tarik garis sejajar sumbu penurunan hingga memotong sumbu beban.
- Dari perpotongan setiap beban tersebut, tarik garis yang membentuk sudut  $45^\circ$  terhadap garis perpotongan berikutnya, dan seterusnya.

<sup>5</sup> Idrus, Ir. M.Sc IPM, (2012), Daya dukung Fondasi Dalam Tiang Pancang dan Tiang Bor, Jakarta

- d. Tarik garis lurus yang mewakili titik-titik yang terbentuk. Perpotongan garis lurus ini dengan sumbu beban merupakan beban ultimit dari tiang (Gambar 2.12)



**Gambar 2.11** Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Mazurkiewicz<sup>6</sup>

### 3. Metode Chin

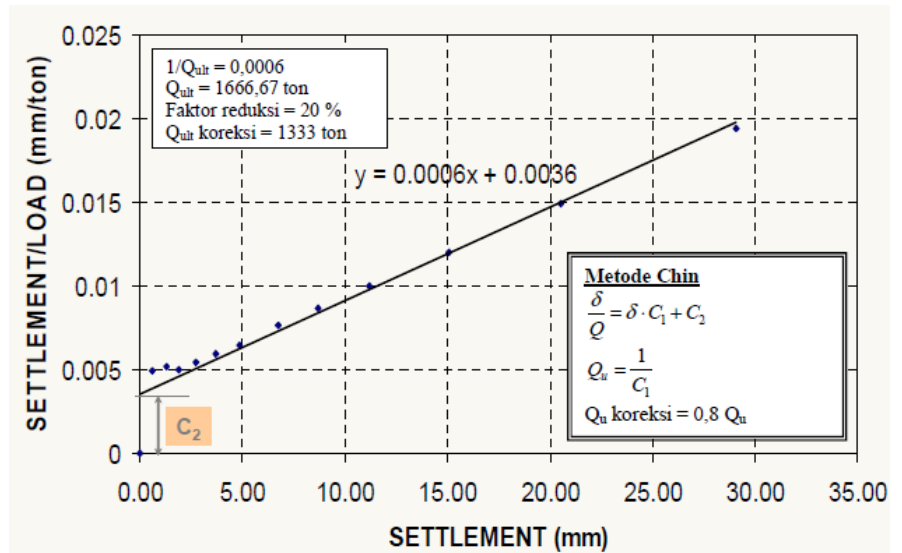
Prosedur penentuan beban ultimit dari metode Chin adalah:

- a. Gambarkan kurva antara rasio penurunan terhadap beban ( $s/Q$ ) terhadap penurunan, dimana  $s$  adalah penurunan dan  $Q$  adalah beban seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13
- b. Tarik garis lurus yang mewakili titik-titik yang telah digambarkan, dengan persamaan garis tersebut adalah :

$$S/Q = C1.S + C2$$

<sup>6</sup> Adriani, Rien Novia, 2014, "Analisa Daya Dukung Tiang *Spun Pile* dengan metode Uji Pembebanan Statik (*Loading Test*), Kalimantan Barat.

- c. Hitung C1 persamaan garis atau dari kemiringan garis lurus yang telah ditentukan
- d. Beban ultimit adalah 1/C1



Gambar 2.12 Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Chin

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Deskripsi Proyek**

Proyek di daerah Cikarang, Jawa Barat adalah pembangunan Apartemen berlantai 27 yang terdiri dari 25 lantai bangunan diatas permukaan tanah dan 2 lantai basement. Ketinggian bangunan adalah 77,0 meter serta kedalaman basement adalah -6,00 meter dari muka tanah.

Untuk meneruskan/mentransfer beban dari bagian struktur atas (*upper structures*) ke lapisan tanah di bawahnya hingga mencapai daya dukung yang diinginkan, maka diperlukan suatu bagian konstruksi bangunan bawah (*sub structures*) yang disebut dengan pondasi, dalam hal ini direncanakan menggunakan pondasi Tiang pancang.

Untuk dapat mengetahui deskripsi dari proyek ini, maka diketahui data-data sebagai berikut :

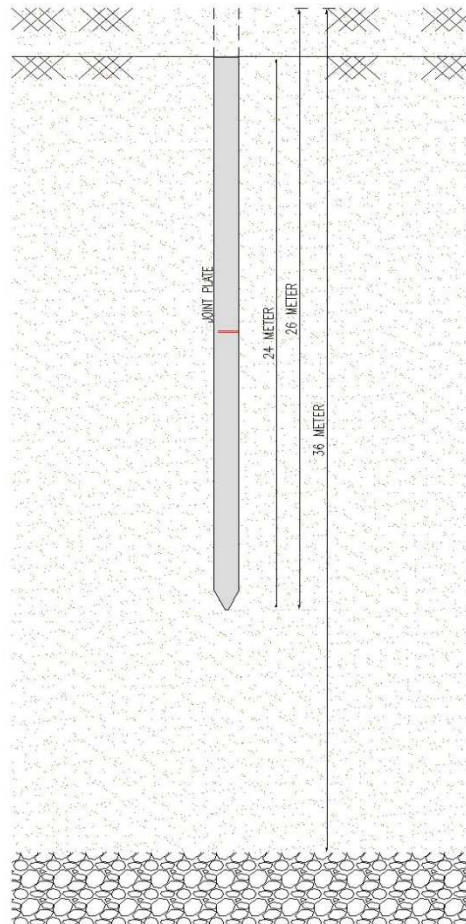
Fungsi Bangunan	: Apartemen
Lokasi Pekerjaan	: Cikarang, Jawa Barat
Luas Lahan	: 25000 m <sup>2</sup>



**Gambar 3.1** Potongan Gedung

Pada tahap perencanaan, estimasi awal perencanaan tiang pada kedalaman  $-26,00$  m, dengan beban ijin tiang rencana (Qall) = 130 ton. Metode pelaksanaan pemancangan menggunakan tiang pancang persegi panjang, dengan dimensi  $40 \times 40$  cm sepanjang  $12$  m sebanyak  $2$  buah. Selanjutnya untuk mencapai kedalaman rencana tiang pancang yang sudah sedikit tenggelam ke dalam tanah digunakan alat bantu dolly sepanjang  $2$  m sehingga panjang tiang mencapai  $-26,00$  m.





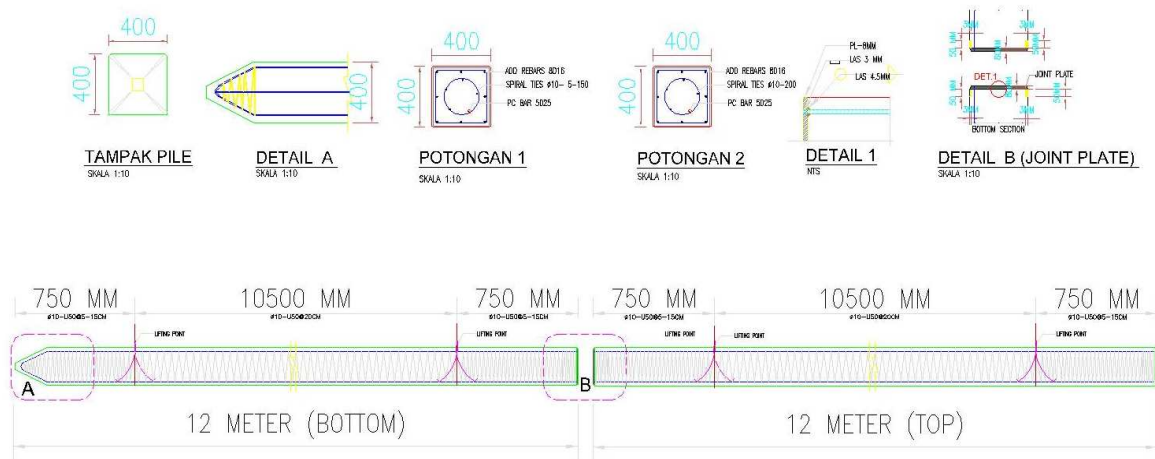
**Gambar 3.2** detail pemancangan

kegagalan daya dukung pondasi yang tidak sesuai perencanaan yang terjadi dikarenakan hasil uji pembebanan (*loading test*) yang menunjukkan terjadinya penurunan ( $\delta$ ) yang lebih besar dari 1" atau 25,4 mm sebelum beban mencapai 200%. Uji Pembebanan (*Loading test*) dalam proyek tersebut dilakukan pada empat titik pile secara acak, dapat dilihat pada gambar layout uji pembebanan pada gambar 3.4 . Berikut adalah tabel hasil uji pembebanan (*loading test*) pada empat titik tiang.

### 3.2 Data Teknis Pondasi

Data ini diperoleh dari lapangan menurut perhitungan dari pihak konsultan perencana sebagai berikut :

1. Jenis Tiang pancang = Tiang Pancang Prestress
2. Panjang Tiang pancang = 24 m
3. Dimensi tiang = 40 x 40 (cm)
4. Mutu beton Tiang pancang = K-500
5. Denah Tiang Pancang = Dapat dilihat pada Lampiran

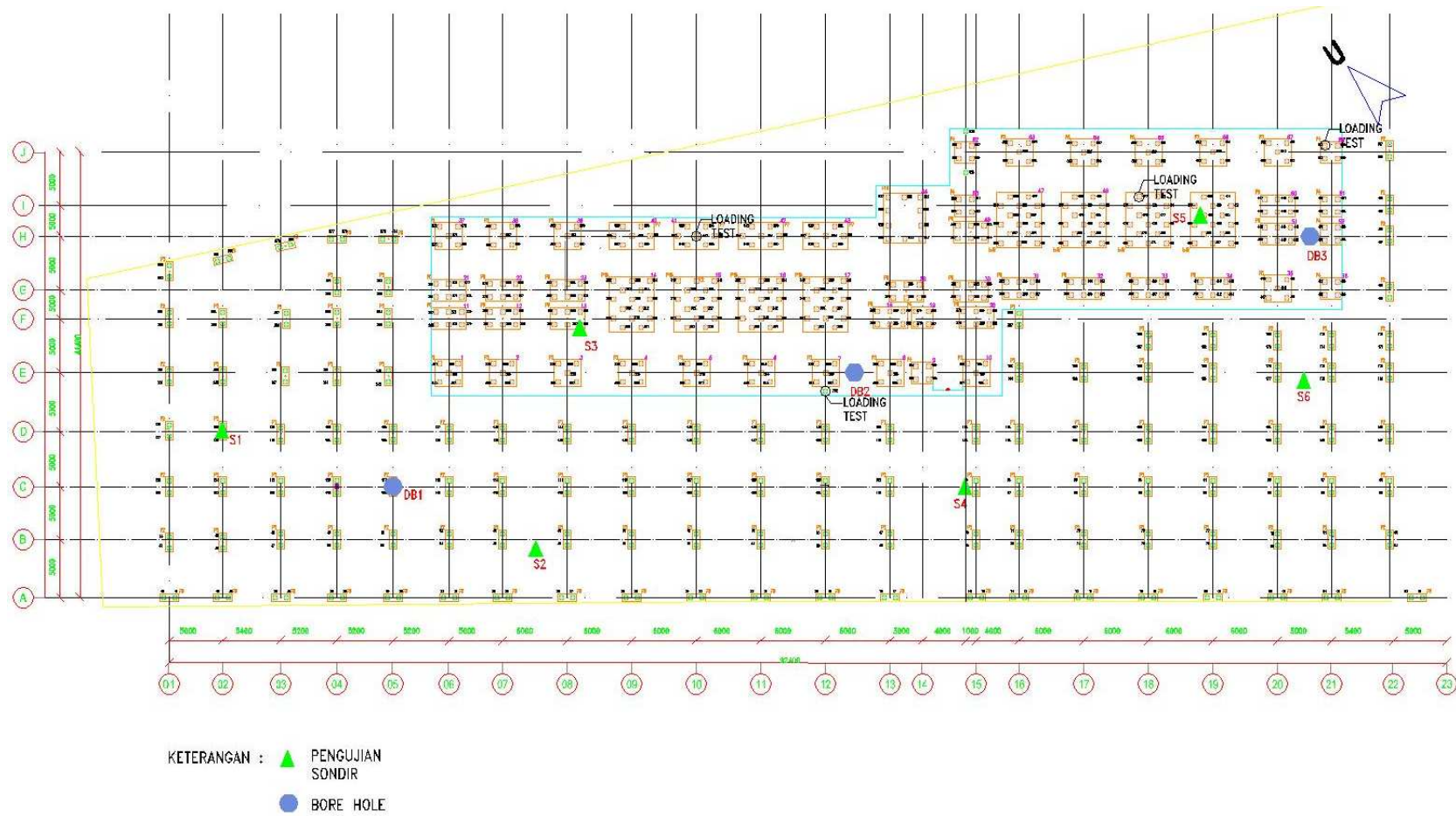


Gambar 3.3 Detail Penulangan Tiang Pancang Prestress

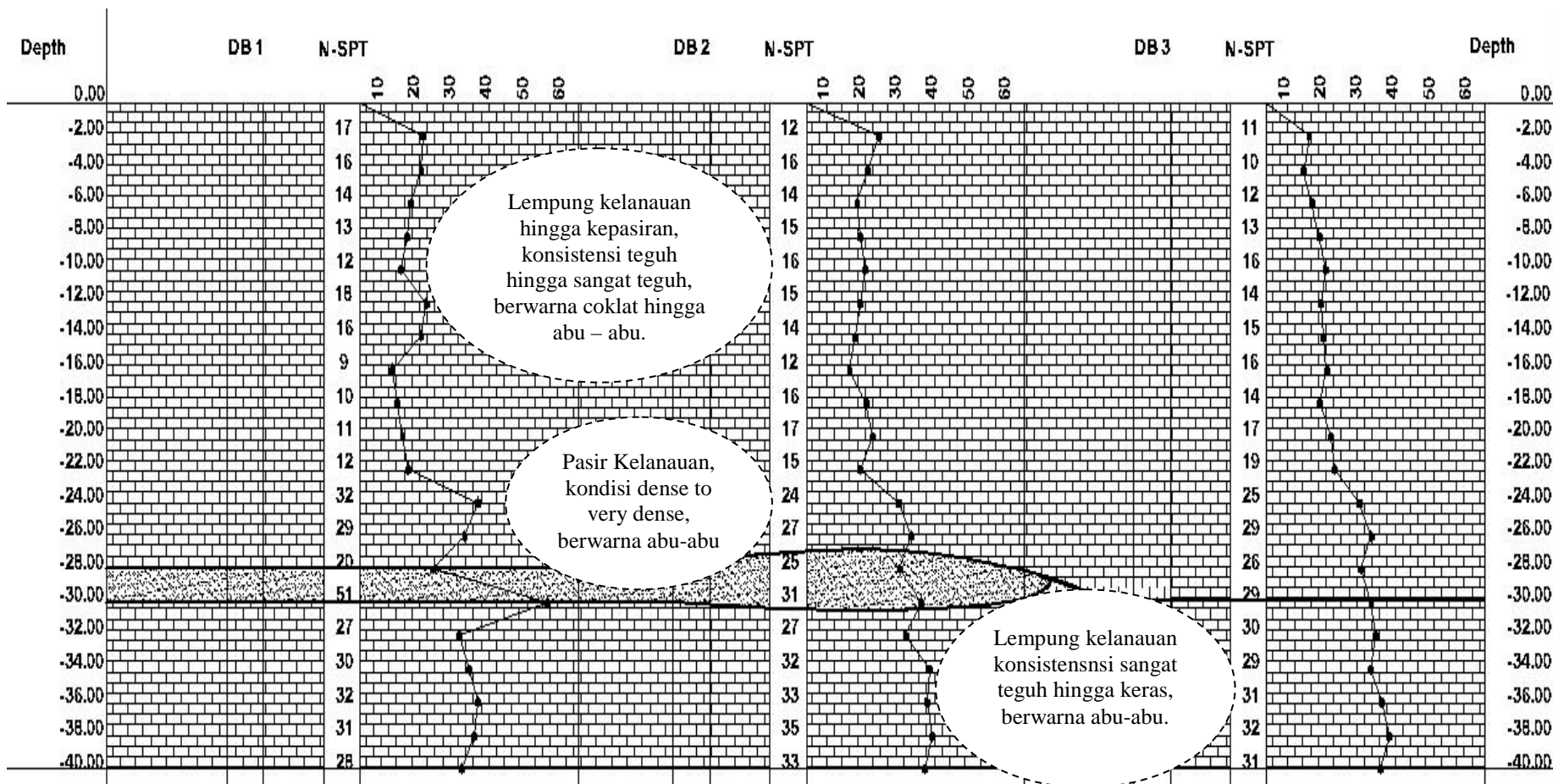
### 3.3 Data Hasil Penyelidikan Tanah

Data hasil penyelidikan tanah untuk proyek Apartemen di lapangan dilakukan 3 titik bore hole dan 6 titik sondir. Penyelidikan tanah dilapangan dan di labolatorium dilakukan untuk mengetahui parameter – parameter tanah yang merupakan informasi dan refrensi dalam menganalisa pondasi dalam. Berikut adalah layout tiang dan titik – titik pengujiannya.

## DENAH PILE DAN TITIK SOIL TES



**Gambar 3.4** Layout Pile, titik uji Bore Hole dan Sondir



Gambar 3.5 Profil tanah

### 3.3.1 Pembahasan Data Sondir

Pengujian sondir dilakukan di 6 titik yaitu S1, S2, S3, S4, S5 dan S6. Berdasarkan hasil pengujian DCPT / sondir yang diplot dalam grafik hubungan antara tahanan konus ( $q_c$ ) terhadap kedalaman pengujian, diperoleh data pada kedalaman eksisting sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Summary Hasil Uji Sondir

Titik Sondir	Kedalaman (m)	Nilai Tahanan Konus ( $q_c$ ) ( $\text{kg/cm}^2$ )
S1	26,00	55
S2	26,00	50
S3	26,00	52
S4	26,00	65
S5	26,00	65
S6	26,00	75

Dalam perencanaan pondasi dalam untuk tanah kelanauan harus memiliki nilai tahanan konus ( $q_c$ )  $\geq 100 \text{ kg/cm}^2$ , karena hal ini menunjukkan bahwa perencanaan tiang pondasi terletak pada tanah keras sehingga tidak perlu dikhawatirkan terjadi penurunan<sup>6</sup>. Sementara dari nilai tahanan konus ( $q_c$ ) pada kedalaman perencanaan di lapangan berkisar antar 50 – 75 100  $\text{kg/cm}^2$ .

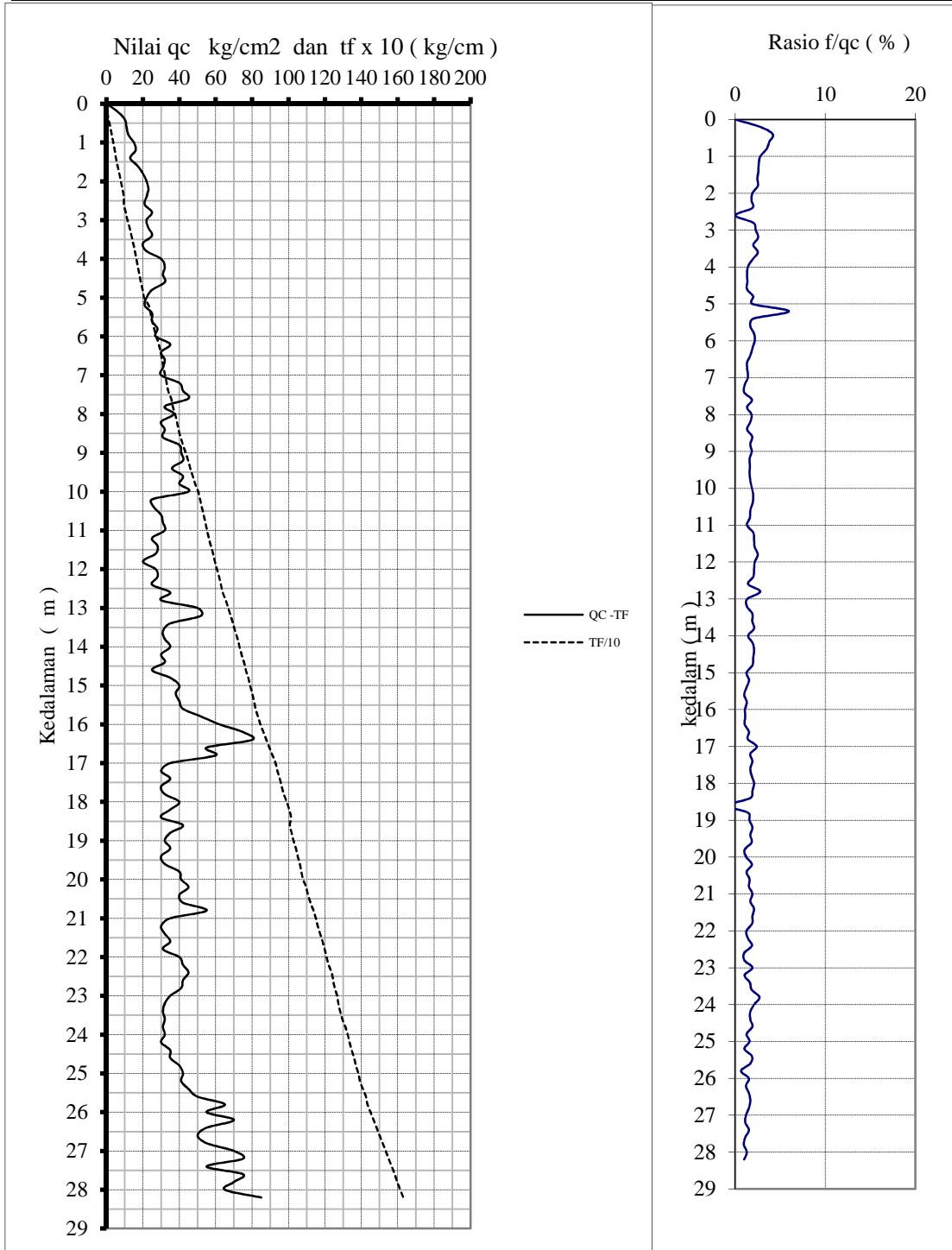
---

<sup>6</sup> <https://ronymedia.wordpress.com> (23 Februari 2016)

**Grafik 3.1 Hasil uji Sondir 1**

**CONE PENETRATION TEST**

<b>SONDIR NO</b>	: S-1	D1 ( Qonus )	3.54 cm
<b>PROJECT</b>	: Apartement	D2 ( Jacked )	3.56 cm
<b>LOCATION</b>	: Cikarang, Jawa Barat	H ( jacked )	10.8 cm
<b>DATE OF TESTED</b>	: 04 Januari 2015	Ratio ( R )	
<b>TESTED BY</b>	: Raji Mr.	Elevation ( - 0.00 )	
<b>CHECKED BY</b>	: Ketira Engineering Consultant	G W L ( - )	- m



### 3.3.2 Pembahasan Data Bore

Dari pengujian bore dalam yang dilakukan di 3 titik bore didapat N-SPT dan penjelasan material tanah seperti pada **tabel 3.3**, **tabel 3.4** dan **tabel 3.5**. Berikut adalah resumme nilai N-SPT terbesar sampai kedalaman rencana :

**Tabel 3.2** *Summary Hasil Data Bore*

Titik Bore	Kedalaman (m)	N-SPT (pukulan)
BH 1	24,00	32
BH 2	26,00	27
BH 3	26,00	29

Dalam perencanaan pondasi dalam untuk tanah lempung harus memiliki nilai N-SPT  $\geq 30$  pukulan , karena hal ini menunjukkan bahwa perencanaan tiang pondasi terletak pada tanah keras. Nilai N-SPT pada kedalaman perencanaan di lapangan berkisar

### Grafik 3.2 Bore Hole 1

Tabel 3.3 Bore Hole 1

RECORD OF BORING		BOREHOLE NO : DB - 1			SHEET		1												
PROJECT		APARTEMEN Cikarang																	
REDUCED LEVEL		WATER LEVEL			LOGGED BY		Raji Cs												
TYPE OF BORING		ROTARY WASH BORING			STARTING DATE		03/01/2015												
					FINISHING DATE		12/01/2015												
DEPTH (m)	DESCRIPTION OF SOIL CONSISTENCY, COLOUR RELATIVE DENSITY, GRAIN SIZE, TEXTURE ETC.	LEGEND	Depth (m)	SAMPLE			Field Test												
				150 mm	150 mm	150 mm	N	10	20	30	40	50	60						
0,00																			
-2,00	Lempung Kelanauan (Silty Clay) berwarna Coklat, konsistensi sangat teguh ( <i>very stiff</i> )		-1,50	9	8	9	17												
-4,00			-3,5	4	7	9	16												
-6,00			-5,5	3	6	8	14												
-8,00	Lempung Kelanauan (Silty Clay), berwarna coklat keabu - abuan dengan konsistensi teguh ( <i>stiff</i> )		-7,5	3	6	7	13												
-10,00			-9,5	3	5	7	12												
-12,00			-11,5	4	8	10	18												
-14,00			-13,5	11	7	9	16												
-16,00	Lempung Kelanauan (Silty Clay), berwarna coklat abu - abu muda dengan konsistensi cukup teguh hingga teguh ( <i>medium stiff to stiff</i> )		-15,5	3	4	5	9												
-18,00			-17,5	3	4	6	10												
-20,00			-19,5	3	5	6	11												
-22,00			-21,5	3	5	7	12												
-24,00	Lempung Kelanauan (Silty Clay), berwarna abu - abu tua dengan tingkat konsistensi teguh hingga sangat teguh ( <i>stiff to very stiff</i> )		-23,5	8	17	15	32												
-26,00			-25,5	12	13	16	29												
-28,00	Lempung Kelanauan (Silty Clay) dengan sisipan pasir halus berwarna abu - abu tua dengan tingkat konsistensi teguh hingga sangat teguh ( <i>stiff to very stiff</i> )		-27,5	8	6	14	20												
-30,00	Pasir halus kelanauan (Sandy Silt), konsistensi hard berwarna abu - abu kehitaman		-29,5	15	22	29	51												
-32,00			-31,5	9	11	16	27												
-34,00	Lempung Kelanauan (Silty Clay) berwarna abu - abu dengan tingkat konsistensi sangat teguh ( <i>Very stiff</i> )		-33,5	9	13	17	30												
-36,00			-35,5	10	14	18	32												
-38,00			-37,5	8	13	18	31												
-40,00			-39,5	7	12	16	28												

End of Boring at Depth : -40.00 m

LEGEND :

- CLAY
- SILT
- SAND



- SILTY CLAY
- ROCK





### 3.3.3 Pembahasan Data Laboratorium

Berdasarkan pengumpulan data – data yang dilakukan penulis, diperoleh bahwa data laboratorium yang diuji dalam pelaksanaan proyek apartemen di Cikarang hanya dari data *Bore Hole 2* saja. Berikut adalah resume hasil data Laboratorium:

**Tabel 3.3** *Summary Data Laboratorium Bore Hole 2*

Kedalaman (m)	$\gamma_{\text{sat}}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	N-SPT (pukulan)
1,5 – 2,0	1,954	0,954	12
3,5 – 4,0	1,913	0,913	16
5,5 – 6,0	1,93	0,93	14
7,5 – 8,0	1,948	0,948	15
9,5 – 10	1,998	0,998	16
11,5 – 12	1,926	0,926	15
13,5 – 14	1,892	0,892	14
15,5 – 16	1,992	0,992	12
17,5 – 18	1,891	0,891	16
19,5 – 20	1,957	0,957	17
21,5 – 22	1,868	0,868	15
23,5 – 24	1,879	0,879	24

### 3.4 Data Hasil Penetrasi Tiang Pancang


Dalam proses pemancangan menggunakan sistem *jack in pile* besarnya penetrasi tiang ke dalam tanah dapat diketahui dengan membaca *Pressure gauge* yang ada pada alat pancang. Dalam proyek ini laporan pembacaan penetrasi tiang dilakukan pada titik tiang 477, 547 dan 614. Berikut adalah resume pembacaan penetrasi tiang :

**Tabel 3.4** *Summary* Hasil Pembacaan Penetrasi tiang

Titik Tiang	Pressure (ton)
477	205,17
547	256,46
614	230,81

Berdasarkan hasil pembacaan penetrasi tiang diketahui bahwa rata – rata *pressure* (tekanan) tiang sudah mencapai nilai lebih besar dari 200 ton. Namun pembacaan penetrasi ini tidak dapat digunakan sebagai estimasi daya dukung tiang. Hal ini dikarenakan hasil penetrasi berupa tekanan yang dilakukan selama proses *jacking* sementara untuk mengetahui kemampuan tiang harus dilakukan dengan pembebanan pada tiang selama waktu tertentu.

Gambar 3.6 Hasil Pembacaan Penetrasi Tiang 614



# PT. DAYACIPTA ANEKAREKSA

STEEL & PRECAST STRUCTURE - GENERAL CONTRACTORS

**PROJECT :** EDP2. Cikarang

**PILE NO. :** P4 614 21

Segmental Stage	1	2	3	4	5
Pile Size (mm)	40x40	40x40			
Pile Length (m)	12	12			21
Casting Date					
Driving/Installation Date	13.11.2014				
Time (Termination)					
(Start)					



PILE PENETRATION											
No.	Pressure	2 Cylinder		4 Cylinder		No.	Pressure	2 Cylinder		4 Cylinder	
	(Mpa)	Ton	Meter's	Ton	Meter's		(Mpa)	Ton	Meter's	Ton	Meter's
1	6,00	31,16		76,94		11	16,00	83,09		205,17	
2	7,00	36,35		89,76		12	17,00	88,29		217,99	
3	8,00	41,55		102,58		13	18,00	93,48		230,81	25,5
4	9,00	46,74		115,41		14	19,00	98,67		243,63	
5	10,00	51,93		128,23		15	20,00	103,87		256,46	
6	11,00	57,13		141,05		16	21,00	109,06		269,28	
7	12,00	62,32		153,87		17	22,00	114,25		282,10	
8	13,00	67,51		166,7		18	23,00	119,44		294,93	
9	14,00	72,71		179,52		19	23,50	122,04		301,34	
10	15,00	77,50		192,34		20	24,00	124,64		307,75	

PILE JOINT WELDING PROCESS					
Segmental Stage	1st - 2nd	2nd - 3rd	3rd - 4th	4th - 5th	5th - 6th
Date	1				
Time (Termination)					
(AM/PM) (Start)					

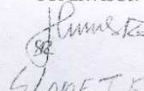

**NOTE :**

- 1 The above record is completely accomplished by joint witness of parties concerned
- 2 The piling contractor is responsible for the work performance up to maximum
- 3 Limit state of pressure capacity of pile driver (HSPD)

**PILLING CONTRACTOR**

<b>OPERATOR</b>  Tgl. 13.11.2014	<b>SUPERVISOR</b>  Tgl.
---	--

**CONSTRUCTION MANAGEMENT**

<b>SUPERVISOR</b>  Tgl.	<b>PROJECT MANAGER</b>  Tgl.
---	---

Putih : Penagihan      Putih : Arsip      Kuning : Gaji      Merah : Kantor Proyek

### 3.5 Tahapan Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini, beberapa tahapan dilaksanakan sehingga tercapai maksud dan tujuan dari penelitian. Seperti diketahui dari bab I, tujuan dari penulisan ini adalah : mengidentifikasi penyebab kegagalan daya dukung pondasi dalam yang tidak sesuai perencanaan, kemudian membuat suatu kesimpulan maupun saran berupa perbaikan dalam pemecahan masalah tersebut. Dalam mencapai tujuan tersebut maka dilakukan tahapan-tahapan yang sebagai berikut :

a. Tahap Pertama

Kegiatan yang dilakukan adalah mengumpulkan berbagai jenis judul buku, jurnal, dan makalah yang mendukung terhadap penelitian sesuai dengan judul yang akan dibahas.

b. Tahap Kedua

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dokumen data - data dari hasil penyelidikan-penyelidikan, dalam hal ini laporan lengkap hasil penelitian pada proyek Apartemen di Cikarang berupa hasil penyelidikan tanah, pengujian CPT dan hasil uji pembebanan (*loading test*). Dari data hasil uji pembebanan dilakukan analisa interpretasi nilai daya dukung aktual dilapangan.

c. Tahap Ketiga

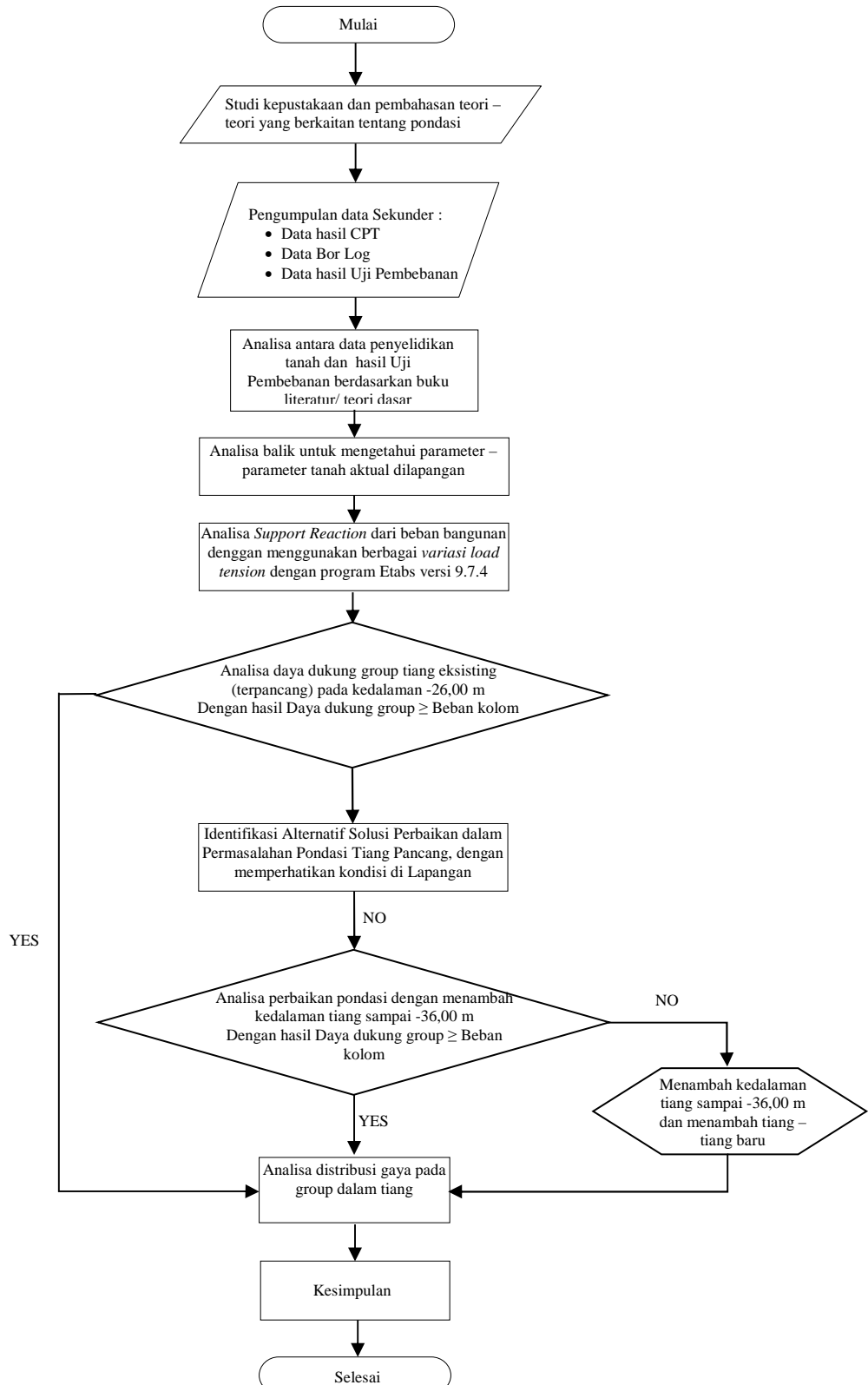
Melakukan analisis antara data lapangan dengan buku literatur/teori dasar yang sesuai dengan penelitian tentang penggunaan teori dan persamaan yang sesuai, serta pendekatan yang akan digunakan.

d. Tahap Keempat

Melakukan analisa balik (*Back Analysis*) perhitungan daya dukung dengan data masukan (input) berupa daya dukung aktual di lapangan dengan, berat jenis tanah ( $\gamma$ ) dari laporan *soil investigation*, N-SPT. Sehingga diperoleh data keluaran berupa nilai kohesi (Cu) , Faktor adhesi ( $\alpha$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) aktual di lapangan.

- e. Tahap Kelima  
Melakukan perhitungan *support reaction* dari beban bangunan (beban *upper Structure*) yang bekerja pada pondasi dengan variasi *load tension* menggunakan program Etabs versi 9.7..4.
- f. Tahap Keenam  
Analisa daya dukung group existing yaitu pada kedalaman -26,00 m. Kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan nilai beban kolom, jika daya dukung group  $\leq$  beban maka perlu dilakukan evaluasi.
- g. Tahap Ketujuh  
Evaluasi selanjutnya yang dilakukan adalah dengan memperdalam kedalaman tiang. Analisa daya dukung group tiang sampai final set pada kedalaman -36,00 m. Kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan nilai beban kolom, jika daya dukung group  $\leq$  beban maka perlu dilakukan penambahan jumlah tiang.
- h. Tahap Kedelapan  
Melakukan analisa kebutuhan tiang yang diperlukan pada titik – titik yang belum memenuhi syarat. Selanjutnya direncanakan formasi tiang yang baru dan di hitung kapasitas dukung group tiangnya.
- i. Tahap Kesembilan  
Menganalisa pembagian tekanan pada group tiang, kemudian hasilnya dibandingkan dengan daya dukung ijin. Nilai tekanan pada tiang tunggal harus  $\leq$  daya dukung ijin, jika hasilnya tidak memnuhi syarat maka perlu dilakukan analisa ulang saat melakukan penambahan jumlah tiang.
- j. Tahap Kesepuluh  
Membuat kesimpulan penyebab kegagalan daya dukung pondasi yang tidak sesuai dengan perencanaan dan alternatif perbaikannya.

Skema pelaksanaan studi ini dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut:



Gambar 3.7 Flowchart Metodologi Penelitian

### **3.6 Metode Pengumpulan Data**

Tahap pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menentukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Data - data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Adapun hal - hal yang diperhatikan dalam pengumpulan data adalah :

1. Jenis data
2. Tempat diperolehnya data
3. Jumlah data yang diperlukan

Berkaitan dengan studi kasus kegagalan daya dukung pondasi yang tidak sesuai dengan perencanaan diperlukan data primer, data sekunder, juga didukung dengan data - data penunjang lainnya. Tujuan yang hendak dicapai melalui pengumpulan data yang memadai adalah memberikan solusi perbaikan dalam perencanaan pondasi.

#### **3.6.1 Data Primer**

Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi Tiang pancang pada proyek pembangunan Apartemen di Cikarang ini penulis memperoleh data primer dari kontraktor tiang pancang berupa data teknis tiang pancang, data laboratorium penyelidikan tanah, hasil SPT, data *Loading Test* dan Gambar Struktur.

#### **3.6.2 Data Sekunder**

Data yang diperoleh melalui studi literatur sebagai data pendukung dan pelengkap, yaitu mengumpulkan referensi dari bahan kuliah maupun buku - buku umum, serta data-data yang diperlukan dari instansi-instansi yang terkait.

## BAB IV

### ANALISIS DAN PERHITUNGAN

#### 4.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai data hasil loading test, kemudian akan direduksi dan dikorelasikan sehingga menjadi informasi dalam melakukan analisa daya dukung pondasi pada proyek Apartemen di Cikarang.

#### 4.2 Pembahasan Data Uji Pembebanan

Uji Pembebanan yang dilakukan dalam proses pembangunan Apartemen di Cikarang terdiri dari Uji Pembebanan secara dinamik dengan PDA dan Uji Pembebanan secara statis dengan sistem kentledge. Pada tugas akhir ini hanya akan dibahas hasil uji Pembebanan secara statis dengan sistem kentledge. Uji Pembebanan dilakukan pada 4 titik, berikut layout titik – titik tiang yang diuji.

Pengujian *Loading test* dilakukan pada 4 pile, yaitu tiang nomor 477, 547, 614 dan 702. Berdasarkan hasil loading test diperoleh grafik hubungan antara pembebanan dan penurunan. Dari data hasil loading test dilakukan kajian seperti berikut :

**Tabel 4.1** Summary Hasil *Loading test*

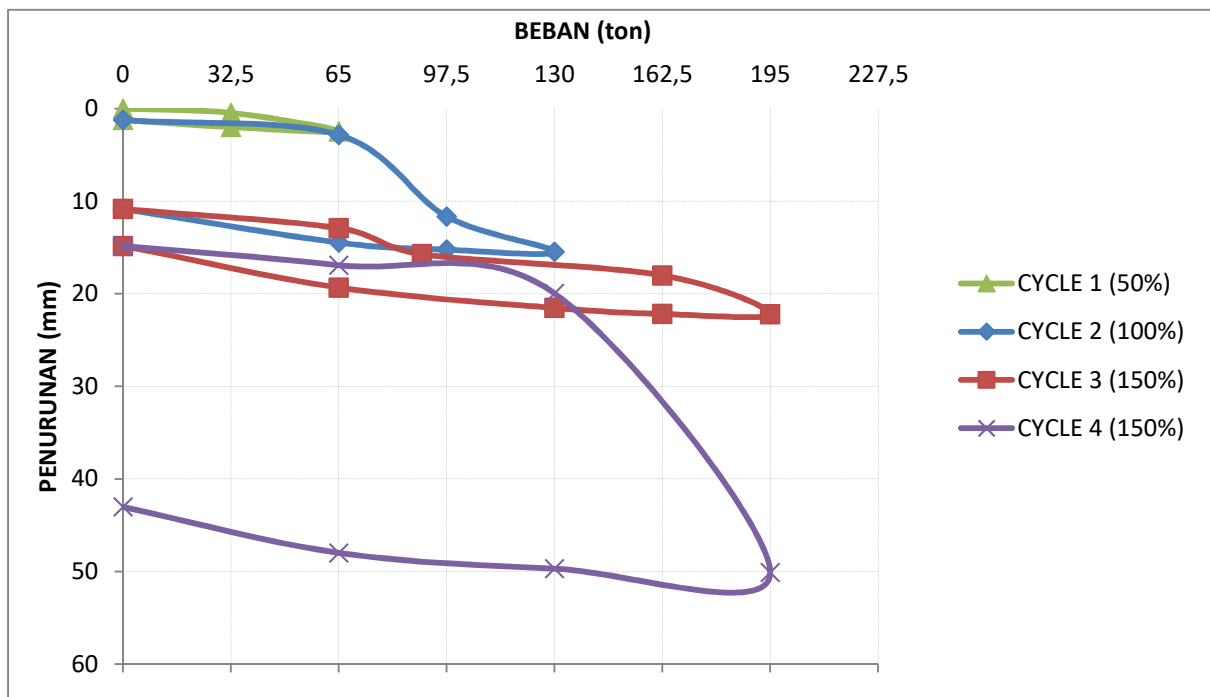
No.Pile	Dimensi		Work Load (ton)	Total Load (ton)	Conclusion
	P (cm)	L (cm)			
477	40	40	130	260	FAIL, $\delta > 1''$ menjadi 150% WL
547	40	40	130	260	FAIL, $\delta > 1''$ menjadi 56% WL
614	40	40	130	260	FAIL, $\delta > 1''$ menjadi 59% WL
702	40	40	130	260	OK, $\delta < 1''$



Dari data Hasil *Loading test* diatas selanjutnya dilakukan kajian untuk memperoleh Interpretasi Hasil Uji Pembebanan Statik. Analisa interpretasi hasil uji pembebanan statik hanya dilakukan pada tiang – tiang yang gagal di lapangan, yaitu tiang nomor 477, 547 dan 614.

#### 4.2.1 Interpretasi Hasil Uji Pembebanan Statik

Kajian Interpretasi Hasil Uji Pembebanan Pile 477



Grafik 4.1 Hasil Uji Pembebanan Pile 477

Berdasarkan grafik hasil uji pembebanan diatas dapat diinterpretasi untuk mencari nilai Qultimit, berikut analisisnya :

##### 1) Metode Davisson

a. Penurunan elastis (OA), dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S_e = \frac{L \cdot Q}{A_p \cdot E_p}$$

$$S_e = \frac{26 \text{ m} \cdot 90 \text{ ton}}{(0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}) \cdot 2 \times 10^6 \text{ t/m}^2}$$

$$= 0,00731 \text{ m} = 7,31 \text{ mm}$$

Dimana:

$S_e$  = Penurunan elastis

$A_p$  = Luas penampang tiang

$Q$  = beban uji yang diberikan

$L$  = panjang tiang

$E_p$  = modulus elatis tiang (K – 500 )

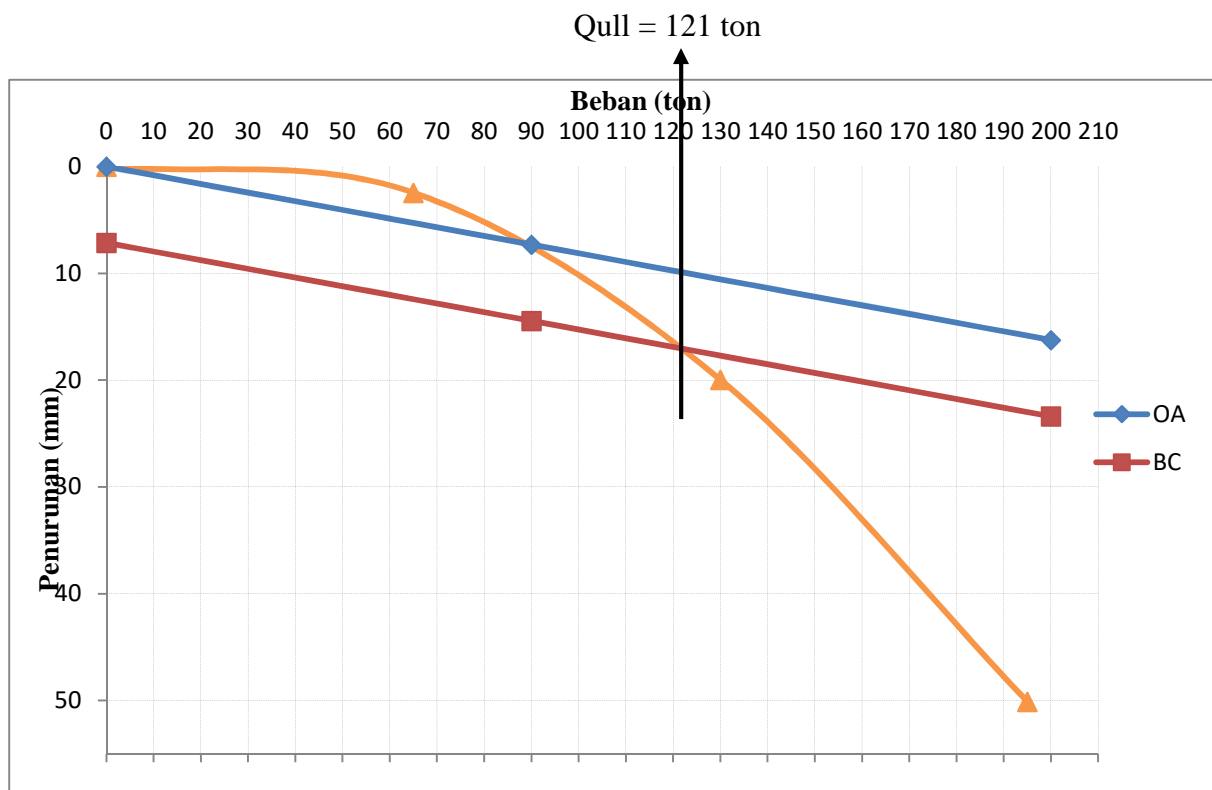
$$= 2 \times 10^6 \text{ t/m}^2$$

Tarik garis BC yang sejajar dengan garis OA dengan jarak X, dimana X adalah :

$$X = 0,15 + \frac{D}{120} \text{ (inch)}$$

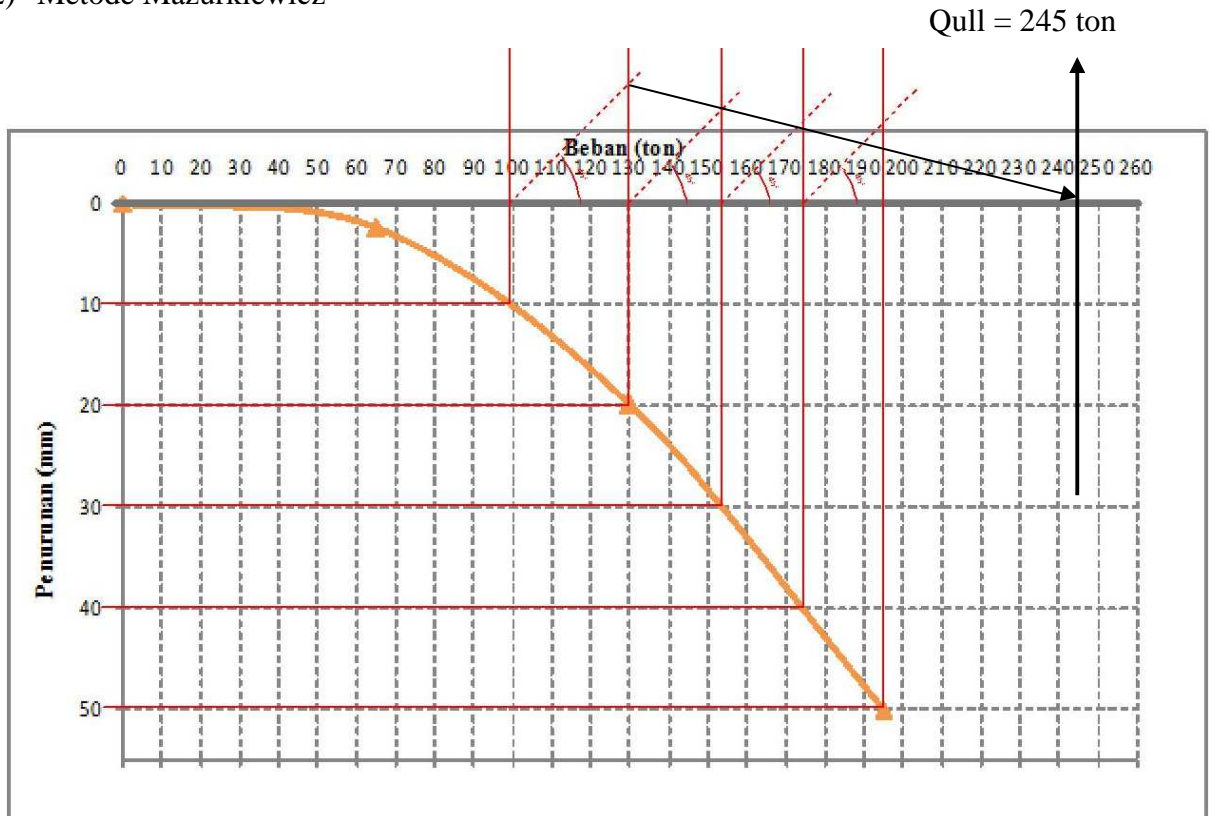
$$X = 0,15 + \frac{40 \times \left(\frac{1}{2,54}\right)}{120}$$

$$= 0,2812 \text{ inchi} = 7,143 \text{ mm}$$



Grafik 4.2 Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Davisson

2) Metode Mazurkiewicz



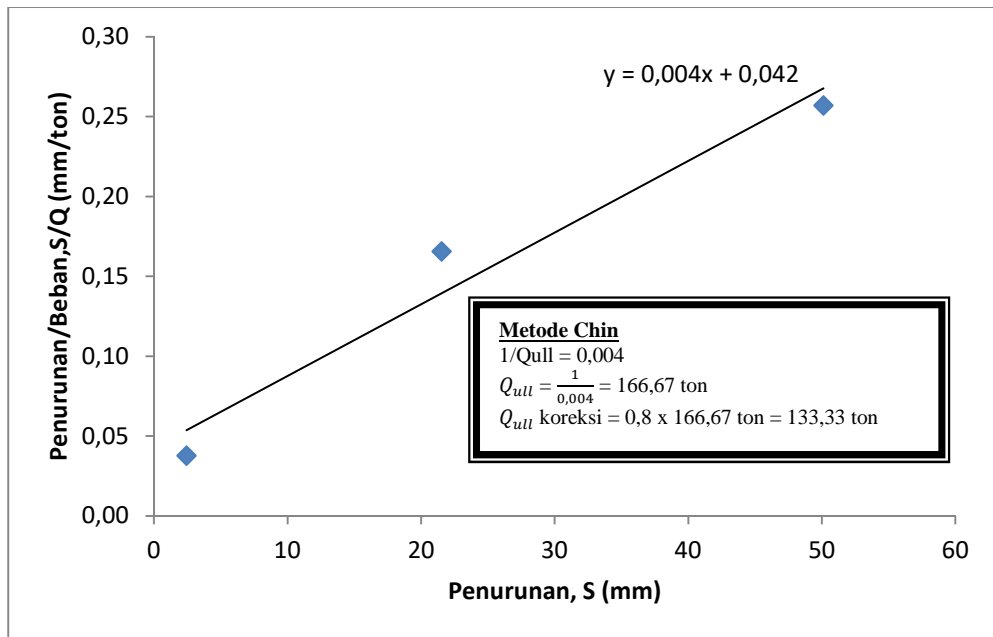
**Grafik 4.3** Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Mazurkiewicz

3) Metode Chin

**Tabel 4.2** Hubungan beban (Q), penurunan (s) dan perbandingan penurunan dan beban (s/Q)

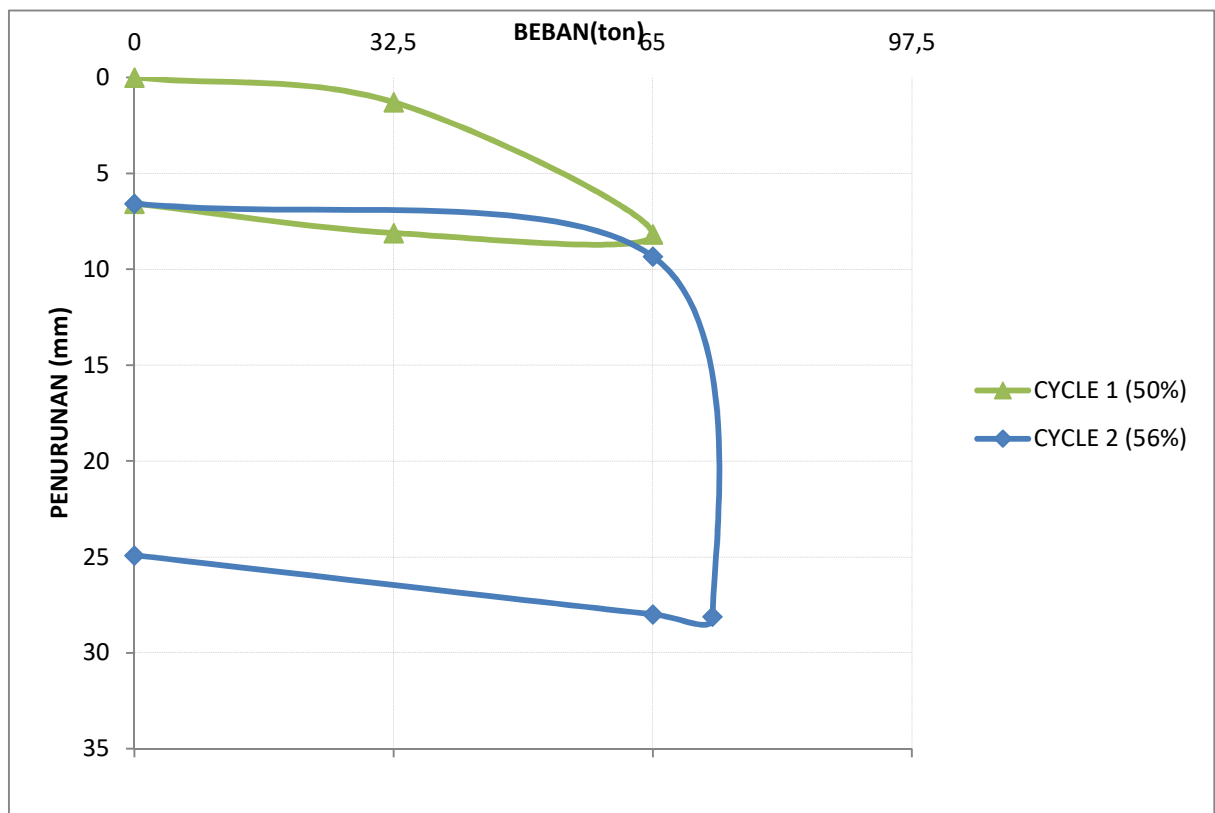
Q ton	s Mm	s/Q (mm/ton)
0	0	0
65	2,45	0,04
130	21,53	0,17
195	50,11	0,26

Setelah diperoleh Tabel 4.2, hasilnya dapat diplot pada sumbu X – Y sebagaimana ditunjukkan pada Grafik dibawah ini



Grafik 4.4 Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Chin

#### Kajian Hasil Loading test Pile 547



Grafik 4.5 Hasil Uji Pembebanan Pile 547

Berdasarkan grafik hasil uji pembebenan diatas dapat diinterpretasi untuk mencari nilai Qultimit, berikut analisisnya :

1) Metode Davisson

a. Penurunan elastis (OA) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S_e = \frac{L \cdot Q}{A_p \cdot E_p}$$
$$S_e = \frac{26 \text{ m} \cdot 40 \text{ ton}}{(0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}) \cdot 2 \times 10^6 \text{ t/m}^2}$$
$$= 0,00325 \text{ m} = 3,25 \text{ mm}$$

Dimana:

$S_e$  = Penurunan elastis                       $A_p$  = Luas penampang tiang

$Q$  = beban uji yang diberikan  $L$                       = panjang tiang

$E_p$  = modulus elatis tiang (K – 500 )

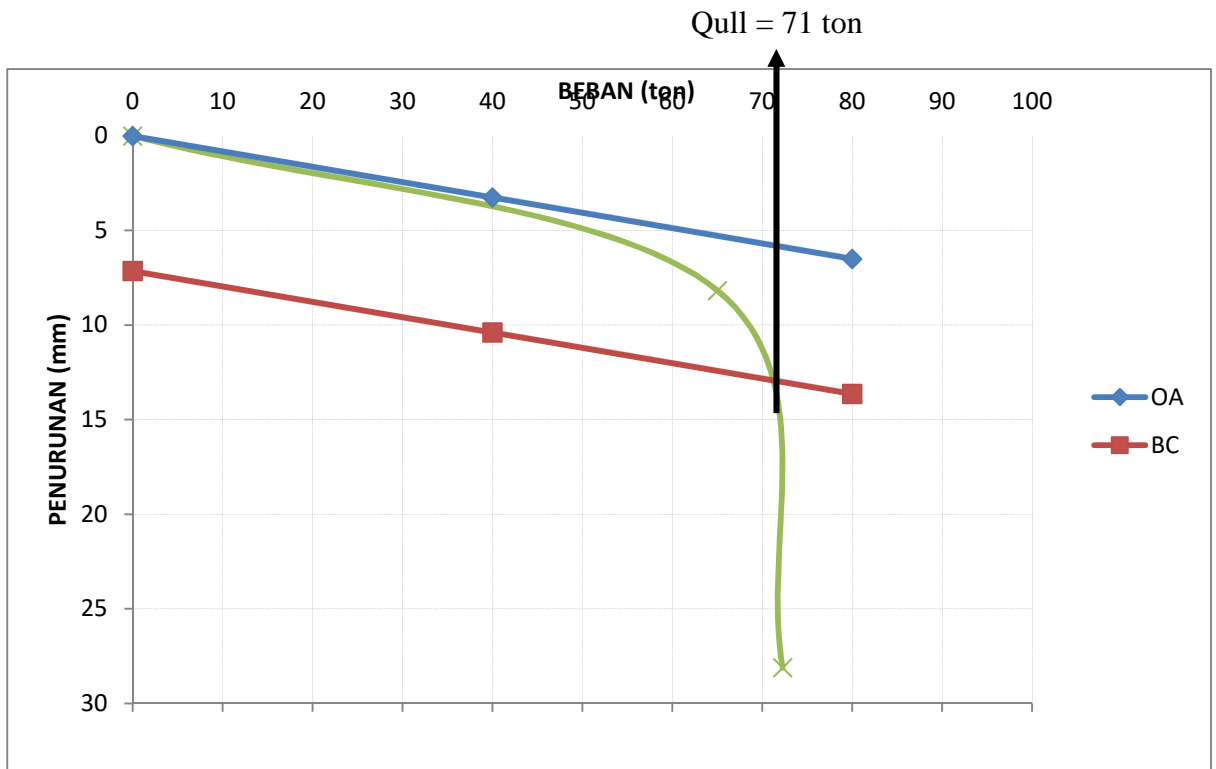
$$= 2 \times 10^6 \text{ t/m}^2$$

b. Tarik garis BC yang sejajar dengan garis OA dengan jarak X, dimana X adalah :

$$X = 0,15 + \frac{D}{120} \text{ (inch)}$$

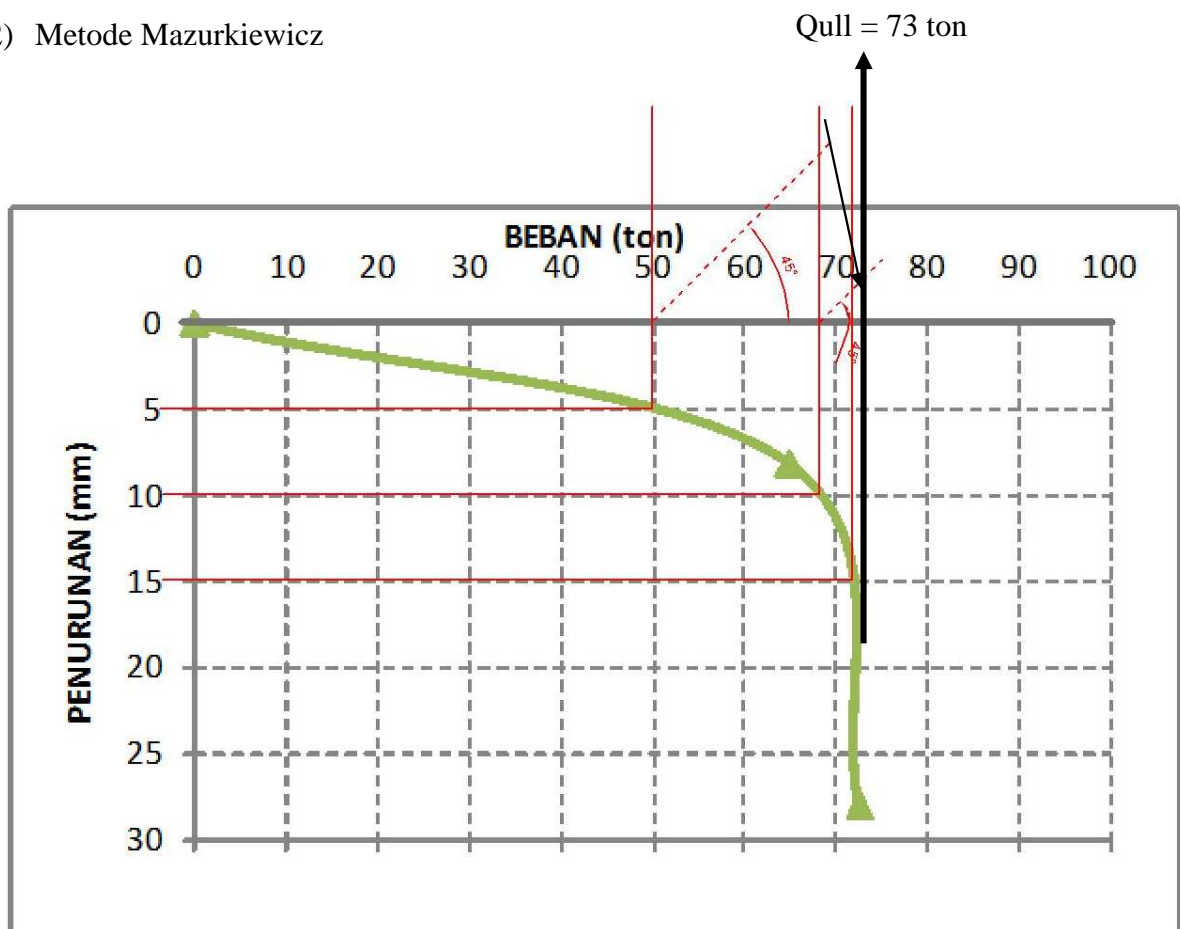
$$X = 0,15 + \frac{40 \times (\frac{1}{2,54})}{120}$$

$$= 0,28 \text{ 12 inchi} = 7,143 \text{ mm}$$



Grafik 4.6 Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Davisson

2) Metode Mazurkiewicz



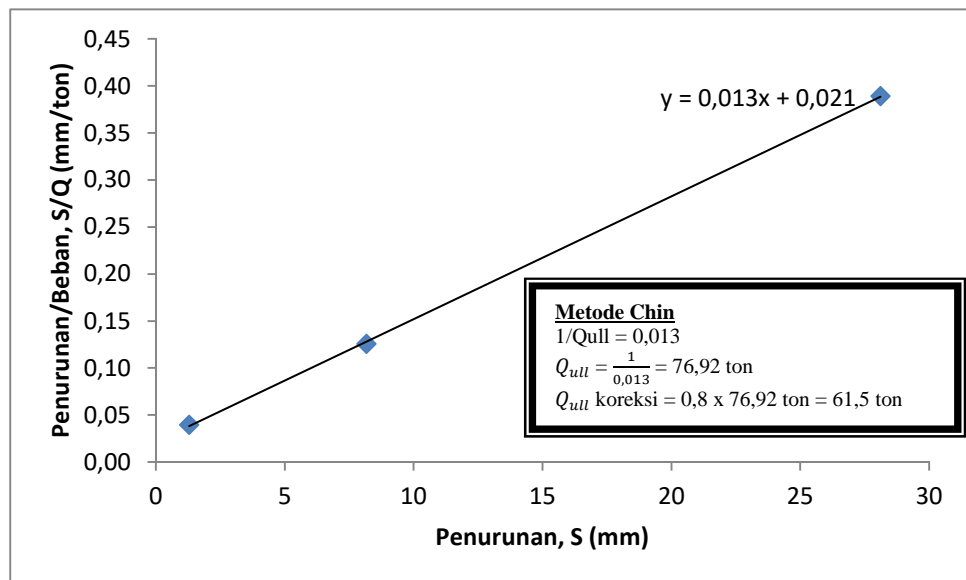
Grafik 4.7 Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Mazurkiewicz

### 3) Metode Chin

**Tabel 4.3** Hubungan beban (Q), penurunan (s) dan perbandingan penurunan dan beban (s/Q)

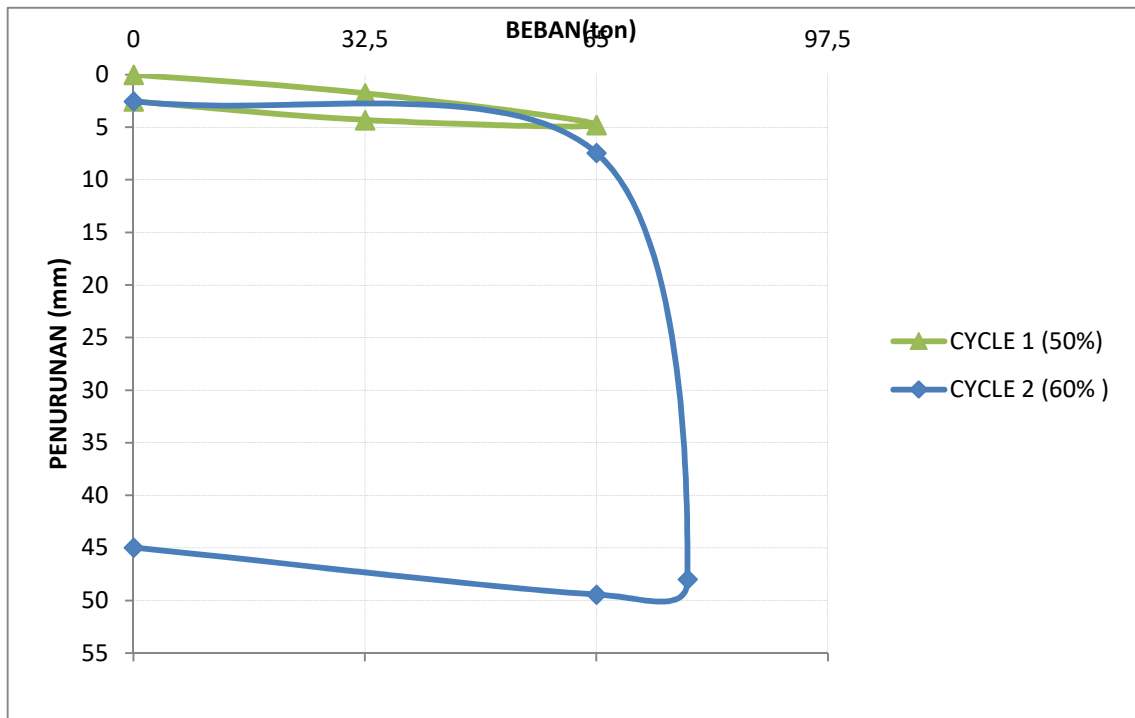
Q ton	S mm	S/Q (mm/ton)
0	0	0
32,5	1,29	0,04
65	8,17	0,13
72,25	28,11	0,39

Setelah diperoleh Tabel 4.3, hasilnya dapat diplot pada sumbu X – Y sebagaimana ditunjukkan pada Grafik dibawah ini



**Grafik 4.8** Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Chin

## Kajian Hasil Loading test Pile 614



Grafik 4.9 Hasil Uji Pembebanan Pile 614

Berdasarkan grafik hasil uji pembebanan diatas dapat diinterpretasi untuk mencari nilai Qultimit, berikut analisisnya :

### 1) Metode Davisson

a. Penurunan elastis (OA) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S_e = \frac{L \cdot Q}{A_p \cdot E_p}$$

$$S_e = \frac{26 \text{ m} \cdot 30 \text{ ton}}{(0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}) \cdot 2 \times 10^6 \text{ t/m}^2}$$

$$= 0,002437 \text{ m} = 2,437 \text{ mm}$$

Dimana:

$S_e$  = Penurunan elastis                       $A_p$  = Luas penampang tiang

$Q$  = beban uji yang diberikan  $L$                       = panjang tiang

$E_p$  = modulus elatis tiang (K – 500 )

$$= 2 \times 10^6 \text{ t/m}^2$$

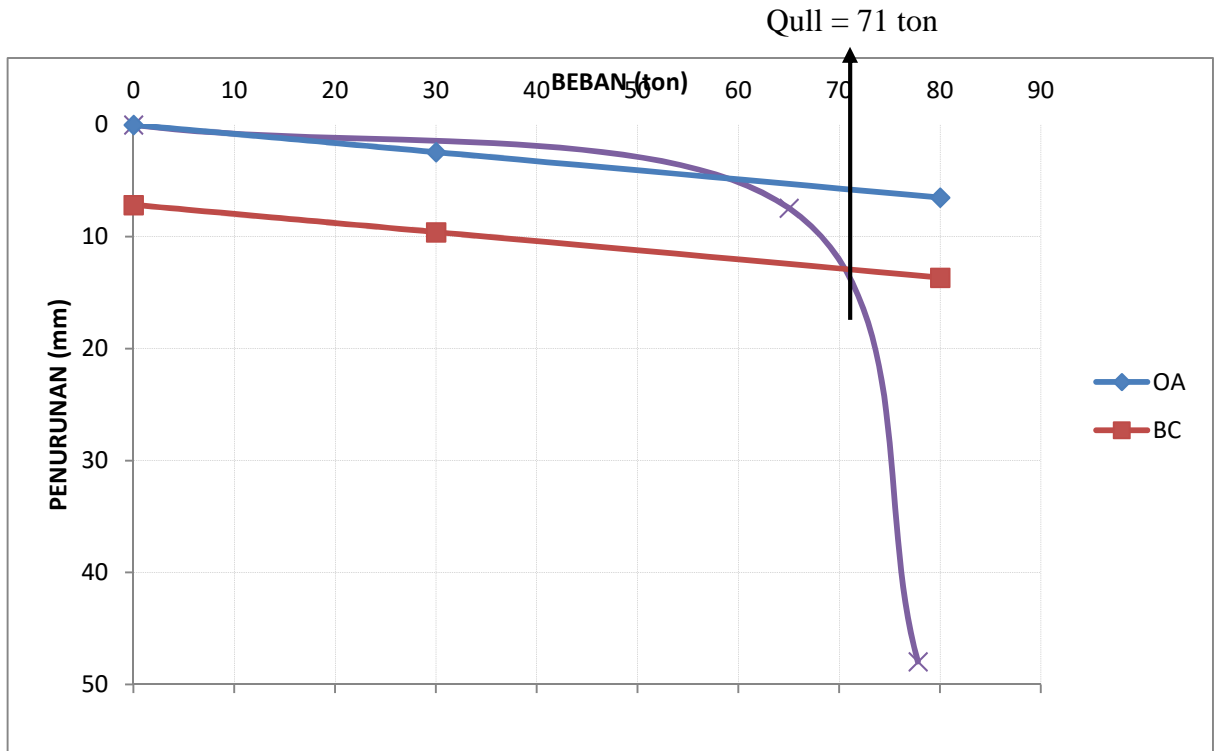


- b. Tarik garis BC yang sejajar dengan garis OA dengan jarak X, dimana X adalah :

$$X = 0,15 + \frac{D}{120} \text{ (inch)}$$

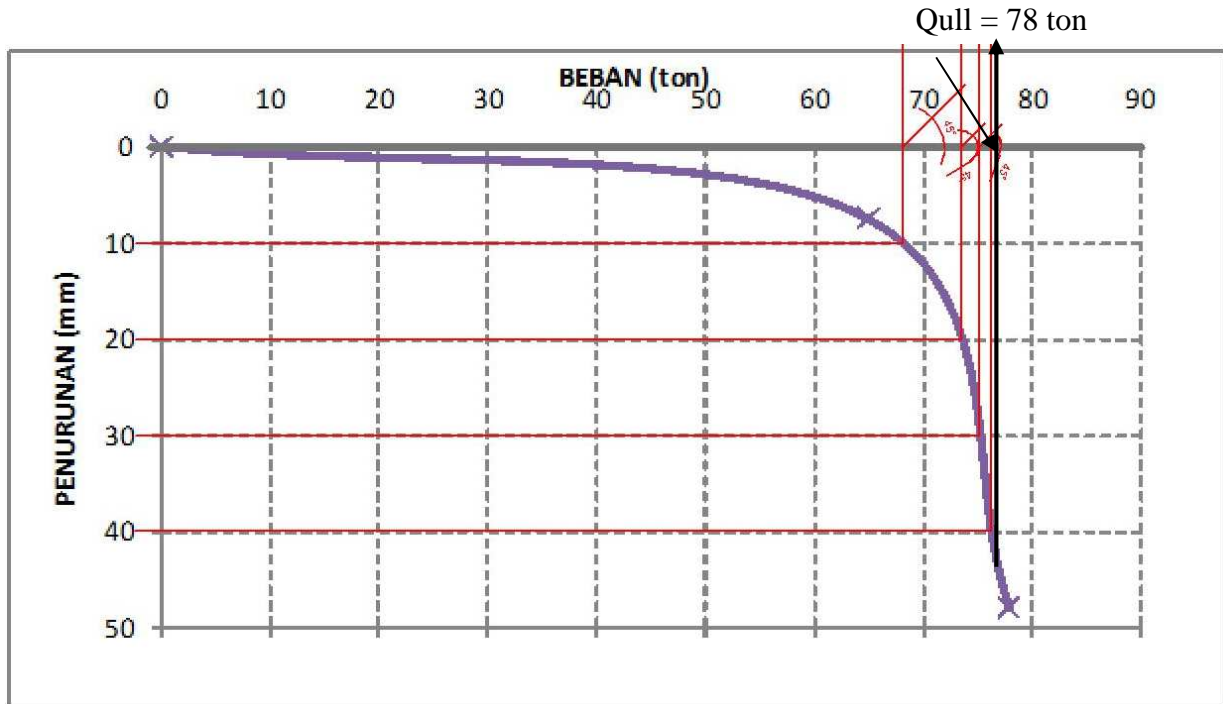
$$X = 0,15 + \frac{40 \times \left(\frac{1}{2,54}\right)}{120}$$

$$= 0,2812 \text{ inchi} = 7,143 \text{ mm}$$



**Grafik 4.10** Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Davisson

2) Metode Mazurkiewicz



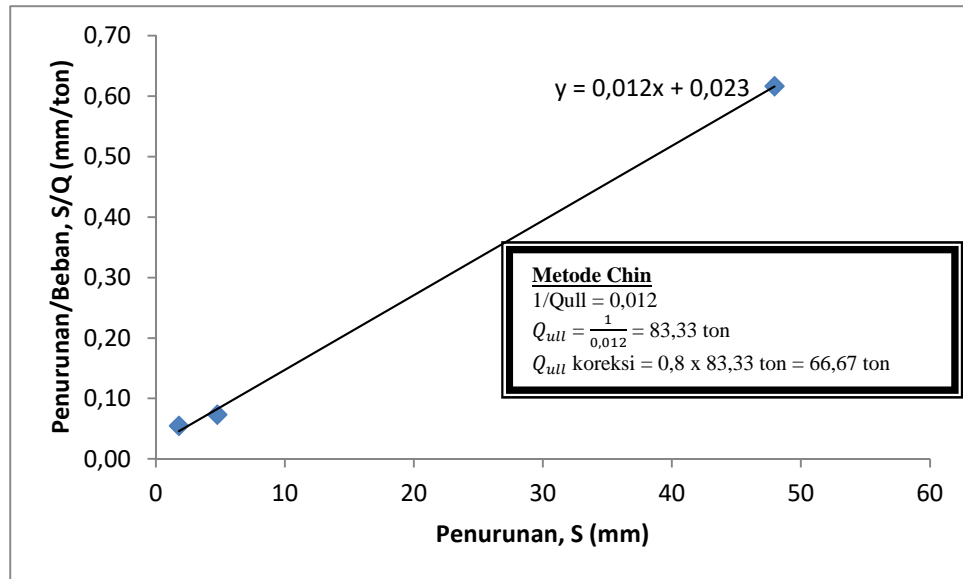
**Grafik 4.11** Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Mazurkiewicz

3) Metode Chin

**Tabel 4.4** Hubungan beban (Q), penurunan (s) dan perbandingan penurunan dan beban (s/Q)

Q ton	s mm	s/Q (mm/ton)
0	0	0
32,5	1,77	0,05
65	4,77	0,07
77,8	47,96	0,62

Setelah diperoleh Tabel 4.4, hasilnya dapat diplot pada sumbu X – Y sebagaimana ditunjukkan pada Grafik dibawah ini



**Grafik 4.12** Interpretasi daya dukung ultimit dengan metode Chin

Berdasarkan hasil analisis interpretasi uji pembebanan statik dengan 3 metode diatas, diperoleh nilai daya dukung ultimit (Qull), berikut adalah hasil perhitungannya :

**Tabel 4.5 Summary** Interpretasi Hasil Uji Pembebanan

No.Pile	Qultimit (ton)			Beban / Settlement	Titik Sondir dan Bore
	Davisson	Mazurkiewicz	Chin		
547	71	73	61,5	56% / 28,11 mm	S3 & DB 2
477	121	245	133,3	150% / 50,11 mm	S5 & DB 3
614	71	78	66,67	60% / 47,96 mm	S5 & DB 3

### 4.3 Analisa Daya dukung berdasarkan data lapangan

Data lapangan yang digunakan untuk menganalisa daya dukung tiang pada proyek ini adalah data hasil pengujian sondir dan data N-SPT dari bor log.

Berikut adalah analisisnya .

#### 4.3.1 Analisa Daya dukung berdasarkan Data Sondir

##### Analisa Daya dukung Data Sondir 3

Kapasitas dukung ultimit tiang ( $Q_u$ ) dihitung dengan persamaan umum :

$$Q_u = Q_b + Q_s = A_b f_b + A_s f_s - W_p$$

$$A_b = 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 1600 \text{ cm}^2$$

$$A_s = (2 \times 40 \text{ cm}) + (2 \times 40 \text{ cm}) = 160 \text{ cm}^2$$

$$q_{ca} 1 (8D) = \frac{36 + 35 + 45 + 42 + 43 + 45 + 40 + 53 + 55 + 57 + 55 + 58 + 53 + 52 + 53 + 50 + 52 \text{ kg/cm}^2}{17}$$

$$= 48,47 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ca} 2 (4D) = \frac{60 + 65 + 63 + 55 + 52 + 70 + 65 + 75 \text{ kg/cm}^2}{8}$$

$$= 63,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_{ca} = \frac{48,47 + 63,13 \text{ kg/cm}^2}{2}$$

$$= 55,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_p = 2,400 \text{ t/m}^3 \times 0,16 \text{ m}^2 \times 24 \text{ m} = 9,216 \text{ ton}$$

## A. metode deRuiter dan Beringen

### a. Tahanan Ujung

$$f_b = 5 c_u; \text{ dibatasi } f_b \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (15000 kN/m}^2\text{)}$$

$$c_u = \frac{q_{ca}}{N_k} = \frac{55,79 \text{ kg/cm}^2}{20} = 2,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = 5 c_u = 5 \times 2,79 \text{ kg/cm}^2 = 13,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} Q_b &= A_b f_b \\ &= 1600 \text{ cm}^2 \times 13,95 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 22,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

### b. Tahanan Gesek

$$f_{s1} = 0,05 \alpha q_c = 0,05 \times 0,5 \times 10 \text{ kg/cm}^2 = 0,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_{s1} = A_s f_s = 160 \text{ cm}^2 \times 0,25 \text{ kg/cm}^2 = 40 \text{ kg/cm}^2$$

Selanjutnya dilakukan analisa tahanan gesek sampai lapisan akhir tiang perencanaan. Berikut adalah hasil analisa perhitungan daya dukung dengan data sondir 3 yang dibuat dalam bentuk tabel :

**Tabel 4.1** Analisa Perhitungan Daya Dukung dengan data Sondir 3  
(Tabel yang lebih jelas terlampir)

SONDIR 3								
depth	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )	D =40 cm , L = 24 m	Tf (kg/cm)	cu qca/Nk (kg/cm)	fb 5 x Cu (kg/cm)	fs 0,05 x α x qc (kg/cm)	Qs Kg	Qp Kg
2,00	15		61,67	2,79	13,95	0,38	60	
2,20	16		70,00	2,79	13,95	0,40	64	
2,40	17		78,33	2,79	13,95	0,43	68	
2,60	18		86,67	2,79	13,95	0,45	72	
2,80	15		95,00	2,79	13,95	0,38	60	
3,00	16		103,33	2,79	13,95	0,40	64	
3,20	17		103,33	2,79	13,95	0,43	68	
3,40	15		111,67	2,79	13,95	0,38	60	
3,60	16		120,00	2,79	13,95	0,40	64	
3,80	13		126,67	2,79	13,95	0,33	52	
4,00	15		135,00	2,79	13,95	0,38	60	
4,20	16		143,33	2,79	13,95	0,40	64	
4,40	17		153,33	2,79	13,95	0,43	68	
4,60	20		161,67	2,79	13,95	0,50	80	
4,80	21		170,00	2,79	13,95	0,53	84	
5,00	20		178,33	2,79	13,95	0,50	80	
5,20	18		186,67	2,79	13,95	0,45	72	
5,40	21		195,00	2,79	13,95	0,53	84	
5,60	20		203,33	2,79	13,95	0,50	80	
5,80	19		211,67	2,79	13,95	0,48	76	
6,00	21		220,00	2,79	13,95	0,53	84	
6,20	30		230,00	2,79	13,95	0,75	120	
6,40	32		241,67	2,79	13,95	0,80	128	
7,00	28		268,33	2,79	13,95	0,70	112	
7,20	22		276,67	2,79	13,95	0,55	88	
7,40	23		285,00	2,79	13,95	0,58	92	
7,60	21		293,33	2,79	13,95	0,53	84	
7,80	25		303,33	2,79	13,95	0,63	100	
8,00	23		311,67	2,79	13,95	0,58	92	
8,20	28		321,67	2,79	13,95	0,70	112	
8,40	30		331,67	2,79	13,95	0,75	120	
8,60	32		340,00	2,79	13,95	0,80	128	
8,80	31		348,33	2,79	13,95	0,78	124	
9,00	29		358,33	2,79	13,95	0,73	116	
9,20	32		370,00	2,79	13,95	0,80	128	
9,40	35		380,00	2,79	13,95	0,88	140	
9,60	33		390,00	2,79	13,95	0,83	132	
9,80	30		398,33	2,79	13,95	0,75	120	
10,00	32		410,00	2,79	13,95	0,80	128	
10,20	34		420,00	2,79	13,95	0,85	136	
10,40	25		430,00	2,79	13,95	0,63	100	
10,60	26		438,33	2,79	13,95	0,65	104	
10,80	27		448,33	2,79	13,95	0,68	108	
11,00	21		456,67	2,79	13,95	0,53	84	
11,20	26		465,00	2,79	13,95	0,65	104	
11,40	23		471,67	2,79	13,95	0,58	92	
11,60	21		480,00	2,79	13,95	0,53	84	
11,80	30		488,33	2,79	13,95	0,75	120	
12,00	32		500,00	2,79	13,95	0,80	128	
12,20	35		510,00	2,79	13,95	0,88	140	
12,40	32		518,33	2,79	13,95	0,80	128	
12,60	35		528,33	2,79	13,95	0,88	140	
12,80	30		536,67	2,79	13,95	0,75	120	
13,00	31		545,00	2,79	13,95	0,78	124	
13,20	40		558,33	2,79	13,95	1,00	160	
13,40	42		571,67	2,79	13,95	1,05	168	
13,60	35		581,67	2,79	13,95	0,88	140	
13,80	28		591,67	2,79	13,95	0,70	112	
14,00	32		605,00	2,79	13,95	0,80	128	
14,20	40		613,33	2,79	13,95	1,00	160	
14,40	32		623,33	2,79	13,95	0,80	128	
14,60	28		635,00	2,79	13,95	0,70	112	
14,80	30		643,33	2,79	13,95	0,75	120	
15,00	31		651,67	2,79	13,95	0,78	124	
15,20	30		660,00	2,79	13,95	0,75	120	
15,40	32		671,67	2,79	13,95	0,80	128	
15,60	31		680,00	2,79	13,95	0,78	124	
15,80	35		690,00	2,79	13,95	0,88	140	

SONDIR 3								
depth	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )	D =40 cm , L = 24 m	Tf (kg/cm)	cu qca/Nk	fb 5 x Cu	fs 0,05 x α x qc	Qs Kg	Qp Kg
16,00	30		698,33	2,79	13,95	0,75	120	
16,20	28		708,33	2,79	13,95	0,70	112	
16,40	25		716,67	2,79	13,95	0,63	100	
16,60	26		725,00	2,79	13,95	0,65	104	
16,80	27		733,33	2,79	13,95	0,68	108	
17,00	25		741,67	2,79	13,95	0,63	100	
17,20	35		751,67	2,79	13,95	0,88	140	
17,40	34		761,67	2,79	13,95	0,85	136	
17,60	32		770,00	2,79	13,95	0,80	128	
17,80	33		780,00	2,79	13,95	0,83	132	
18,00	31		788,33	2,79	13,95	0,78	124	
18,20	33		795,00	2,79	13,95	0,83	132	
18,40	32		805,00	2,79	13,95	0,80	128	
18,60	31		811,67	2,79	13,95	0,78	124	
18,80	28		820,00	2,79	13,95	0,70	112	
19,00	29		828,33	2,79	13,95	0,73	116	
19,20	25		836,67	2,79	13,95	0,63	100	
19,40	26		843,33	2,79	13,95	0,65	104	
19,60	27		851,67	2,79	13,95	0,68	108	
19,80	30		861,67	2,79	13,95	0,75	120	
20,00	31		868,33	2,79	13,95	0,78	124	
20,20	28		880,00	2,79	13,95	0,70	112	
20,40	28		890,00	2,79	13,95	0,70	112	
20,60	35		900,00	2,79	13,95	0,88	140	
20,80	30		908,33	2,79	13,95	0,75	120	
21,00	31		916,67	2,79	13,95	0,78	124	
21,20	36		926,67	2,79	13,95	0,90	144	
21,40	35		936,67	2,79	13,95	0,88	140	
21,60	36		946,67	2,79	13,95	0,90	144	
21,80	32		958,33	2,79	13,95	0,80	128	
22,00	31		966,67	2,79	13,95	0,78	124	
22,20	35		978,33	2,79	13,95	0,88	140	
22,40	39		988,33	2,79	13,95	0,98	156	
22,60	35		998,33	2,79	13,95	0,88	140	
22,80	36		1008,33	2,79	13,95	0,90	144	
23,00	35		1018,33	2,79	13,95	0,88	140	
23,20	45		1031,67	2,79	13,95	1,13	180	
23,40	42		1043,33	2,79	13,95	1,05	168	
23,60	43		1058,33	2,79	13,95	1,08	172	
23,80	45		1070,00	2,79	13,95	1,13	180	
24,00	40		1081,67	2,79	13,95	1,00	160	
24,20	53		1093,33	2,79	13,95	1,33	212	
24,40	55		1106,67	2,79	13,95	1,38	220	
24,60	57		1111,67	2,79	13,95	1,43	228	
24,80	55		1125,00	2,79	13,95	1,38	220	
25,00	58		1136,67	2,79	13,95	1,45	232	
25,20	53		1148,33	2,79	13,95	1,33	212	
25,40	52		1161,67	2,79	13,95	1,30	208	
25,60	53		1175,00	2,79	13,95	1,33	212	
25,80	50		1188,33	2,79	13,95	1,25	200	
26,00	52		1201,67	2,79	13,95			22,32
26,20	60		1218,33					
26,40	65		1235,00					
26,60	63		1251,67					
26,80	55		1268,33					
27,00	52		1281,67					
27,20	70		1298,33					
27,40	65		1311,67					
27,60	75		1328,33					
Qs = QS1+QS2.....					=		15,1	ton
Qb = Fb*Ab					=		22,32	ton
Qall = (Qs + Qb) - Wp					=		28,2	ton

Untuk analisa daya dukung dengan menggunakan data sondir 1,2,4,5 dan 6 dilakukan analisa yang sama dengan tabel analisisnya terlampir. Berikut adalah resumme hasil analisa daya dukung menggunakan data sondir dari seluruh titik sondir yang dilakukan :

**Tabel 4.1** Summary Hasil Analisa Daya Dukung Tiang dengan Data Sondir

Titik Sondir	Qs (ton)	Qp (ton)	Qall (ton)
S1	17,404	20,531	28,719
S2	17,592	21,578	29,958
S3	15,1	22,319	28,203
S4	15,792	22,703	29,279
S5	17,592	25,613	33,989
S6	16,732	26,41	33,926

#### 4.3.2 Analisa Daya dukung berdasarkan Data SPT

##### Analisa Daya dukung Data SPT DB2

$$Q_{ult\text{allow}} = \frac{Q_b + Q_s}{S_f}$$

$$A_b = p \times l = 0,4 \times 0,4 = 0,16 \text{ m}^2$$

$$A_s = 2p + 2l = (2 \times 0,4) + (2 \times 0,4) = 1,6 \text{ cm}$$

$$8D = 8 \times 0,4 \text{ m} = 3,2 \text{ m}$$

$$4D = 4 \times 0,4 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$$

$$N_1(8D) = (22 + 24 + 26) / 3 = 22 \text{ pukulan}$$

$$N_2(4D) = 25 \text{ pukulan}$$

$$N\text{-SPT total} = (22 + 25) / 2$$

$$= 23,5 \text{ pukulan}$$

$$W_p = 2,400 \text{ t/m}^3 \times 0,16 \text{ m}^2 \times 24 \text{ m} = 9,216 \text{ ton}$$

$$S_f = 2,5$$



**Daya dukung ujung :**

$$\begin{aligned}
 Q_b &= 9 \times C_u \times A_p \\
 &= 9 \times (0,6 \cdot 23,5) \text{ ton/m}^2 \times 0,16 \text{ m}^2 \\
 &= 20,30 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

**Daya dukung selimut :**

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \alpha \times C_u \times p \times L_i \\
 Q_{s1} &= 0,63 \times (0,6 \cdot 12) \text{ ton/m}^2 \times 1,6 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\
 &= 14,52 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan analisa daya dukung selimut sampai lapisan akhir tiang perencanaan. Berikut adalah hasil analisa perhitungan daya dukung dengan data Bore 2 (DB2) yang dibuat dalam bentuk tabel :

**Tabel 4.2** Analisa Perhitungan Daya Dukung dengan data Sondir 3  
(Tabel yang lebih jelas terlampir)

Kedalaman	NSPT	Li m	Cu (ton/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	Qs $\alpha \times c_u \times p \times l_i$ (ton)	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2,00	12,00	2,00	7,20	0,63	14,52	
4,00	16,00	2,00	9,60	0,60	18,43	
6,00	14,00	2,00	8,40	0,50	13,44	
8,00	15,00	2,00	9,00	0,50	14,40	
10,00	16,00	2,00	9,60	0,50	15,36	
12,00	15,00	2,00	9,00	0,50	14,40	
14,00	14,00	2,00	8,40	0,50	13,44	
16,00	12,00	2,00	7,20	0,50	11,52	
18,00	16,00	2,00	9,60	0,50	15,36	
20,00	17,00	2,00	10,20	0,50	16,32	
22,00	15,00	2,00	9,00	0,50	14,40	
24,00	24,00	2,00	14,40	0,50	23,04	
26,00	27,00	2,00	16,20	0,50	25,92	
28,00	25,00	2,00	15,00	0,50		
<b>Qs Total kedalaman 26 m</b>					210,55	ton
<b>Qp = 9 x cu x Ap</b>					20,30	ton
<b>Qult = Qs + Qp - Wp</b>					221,64	ton
<b>Qallow = Qult/Sf</b>					88,65	ton

Untuk analisa daya dukung dengan menggunakan data Bore 1 dan 3 dilakukan analisa yang sama dengan tabel analisisnya terlampir. Berikut adalah resumme hasil analisa daya dukung menggunakan data *bore* dari seluruh titik *bore* yang dilakukan :

**Tabel 4.2** *Summary* Hasil Analisa Daya Dukung Tiang dengan Data *Bore*

<b>Titik Bore</b>	<b>Qs (ton)</b>	<b>Qp (ton)</b>	<b>Qall (ton)</b>
DB1	207,96	19,15	87,16
DB2	210,55	20,30	88,65
DB3	207,23	21,74	87,90

Dari analisa daya dukung berdasarkan hasil data Lapangan diperoleh bahwa kemampuan daya dukung tiang menggunakan hasil data sondir sebesar 28,203 ton - 33,989 ton saja. Sementara berdasarkan analisa menggunakan data *bore* (N-SPT) diperoleh kemampuan daya dukung tiang sebesar 87,16 ton – 88,65 ton. Hal ini menunjukkan bahwa adanya ketidak konsistenan data – data dari pengujian tanah di lapangan, hal ini dibuktikan dari hasil uji sondir dengan bor log yang tidak sinkron.

#### 4.4 Analisa Nilai – nilai parameter tanah

Analisa menentukan parameter tanah dilakukan dengan cara *back analysis* atau analisa balik, antara hasil daya dukung ultimit aktual dilapangan dengan parameter – parameter yang sudah diketahui dari hasil labolatorium. Pada analisa daerah yang ditinjau dibagi menjadi 2 zona. Zona I mewakili data Bore Hole 2, Sondir 3 dengan hasil loading test 547. Sedangkan Zona II mewakili Bore Hole 3, Sondir 5 dengan hasil loading test 477.



**Gambar 4.1** Layout pembagian Zona  
(gambar yang lebih jelas terlampir)

Parameter – parameter tanah yang akan dianalisa nantinya akan digunakan untuk menjalankan perhitungan daya dukung pondasi dan perencanaan pondasi. Nilai parameter yang akan dianalisa adalah nilai kohesi (C), sudut geser dalam ( $\theta$ ) dan Faktor adhesi ( $\alpha$ ). Berikut adalah tahapan analisa penentuan parameter tanah :

##### A. Data Masukan (*Input*)

Adapun data – data yang dimasukkan untuk menjalankan perhitungan daya dukung pondasi dan perencanaan pondasi dalam studi kasus ini adalah :

1. Nilai daya dukung ultimit aktual di lapangan

Dalam studi kasus ini, nilai kemampuan ultimit tiang sudah diketahui dari hasil uji pembebanan (*loading test*). Oleh karena itu nilai daya dukung ultimit dari hasil uji pembebanan ini akan dimasukan, selanjutnya akan dianalisa balik nilai – nilai parameter yang belum diketahui dengan bergerak dari hasil uji pembebanan aktual di lapangan.

2. Data profil dan karakteristik Teknis Tanah

a. Nilai N-SPT

Berdasarkan hasil data *Bor Log* diperoleh nilai N-SPT tiap kedalaman 2 m dari tanah tersebut. Selanjutnya dibuat nilai N-SPT rata – rata untuk tiap jenis tanahnya.

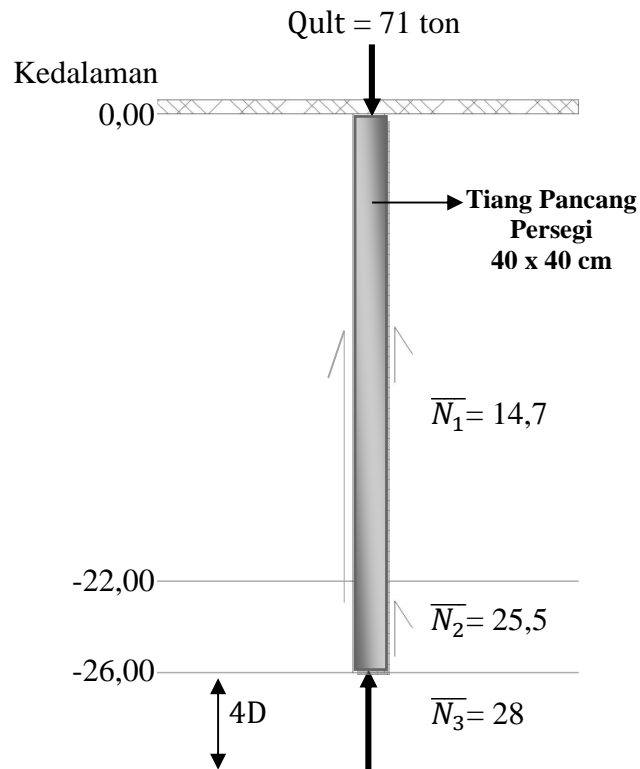
BORE HOLE 2						BORE HOLE 3					
Lap. Tanah	Depth (m)	Tebal Lapisan (m)	Type of Soil, Relative Density or Consistency	N-SPT	N-SPT Rata-rata	Lap. Tanah	Depth (m)	Tebal Lapisan (m)	Type of Soil, Relative Density or Consistency	N-SPT	N-SPT Rata-rata
1	0				14,7	1	0				13,0
	2	2	Silty Clay, Stiff to very stiff	12			11				
	4	2		16			10				
	6	2		14			12				
	8	2		15			13				
	10	2		16			16				
	12	2	Silty Clay, Stiff	15			14				
	14	2		14			15				
	16	2	Silty Clay, Stiff to very stiff	12			16				
	18	2		16			14				
20	2	17		17							
2	22	2	Silty Clay dengan sisipan pasir halus, Stiff	15	25,5	2	22	2	Silty Clay, Stiff to very stiff	19	20
	24	2		24			25				
26	26	2	Silty Clay, Very stiff	27	28	2	26	2	Silty Clay, Very stiff	29	
	28	2	Sandy Silt, hard	25			29,7	3		28	2
4	30	2		Silty Clay, Very stiff	31	32			3	30	2
	32	2	27		30						
	34	2	32		32						
	36	2	33		29						
	38	2	35		31						
	40	2	33		32						

Tabel 4.6 Data Bore Hole 2 dan Bore Hole 3

b. Nilai kohesi (c)

Nilai kohesi (C) yang akan dijadikan dalam data masukan ini diperoleh dengan cara membuat perbandingan nilai C tiap lapisan tanah.

**Bore Hole 2**



**Gambar 4.2** Nilai SPT tiap lapisan tanah pada *Bore Hole 2*

- Nilai C (kohesi) pada lapisan tanah 1 = C
- Nilai C (kohesi) pada lapisan tanah 2 =  $\frac{\bar{N}_2}{\bar{N}_1} = \frac{25,5}{14,7} = 1,7$

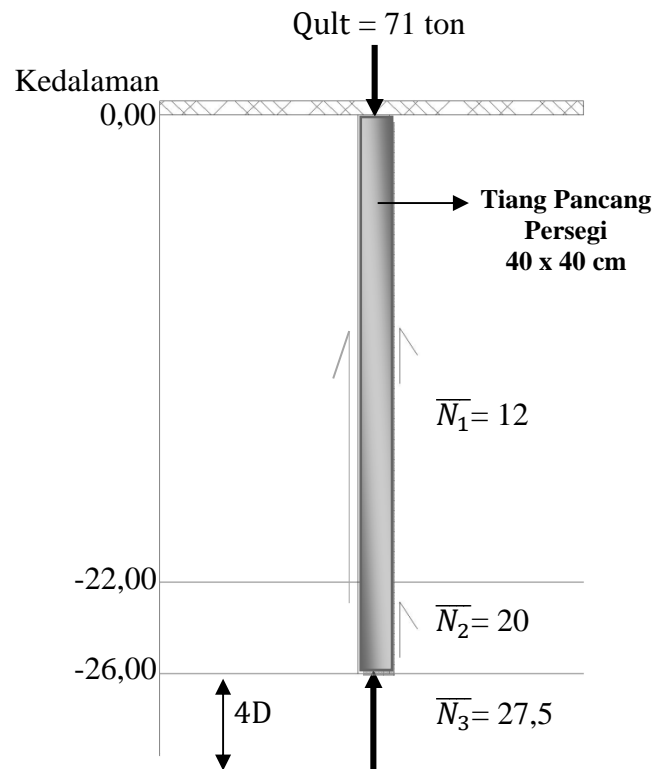
Sehingga diperoleh nilai C pada lapisan tanah kedua adalah 1,7 C

- Nilai C (kohesi) pada lapisan tanah diujung tiang

$$= \frac{\bar{N}_3}{\bar{N}_1} = \frac{28}{14,7} = 1,9$$

Sehingga diperoleh nilai C pada lapisan tanah di ujung tiang adalah 1,9 C

### Bore Hole 3



**Gambar 4.3** Nilai SPT tiap lapisan tanah pada *Bore Hole 3*

- Nilai C (kohesi) pada lapisan tanah 1 = C
- Nilai C (kohesi) pada lapisan tanah 2 =  $\frac{\bar{N}_2}{\bar{N}_1} = \frac{20}{13} = 1,5$

Sehingga diperoleh nilai C pada lapisan tanah kedua adalah 1,5 C

- Nilai C (kohesi) pada lapisan tanah diujung tiang

$$= \frac{\bar{N}_3}{\bar{N}_1} = \frac{27,5}{13} = 2,1$$

Sehingga diperoleh nilai C pada lapisan tanah di ujung tiang adalah 2,1 C

c. Untuk nilai sudut geser dalam ( $\theta$ ) pada dasarnya tanah yang cenderung lempung memiliki nilai ( $\theta$ ) =  $0^\circ$  , karena tanah yang dikaji adalah tanah lempung kelanauan maka akan divariasikan nilai  $\theta$  antara  $0^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $5^\circ$  dan  $7^\circ$ .

d. Faktor adhesi ( $\alpha$ )

Faktor adhesi dalam analisa balik dimasukan sebesar 0,4 – 1, selanjutnya akan dibuat grafik hubungan antara Faktor adhesi ( $\alpha$ ) dengan nilai kohesi (C).

e. berat isi tanah  $\gamma$  dan  $\gamma_{sat}$ , didapat dari hasil laporan *soil test* dari proyek

f.  $Q_s$  diperoleh dengan persamaan

$$Q_s = (2p+2l) \cdot L [\alpha \cdot C + \sigma_v \cdot K_o \cdot \tan \delta]$$

dimana :

$Q_s$  = daya dukung selimut tiang (ton)  $\theta$  = sudut geser dalam

$\sigma_v$  = tegangan arah vertikal ( $t/m^2$ ) C = kohesi ( $t/m^2$ )

L = panjang lapisan tanah (m)  $\alpha$  = Faktor adhesi

g.  $\sigma_v$  didapat dari persamaan  $\sigma_v = \gamma \cdot \frac{L}{2}$

h.  $\delta$  diperoleh dari  $\delta = 2/3 \theta$

i.  $K_o$  didapat dari persamaan  $K_o = 1 - \sin \theta$

j.  $Q_b$  diperoleh dengan persamaan

$$Q_b = \Delta p [C \cdot N_c + q \cdot N_q]$$

Dimana :  $Q_b$  = daya dukung ujung tiang (ton)

C = kohesi ( $t/m^2$ )

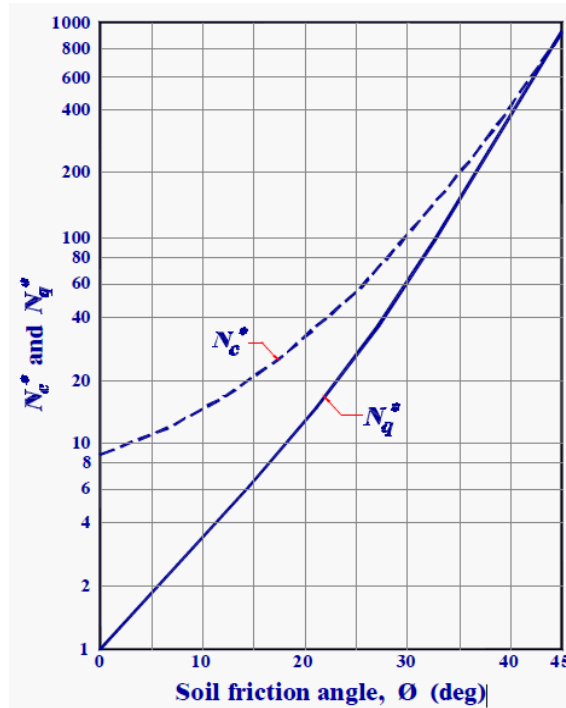
$\Delta p$  = luas ujung tiang ( $m^2$ )

$N_c$  = Faktor daya dukung pondasi ( $\theta$ )

q = tekanan vertikal pada Dasar pondasi

$N_q$  = Faktor daya dukung pondasi ( $\theta$ )

- k. Faktor-faktor daya dukung ( $N_c$ ), ( $N_q$ ), dan ( $N_\gamma$ ) didapat dari Grafik Hubungan  $\phi$  dan Faktor Daya Dukung.



Grafik 4.13 Hubungan  $\phi$  dan Faktor Daya Dukung

1. Daya dukung ultimit diperoleh dengan persamaan :

$$Q_{ull} = Q_s + Q_b - W_p$$

- Dimana :
- $Q_{ull}$  = daya dukung ultimit tiang (ton)
  - $Q_s$  = daya dukung selimut tiang (ton)
  - $Q_b$  = daya dukung ujung tiang (ton)
  - $W_p$  = Berat Sendiri Tiang (ton)  
= Berat jenis beton x Volume tiang



## B. Data Keluaran (*Output*)

Adapun data – data yang dihasilkan dari analisa balik ini adalah :

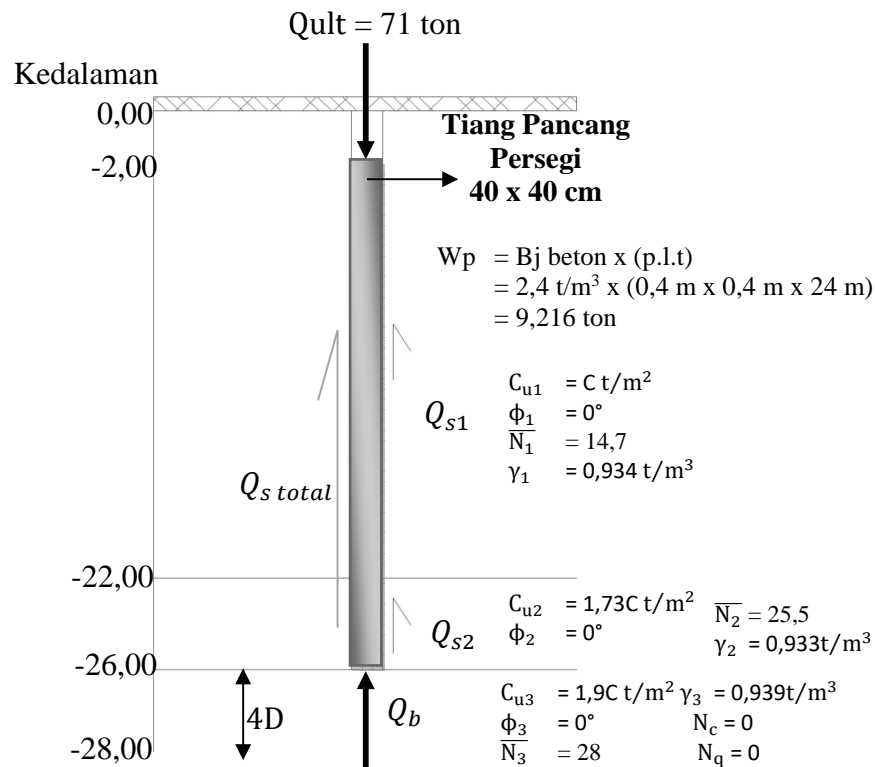
### 1. Nilai Kohesi (c)

Nilai kohesi (c) diperoleh dari perhitungan daya dukung ultimit seperti berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= Q_{S1} + Q_{S2} + Q_b - W_p \\
 &= \{(2p + 2l) \cdot L_1 [\alpha \cdot C_1 + \sigma_{v1} \cdot K_o \cdot \tan \delta]\} + \\
 &\quad \{(2p + 2l) \cdot L_2 [\alpha \cdot C_2 + \sigma_{v2} \cdot K_o \cdot \tan \delta]\} + \\
 &\quad \{\Delta p [C_3 \cdot N_c + q \cdot N_q]\} - \{B\} \text{ beton } \times (p \times l \times t) \\
 &= \{(2p + 2l) \cdot L_1 [\alpha \cdot C_1 + (\gamma_1 \cdot \frac{1}{2} h_1) \cdot K_o \cdot \tan \delta]\} + \\
 &\quad \{(2p + 2l) \cdot L_2 [\alpha \cdot C_2 + (\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot \frac{1}{2} h_2) \cdot K_o \cdot \tan \delta]\} + \\
 &\quad \{\Delta p [C_3 \cdot N_c + (\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2) \cdot N_q]\} - \{B\} \text{ beton } \times (p \times l \times t)
 \end{aligned}$$

Analisa data *Bore Hole 2* dengan hasil uji PembebananTiang 547

**Pada saat Faktor adhesi ( $\alpha$ ) 0,4 dan sudut geser dalam ( $\phi$ )  $0^\circ$**



**Gambar 4.4** Nilai Parameter – parameter tiap Lapisan Tanah Pada *Bore Hole 2*

$$\begin{aligned}
Q_{ull} &= \left\{ (2p + 2l) \cdot L_1 \left[ \alpha \cdot C_1 + \left( \gamma_1 \cdot \frac{1}{2} h_1 \right) \cdot K_o \cdot \tan \delta \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ (2p + 2l) \cdot L_2 \left[ \alpha \cdot C_2 + \left( \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot \frac{1}{2} h_2 \right) \cdot K_o \cdot \tan \delta \right] \right\} + \\
&\quad \{ \Delta p [C_3 \cdot Nc + (\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2) \cdot Nq] \} - \{ BJ \text{ beton } \times (p \times l \times t) \} \\
71 \text{ ton} &= \left\{ (2,0,4 \text{ m} + 2,0,4 \text{ m}) \cdot 20m \left[ 0,4 \cdot C + \left( 0,934 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} 20 \text{ m} \right) \cdot (1 - \right. \right. \\
&\quad \left. \left. \sin 0^\circ) \cdot \tan 2/3 \cdot 0^\circ \right] \right\} + \left\{ (2,0,4 \text{ m} + 2,0,4 \text{ m}) \cdot 4m \left[ 0,4 \cdot 1,73 C + \right. \right. \\
&\quad \left. \left. \left( 0,934 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m} + 0,933 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} 4 \text{ m} \right) \cdot (1 - \sin 0^\circ) \cdot \tan 2/3 \cdot 0^\circ \right] \right\} \\
&\quad \{ 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} [C \cdot 0 + (0,934 \text{ t/m}^3 \cdot 22 \text{ m} + 0,933 \text{ t/m}^3 \cdot 4 \text{ m}) \cdot 0] \} - \\
&\quad \{ 2,4 \text{ t/m}^3 \times (0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 24 \text{ m}) \} \\
71 \text{ ton} &= \{ 32 \text{ m}^2 [0,4C + (9,34 \text{ t/m}^2) \cdot 0] \} + \\
&\quad \{ 6,4 \text{ m}^2 [0,69C + (20,546 \text{ t/m}^2) \cdot 0] \} + \{ 0 \} - \{ 9,216 \text{ t} \} \\
71 \text{ ton} &= \{ 12,8 \cdot C \text{ m}^2 \} + \{ 4,436 \cdot C \text{ m}^2 \} - \{ 9,216 \text{ t} \} \\
80,216 \text{ ton} &= 17,236 \cdot C \text{ m}^2 \\
C &= \frac{80,216 \text{ t}}{17,236 \text{ m}^2} = 4,655 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

Sehingga dapat diperoleh nilai :

- $C_{u1} = C = 4,655 \text{ t/m}^2$
- $C_{u2} = 1,73 C = 1,7 \times 4,655 \text{ t/m}^2 = 8,060 \text{ t/m}^2$
- $C_{u3} = 1,9 C = 1,9 \times 4,655 \text{ t/m}^2 = 8,850 \text{ t/m}^2$

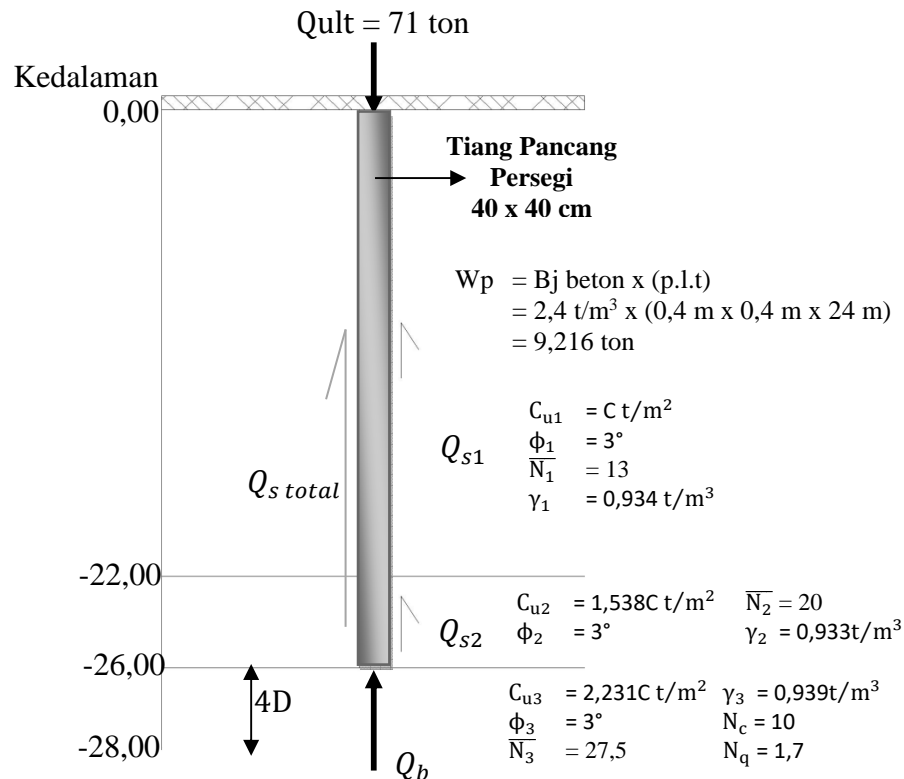
Perhitungan analisa balik seperti tersebut dilakukan terus menerus dengan mengganti data input nilai Faktor Adhesi ( $\alpha$ ) sebesar 0,4 -1 dan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) sebesar  $0^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $5^\circ$  dan  $7^\circ$ . Untuk Hail perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.7

**Tabel 4.7** nilai Kohesi (Cu) dari hasil analisa balik

A	∅	$C_{u1}$ $t/m^2$	$C_{u2}$ $t/m^2$	$C_{u3}$ $t/m^2$
0,4	0	4,655	8,060	8,850
	3	2,954	5,114	5,616
	5	2,485	4,303	4,725
	7	2,017	3,492	3,835
0,5	0	3,724	6,448	7,080
	3	2,436	4,218	4,632
	5	2,051	3,551	3,899
	7	1,665	2,883	3,166
0,6	0	3,103	5,373	5,900
	3	2,073	3,589	3,941
	5	1,745	3,022	3,319
	7	1,418	2,455	2,696
0,7	0	2,660	4,606	5,057
	3	1,804	3,123	3,430
	5	1,519	2,631	2,889
	7	1,235	2,138	2,347
0,8	0	2,327	4,030	4,425
	3	1,597	2,765	3,036
	5	1,345	2,329	2,557
	7	1,093	1,893	2,078
0,9	0	2,069	3,582	3,933
	3	1,432	2,480	2,723
	5	1,207	2,089	2,294
	7	0,981	1,698	1,865
1	0	1,862	3,224	3,540
	3	1,298	2,248	2,469
	5	1,094	1,895	2,080
	7	0,890	1,540	1,691

Analisa data Bore Hole 3 dengan hasil uji PembebananTiang 447

Pada saat Faktor adhesi ( $\alpha$ ) 0,4 dan sudut geser dalam ( $\phi$ )  $3^\circ$



**Gambar 4.5** Nilai Parameter – parameter tiap Lapisan Tanah Pada Bore Hole 3

$$\begin{aligned}
 Q_{ull} &= \left\{ (2p + 2l) \cdot L_1 \left[ \alpha \cdot C_1 + \left( \gamma_1 \cdot \frac{1}{2} h_1 \right) \cdot K_o \cdot \tan \delta \right] \right\} + \\
 &\quad \left\{ (2p + 2l) \cdot L_2 \left[ \alpha \cdot C_2 + \left( \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot \frac{1}{2} h_2 \right) \cdot K_o \cdot \tan \delta \right] \right\} + \\
 &\quad \left\{ \Delta p [C_3 \cdot N_c + (\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2) \cdot N_q] \right\} - \{ \text{BJ beton x (p x l x t)} \} \\
 71 \text{ ton} &= \left\{ (2 \cdot 0,4 \text{ m} + 2 \cdot 0,4 \text{ m}) \cdot 20 \text{ m} \left[ 0,4 \cdot C + \left( 0,934 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20 \text{ m} \right) \cdot (1 - \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \sin 3^\circ) \cdot \tan 2/3 \cdot 3^\circ \right] \right\} + \left\{ (2 \cdot 0,4 \text{ m} + 2 \cdot 0,4 \text{ m}) \cdot 4 \text{ m} \left[ 0,4 \cdot 1,538 C + \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \left( 0,934 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m} + 0,933 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ m} \right) \cdot (1 - \sin 3^\circ) \cdot \tan 2/3 \cdot 3^\circ \right] \right\} + \\
 &\quad \left\{ 0,4^2 \text{ m} [2,231 \cdot C \cdot 10 + (0,934 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m} + 0,933 \text{ t/m}^3 \cdot 4 \text{ m}) \cdot 1,7] \right\} \\
 &\quad - \{ 2,4 \text{ t/m}^3 \times (0,4 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m} \cdot 24 \text{ m}) \} \\
 71 \text{ ton} &= \{ 32 \text{ m}^2 [0,4C + 0,309 \text{ t/m}^2] \} + \{ 6,4 \text{ m}^2 [0,612 \cdot C + 0,682 \text{ t/m}^2] \} + \\
 &\quad \{ 3,568 \cdot C \text{ m}^2 + 6,096 \text{ m}^2 \} - \{ 9,216 \text{ t} \} \\
 71 \text{ ton} &= \{ 12,8 \cdot C \text{ m}^2 + 9,888 \text{ t/m}^2 \} + \{ 3,917 \cdot C \text{ m}^2 + 4,365 \text{ t/m}^2 \} + \\
 &\quad \{ 3,568 \cdot C \text{ m}^2 + 6,096 \text{ m}^2 \} - \{ 9,216 \text{ t} \}
 \end{aligned}$$

$$71 \text{ ton} = 20,285 \cdot C \text{ m}^2 + 20,349 \text{ t} - 9,216 \text{ t}$$

$$C = \frac{59,867 \text{ t}}{20,285 \text{ m}^2} = 2,949 \text{ t/m}^2$$

Sehingga dapat diperoleh nilai :

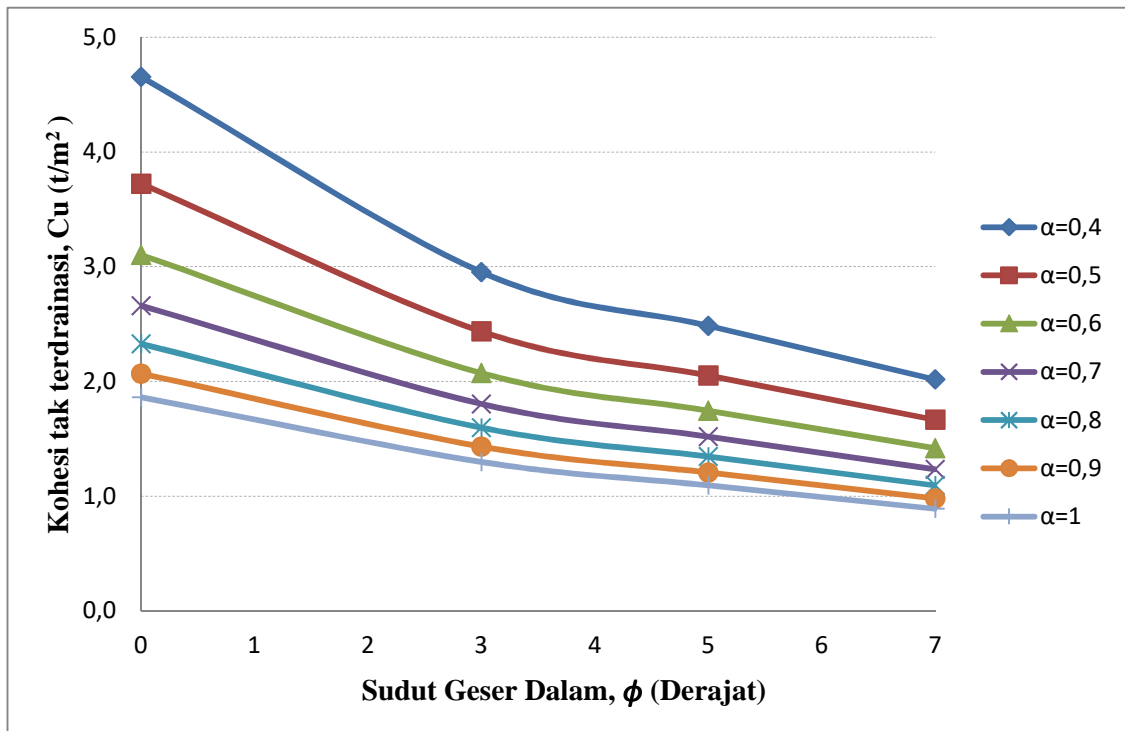
- $C_{u1} = C = 2,949 \text{ t/m}^2$
- $C_{u2} = 1,538 C = 1,5 \times 2,949 \text{ t/m}^2 = 4,537 \text{ t/m}^2$
- $C_{u3} = 2,231 C = 2,2 \times 2,949 \text{ t/m}^2 = 6,578 \text{ t/m}^2$

Perhitungan analisa balik seperti tersebut dilakukan terus menerus dengan mengganti data input nilai Faktor Adhesi ( $\alpha$ ) sebesar 0,4 -1 dan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) sebesar  $0^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $5^\circ$  dan  $7^\circ$ . Untuk Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.8

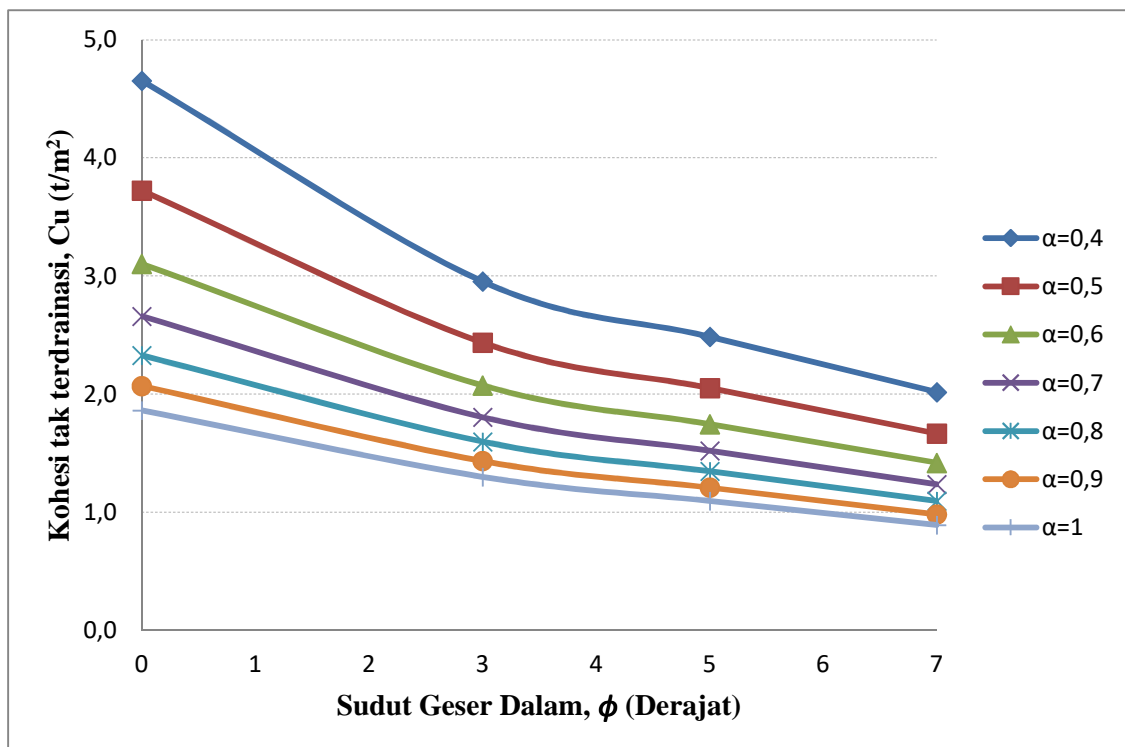
**Tabel 4.8** nilai Kohesi ( $C_u$ ) dari hasil analisa balik

A	$\phi$	$C_{u1}$ $\text{t/m}^2$	$C_{u2}$ $\text{t/m}^2$	$C_{u3}$ $\text{t/m}^2$
0,4	0	4,792	7,373	10,691
	3	2,949	4,537	6,578
	5	2,480	3,815	5,532
	7	2,012	3,095	4,487
0,5	0	3,834	5,898	8,552
	3	2,445	3,762	5,455
	5	2,057	3,165	4,589
	7	1,670	2,569	3,725
0,6	0	3,195	4,915	7,127
	3	2,088	3,213	4,659
	5	1,758	2,704	3,921
	7	1,427	2,196	3,184
0,7	0	2,738	4,213	6,109
	3	1,822	2,804	4,065
	5	1,534	2,361	3,423
	7	1,246	1,918	2,780
0,8	0	2,396	3,686	5,345
	3	1,617	2,487	3,606
	5	1,361	2,095	3,037
	7	1,106	1,702	2,468
0,9	0	2,130	3,277	4,751
	3	1,452	2,235	3,240
	5	1,224	1,882	2,729
	7	0,994	1,530	2,218
1	0	1,917	2,949	4,276
	3	1,319	2,029	2,942
	5	1,111	1,709	2,478
	7	0,903	1,389	2,014

Dari analisa balik yang dilakukan maka dapat dibuat grafik hubungan antara faktor adhesi ( $\alpha$ ) dengan nilai kohesi (C). Berikut adalah grafiknya :



**Grafik 4.14** Prediksi Nilai Kohesi (C) dan Sudut Geser Dalam ( $\phi$ ) dengan Variasi Faktor Adhesi ( $\alpha$ ) yang menyebabkan keruntuhan tiang saat uji pembebanan (*Loading Test*) tiang 547



**Grafik 4.15** Prediksi Nilai Kohesi (C) dan Sudut Geser Dalam ( $\phi$ ) dengan Variasi Faktor Adhesi ( $\alpha$ ) yang menyebabkan keruntuhan tiang saat uji pembebanan (*Loading Test*) tiang 477

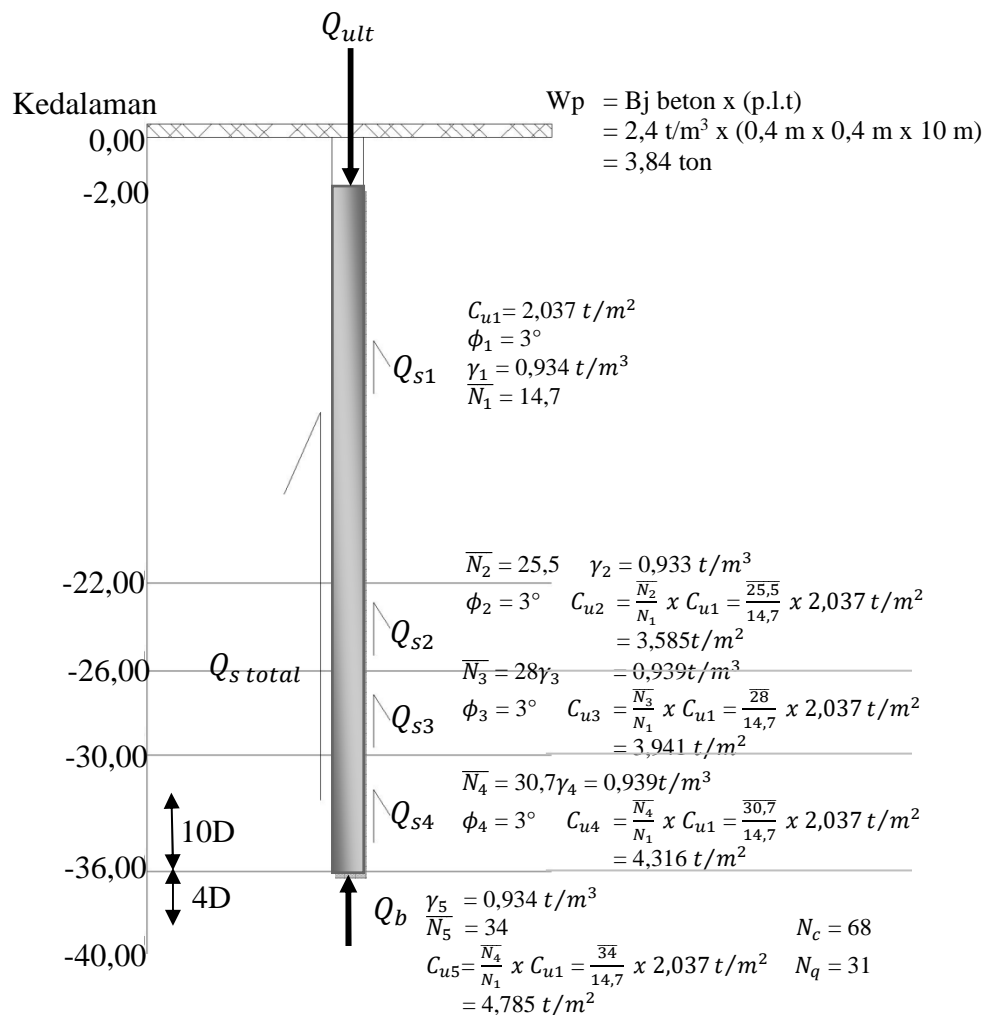
2. Nilai Daya Dukung Ultimit pada kedalaman 36 m

Setelah diperoleh nilai – nilai parameter kohesi (C) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ), selanjutnya dapat dianalisa nilai daya dukung tiang sampai kedalaman 36 m.

Berikut adalah analisisnya:

Analisa data Bore Hole 2

**Pada saat Faktor adhesi ( $\alpha$ ) 0,6 dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) 3°**



$$\bar{N}_b = \left( \frac{N_1 + N_2}{2} \right) = \left( \frac{32,5 + 35}{2} \right) = 33,75 \sim 34$$

Karena belum diketahui korelasi antara nilai N-SPT dengan sudut geser dalam ( $\phi$ ) pada tanah lempung maka diambil nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) = 75 % x N- SPT Sehingga nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) pada data BH 2 = 75% x 34 = 25°

**Gambar 4.6** Gambaran Daya dukung Ujung dan Daya Dukung selimut pada Data Tiang Bore Hole 2

$$\begin{aligned}
Q_{ull} &= \left\{ (2p + 2l) \cdot L_1 \left[ \alpha \cdot C_{u1} + \left( \gamma_1 \cdot \frac{1}{2} h_1 \right) \cdot Ko \cdot \tan \delta \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ (2p + 2l) \cdot L_2 \left[ \alpha \cdot C_{u2} + \left( \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot \frac{1}{2} h_2 \right) \cdot Ko \cdot \tan \delta \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ (2p + 2l) \cdot L_3 \left[ \alpha \cdot C_{u3} + \left( \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot \frac{1}{2} h_3 \right) \cdot Ko \cdot \tan \delta \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ (2p + 2l) \cdot L_4 \left[ \alpha \cdot C_{u4} + \left( \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3 + \gamma_4 \cdot \frac{1}{2} h_4 \right) \cdot Ko \cdot \tan \delta \right] \right\} \\
&\quad \{ \Delta p [C_{u5} \cdot Nc + (\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3 + \gamma_4 \cdot h_4) \cdot Nq] \} - Wp \\
&= \left\{ (2,0,4 \text{ m} + 2,0,4 \text{ m}) \cdot 20m \left[ 0,6 \cdot 2,073 \text{ t/m}^2 + \right. \right. \\
&\quad \left. \left. \left( 0,934 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} 20 \text{ m} \right) \cdot (1 - \sin 3^\circ) \cdot \tan 2/3 \cdot 3^\circ \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ (2,0,4 \text{ m} + 2,0,4 \text{ m}) \cdot 4 m \left[ 0,6 \cdot 3,589 \text{ t/m}^2 + \left( 0,943 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m} + \right. \right. \right. \\
&\quad \left. \left. 0,933 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} 4 \text{ m} \right) \cdot (1 - \sin 3^\circ) \cdot \tan 2/3 \cdot 3^\circ \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ (2,0,4 \text{ m} + 2,0,4 \text{ m}) \cdot 4 m \left[ 0,6 \cdot 3,941 \text{ t/m}^2 + \left( 0,943 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m} + \right. \right. \right. \\
&\quad \left. \left. 0,933 \text{ t/m}^3 \cdot 4 \text{ m} + 0,939 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} 4 \text{ m} \right) \cdot (1 - \sin 3^\circ) \cdot \tan 2/3 \cdot 3^\circ \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ (2,0,4 \text{ m} + 2,0,4 \text{ m}) \cdot 6 m \left[ 0,6 \cdot 4,316 \text{ t/m}^2 + \left( 0,943 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m} + \right. \right. \right. \\
&\quad \left. \left. 0,933 \text{ t/m}^3 \cdot 4 \text{ m} + 0,939 \text{ t/m}^3 \cdot 4 + 0,993 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} 6 \text{ m} \right) \cdot (1 - \right. \\
&\quad \left. \sin 3^\circ) \cdot \tan 2/3 \cdot 3^\circ \right] \right\} + \{ 0,4^2 m [4,785 \text{ t/m}^2 \cdot 68 + \\
&\quad (0,943 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m} + 0,933 \text{ t/m}^3 \cdot 4 \text{ m} + 0,939 \text{ t/m}^3 \cdot 4 + \\
&\quad 0,993 \text{ t/m}^3 \cdot 6 \text{ m}) \cdot 31 \} - \{ 2,4 \text{ t/m}^3 \times (0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 10 \text{ m}) \} \\
&= \{ 49,685 \text{ t} + 18,132 \text{ t} + 20,276 \text{ t} + 34,118 \text{ t} + 211,346 \text{ t} - 3,84 \text{ t} \} \\
&= 329,717 \text{ t}
\end{aligned}$$



Analisa perhitungan yang lebih sederhana akan ditampilkan kedalaman tabel seperti berikut ini :

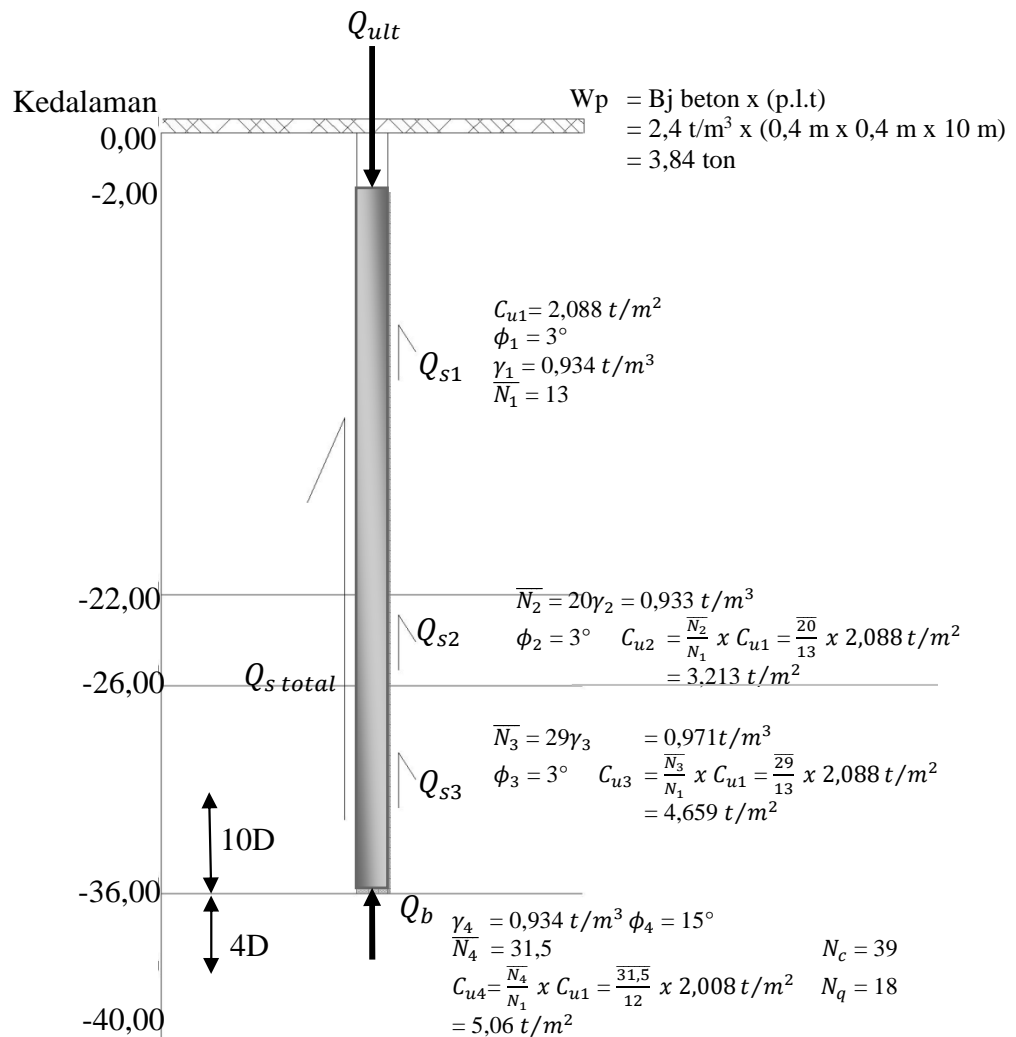
**Tabel 4.9** Hasil Analisa Daya Dukung *Bore Hole 2* sampai kedalaman 36 m

**BORE HOLE 2**

Lap. tanah	Depth (m)	Panjang Tiang	Type of Soil, Relative Density or Consistency	N-SPT Rata - rata	Cu t/m <sup>2</sup>	$\alpha$	$\gamma_{sat} - \gamma_w$ rata rata	$\phi$ (3°)	$k_o$ (1 - sin $\phi$ )	$\delta$ (2/3 $\phi$ )	tan (2/3 $\phi$ )	Nc	Nq	Qs ton	Qp ton	Qult ton
1	0		Silty Clay, Stiff to very stiff	14,7	2,073	0,6	0,934	3	0,948	2,000	0,035			49,685		329,717
	2															
	4															
	6															
	8															
	10															
	12															
	14															
	16															
	18															
20																
22																
2	24		Silty Clay dengan sisipan pasir halus, Stiff	25,5	3,589	0,6	0,933	3	0,948	2,000	0,035			18,132		329,717
	26		Silty Clay, Very stiff													
3	28		Sandy Silt, hard	28	3,941	0,6	0,939	3	0,948	2,000	0,035			20,276		329,717
	30															
4	32		Silty Clay, Very stiff	30,7	4,316	0,6	0,993	3	0,948	2,000	0,035			34,118		329,717
	34															
	36															
	38															
	40															
				34	4,785			30	0,500	20,000	0,364	68	31		211,346	

Analisa data Bore Hole3

Pada saat Faktor adhesi ( $\alpha$ ) 0,6 dan sudut geser dalam ( $\phi$ )  $3^\circ$



$$\bar{N}_b = \left( \frac{N_1 + N_2}{2} \right) = \left( \frac{30 + 32}{2} \right) = 31,5$$

Karena belum diketahui korelasi antara nilai N-SPT dengan sudut geser dalam ( $\phi$ ) pada tanah lempung maka diambil nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) = 75 % x N- SPT Sehingga nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) pada data BH 3 = 75% x 31,5 = 23°

**Gambar 4.7** Gambaran Daya dukung Ujung dan Daya Dukung selimut pada Data Tiang Bore Hole 3

$$\begin{aligned}
Q_{ull} &= \left\{ (2p + 2l) \cdot L_1 \left[ \alpha \cdot C_{u1} + \left( \gamma_1 \cdot \frac{1}{2} h_1 \right) \cdot Ko \cdot \tan \delta \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ (2p + 2l) \cdot L_2 \left[ \alpha \cdot C_{u2} + \left( \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot \frac{1}{2} h_2 \right) \cdot Ko \cdot \tan \delta \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ (2p + 2l) \cdot L_3 \left[ \alpha \cdot C_{u3} + \left( \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot \frac{1}{2} h_3 \right) \cdot Ko \cdot \tan \delta \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ \Delta p [C_{u4} \cdot Nc + (\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3) \cdot Nq] \right\} - Wp \\
&= \left\{ (2.0,4 \text{ m} + 2.0,4 \text{ m}) \cdot 20 \text{ m} \left[ 0,6 \cdot 2,088 \text{ t/m}^2 + \right. \right. \\
&\quad \left. \left. \left( 0,934 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} 20 \text{ m} \right) \cdot (1 - \sin 3^\circ) \cdot \tan 2/3 \cdot 3^\circ \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ (2.0,4 \text{ m} + 2.0,4 \text{ m}) \cdot 4 \text{ m} \left[ 0,6 \cdot 3,213 \text{ t/m}^2 + \left( 0,943 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m} + \right. \right. \right. \\
&\quad \left. \left. 0,933 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} 4 \text{ m} \right) \cdot (1 - \sin 3^\circ) \cdot \tan 2/3 \cdot 3^\circ \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ (2.0,4 \text{ m} + 2.0,4 \text{ m}) \cdot 10 \text{ m} \left[ 0,6 \cdot 4,659 \text{ t/m}^2 + \left( 0,943 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m} + \right. \right. \right. \\
&\quad \left. \left. 0,933 \text{ t/m}^3 \cdot 4 \text{ m} + 0,9971 \text{ t/m}^3 \cdot \frac{1}{2} 10 \text{ m} \right) \cdot (1 - \sin 3^\circ) \cdot \tan 2/3 \cdot 3^\circ \right] \right\} + \\
&\quad \left\{ 0,4^2 \text{ m} [5,06 \text{ t/m}^2 \cdot 39 + (0,943 \text{ t/m}^3 \cdot 20 \text{ m} + 0,933 \text{ t/m}^3 \cdot 4 \text{ m} + \right. \\
&\quad \left. 0,971 \text{ t/m}^3 \cdot 10 \text{ m}) \cdot 18] \right\} - \{ 2,4 \text{ t/m}^3 \times (0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 10 \text{ m}) \} \\
&= \{ 49,982 \text{ t} + 16,687 \text{ t} + 59,155 \text{ t} + 129,438 \text{ t} - 3,84 \text{ t} \} \\
&= 251,422 \text{ t}
\end{aligned}$$

Analisa perhitungan yang lebih sederhana akan ditampilkan kedalaman tabel seperti berikut ini :

**Tabel 4.10** Hasil Analisa Daya Dukung *Bore Hole* 3 sampai kedalaman 36 m

BORE HOLE 3																	
Lap. tanah	Depth (m)	Tebal Lapisan (m)	Type of Soil, Relative Density or Consistency	N-SPT Rata'	Cu t/m2	$\alpha$	ysat - yw rata rata	$\phi$ (3°)	ko (1 - sin $\phi$ )	$\delta$ (2/3 $\phi$ )	tan (2/3 $\phi$ )	Nc	Nq	Qs ton	Qp ton	Qult ton	
	0																
1	2		Silty Clay, Stiff	13	2,088	0,6	0,934	3	0,948	2,000	0,035			49,982			
	4																
	6																
	8																
	10																
	12																
	14																
2	16		Silty Clay, Stiff to very stiff	20		0,6											
	18																
	20																
3	22		Silty Clay, Stiff to very stiff	20	3,213	0,6	0,933	3	0,948	2,000	0,035			16,687			
	24																
	26																
4	28		Silty Clay, Very stiff	29	4,659	0,6	0,971	3	0,948	2,000	0,035			59,155			
	30																
	32																
	34																
	36																
	38																
40	31,5	5,060		0,998	15	0,741	10,000	0,176	39	18			129,438				

## 4.5 Analisa Gedung

Gedung yang dianalisa dalam penulisan tugas akhir ini, dipilih proyek gedung Apartemen di Cikarang memiliki sistem pondasi Tiang Pancang sesuai dengan kajian tugas akhir penulis.

### 4.5.1. Spesifikasi Bahan

Spesifikasi Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Mutu Baja (fy)} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Modulus Elastisitas Beton} = 4700\sqrt{f_c'} = 81406.39 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Modulus Elastisitas Baja} = 2.1 \times 10^6 \text{ t/m}^2$$

### 4.5.2 Beban Yang Diperhitungkan

#### a) Beban Mati

Beban mati merupakan berat sendiri seluruh bangunan, struktur maupun non struktur yang selalu ada dan bekerja pada bangunan ini. Beban mati tersebut sangat tergantung dari dimensi serta berat jenis struktur yang digunakan. Sesuai peraturan yang berlaku di Indonesia, berat jenis dari elemen-elemen struktur adalah sebagai berikut :

- Beton bertulang .....2400kg/m<sup>3</sup>
- Berat screed, keramik, plafond, MEP.....150 kg/m<sup>2</sup>
- Berat Partisi .....200 kg/m<sup>2</sup>

Perhitungan beban mati pada plat lantai :

- Beton bertulang =  $1 \times 1 \times 0,14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}^2$
- Berat screed, keramik, plafond, MEP =  $150 \text{ kg/m}^2$
- Berat Partisi =  $200 \text{ kg/m}^2$

Jadi, beban mati pada plat lantai =  $686 \text{ kg/m}^2$

Perhitungan beban mati pada plat atap / roof :

- Beton bertulang =  $1 \times 1 \times 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
- Berat screed, keramik, plafond, MEP =  $80 \text{ kg/m}^2$
- Berat Partisi =  $0 \text{ kg/m}^2$

Jadi, beban mati pada plat atap =  $368 \text{ kg/m}^2$

## b) Beban Hidup

Beban hidup adalah berat tambahan diluar beban mati yang bekerja pada waktu-waktu tertentu, baik secara terus menerus maupun sementara. Besarnya beban hidup ditentukan oleh peruntukan bangunan, dengan harga minimum sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung tahun 1983.

Berikut disampaikan besarnya beban hidup pada elemen struktur :

- Beban hidup lantai gedung hunian..... $250 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup atap gedung hunian ..... $150 \text{ kg/m}^2$

### 4.5.3 Variasi *Load Tension*

Analisa beban bangunan yang terjadi divariasikan dalam beberapa kondisi, yaitu :

1.  $DL = 1$  dan  $LL = 1$

Kondisi ini adalah saat konstruksi bangunan telah mencapai 100% dan bangunan sudah difungsikan. Sehingga reaksi yang bekerja adalah  $DL=1$  dan  $LL=1$ .

2.  $DL=1,2$  dan  $LL=1,6$

Kondisi ini merupakan kondisi maksimum dari kombinasi beban yang bekerja. Yaitu  $DL$  menjadi 120% dari  $DL$  normal dan  $LL$  menjadi 160% dari  $LL$  normal.

3.  $DL = 1$  dan  $LL = 0$

Kondisi ini adalah saat konstruksi bangunan telah mencapai 100% dari total bangunan rencana ( $DL=1$ ). Namun pada kondisi ini bangunan belum difungsikan sehingga belum ada  $LL$  (*Live Load*) yang terjadi.

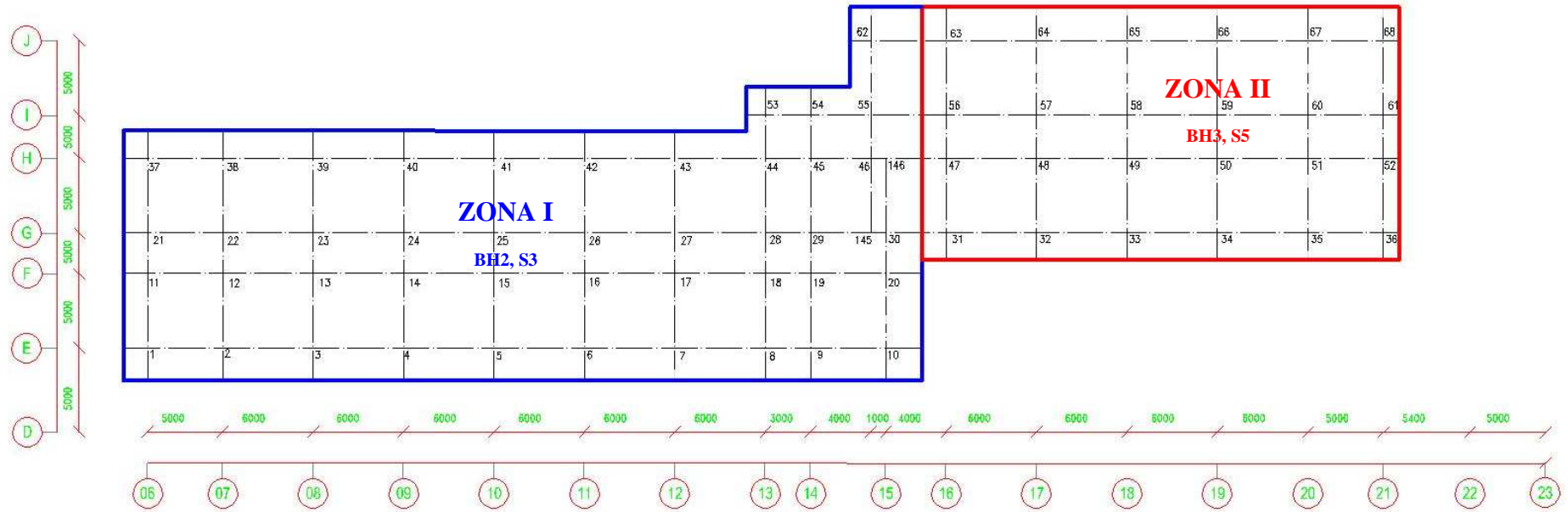
4.  $(1.2 + 0.2 SDS) D + 1QEx + 0.39 QEy + Lr$  dan  $(1.2 + 0.2 SDS) D + 0.39 QEx + 1QEy + Lr$

Kondisi beban kombinasi ini adalah kondisi pengaruh gaya gempa dengan pengaruh beban lainnya seperti ditetapkan dalam pasal 4 SNI 1726:2012.

#### **4.5.4 Analisa Perhitungan Gedung**

Perhitungan beban bangunan (beban *upper structure*) dilakukan menggunakan program Etabs ver. 9.7.4. Dari program Etabs ver. 9.7.4 akan didapat data *output* berupa data *support reaction* kolom pada lantai dasar (semi basement).





Gambar 4.8 Layout Pembagian Zona dan Nomor – nomor Titik

Berikut ini adalah hasil data *output support reaction* tersebut:

**Tabel 4.11** Support Reaction dari Upper Structure

Member	Load	Axial ton	Mom - Y ton	Mom X ton	Member	Load	Axial ton	Mom - Y ton	Mom X ton
1	5	343,10	-0,818	1,159	12	5	518,68	1,648	0,320
	6	438,86	-0,539	1,624		6	674,71	2,264	0,516
	7	275,25	-0,385	0,578		7	387,94	0,932	0,159
	8	425,78	-0,407	3,254		8	580,87	1,637	0,379
	9	445,75	-1,155	4,815		9	582,91	1,713	0,449
2	5	471,31	1,306	0,990	13	5	582,73	0,408	0,357
	6	607,13	1,792	1,386		6	760,64	0,568	0,492
	7	367,41	1,168	0,493		7	429,32	0,302	0,198
	8	571,02	1,296	0,981		8	644,63	0,532	0,565
	9	594,84	1,272	0,933		9	645,07	0,473	0,423
3	5	533,59	0,453	1,052	14 & 24	5	587,70	-6,132	0,569
	6	689,38	0,819	1,457		6	767,64	-8,271	0,800
	7	410,91	0,326	0,565		7	431,71	-3,849	0,278
	8	637,04	0,595	0,994		8	649,66	-6,245	0,462
	9	660,26	0,651	1,060		9	650,52	-6,235	0,492
4	5	532,62	-0,556	1,262	15 & 25	5	651,72	2,373	-2,236
	6	688,31	-0,739	1,730		6	851,26	3,155	-3,034
	7	409,70	-0,376	0,723		7	478,74	1,606	-1,359
	8	635,86	-0,434	1,271		8	719,13	2,518	-2,151
	9	659,29	-0,264	1,220		9	719,15	2,538	-2,010
5	5	215,28	-0,006	0,364	16 & 26	5	628,25	-1,330	-2,242
	6	307,27	-0,010	0,560		6	820,64	-1,858	-3,044
	7	92,97	0,001	0,058		7	461,41	-0,675	-1,358
	8	217,52	-0,059	0,150		8	694,28	-1,195	-2,079
	9	241,29	0,003	0,246		9	695,10	-1,227	-2,356
6	5	527,15	-0,040	0,796	17 & 27	5	611,15	6,227	-3,501
	6	681,34	0,498	1,253		6	799,25	8,556	-4,654
	7	405,27	-0,021	0,485		7	446,49	3,519	-2,370
	8	630,49	-0,056	1,080		8	686,64	6,000	-3,480
	9	654,62	0,113	0,888		9	696,80	5,994	-3,808
7	5	515,54	0,174	0,627	18	5	459,24	-1,743	0,691
	6	666,27	0,841	4,274		6	598,49	-2,417	0,939
	7	396,48	0,095	0,384		7	340,73	-0,929	0,415
	8	617,65	0,677	0,849		8	512,76	-1,632	0,673
	9	641,93	0,241	2,471		9	515,07	-1,634	0,677
8	5	422,00	-1,650	0,047	19	5	426,05	0,705	0,697
	6	543,53	-2,251	3,449		6	554,03	0,960	0,945
	7	329,16	-0,971	-0,033		7	319,11	0,419	0,423
	8	515,15	-1,513	1,345		8	481,62	0,709	0,774
	9	539,12	-1,332	0,088		9	486,22	0,729	0,778
9	5	392,68	0,754	0,092	20	5	366,85	-1,528	0,538
	6	504,72	1,033	0,164		6	474,31	-2,026	0,747
	7	308,93	0,432	-0,043		7	281,61	-1,047	0,285
	8	490,37	0,729	0,087		8	437,02	-1,575	0,611
	9	518,95	0,726	0,042		9	452,83	-1,497	0,749
10	5	339,12	-1,243	0,238	21	5	359,79	-1,141	-0,108
	6	434,88	-1,220	0,237		6	462,85	-1,600	-0,141
	7	269,31	-0,722	0,042		7	282,04	-0,565	-0,080
	8	436,59	-1,226	0,204		8	439,53	-1,023	-0,111
	9	469,10	-1,700	0,364		9	459,37	-1,004	-0,068
11	5	367,12	-1,138	0,605	22	5	553,15	2,099	0,454
	6	472,51	-1,597	0,943		6	717,21	2,800	0,637
	7	287,21	-0,561	0,348		7	419,58	1,396	0,222
	8	408,85	-1,006	0,775		8	622,12	2,213	0,472
	9	435,05	-1,037	0,829		9	622,77	2,170	0,445

Member	Load	Axial ton	Mom - Y ton	Mom X ton
23	5	590,44	0,262	0,172
	6	769,37	0,374	0,241
	7	438,35	0,113	0,085
	8	657,34	0,196	-0,282
	9	658,81	0,198	-0,019
28 & 29	5	336,22	-1,614	-0,438
	6	439,58	-2,261	-2,411
	7	245,92	1,479	-0,222
	8	371,27	-1,395	-0,622
	9	372,09	-1,438	-1,166
145 & 30	5	270,05	-0,294	-0,645
	6	351,74	-0,374	-1,988
	7	200,87	-0,240	-0,436
	8	309,99	0,247	-0,738
	9	317,06	-0,261	-0,857
31	5	481,33	-2,322	0,366
	6	627,69	-3,076	0,534
	7	356,08	-1,597	0,128
	8	577,03	-2,380	0,384
	9	608,17	-2,441	0,327
32	5	569,23	1,136	-1,471
	6	745,85	1,560	-1,970
	7	412,30	0,644	-0,962
	8	668,39	1,225	-1,303
	9	700,39	1,150	-1,444
33	5	615,05	-5,471	3,462
	6	806,82	-7,368	4,666
	7	443,16	-3,466	2,183
	8	719,78	-5,584	3,635
	9	754,01	-5,595	3,820
34	5	489,68	-10,772	2,357
	6	638,53	-13,815	3,198
	7	362,38	-8,552	1,434
	8	586,84	-12,410	2,351
	9	618,29	-12,411	2,355
35	5	453,65	2,006	-0,254
	6	584,38	2,660	-0,309
	7	353,64	1,372	-0,244
	8	568,69	2,120	-0,321
	9	605,14	2,152	-0,277
36	5	351,44	-0,218	-0,805
	6	451,19	-0,148	-0,635
	7	277,78	-0,199	-0,557
	8	465,27	-0,224	-0,771
	9	508,82	-0,268	-1,065
37	5	319,78	0,602	1,349
	6	406,43	0,695	1,822
	7	263,05	0,672	0,840
	8	415,22	0,902	1,448
	9	443,09	0,980	1,589
38	5	511,40	3,769	1,365
	6	653,26	4,195	0,886
	7	412,46	2,555	0,966
	8	631,32	4,093	1,297
	9	657,44	5,008	1,798

Member	Load	Axial ton	Mom - Y ton	Mom X ton
39	5	672,13	-4,416	1,607
	6	679,53	-5,809	2,390
	7	421,10	-2,937	1,213
	8	646,71	-4,417	1,987
	9	672,13	-4,416	1,607
40	5	759,68	0,702	-0,112
	6	771,12	0,702	-0,331
	7	466,00	0,417	-0,113
	8	727,44	0,637	0,191
	9	759,68	0,692	-0,112
41	5	642,10	0,644	2,258
	6	656,82	0,692	3,479
	7	398,09	0,454	1,349
	8	617,16	0,628	2,587
	9	642,10	0,644	2,258
42	5	645,40	-0,259	2,288
	6	659,56	-0,351	3,393
	7	399,59	-0,154	1,308
	8	620,04	-0,263	2,281
	9	645,40	-0,259	2,288
43	5	696,98	-0,299	0,316
	6	709,31	-0,440	0,316
	7	428,16	-0,205	0,165
	8	667,88	-0,319	0,315
	9	696,98	-0,299	0,244
44,45, 53 & 54	5	282,03	1,892	2,120
	6	361,73	2,436	2,675
	7	223,82	1,479	1,794
	8	331,67	2,442	4,366
	9	360,88	2,265	2,459
55	5	386,90	2,464	0,828
	6	500,14	3,192	1,223
	7	297,23	1,874	0,612
	8	440,25	2,900	1,079
	9	442,13	2,826	0,900
46 & 146	5	273,26	-0,393	0,492
	6	356,74	-0,561	0,793
	7	203,23	-0,169	0,373
	8	318,99	-0,323	1,948
	9	330,68	-0,239	4,050
47 & 56	5	592,42	7,508	4,068
	6	776,01	11,609	5,468
	7	429,66	-2,656	2,602
	8	654,69	4,799	7,041
	9	658,64	4,516	5,266
48 & 57	5	623,23	0,290	-0,278
	6	831,78	0,411	-0,369
	7	433,76	0,130	-0,188
	8	663,84	0,301	-0,500
	9	665,98	0,379	-0,326
49 & 58	5	649,69	2,275	-0,336
	6	854,53	2,934	-0,448
	7	463,68	1,764	-0,224
	8	709,07	2,713	-0,460
	9	711,46	2,634	-0,761

Member	Load	Axial ton	Mom - Y ton	Mom X ton
50 & 59	5	611,27	-13,659	-0,373
	6	809,60	-17,772	-0,499
	7	421,09	-10,207	-0,245
	8	655,19	-15,396	0,426
	9	657,80	-15,291	-0,182
51	5	512,05	1,814	1,226
	6	667,36	2,394	1,626
	7	379,82	1,273	0,839
	8	571,36	1,837	1,311
	9	573,73	1,907	1,302
52	5	376,02	-0,076	1,205
	6	486,25	-0,097	1,606
	7	288,46	-0,062	0,803
	8	429,71	-0,041	1,369
	9	433,09	0,038	1,507
60	5	578,84	-1,001	1,204
	6	749,62	-1,385	1,566
	7	441,30	-0,540	0,900
	8	663,93	-0,932	1,414
	9	672,46	-0,912	1,421
61	5	418,96	3,906	1,146
	6	540,54	5,271	1,487
	7	324,48	2,446	0,864
	8	501,51	3,932	2,407
	9	519,61	3,731	2,273
62	5	353,63	2,410	0,132
	6	450,90	3,144	0,186
	7	287,27	1,781	0,064
	8	473,97	2,646	0,364
	9	517,38	2,655	0,026
63	5	429,41	-2,523	-0,979
	6	551,10	-3,324	-1,342
	7	339,86	-1,782	-0,562
	8	545,54	-2,733	-2,403
	9	582,21	-2,729	-1,476
64	5	610,46	0,361	0,565
	6	598,44	0,445	0,992
	7	367,06	0,237	0,346
	8	578,90	0,358	0,420
	9	610,46	0,361	0,565
65	5	633,16	0,189	1,461
	6	616,86	0,161	1,016
	7	378,13	0,069	0,354
	8	598,91	0,147	0,831
	9	633,16	0,189	1,461
66	5	668,12	0,699	4,211
	6	641,42	0,408	1,152
	7	396,66	0,306	0,425
	8	629,82	0,523	2,109
	9	668,12	0,699	4,211
67	5	614,30	7,225	-3,137
	6	567,56	7,945	-1,484
	7	356,05	4,999	-0,760
	8	572,81	7,302	-1,831
	9	614,30	7,225	-3,137
68	5	467,79	-0,143	-2,879
	6	405,97	-0,465	-2,123
	7	260,31	-0,152	-1,005
	8	428,54	0,102	-1,657
	9	467,79	-0,143	-2,879

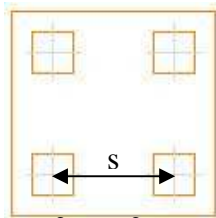
## 4.6 Analisa Kapasitas Pondasi Eksisting (-26,00 m)

### 4.6.1 Perhitungan Efisiensi Tiang Pancang

Perhitungan Efisiensi Tiang Pancang yang digunakan oleh penulis adalah dengan menggunakan metode *Converse Labarre* dan metode *Feld*. Metode *Converse Labarre* digunakan untuk menganalisa tiang – tiang dengan jumlah genap, sedangkan metode *Feld* digunakan untuk analisa tiang dengan umlah ganjil. Berikut adalah analisisnya :

#### a. Metode *Converse Labarre*

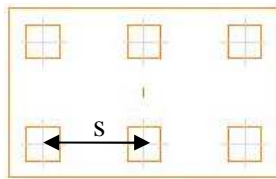
##### Analisa Faktor Efisiensi dengan jumlah tiang 4



$$\begin{aligned} m &= 2, n = 2 \\ d &= 40 \text{ cm}, s = 120 \text{ cm} \\ \xi &= \text{arc.tan}(40/120) \\ &= 18,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \xi \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right\} / 90 \\ &= 1 - 18,44 \left\{ \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{2 \times 2} \right\} / 90 \\ &= 0,795 \sim 0,80 \end{aligned}$$

##### Analisa Faktor Efisiensi dengan jumlah tiang 6

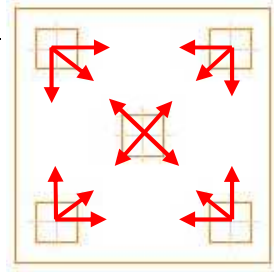


$$\begin{aligned} m &= 2, n = 3 \\ d &= 40 \text{ cm}, s = 120 \text{ cm} \\ \xi &= \text{arc.tan}(40/120) \\ &= 18,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \xi \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right\} / 90 \\ &= 1 - 18,44 \left\{ \frac{(3-1)2 + (2-1)3}{2 \times 3} \right\} / 90 \\ &= 0,76 \end{aligned}$$

**b. Metode Feld**

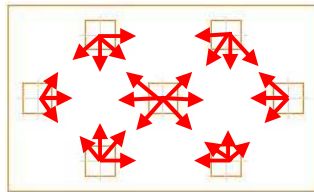
Analisa Faktor Efisiensi dengan jumlah tiang 5



$$E_g = \frac{(4 \times \frac{13}{16}) + (\frac{12}{16})}{5}$$

$$= 0,80$$

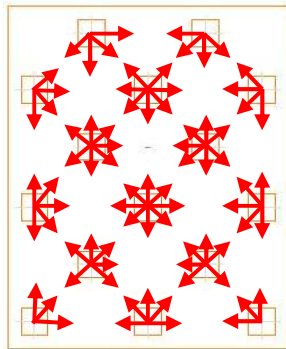
Analisa Faktor Efisiensi dengan jumlah tiang 7



$$E_g = \frac{(4 \times \frac{12}{16}) + (2 \times \frac{13}{16}) + (\frac{10}{16})}{7}$$

$$= 0,75$$

Analisa Faktor Efisiensi dengan jumlah tiang 15



$$E_g = \frac{(2 \times \frac{13}{16}) + (4 \times \frac{12}{16}) + (3 \times \frac{11}{16}) + (2 \times \frac{10}{16}) + (3 \times \frac{9}{16}) + (\frac{8}{16})}{10}$$

$$= 0,68$$

**Tabel 4.12** Summary Faktor Efisiensi Group Tiang

Jumlah Tiang	Faktor Efisiensi
4	0,80
5	0,80
6	0,76
7	0,75
15	0,68

#### 4.6.2 Perhitungan Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang eksisting (-26,00 m)

Setelah mendapatkan nilai efisiensi dan jumlah tiang yang dibutuhkan duntuk formasi dan penampang tiang yang berbeda selanjutnya adalah menghitung kapasitas dukung pondasi tiang. Kapasitas dukung tiang pancang nilainya harus lebih besar dibandingkan beban kolom. Berikut adalah perhitung kapasitas dukung pondasi grup tiang pancang eksisting (-26,00 m):

##### Analisa member 1 data bore 2

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \times n \times Q_{allow} \\ &= 0,75 \times 5 \times \frac{71,00}{2,5} \text{ ton} \\ &= 113,60 \text{ ton} \end{aligned}$$

Nilai beban kolom (Axial Forces) member No.1 = 445,75 ton

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas dukung Group (} Q_g \text{)} &= 113,60 \text{ ton} \leq \text{Beban kolom} = \\ &445,75 \text{ ton} \rightarrow \text{(NOT OK)}. \end{aligned}$$

##### Analisa member 31 data bore 3

$$\begin{aligned} Q_{g1} &= E_g \times n \times Q_{allow} \\ &= 0,76 \times 6 \times \frac{71,00}{2,5} \text{ ton} \\ &= 129,66 \text{ ton} \end{aligned}$$

Nilai beban kolom (Axial Forces) member No.31 = 627,69 ton

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas dukung Group (} Q_g \text{)} &= 129,66 \text{ ton} \leq \text{Beban kolom} = \\ &627,69 \text{ ton} \rightarrow \text{(NOT OK)} \end{aligned}$$

Selanjutnya analisa tiap Titik Group tiang di resume kan dalam tabel dibawah ini:

**Tabel 4.13** Summery Analisa Kapasitas Dukung Group Tiang Pancang eksisting (-26,00 m)

Titik	Axial Forces (ton)	Jumlah tiang (N)	Faktor Efisiensi Group (Eg)	Qallow (ton)	Qgroup (ton)	Ket
1	445,75	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
2	607,13	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
3	689,38	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
4	688,31	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
5	307,27	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
6	681,34	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
7	666,27	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
8	543,53	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
9	518,95	4	0,80	28,40	90,32	FAIL
10	469,10	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
11	472,51	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
12	674,71	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
13	760,64	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
14 & 24	767,64	15	0,68	28,40	287,55	FAIL
15 & 25	851,26	15	0,68	28,40	287,55	FAIL
16 & 26	820,64	15	0,68	28,40	287,55	FAIL
17 & 27	799,25	15	0,68	28,40	287,55	FAIL
18	598,49	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
19	554,03	4	0,80	28,40	90,32	FAIL
20	474,31	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
21	462,85	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
22	717,21	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
23	769,37	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
28 & 29	439,58	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
145 & 30	351,74	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
31	627,69	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
32	745,85	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
33	806,82	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
34	638,53	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
35	605,14	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
36	508,82	4	0,80	28,40	90,32	FAIL
37	443,09	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
38	657,44	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
39	679,53	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
40	771,12	7	0,75	28,40	149,10	FAIL
41	656,82	7	0,75	28,40	149,10	FAIL
42	659,56	7	0,75	28,40	149,10	FAIL
43	709,31	7	0,75	28,40	149,10	FAIL
55	500,14	4	0,80	28,40	90,32	FAIL
46 & 146	356,74	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
47&56	776,01	15	0,68	28,40	287,55	FAIL
48 & 57	831,78	15	0,68	28,40	287,55	FAIL
49 & 58	854,53	15	0,68	28,40	287,55	FAIL
50 & 59	809,60	15	0,68	28,40	287,55	FAIL
51	667,36	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
52	486,25	4	0,80	28,40	90,32	FAIL
60	749,62	6	0,76	28,40	129,66	FAIL
61	540,54	4	0,80	28,40	90,32	FAIL
62	517,38	4	0,80	28,40	90,32	FAIL
63	582,21	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
64	610,46	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
65	633,16	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
66	668,12	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
67	614,30	5	0,80	28,40	113,60	FAIL
68	467,79	4	0,80	28,40	90,32	FAIL



## **4.7 Alternatif Perbaikan Pondasi Dalam**

Berdasarkan hasil analisa pondasi eksisting (terpancang), dapat diketahui bahwa kemampuan dukung tiang dalam kelompok jauh lebih kecil dari beban kolom yang diterimanya. Oleh karena itu perlu dilakukan adanya perbaikan pada pondasi tersebut. Mengingat bahwa dalam kasus Apartemen di Cikarang ini sudah dalam tahap pelaksanaan maka berikut adalah beberapa perbaikan yang dapat dilakukan :

1. Menambah kedalaman tiang terpancang sampai kedalaman 36m
2. Menambah kedalaman tiang terpancang dan menambah jumlah tiang

### **4.7.1 Menambah kedalaman tiang terpancang sampai kedalaman 36m**

Alternatif perbaikan paling pertama yang akan dianalisa oleh penulis adalah dengan mempertahankan tiang terpancang, sehingga akan dicoba melakukan analisa tiang eksisting terpancang sampai kedalaman 36 m.

#### **4.7.1.1 Perhitungan Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang**

Analisa perhitungan kapasitas dukung kelompok yang dilakukan sama dengan analisa kapasitas dukung kelompok pada pondasi eksisting. Mengingat banyaknya jumlah titik/member yang dianalisa maka dalam penulisan ini akan dijabarkan dua titik dengan data bore yang berbeda, berikut adalah analisa perhitungannya :

### Analisa member 41 data bore 2

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \times n \times Q_{allow} \\ &= 0,75 \times 7 \times \frac{237,405}{2,5} \text{ ton} \\ &= 498,6 \text{ ton} \end{aligned}$$

Nilai beban kolom (Axial Forces) member No.41 = 656,82 ton

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas dukung Group (Qg)} &= 498,6 \text{ ton} \leq \text{Beban kolom} = \\ &656,82 \text{ ton} \rightarrow \text{(NOT OK)}. \end{aligned}$$

### Analisa member 68 data bore 3

$$\begin{aligned} Q_{ull} &= E_g \times n \times Q_{allow} \\ &= 0,80 \times 4 \times \frac{220,707}{2,5} \text{ ton} \\ &= 280,8 \text{ ton} \end{aligned}$$

Nilai beban kolom (Axial Forces) member No.68 = 467,79 ton

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas dukung Group (Qg)} &= 280,8 \text{ ton} \leq \text{Beban kolom} = \\ &467,79 \text{ ton} \rightarrow \text{(NOT OK)} \end{aligned}$$

Selanjutnya analisa tiap Titik Group tiang di resume dalam tabel dibawah ini:

**Tabel 4.14** Summary Analisa Kapasitas Dukung Group Tiang Pancang pada kedalaman -36,00 m

Titik	Axial Forces (ton)	Jumlah tiang (N)	Faktor Efisiensi Group (Eg)	Qallow (ton)	Qgroup (ton)	Ket
1	445,751	5	0,800	94,96	379,8	FAIL
2	607,134	5	0,800	94,96	379,8	FAIL
3	689,384	5	0,800	94,96	379,8	FAIL
4	688,312	5	0,800	94,96	379,8	FAIL
5	307,266	5	0,800	94,96	379,8	OK
6	681,337	5	0,800	94,96	379,8	FAIL
7	666,266	5	0,800	94,96	379,8	FAIL
8	543,533	5	0,800	94,96	379,8	FAIL
9	518,948	4	0,795	94,96	302,0	FAIL
10	469,103	5	0,800	94,96	379,8	FAIL
11	472,505	6	0,761	94,96	433,5	FAIL
12	674,709	6	0,761	94,96	433,5	FAIL
13	760,645	6	0,761	94,96	433,5	FAIL
14	767,636	15	0,675	94,96	961,5	OK
15	851,259	15	0,675	94,96	961,5	OK
16	820,637	15	0,675	94,96	961,5	OK
17	799,245	15	0,675	94,96	961,5	OK
18	598,489	6	0,761	94,96	433,5	FAIL
19	554,027	4	0,795	94,96	302,0	FAIL
20	474,313	6	0,761	94,96	433,5	FAIL
21	462,853	6	0,761	94,96	433,5	FAIL
22	717,213	6	0,761	94,96	433,5	FAIL
23	769,366	6	0,761	94,96	433,5	FAIL
28	439,583	6	0,761	94,96	433,5	FAIL
30	351,737	6	0,761	94,96	433,5	OK
31	627,695	6	0,761	88,28	403,1	FAIL
32	745,848	6	0,761	88,28	403,1	FAIL
33	806,821	6	0,761	88,28	403,1	FAIL
34	638,531	6	0,761	88,28	403,1	FAIL
35	605,136	5	0,800	88,28	353,1	FAIL
36	508,822	4	0,795	88,28	280,8	FAIL
37	443,085	5	0,800	94,96	379,8	FAIL
38	657,443	5	0,800	94,96	379,8	FAIL
39	679,533	5	0,800	94,96	379,8	FAIL
40	771,122	7	0,750	94,96	498,6	FAIL
41	656,819	7	0,750	94,96	498,6	FAIL
42	659,563	7	0,750	94,96	498,6	FAIL
43	709,306	7	0,750	94,96	498,6	FAIL
55	500,144	4	0,795	94,96	302,0	FAIL
46	356,742	6	0,761	94,96	433,5	OK
47	776,01	15	0,675	88,28	893,9	OK
48	831,778	15	0,675	88,28	893,9	OK
49	854,534	15	0,675	88,28	893,9	OK
50	809,595	15	0,675	88,28	893,9	OK
51	667,357	6	0,761	88,28	403,1	FAIL
52	486,252	4	0,795	88,28	280,8	FAIL
60	749,624	6	0,761	88,28	403,1	FAIL
61	540,539	4	0,795	88,28	280,8	FAIL
62	517,379	4	0,795	94,96	302,0	FAIL
63	582,207	5	0,800	88,28	353,1	FAIL
64	610,465	5	0,800	88,28	353,1	FAIL
65	633,159	5	0,800	88,28	353,1	FAIL
66	668,119	5	0,800	88,28	353,1	FAIL
67	614,303	5	0,800	88,28	353,1	FAIL
68	467,791	4	0,795	88,28	280,8	FAIL

Berdasarkan analisa Kapasitas Dukung kelompok yang sudah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa Titik 5, 14, 15, 16, 17, 30, 46, 47, 48, 49, dan 50 yang memenuhi kapasitas groupnya lebih besar atau sama dengan beban kolomnya. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa ulang pada titik – titik yang belum memenuhi syarat.

#### **4.7.2 Menambah kedalaman tiang terpancang dan menambah jumlah tiang**

Solusi penambahan tiang tergantung pada tahapan *project* yang dilakukan, jika pada tahapan perencanaan tiang kita dapat merevisi design tiang – tiang yang sudah direncanakan. Tetapi jika sudah pada tahap pelaksanaan dan kondisi tiang – tiang rencana sudah terpancang maka perbaikan yang dilakukan harus memperhatikan titik tangkap kolom agar titik beratnya tidak berubah, jadi penambahan dilakukan secara simetris pada tiang – tiang yang sudah terpancang.

Dari Analisa Kapasitas Dukung Group diperoleh Tiang – tiang yang belum memenuhi syarat karena nilai Kapasitas Dukung Groupnya lebih kecil dari Nilai Beban Kolom, oleh karena itu perlu dilakukan analisa ulang pada tiang – tiang yang tidak memenuhi syarat. Analisa ulang yang dilakukan berupa perhitungan jumlah kebutuhan tiang dalam satu *pile cap*, berikut adalah analisisnya :

#### 4.7.2.1 Analisa Penambahan Jumlah Tiang pancang

Analisa Penambahan Jumlah Tiang dilakukan dengan menganalisa terlebih dahulu selisih antara beban kolom dengan kemampuan kapasitas dukung grup terpancang. Selanjutnya baru direncanakan penambahan tiangnya, berikut adalah analisisnya :

##### Analisa Tiang No. 1

Kapasitas dukung Group = 379,8 ton

Beban Kolom = 445,75 ton

Selisih nilai beban kolom dengan kapasitas dukung Group = 65,95 ton

Selanjutnya dapat dianalisa jumlah penambahan tiang dengan

Persamaan :

$$n = \frac{P}{P_{\text{tiang}}}$$

Dimana : n = Jumlah Tiang

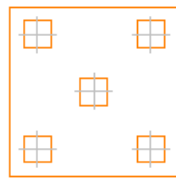
P = Selisih nilai beban kolom dengan kapasitas dukung

Group (ton)

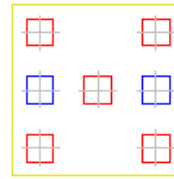
P<sub>tiang</sub> = besar kemampuan tunggal tiang (ton)

$$\begin{aligned} n &= \frac{P}{P_{\text{tiang}}} \\ &= \frac{65,95 \text{ ton}}{94,96 \text{ ton}} = 0,695 \sim 1 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh jumlah penambahan tiang, selanjutnya dapat direncanakan formasi penambahan tiangnya. Setelah itu dihitung nilai Efisiensi Group, selanjutnya Kapasitas dukung grup tiang tersebut.



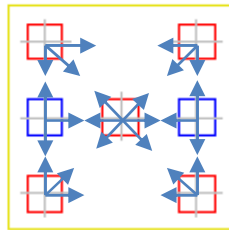
(a)



(b)

**Gambar 4.9** (a) Formasi Tiang Terpancang, (b) Formasi Tiang sesudah ditambahkan

Analisa Faktor Efisiensi Group :



$$Eg = \frac{\left(6 \times \frac{13}{16}\right) + \left(\frac{10}{16}\right)}{7}$$

$$= 0,786$$

Maka Nilai Kapasitas dukung Group 1 menjadi:

$$Qg = Eg \times n \times Qallow$$

$$= 0,786 \times 7 \times 94,96 \text{ ton}$$

$$= 522,3 \text{ ton}$$

Nilai beban kolom (Axial Forces) titik No.2 = 445,75 ton

Sehingga :

$$\text{Kapasitas dukung Group (Qg) = 522,3 ton} \geq \text{Beban kolom} =$$

$$445,75 \text{ ton} \rightarrow \text{(OK)}$$

### Analisa Tiang No. 2

Kapasitas dukung Group = 379,8 ton

Beban Kolom = 607,13 ton

Selisih nilai beban kolom dengan kapasitas dukung Group = 227,3 ton

Selanjutnya dapat dianalisa jumlah penambahan tiang dengan

Persamaan :

$$n = \frac{P}{P_{\text{tiang}}}$$

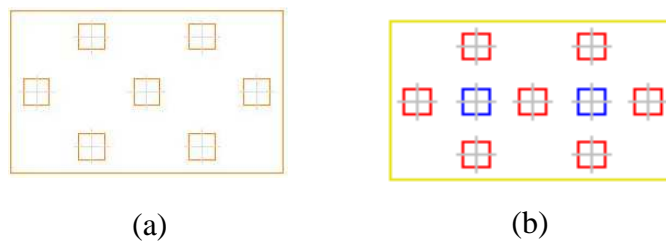
Dimana : n = Jumlah Tiang

P = Selisih nilai beban kolom dengan kapasitas dukung  
Group (ton)

P<sub>tiang</sub> = besar kemampuan tunggal tiang (ton)

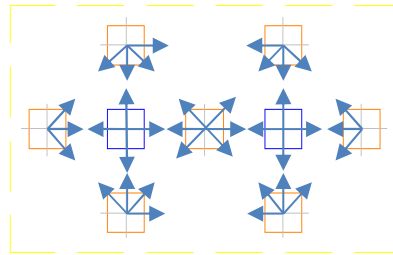
$$n = \frac{P}{P_{\text{tiang}}} \\ = \frac{227,3 \text{ ton}}{94,96 \text{ ton}} = 2,393 \sim 3$$

Setelah diperoleh jumlah penambahan tiang, selanjutnya dapat direncanakan formasi penambahan tiangnya. Setelah itu dihitung nilai Efisiensi Group, selanjutnya Kapasitas dukung grup tiang tersebut.



**Gambar 4.13** (a) Formasi Tiang Terpancang, (b) Formasi Tiang sesudah ditambahkan

Analisa Faktor Efisiensi Group :



$$Eg = \frac{(2 \times \frac{13}{16}) + (6 \times \frac{12}{16}) + (\frac{10}{16})}{9}$$
$$= 0,75$$

Maka Nilai Kapasitas dukung Group 2 menjadi:

$$Qg = Eg \times n \times Qallow$$
$$= 0,75 \times 9 \times 94,96 \text{ ton}$$
$$= 641,0 \text{ ton}$$

Nilai beban kolom (Axial Forces) titik No.40 = 607,13 ton

Sehingga :

$$\text{Kapasitas dukung Group (Qg)} = 607,13 \text{ ton} \geq \text{Beban kolom} =$$
$$607,13 \text{ ton} \rightarrow \text{(OK)}$$

#### Analisa Tiang No. 40

Kapasitas dukung Group = 498,6 ton

Beban Kolom = 771,12 ton

Selisih nilai beban kolom dengan kapasitas dukung Group=272,52 ton

Selanjutnya dapat dianalisa jumlah penambahan tiang dengan

Persamaan :



$$n = \frac{P}{P_{\text{tiang}}}$$

Dimana : n = Jumlah Tiang

P = Selisih nilai beban kolom dengan kapasitas dukung

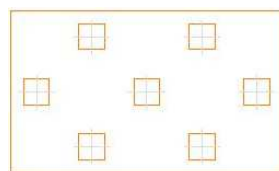
Group (ton)

Ptiang = besar kemampuan tunggal tiang (ton)

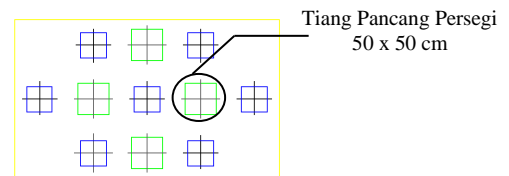
$$n = \frac{P}{P_{\text{tiang}}}$$

$$= \frac{272,52 \text{ ton}}{94,96 \text{ ton}} = 2,87 \sim 3$$

Setelah diperoleh jumlah penambahan tiang, selanjutnya dapat direncanakan formasi penambahan tiangnya. Setelah itu dihitung nilai Efisiensi Group, selanjutnya Kapasitas dukung grup tiang tersebut.



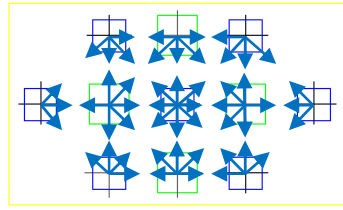
(a)



(b)

**Gambar 4.13** (a) Formasi Tiang Terpancang, (b) Formasi Tiang sesudah ditambahkan

Analisa Faktor Efisiensi Group :



$$Eg = \frac{(2 \times \frac{13}{16}) + (4 \times \frac{12}{16}) + (2 \times \frac{11}{16}) + (2 \times \frac{10}{16}) + (\frac{8}{16})}{11}$$

$$= 0,705$$

Maka Nilai Kapasitas dukung Group 40 menjadi:

$$Qg = Eg \times n \times Qallow$$

$$= 0,705 \times ((7 \times 94,96 \text{ ton}) + (4 \times 133,102 \text{ ton}))$$

$$= 843,4 \text{ ton}$$

Nilai beban kolom (Axial Forces) titik No.40 = 771,12 ton






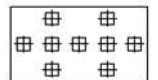


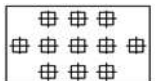


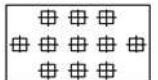




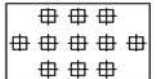
Sehingga :



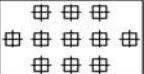









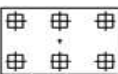
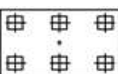
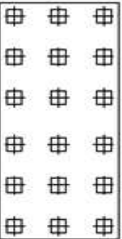
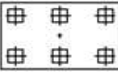
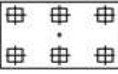

$$\text{Kapasitas dukung Group (Qg)} = 843,4 \text{ ton} \geq \text{Beban kolom} =$$

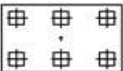
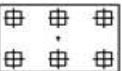
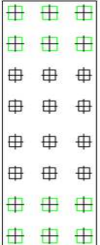
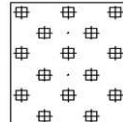
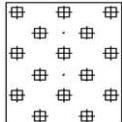
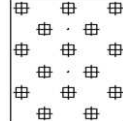
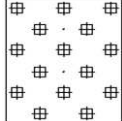
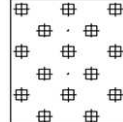
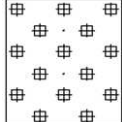
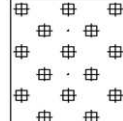
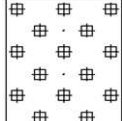
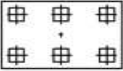
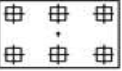

$$771,12 \text{ ton} \rightarrow \text{(OK)}$$



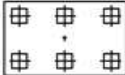
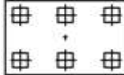
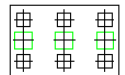
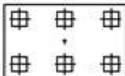
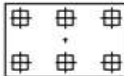
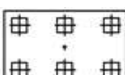
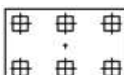
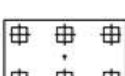
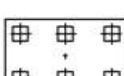
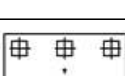
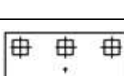

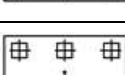
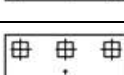
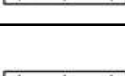
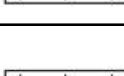
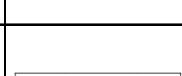



Selanjutnya untuk Group – group Tiang dilakukan analisa seperti diatas, hasil analisa pada Grup – grup tiang di resumekan pada tabel dibawah ini :

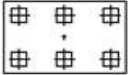
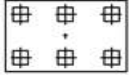
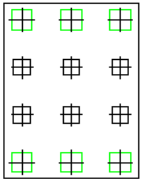
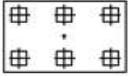
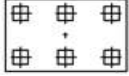



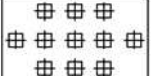








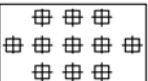
**Tabel 4.15 Summary Hasil Analisa Perbaikan Tiang**



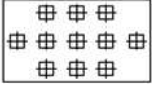
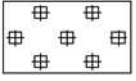
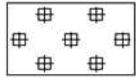
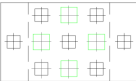
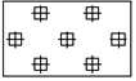
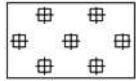

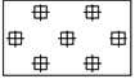
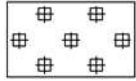
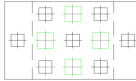
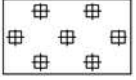
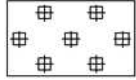




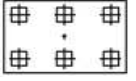
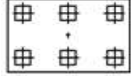
	Gaya Axial (ton)	Analisa Kondisi Existing (L= 26 m)						Analisa Kondisi diperdalam (L= 36 m)						Analisa Kondisi diperdalam dan ditambah tiang pancang (L= 36 m)					
		Formasi Taig	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taig	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taig	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket
1	445,7514		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	FAIL		94,96	7	0,786	522,3	OK
2	607,1344		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	FAIL		94,96	9	0,750	641,0	OK
3	689,3836		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	FAIL		94,96	11	0,705	736,0	OK
4	688,3116		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	FAIL		94,96	11	0,705	736,0	OK
5	307,2664		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	OK						
6	681,3368		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	FAIL		94,96	11	0,705	736,0	OK

	Axial Forces (ton)	Analisa Kondisi Existing (L= 26 m)						Analisa Kondisi diperdalam (L= 36 m)						Analisa Kondisi diperdalam dan ditambah tiang pancang (L= 36 m)					
		Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket
7	666,266		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	FAIL		94,96	11	0,705	736,0	OK
8	543,5328		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	FAIL		133,10	2	0,79	582,2	OK
9	518,9477		28,40	4	0,80	90,32	FAIL		94,96	4	0,80	302,00	FAIL		94,96	7	0,79	522,3	OK
10	469,1027		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	FAIL		94,96	7	0,79	522,3	OK
11	472,5052		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		94,96	6	0,76	433,5	FAIL	<b>11 &amp; 21 (935,358 ton)</b> 	94,96	18	0,684	1169,3	OK
12	674,7092		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		94,96	6	0,76	433,5	FAIL	<b>12 &amp; 22 (1391,992 ton)</b> 	133,10	8	0,682	1504,1	OK

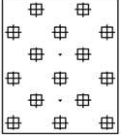
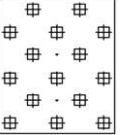
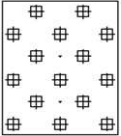
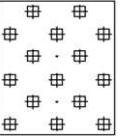
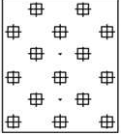
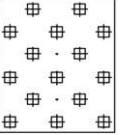
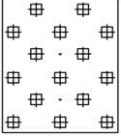
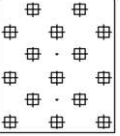
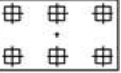
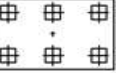
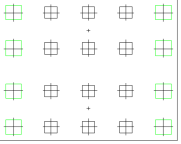



	Axial Forces (ton)	Analisa Kondisi Existing (L= 26 m)						Analisa Kondisi diperdalam (L= 36 m)					Analisa Kondisi diperdalam dan ditambah tiang pancang (L= 36 m)							
		Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	
13	760,6448		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		94,96	6	0,76	433,5	FAIL	<b>13 &amp; 23 (1530,011 ton)</b> 	133,10	12	0,684	1872,1	OK	
14 & 24	767,6364		28,40	15	0,68	287,55	FAIL		94,96	15	0,68	961,5	OK							
15 & 25	851,2592		28,40	15	0,68	287,55	FAIL		94,96	15	0,68	961,5	OK							
16 & 26	820,6372		28,40	15	0,68	287,55	FAIL		94,96	15	0,68	961,5	OK							
17 & 27	799,2452		28,40	15	0,68	287,55	FAIL		94,96	15	0,68	961,5	OK							
18	598,4888		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		94,96	6	0,76	433,5	FAIL	<b>18 &amp; 19 (1152,516 ton)</b> 	94,96	14	0,722	1371,0	OK	

	Axial Forces (ton)	Analisa Kondisi Existing (L= 26 m)						Analisa Kondisi diperdalam (L= 36 m)						Analisa Kondisi diperdalam dan ditambah tiang pancang (L= 36 m)					
		Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket
19	554,0268		28,40	4	0,80	90,32	FAIL		94,96	4	0,80	302,0	FAIL	Digabung dengan titik 19					
20	474,3132		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		94,96	6	0,76	433,5	FAIL		133,102	3	0,501	485,2	OK
21	462,8532		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		94,96	6	0,76	433,5	FAIL	Digabung dengan titik 11					
22	717,2132		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		94,96	6	0,76	433,5	FAIL	Digabung dengan titik 12					
23	769,3664		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		94,96	6	0,76	433,5	FAIL	Digabung dengan titik 13					
28 & 29	439,5832		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		94,96	6	0,76	433,5	FAIL		133,10	3	0,501	485,2	OK
145 & 30	351,7372		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		94,96	6	0,76	433,5	OK						
31	627,6948		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		88,28	6	0,76	403,1	FAIL		88,28	10	0,734	647,63	OK
32	745,8476		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		88,28	6	0,76	403,1	FAIL		88,28	12	0,710	751,8	OK

	Axial Forces (ton)	Analisa Kondisi Existing (L= 26 m)						Analisa Kondisi diperdalam (L= 36 m)						Analisa Kondisi diperdalam dan ditambah tiang pancang (L= 36 m)					
		Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket
33	806,8212		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		88,28	6	0,76	403,1	FAIL		131,16	6	0,710	934,4	OK
34	638,5308		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		88,28	6	0,76	403,1	FAIL		88,28	10	0,734	647,6	OK
35	605,1364		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		88,28	5	0,73	320,0	FAIL		88,28	11	0,705	684,2	OK
36	508,8221		28,40	4	0,80	90,32	FAIL		88,28	4	0,80	280,8	FAIL		131,16	3	0,79	586,6	OK
37	443,0854		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	FAIL		94,96	7	0,79	522,3	OK
38	657,4433		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	FAIL		94,96	11	0,705	736,0	OK

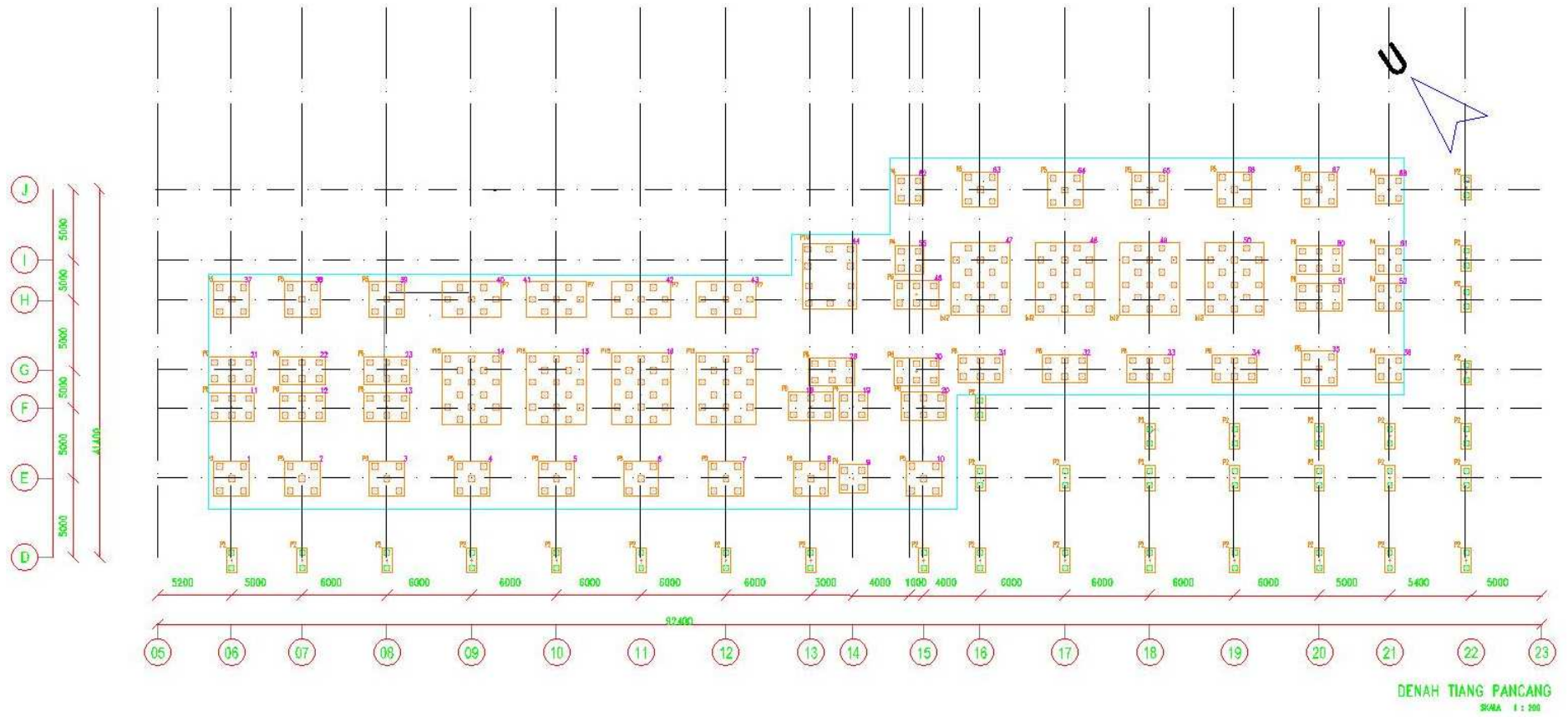
	Axial Forces (ton)	Analisa Kondisi Existing (L= 26 m)						Analisa Kondisi diperdalam (L= 36 m)						Analisa Kondisi diperdalam dan ditambah tiang pancang (L= 36 m)					
		Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket
39	679,5328		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		94,96	5	0,80	379,8	FAIL		94,96	11	0,705	736,0	OK
40	771,122		28,40	7	0,75	149,10	FAIL		94,96	7	0,75	498,6	FAIL		133,10	4	0,705	843,4	OK
41	656,8192		28,40	7	0,75	149,10	FAIL		94,96	7	0,75	498,6	FAIL		133,10	4	0,705	843,4	OK
42	659,5628		28,40	7	0,75	149,10	FAIL		94,96	7	0,75	498,6	FAIL		133,10	4	0,705	843,4	OK
43	709,3056		28,40	7	0,75	149,10	FAIL		94,96	7	0,75	498,6	FAIL		133,10	4	0,705	843,4	OK
55	500,1436		28,40	4	0,80	90,32	FAIL		94,96	4	0,80	302,0	FAIL		94,96	7	0,79	522,3	OK
46 & 146	356,7424		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		94,96	6	0,76	433,5	OK						



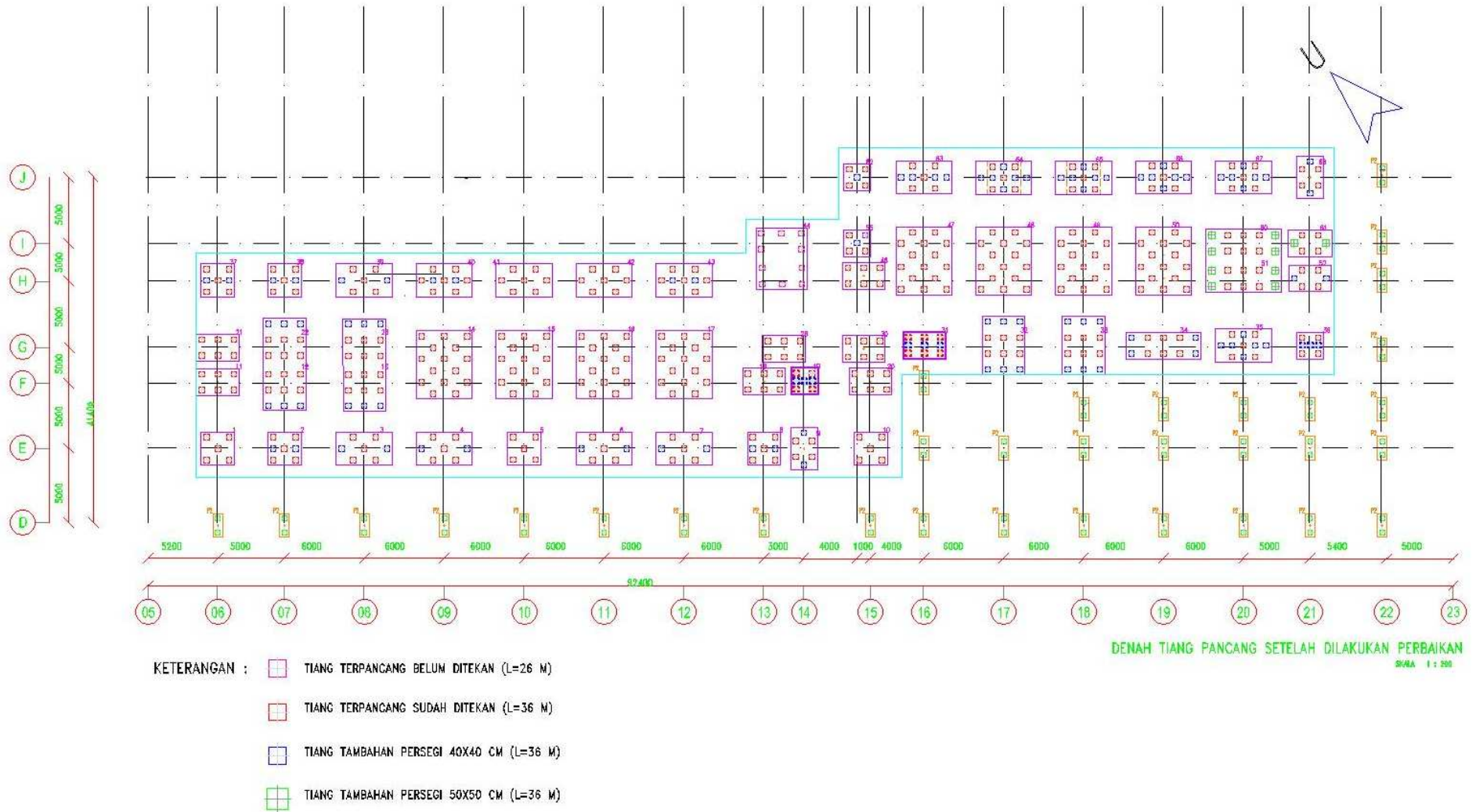
	Axial Forces (ton)	Analisa Kondisi Existing (L= 26 m)						Analisa Kondisi diperdalam (L= 36 m)						Analisa Kondisi diperdalam dan ditambah tiang pancang (L= 36 m)					
		Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket
47 & 56	776,0104		28,40	15	0,68	287,55	FAIL		88,28	15	0,68	893,9	OK						
48 & 57	831,778		28,40	15	0,68	287,55	FAIL		88,28	15	0,68	893,9	OK						
49 & 58	854,5336		28,40	15	0,68	287,55	FAIL		88,28	15	0,68	893,9	OK						
50 & 59	809,5952		28,40	15	0,68	287,55	FAIL		88,28	15	0,68	893,9	OK						
51	667,3572		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		88,28	6	0,76	403,1	FAIL	51 & 60 (1416,981 ton) 	131,16	8	0,682	1438,8	OK
52	486,252		28,40	4	0,80	90,32	FAIL		88,28	4	0,80	280,8	FAIL		131,16	3	0,79	586,6	OK

	Axial Forces (ton)	Analisa Kondisi Existing (L= 26 m)						Analisa Kondisi diperdalam (L= 36 m)						Analisa Kondisi diperdalam dan ditambah tiang pancang (L= 36 m)					
		Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket	Formasi Taing	Qall (ton)	N	Eg	Qg (ton)	Ket
60	749,624		28,40	6	0,76	129,66	FAIL		88,28	6	0,76	403,1	FAIL	Digabung dengan titik 51					
61	540,5388		28,40	4	0,80	90,32	FAIL		88,28	4	0,80	280,8	FAIL		131,16	3	0,79	586,6	OK
62	517,3792		28,40	4	0,80	90,32	FAIL		94,96	4	0,80	302,0	FAIL		94,96	7	0,79	522,3	OK
63	582,207		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		88,28	5	0,80	353,1	FAIL		88,28	9	0,750	595,9	OK
64	610,465		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		88,28	5	0,80	353,1	FAIL		88,28	11	0,705	684,2	OK
65	633,1594		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		88,28	5	0,80	353,1	FAIL		88,28	11	0,705	684,2	OK
66	668,1185		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		88,28	5	0,80	353,1	FAIL		88,28	11	0,705	684,2	OK
67	614,3033		28,40	5	0,80	113,60	FAIL		88,28	5	0,80	353,1	FAIL		88,28	11	0,705	684,2	OK
68	467,7909		28,40	4	0,80	90,32	FAIL		88,28	4	0,80	280,8	FAIL		88,28	7	0,79	485,6	OK

**Gambar 4.12** Layout Tiang Terpancang  
(gambar yang lebih jelas terlampir)



**Gambar 4.13** Layout Tiang setelah dilakukan Penambahan  
(gambar yang lebih jelas terlampir)

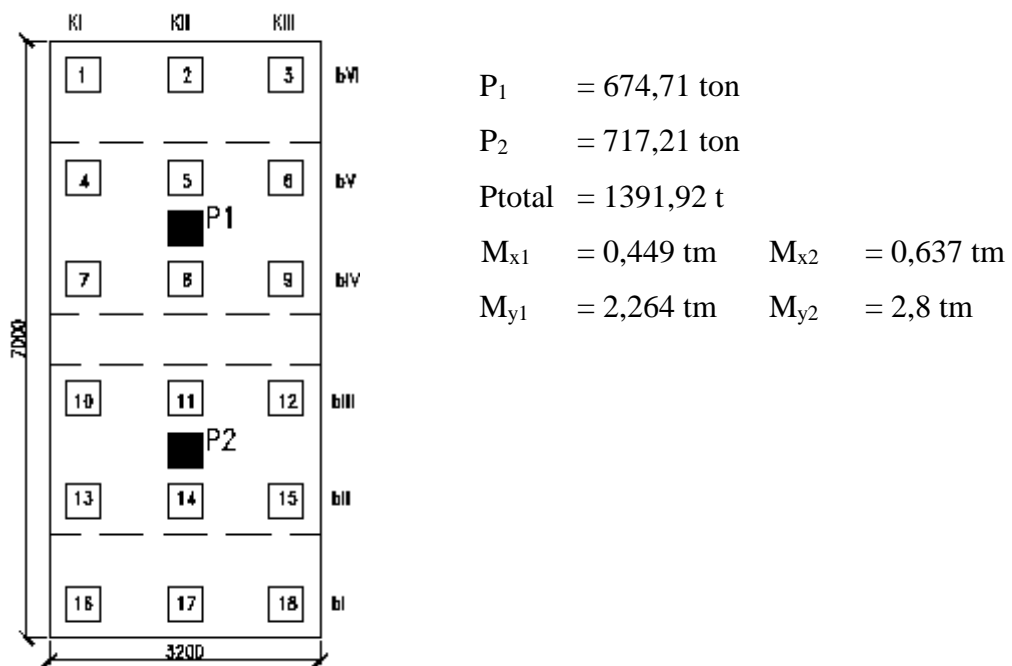


## 4.8 Analisa Penggabungan dua Kelompok Tiang

### 4.8.1 Analisa Distribusi Gaya pada Tiap Tiang dalam Group

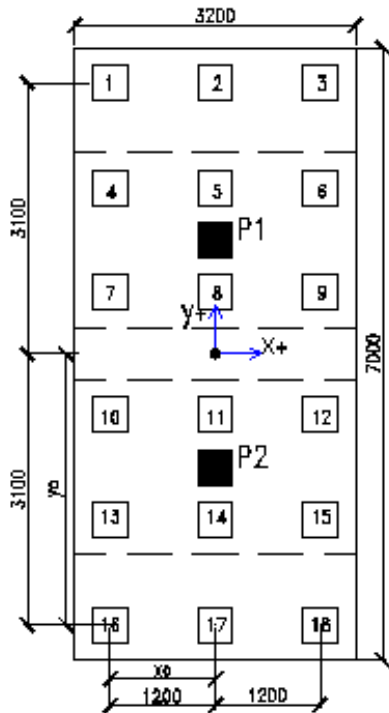
Setelah dianalisa perbaikan tiang – tiang dalam group selanjutnya perlu dilakukan analisa distribusi gaya pada group tiang. Tujuan dari analisa ini adalah untuk memastikan apakah kemampuan satu tiang dalam group lebih kecil atau sama dengan daya dukung ijin. Berikut adalah analisisnya :

#### Analisa Group tiang titik 12 & 22



**Gambar 4.14** letak tiang – tiang eksisting dan penambahan tiang berdimensi 40 x 40 cm

### 1. Menghitung letak titik berat tiang (O)



Letak titik berat terhadap baris kl :

$$x_o = \frac{(6 \times 1,2m) + (6 \times 2,4m)}{18}$$

$$= 1,2 \text{ m}$$

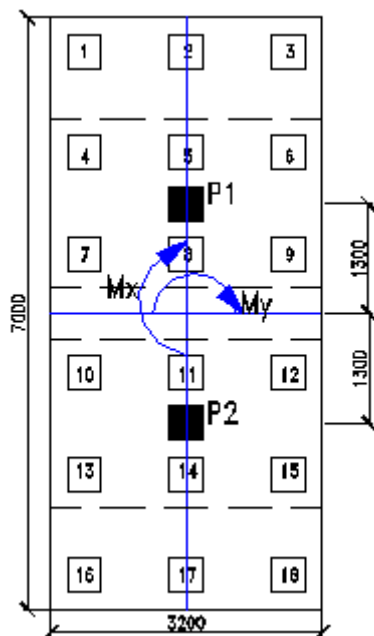
Letak titik berat terhadap baris kl :

$$y_o = \frac{(3 \times 1,2m) + (3 \times 2,4m) + (3 \times 3,8m) + (3 \times 5m) + (3 \times 6,2m)}{18}$$

$$= 3,1 \text{ m}$$

Gambar 4.15 Letak titik berat tiang

### 2. Analisa Resultante gaya – gaya pada tiang :



$$\begin{aligned} \Sigma M_x &= - \{ (P_1 \cdot e_1) + M_{x1} \} + \{ (P_2 \cdot e_2) + M_{x2} \} \\ &= - \{ (674,71 \text{ t} \cdot 1,3 \text{ m}) + (0,449 \text{ tm}) \} + \\ &\quad \{ (717,21 \text{ t} \cdot 1,3 \text{ m}) + (0,637 \text{ tm}) \} \\ &= \{ -877,123 \text{ tm} - 0,449 \text{ tm} \} + \\ &\quad \{ 932,374 \text{ tm} + (0,637 \text{ tm}) \} \\ &= \{ -877,572 \text{ tm} \} + \{ 933,011 \text{ tm} \} \\ &= 55,439 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_y &= \{ M_{y1} \} + \{ M_{y2} \} \\ &= \{ 2,264 \text{ tm} \} + \{ 2,8 \text{ tm} \} \\ &= 5,064 \text{ tm} \end{aligned}$$

Gambar 4.16 analisa resultnte gaya pada tiang

### 3. Distribusi gaya pada tiap tiang dalam group

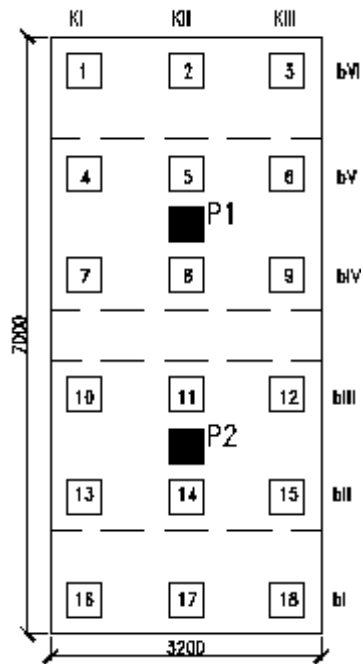
Perhitungan distribusi gaya pada group tiang:

$$P = \frac{P_{axial}}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\Sigma x^2}$$

Tabel 4.14 distribusi gaya pada tiang dalam group

No.Tiang	P/n (ton)	Posisi		My.x / x <sup>2</sup> (ton)	Mx.y / y <sup>2</sup> (ton)	Pi (ton)	Qall (ton)	KET
		Xi (m)	Yi (m)					
1	77,329	-1,6	3,1	-0,264	2,09	79,15	131,887	OK
2	77,329	0	3,1	0	2,09	79,42	131,887	OK
3	77,329	1,6	3,1	0,264	2,09	79,68	131,887	OK
4	77,329	-1,6	1,9	-0,264	1,28	78,35	131,887	OK
5	77,329	0	1,9	0	1,28	78,61	131,887	OK
6	77,329	1,6	1,9	0,264	1,28	78,87	131,887	OK
7	77,329	-1,6	0,7	-0,264	0,47	77,54	131,887	OK
8	77,329	0	0,7	0	0,47	77,80	131,887	OK
9	77,329	1,6	0,7	0,264	0,47	78,06	131,887	OK
10	77,329	-1,6	-0,7	-0,264	-0,47	76,59	131,887	OK
11	77,329	0	-0,7	0	-0,47	76,86	131,887	OK
12	77,329	1,6	-0,7	0,264	-0,47	77,12	131,887	OK
13	77,329	-1,6	-1,9	-0,264	-1,28	75,78	131,887	OK
14	77,329	0	-1,9	0	-1,28	76,05	131,887	OK
15	77,329	1,6	-1,9	0,264	-1,28	76,31	131,887	OK
16	77,329	-1,6	-3,1	-0,264	-2,09	74,98	131,887	OK
17	77,329	0	-3,1	0	-2,09	75,24	131,887	OK
18	77,329	1,6	-3,1	0,264	-2,09	75,50	131,887	OK

## Analisa Group tiang titik 13 & 23



$$P_1 = 760,64 \text{ ton}$$

$$P_2 = 769,37 \text{ ton}$$

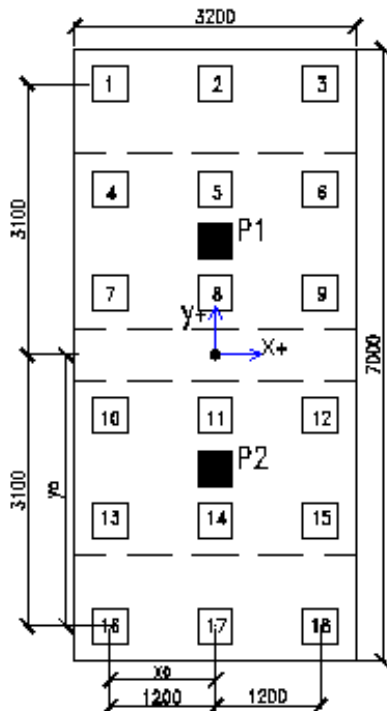
$$P_{\text{total}} = 1530,01 \text{ t}$$

$$M_{x1} = 0,496 \text{ tm} \quad M_{x2} = 0,241 \text{ tm}$$

$$M_{y1} = 0,532 \text{ tm} \quad M_{y2} = 0,374 \text{ tm}$$

Gambar 4.17 letak tiang – tiang eksisting dan penambahan tiang berdimensi 40 x 40 cm

### 1. Menghitung letak titik berat tiang (O)



Letak titik berat terhadap baris kI :

$$x_0 = \frac{(6 \times 1,2m) + (6 \times 2,4m)}{18}$$

$$= 1,2 \text{ m}$$

Letak titik berat terhadap baris kI :

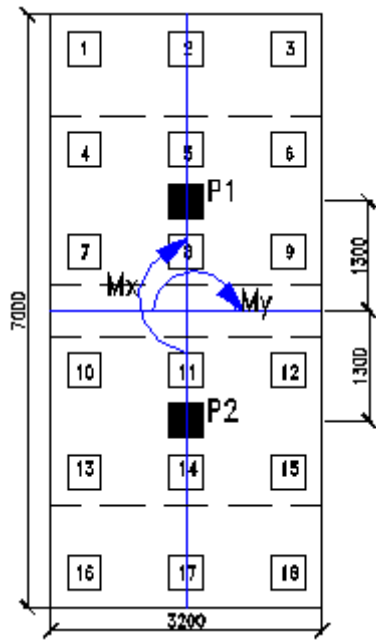
$$y_0 = \frac{(3 \times 1,2m) + (3 \times 2,4m) + (3 \times 3,8m) + (3 \times 5m) + (3 \times 6,2m)}{18}$$

$$= 3,1 \text{ m}$$

Gambar 4.18 Letak titik berat tiang



## 2. Analisa Resultante gaya – gaya pada tiang :



$$\begin{aligned}\Sigma M_x &= -\{(P_1 \cdot e_1) + M_{x1}\} + \{(P_2 \cdot e_2) + M_{x2}\} \\ &= -\{(760,64 \text{ t} \cdot 1,3 \text{ m}) + (0,492 \text{ tm})\} + \\ &\quad \{(769,37 \text{ t} \cdot 1,3 \text{ m}) + (0,241 \text{ tm})\} \\ &= \{-988,832 \text{ tm} - 0,492 \text{ tm}\} + \\ &\quad \{1000,181 \text{ tm} + (0,241 \text{ tm})\} \\ &= \{-989,324 \text{ tm}\} + \{1000,422 \text{ tm}\} \\ &= 11,098 \text{ tm} \\ \Sigma M_y &= \{M_{y1}\} + \{M_{y2}\} \\ &= \{0,532 \text{ tm}\} + \{0,374 \text{ tm}\} \\ &= 0,906 \text{ tm}\end{aligned}$$

Gambar 4.19 analisa resultante gaya pada tiang

## 3. Distribusi gaya pada tiap tiang dalam group

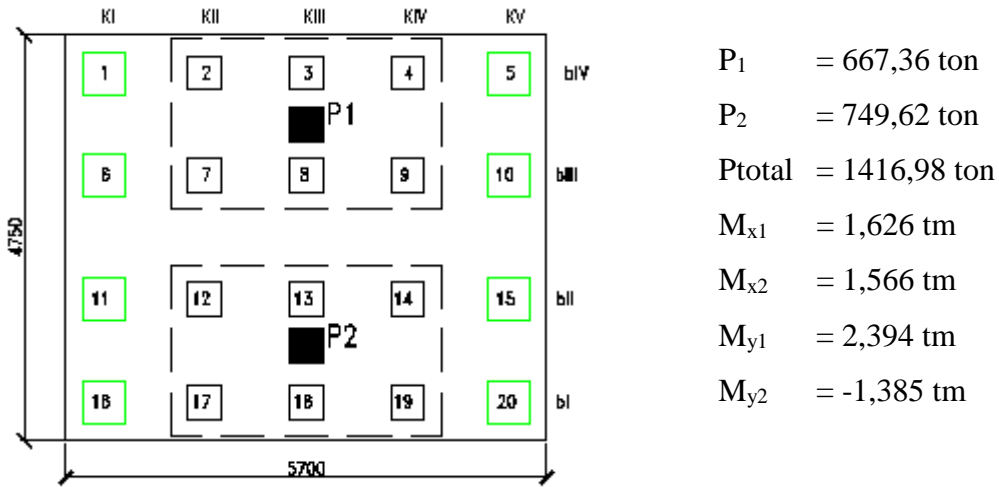
Perhitungan distribusi gaya pada group tiang:

$$P = \frac{P_{axial}}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\Sigma x^2}$$

Tabel 4.15 distribusi gaya pada tiang dalam group

No.Tiang	P/n (ton)	Posisi		My.x / x <sup>2</sup> (ton)	Mx.y / y <sup>2</sup> (ton)	Pi (ton)	Qall (ton)	KET
		Xi (m)	Yi (m)					
1	85,001	-1,6	3,1	-0,047	0,42	85,37	131,887	OK
2	85,001	0	3,1	0	0,42	85,42	131,887	OK
3	85,001	1,6	3,1	0,047	0,42	85,47	131,887	OK
4	85,001	-1,6	1,9	-0,047	0,26	85,21	131,887	OK
5	85,001	0	1,9	0	0,26	85,26	131,887	OK
6	85,001	1,6	1,9	0,047	0,26	85,30	131,887	OK
7	85,001	-1,6	0,7	-0,047	0,09	85,05	131,887	OK
8	85,001	0	0,7	0	0,09	85,09	131,887	OK
9	85,001	1,6	0,7	0,047	0,09	85,14	131,887	OK
10	85,001	-1,6	-0,7	-0,047	-0,09	84,86	131,887	OK
11	85,001	0	-0,7	0	-0,09	84,91	131,887	OK
12	85,001	1,6	-0,7	0,047	-0,09	84,95	131,887	OK
13	85,001	-1,6	-1,9	-0,047	-0,26	84,70	131,887	OK
14	85,001	0	-1,9	0	-0,26	84,74	131,887	OK
15	85,001	1,6	-1,9	0,047	-0,26	84,79	131,887	OK
16	85,001	-1,6	-3,1	-0,047	-0,42	84,54	131,887	OK
17	85,001	0	-3,1	0	-0,42	84,58	131,887	OK
18	85,001	1,6	-3,1	0,047	-0,42	84,63	131,887	OK

## Analisa Group tiang titik 51 & 60



**Gambar 4.20** letak tiang – tiang eksisting dan penambahan tiang berdimensi 50 x 50 cm

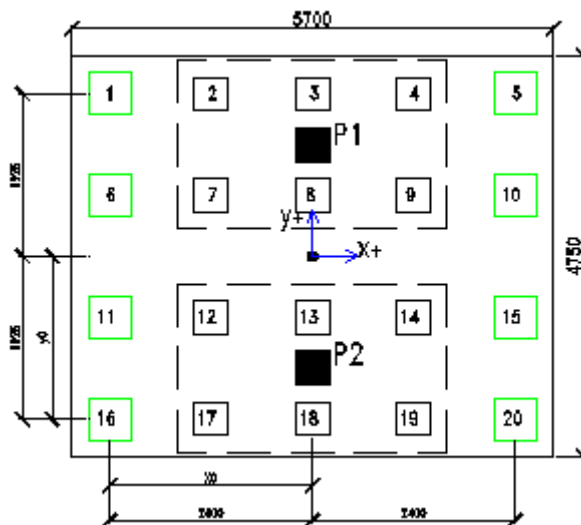
### 1. Menghitung letak titik berat tiang (O)

Letak titik berat terhadap baris k1 :

$$x_o = \frac{(4 \times 1,2m) + (4 \times 2,4m) + (4 \times 3,6m) + (4 \times 4,8m)}{20} = 2,4 \text{ m}$$

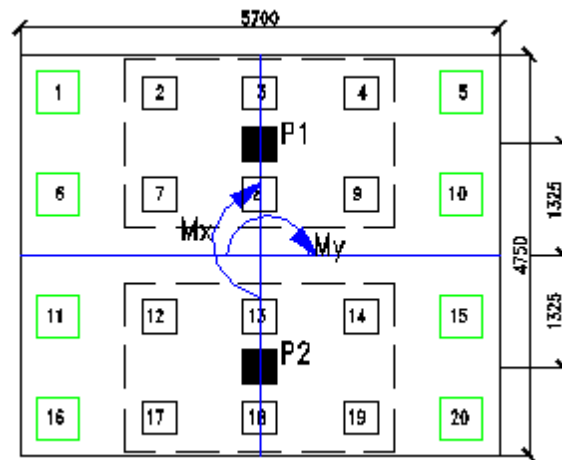
Letak titik berat terhadap baris k1 :

$$y_o = \frac{(5 \times 1,2m) + (5 \times 2,65m) + (5 \times 3,85m)}{20} = 1,925$$



**Gambar 4.21** Letak titik berat tiang

2. Analisa Resultante gaya – gaya pada tiang :



Gambar 4.22 analisa resultante gaya pada tiang

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_x &= - \{ (P_1 \cdot e_1) + M_{x1} \} + \{ (P_2 \cdot e_2) + M_{x2} \} \\
 &= - \{ (667,36 \text{ t} \cdot 1,325 \text{ m}) + (1,626 \text{ tm}) \} + \\
 &\quad \{ (749,62 \text{ t} \cdot 1,325 \text{ m}) + (1,566 \text{ tm}) \} \\
 &= \{ -884,252 \text{ tm} - 1,626 \text{ tm} \} + \\
 &\quad \{ 993,247 \text{ tm} + (1,566 \text{ tm}) \} \\
 &= \{ -885,878 \text{ tm} \} + \{ 994,813 \text{ tm} \} \\
 &= 108,935 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_y &= \{ M_{y1} \} + \{ M_{y2} \} \\
 &= \{ 2,396 \text{ tm} \} + \{ -1,385 \text{ tm} \} \\
 &= 1,011 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

### 3. Distribusi gaya pada tiap tiang dalam group

Perhitungan distribusi gaya pada group tiang:

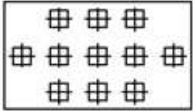


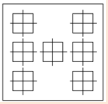
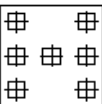
$$P = \frac{P_{axial}}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\Sigma x^2}$$

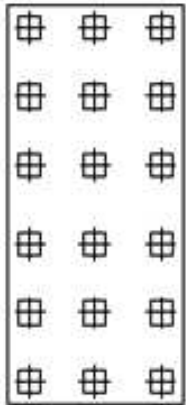
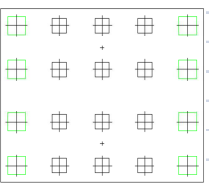
Tabel 4.17 distribusi gaya pada tiang dalam group

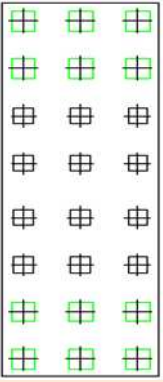
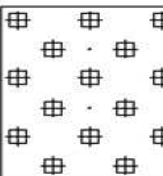
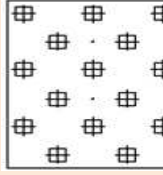
No.Tiang	P/n (ton)	Posisi		My.x / x <sup>2</sup> (ton)	Mx.y / y <sup>2</sup> (ton)	Pi (ton)	Qall (ton)	KET
		Xi (m)	Yi (m)					
1	70,849	-2,4	1,925	-0,042	4,96	75,76	134,744	OK
2	70,849	-1,2	1,925	-0,021	4,96	75,78	100,569	OK
3	70,849	0	1,925	0,000	4,96	75,81	100,569	OK
4	70,849	1,2	1,925	0,021	4,96	75,83	100,569	OK
5	70,849	2,4	1,925	0,042	4,96	75,85	134,744	OK
6	70,849	-2,4	0,725	-0,042	1,87	72,67	134,744	OK
7	70,849	-1,2	0,725	-0,021	1,87	72,69	100,569	OK
8	70,849	0	0,725	0,000	1,87	72,72	100,569	OK
9	70,849	1,2	0,725	0,021	1,87	72,74	100,569	OK
10	70,849	2,4	0,725	0,042	1,87	72,76	134,744	OK
11	70,849	-2,4	-0,725	-0,042	-1,87	68,94	134,744	OK
12	70,849	-1,2	-0,725	-0,021	-1,87	68,96	100,569	OK
13	70,849	0	-0,725	0,000	-1,87	68,98	100,569	OK
14	70,849	1,2	-0,725	0,021	-1,87	69,00	100,569	OK
15	70,849	2,4	-0,725	0,042	-1,87	69,02	134,744	OK
16	70,849	-2,4	-1,925	-0,042	-4,96	65,85	134,744	OK
17	70,849	-1,2	-1,925	-0,021	-4,96	65,87	100,569	OK
18	70,849	0	-1,925	0,000	-4,96	65,89	100,569	OK
19	70,849	1,2	-1,925	0,021	-4,96	65,91	100,569	OK
20	70,849	2,4	-1,925	0,042	-4,96	65,93	134,744	OK

Tabel 4.19 Summary analisa pembagian tekanan pada group tiang

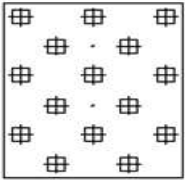
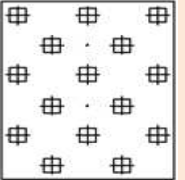

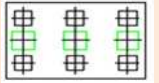
	Formasi Tiang	Pile	Pile		MX (t/m)	MY (t/m)	x (m)	y (m)	$\Sigma x^2$ (m)	$\Sigma y^2$ (m)	P Grup (ton)	P/n (ton)	My.x / x2 (ton)	Mx.y / y2 (ton)	P tunggal (ton)	Qallow (ton)	Ket	
			N	s (m)														P (m)
1		1	7	1,70	0,40	4,81	-1,15	-0,85	0,85	4,34	2,89	445,8	63,7	0,2	1,4	65,3	95,0	OK
		2	7	1,70	0,40	4,81	-1,15	0,85	0,85	4,34	2,89	445,8	63,7	-0,2	1,4	64,9	95,0	OK
		3	7	1,70	0,40	4,81	-1,15	-0,85	0	4,34	2,89	445,8	63,7	0,2	0	63,9	95,0	OK
		4	7	1,70	0,40	4,81	-1,15	0	0	4,34	2,89	445,8	63,7	0	0	63,7	95,0	OK
		5	7	1,70	0,40	4,81	-1,15	0,85	0	4,34	2,89	445,8	63,7	-0,2	0	63,5	95,0	OK
		6	7	1,70	0,40	4,81	-1,15	-0,85	-0,85	4,34	2,89	445,8	63,7	0,2	-1,4	65,3	95,0	OK
		7	7	1,70	0,40	4,81	-1,15	0,85	-0,85	4,34	2,89	445,8	63,7	-0,2	-1,4	64,9	95,0	OK
2		1	9	1,70	0,40	1,39	1,79	-0,85	0,85	10,12	2,89	607,1	67,5	-0,15	0,41	67,7	95,0	OK
		2	9	1,70	0,40	1,39	1,79	0,85	0,85	10,12	2,89	607,1	67,5	0,15	0,41	68,0	95,0	OK
		3	9	1,70	0,40	1,39	1,79	-1,70	0	10,12	2,89	607,1	67,5	-0,30	0	67,2	95,0	OK
		4	9	1,70	0,40	1,39	1,79	-0,85	0	10,12	2,89	607,1	67,5	-0,15	0	67,3	95,0	OK
		5	9	1,70	0,40	1,39	1,79	0	0	10,12	2,89	607,1	67,5	0	0	67,5	95,0	OK
		6	9	1,70	0,40	1,39	1,79	0,85	0	10,12	2,89	607,1	67,5	0,15	0	67,6	95,0	OK
		7	9	1,70	0,40	1,39	1,79	1,70	0	10,12	2,89	607,1	67,5	0,30	0	67,8	95,0	OK
		8	9	2,70	0,40	1,39	1,79	-0,85	-0,85	10,12	2,89	607,1	67,5	-0,15	-0,41	66,9	95,0	OK
		9	9	3,70	0,40	1,39	1,79	0,85	-0,85	10,12	2,89	607,1	67,5	0,15	-0,41	67,2	95,0	OK
3		1	11	1,70	0,40	1,46	0,82	-0,85	0,85	10,12	4,34	689,4	62,7	-0,07	0,286	62,9	95,0	OK
		2	11	1,70	0,40	1,46	0,82	0	0,85	10,12	4,34	689,4	62,7	0	0,286	63,0	95,0	OK
		3	11	1,70	0,50	1,46	0,82	0,85	0,85	10,12	4,34	689,4	62,7	0,07	0,286	63,0	95,0	OK
		4	11	1,70	0,40	1,46	0,82	-1,7	0	10,12	4,34	689,4	62,7	-0,14	0	62,5	95,0	OK
		5	11	1,70	0,50	1,46	0,82	-0,85	0	10,12	4,34	689,4	62,7	-0,07	0	62,6	95,0	OK
		6	11	1,70	0,40	1,46	0,82	0	0	10,12	4,34	689,4	62,7	0	0	62,7	95,0	OK
		7	11	1,70	0,40	1,46	0,82	0,85	0	10,12	4,34	689,4	62,7	0,07	0	62,7	95,0	OK
		8	11	1,70	0,40	1,46	0,82	1,7	0	10,12	4,34	689,4	62,7	0,14	0	62,8	95,0	OK
		9	11	1,70	0,40	1,46	0,82	-0,85	-0,85	10,12	4,34	689,4	62,7	-0,07	-0,286	62,3	95,0	OK
		10	11	1,70	0,40	1,46	0,82	0	-0,85	10,12	4,34	689,4	62,7	0	-0,286	62,4	95,0	OK
		11	11	1,70	0,40	1,46	0,82	0,85	-0,85	10,12	4,34	689,4	62,7	0,07	-0,286	62,5	95,0	OK
4		1	11	1,70	0,40	1,73	-0,74	-0,85	0,85	10,12	4,34	688,3	62,6	0,06	0,339	63,0	95,0	OK
		2	11	1,70	0,40	1,73	-0,74	0	0,85	10,12	4,34	688,3	62,6	0	0,339	62,9	95,0	OK
		3	11	1,70	0,40	1,73	-0,74	0,85	0,85	10,12	4,34	688,3	62,6	-0,06	0,339	62,9	95,0	OK
		4	11	1,70	0,40	1,73	-0,74	-1,7	0	10,12	4,34	688,3	62,6	0,12	0	62,7	95,0	OK
		5	11	1,70	0,40	1,73	-0,74	-0,85	0	10,12	4,34	688,3	62,6	0,06	0	62,6	95,0	OK
		6	11	1,70	0,40	1,73	-0,74	0	0	10,12	4,34	688,3	62,6	0	0	62,6	95,0	OK
		7	11	1,70	0,40	1,73	-0,74	0,85	0	10,12	4,34	688,3	62,6	-0,06	0	62,5	95,0	OK
		8	11	1,70	0,40	1,73	-0,74	1,7	0	10,12	4,34	688,3	62,6	-0,12	0	62,4	95,0	OK
		9	11	1,70	0,40	1,73	-0,74	-0,85	-0,85	10,12	4,34	688,3	62,6	0,06	-0,339	62,3	95,0	OK
		10	11	1,70	0,40	1,73	-0,74	0	-0,85	10,12	4,34	688,3	62,6	0	-0,339	62,2	95,0	OK
		11	11	1,70	0,40	1,73	-0,74	0,85	-0,85	10,12	4,34	688,3	62,6	-0,06	-0,339	62,2	95,0	OK
5		1	5	1,70	0,40	0,56	-0,01	-0,85	0,85	4,34	2,89	307,3	61,5	0,002	0,165	61,6	95,0	OK
		2	5	1,70	0,40	0,56	-0,01	0,85	0,85	4,34	2,89	307,3	61,5	-0,002	0,165	61,6	95,0	OK
		3	5	1,70	0,40	0,56	-0,01	0	0	4,34	2,89	307,3	61,5	0	0	61,5	95,0	OK
		4	5	1,70	0,40	0,56	-0,01	-0,85	-0,85	4,34	2,89	307,3	61,5	0,002	-0,165	61,3	95,0	OK
		5	5	1,70	0,40	0,56	-0,01	0,85	-0,85	4,34	2,89	307,3	61,5	-0,002	-0,165	61,3	95,0	OK

	Formasi Tiang	Pile N	Pile			MX (t/m)	MY (t/m)	x (m)	y (m)	$\Sigma x^2$ (m)	$\Sigma y^2$ (m)	P Grup (ton)	P/n (ton)	My.x / x2 (ton)	Mx.y / y2 (ton)	P tunggul (ton)	Qallow (ton)	Ket
			s (m)	P (m)														
6		1	11	1,70	0,40	1,25	0,50	-0,85	0,85	10,12	4,34	681,3	61,9	-0,04	0,246	62,1	95,0	OK
		2	11	1,70	0,40	1,25	0,50	0	0,85	10,12	4,34	681,3	61,9	0	0,246	62,2	95,0	OK
		3	11	1,70	0,40	1,25	0,50	0,85	0,85	10,12	4,34	681,3	61,9	0,04	0,246	62,2	95,0	OK
		4	11	1,70	0,40	1,25	0,50	-1,7	0	10,12	4,34	681,3	61,9	-0,08	0	61,9	95,0	OK
		5	11	1,70	0,40	1,25	0,50	-0,85	0	10,12	4,34	681,3	61,9	-0,04	0	61,9	95,0	OK
		6	11	1,70	0,40	1,25	0,50	0	0	10,12	4,34	681,3	61,9	0	0	61,9	95,0	OK
		7	11	1,70	0,40	1,25	0,50	0,85	0	10,12	4,34	681,3	61,9	0,04	0	62,0	95,0	OK
		8	11	1,70	0,40	1,25	0,50	1,7	0	10,12	4,34	681,3	61,9	0,08	0	62,0	95,0	OK
		9	11	1,70	0,40	1,25	0,50	-0,85	-0,85	10,12	4,34	681,3	61,9	-0,04	-0,246	61,7	95,0	OK
		10	11	1,70	0,40	1,25	0,50	0	-0,85	10,12	4,34	681,3	61,9	0	-0,246	61,7	95,0	OK
		11	11	1,70	0,40	1,25	0,50	0,85	-0,85	10,12	4,34	681,3	61,9	0,04	-0,246	61,7	95,0	OK
7		1	11	1,70	0,40	4,27	0,84	-0,85	0,85	10,12	4,34	666,3	60,6	-0,07	0,838	61,3	95,0	OK
		2	11	1,70	0,40	4,27	0,84	0	0,85	10,12	4,34	666,3	60,6	0	0,838	61,4	95,0	OK
		3	11	1,70	0,40	4,27	0,84	0,85	0,85	10,12	4,34	666,3	60,6	0,07	0,838	61,5	95,0	OK
		4	11	1,70	0,40	4,27	0,84	-1,7	0	10,12	4,34	666,3	60,6	-0,14	0	60,4	95,0	OK
		5	11	1,70	0,40	4,27	0,84	-0,85	0	10,12	4,34	666,3	60,6	-0,07	0	60,5	95,0	OK
		6	11	1,70	0,40	4,27	0,84	0	0	10,12	4,34	666,3	60,6	0	0	60,6	95,0	OK
		7	11	1,70	0,40	4,27	0,84	0,85	0	10,12	4,34	666,3	60,6	0,07	0	60,6	95,0	OK
		8	11	1,70	0,40	4,27	0,84	1,7	0	10,12	4,34	666,3	60,6	0,14	0	60,7	95,0	OK
		9	11	1,70	0,40	4,27	0,84	-0,85	-0,85	10,12	4,34	666,3	60,6	-0,07	-0,838	59,7	95,0	OK
		10	11	1,70	0,40	4,27	0,84	0	-0,85	10,12	4,34	666,3	60,6	0	-0,838	59,7	95,0	OK
		11	11	1,70	0,40	4,27	0,84	0,85	-0,85	10,12	4,34	666,3	60,6	0,07	-0,838	59,8	95,0	OK
8		1	7	1,70	0,40	3,45	-2,25	-0,85	0,85	4,34	2,89	543,5	77,6	0,4	1,0	79,1	95,0	OK
		2	7	1,70	0,40	3,45	-2,25	0,85	0,85	4,34	2,89	543,5	77,6	-0,4	1,0	78,2	95,0	OK
		3	7	1,70	0,40	3,45	-2,25	-0,85	0	4,34	2,89	543,5	77,6	0,4	0	78,1	133,1	OK
		4	7	1,70	0,40	3,45	-2,25	0	0	4,34	2,89	543,5	77,6	0	0	77,6	95,0	OK
		5	7	1,70	0,40	3,45	-2,25	0,85	0	4,34	2,89	543,5	77,6	-0,4	0	77,2	133,1	OK
		6	7	1,70	0,40	3,45	-2,25	-0,85	-0,85	4,34	2,89	543,5	77,6	0,4	-1,0	77,1	95,0	OK
		7	7	1,70	0,40	3,45	-2,25	0,85	-0,85	4,34	2,89	543,5	77,6	-0,4	-1,0	76,2	95,0	OK
9		1	14	0,60	0,40	0,16	1,03	-0,6	0,6	2,16	1,44	518,9	37,1	-0,29	0,07	36,8	95,0	OK
		2	14	0,60	0,40	0,16	1,03	0,6	0,6	2,16	1,44	518,9	37,1	0,29	0,07	37,4	95,0	OK
		3	14	0,60	0,40	0,16	1,03	-0,6	0	2,16	1,44	518,9	37,1	-0,29	0	36,8	95,0	OK
		4	14	0,60	0,40	0,16	1,03	0	0	2,16	1,44	518,9	37,1	0	0	37,1	95,0	OK
		5	14	0,60	0,40	0,16	1,03	0,6	0	2,16	1,44	518,9	37,1	0,29	0	37,4	95,0	OK
		6	14	0,60	0,40	0,16	1,03	-0,6	-0,6	2,16	1,44	518,9	37,1	-0,29	-0,07	36,7	95,0	OK
		7	14	0,60	0,40	0,16	1,03	0,6	-0,6	2,16	1,44	518,9	37,1	0,29	-0,07	37,3	95,0	OK
10		1	7	1,70	0,40	0,36	-1,70	-0,85	0,85	4,34	2,89	469,1	67,0	0,3	0,1	67,5	95,0	OK
		2	7	1,70	0,40	0,36	-1,70	0,85	0,85	4,34	2,89	469,1	67,0	-0,3	0,1	66,8	95,0	OK
		3	7	1,70	0,40	0,36	-1,70	-0,85	0	4,34	2,89	469,1	67,0	0,3	0	67,3	95,0	OK
		4	7	1,70	0,40	0,36	-1,70	0	0	4,34	2,89	469,1	67,0	0	0	67,0	95,0	OK
		5	7	1,70	0,40	0,36	-1,70	0,85	0	4,34	2,89	469,1	67,0	-0,3	0	66,7	95,0	OK
		6	7	1,70	0,40	0,36	-1,70	-0,85	-0,85	4,34	2,89	469,1	67,0	0,3	-0,1	67,2	95,0	OK
		7	7	1,70	0,40	0,36	-1,70	0,85	-0,85	4,34	2,89	469,1	67,0	-0,3	-0,1	66,6	95,0	OK

	Formasi Tiang	Pile	Pile			MX (t/m)	MY (t/m)	x (m)	y (m)	$\Sigma x^2$ (m)	$\Sigma y^2$ (m)	P Grup (ton)	P/n (ton)	My.x / x2 (ton)	Mx.y / y2 (ton)	P tunggal (ton)	Qallow (ton)	Ket
			N	s (m)	p (m)													
11 & 21		1	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	-1,2	3,1	17,28	82,26	935,4	52,0	0,2220	-0,51	51,7	95,0	OK
		2	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	0	3,1	17,28	82,26	935,4	52,0	0	-0,51	51,5	95,0	OK
		3	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	1,2	3,1	17,28	82,26	935,4	52,0	-0,2220	-0,51	51,2	95,0	OK
		4	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	-1,2	1,9	17,28	82,26	935,4	52,0	0,2220	-0,31	51,9	95,0	OK
		5	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	0	1,9	17,28	82,26	935,4	52,0	0	-0,31	51,6	95,0	OK
		6	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	1,2	1,9	17,28	82,26	935,4	52,0	-0,2220	-0,31	51,4	95,0	OK
		7	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	-1,2	0,7	17,28	82,26	935,4	52,0	0,2220	-0,12	52,1	95,0	OK
		8	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	0	0,7	17,28	82,26	935,4	52,0	0	-0,12	51,8	95,0	OK
		9	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	1,2	0,7	17,28	82,26	935,4	52,0	-0,2220	-0,12	51,6	95,0	OK
		10	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	-1,2	-0,7	17,28	82,26	935,4	52,0	0,2220	0,12	52,3	95,0	OK
		11	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	0	-0,7	17,28	82,26	935,4	52,0	0	0,12	52,1	95,0	OK
		12	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	1,2	-0,7	17,28	82,26	935,4	52,0	-0,2220	0,12	51,9	95,0	OK
		13	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	-1,2	-1,9	17,28	82,26	935,4	52,0	0,2220	0,31	52,5	95,0	OK
		14	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	0	-1,9	17,28	82,26	935,4	52,0	0	0,31	52,3	95,0	OK
		15	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	1,2	-1,9	17,28	82,26	935,4	52,0	-0,2220	0,31	52,1	95,0	OK
		16	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	-1,2	-3,1	17,28	82,26	935,4	52,0	0,2220	0,51	52,7	95,0	OK
		17	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	0	-3,1	17,28	82,26	935,4	52,0	0	0,51	52,5	95,0	OK
		18	18	1,20	0,40	-13,63	-3,20	1,2	-3,1	17,28	82,26	935,4	52,0	-0,2220	0,51	52,3	95,0	OK
12 & 22		1	20	1,2	0,5	56,51	5,06	-2,4	1,925	57,60	42,31	1391,9	69,6	-0,211	2,571	72,0	133,1	OK
		2	20	1,2	0,4	56,51	5,06	-1,2	1,925	57,60	42,31	1391,9	69,6	-0,105	2,571	72,1	95,0	OK
		3	20	1,2	0,4	56,51	5,06	0,0	1,925	57,60	42,31	1391,9	69,6	0	2,571	72,2	95,0	OK
		4	20	1,2	0,4	56,51	5,06	1,2	1,925	57,60	42,31	1391,9	69,6	0,105	2,571	72,3	95,0	OK
		5	20	1,2	0,5	56,51	5,06	2,4	1,925	57,60	42,31	1391,9	69,6	0,211	2,571	72,4	133,1	OK
		6	20	1,2	0,5	56,51	5,06	-2,4	0,725	57,60	42,31	1391,9	69,6	-0,211	0,968	70,4	133,1	OK
		7	20	1,2	0,4	56,51	5,06	-1,2	0,725	57,60	42,31	1391,9	69,6	-0,105	0,968	70,5	95,0	OK
		8	20	1,2	0,4	56,51	5,06	0,0	0,725	57,60	42,31	1391,9	69,6	0	0,968	70,6	95,0	OK
		9	20	1,2	0,4	56,51	5,06	1,2	0,725	57,60	42,31	1391,9	69,6	0,105	0,968	70,7	95,0	OK
		10	20	1,2	0,5	56,51	5,06	2,4	0,725	57,60	42,31	1391,9	69,6	0,211	0,968	70,8	133,1	OK
		11	20	1,2	0,5	56,51	5,06	-2,4	-0,725	57,60	42,31	1391,9	69,6	-0,211	-0,968	68,4	133,1	OK
		12	20	1,2	0,4	56,51	5,06	-1,2	-0,725	57,60	42,31	1391,9	69,6	-0,105	-0,968	68,5	95,0	OK
		13	20	1,2	0,4	56,51	5,06	0,0	-0,725	57,60	42,31	1391,9	69,6	0	-0,968	68,6	95,0	OK
		14	20	1,2	0,4	56,51	5,06	1,2	-0,725	57,60	42,31	1391,9	69,6	0,105	-0,968	68,7	95,0	OK
		15	20	1,2	0,5	56,51	5,06	2,4	-0,725	57,60	42,31	1391,9	69,6	0,211	-0,968	68,8	133,1	OK
		16	20	1,2	0,5	56,51	5,06	-2,4	-1,925	57,60	42,31	1391,9	69,6	-0,211	-2,571	66,8	133,1	OK
		17	20	1,2	0,4	56,51	5,06	-1,2	-1,925	57,60	42,31	1391,9	69,6	-0,105	-2,571	66,9	95,0	OK
		18	20	1,2	0,4	56,51	5,06	0,0	-1,925	57,60	42,31	1391,9	69,6	0	-2,571	67,0	95,0	OK
		19	20	1,2	0,4	56,51	5,06	1,2	-1,925	57,60	42,31	1391,9	69,6	0,105	-2,571	67,1	95,0	OK
		20	20	1,2	0,5	56,51	5,06	2,4	-1,925	57,60	42,31	1391,9	69,6	0,211	-2,571	67,2	133,1	OK

	Formasi Tiang	Pile	Pile			MX (t/m)	MY (t/m)	x (m)	y (m)	Σx <sup>2</sup> (m)	Σy <sup>2</sup> (m)	P Grup (ton)	P/n (ton)	My.x / x2 (ton)	Mx.y / y2 (ton)	P tunggal (ton)	Qallow (ton)	Ket
			N	s (m)	p (m)													
13 & 23		1	24	1,2	0,4	11,09	4,91	-1,2	4,3	23,04	193,20	1530,0	63,8	-0,256	0,247	63,7	133,1	OK
		2	24	1,2	0,4	11,09	4,91	0	4,3	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,000	0,247	64,0	133,1	OK
		3	24	1,2	0,4	11,09	4,91	1,2	4,3	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,256	0,247	64,3	133,1	OK
		4	24	1,2	0,4	11,09	4,91	-1,2	3,1	23,04	193,20	1530,0	63,8	-0,256	0,178	63,7	133,1	OK
		5	24	1,2	0,4	11,09	4,91	0	3,1	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,000	0,178	63,9	133,1	OK
		6	24	1,2	0,4	11,09	4,91	1,2	3,1	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,256	0,178	64,2	133,1	OK
		7	24	1,2	0,4	11,09	4,91	-1,2	1,9	23,04	193,20	1530,0	63,8	-0,256	0,109	63,6	95,0	OK
		8	24	1,2	0,4	11,09	4,91	0	1,9	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,000	0,109	63,9	95,0	OK
		9	24	1,2	0,4	11,09	4,91	1,2	1,9	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,256	0,109	64,1	95,0	OK
		10	24	1,2	0,4	11,09	4,91	-1,2	0,7	23,04	193,20	1530,0	63,8	-0,256	0,040	63,5	95,0	OK
		11	24	1,2	0,4	11,09	4,91	0	0,7	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,000	0,040	63,8	95,0	OK
		12	24	1,2	0,4	11,09	4,91	1,2	0,7	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,256	0,040	64,0	95,0	OK
		13	24	1,2	0,4	11,09	4,91	-1,2	-0,7	23,04	193,20	1530,0	63,8	-0,256	-0,040	63,5	95,0	OK
		14	24	1,2	0,4	11,09	4,91	0	-0,7	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,000	-0,040	63,7	95,0	OK
		15	24	1,2	0,4	11,09	4,91	1,2	-0,7	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,256	-0,040	64,0	95,0	OK
		16	24	1,2	0,4	11,09	4,91	-1,2	-1,9	23,04	193,20	1530,0	63,8	-0,256	-0,109	63,4	95,0	OK
		17	24	1,2	0,4	11,09	4,91	0	-1,9	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,000	-0,109	63,6	95,0	OK
		18	24	1,2	0,4	11,09	4,91	1,2	-1,9	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,256	-0,109	63,9	95,0	OK
		19	24	1,2	0,4	11,09	4,91	-1,2	-3,1	23,04	193,20	1530,0	63,8	-0,256	-0,178	63,3	133,1	OK
		20	24	1,2	0,4	11,09	4,91	0	-3,1	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,000	-0,178	63,6	133,1	OK
		21	24	1,2	0,4	11,09	4,91	1,2	-3,1	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,256	-0,178	63,8	133,1	OK
		22	24	1,2	0,4	11,09	4,91	-1,2	-4,3	23,04	193,20	1530,0	63,8	-0,256	-0,247	63,2	133,1	OK
		23	24	1,2	0,4	11,09	4,91	0	-4,3	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,000	-0,247	63,5	133,1	OK
		24	24	1,2	0,4	11,09	4,91	1,2	-4,3	23,04	193,20	1530,0	63,8	0,256	-0,247	63,8	133,1	OK
14 & 24		1	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	-1,70	2,15	21,68	37,00	767,6	51,2	0,65	0,046	51,9	95,0	OK
		2	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	0	2,15	21,68	37,00	767,6	51,2	0	0,046	51,2	95,0	OK
		3	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	1,7	2,15	21,68	37,00	767,6	51,2	-0,65	0,046	50,6	95,0	OK
		4	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	-0,85	1,3	21,68	37,00	767,6	51,2	0,32	0,028	51,5	95,0	OK
		5	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	0,85	1,3	21,68	37,00	767,6	51,2	-0,32	0,028	50,9	95,0	OK
		6	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	-1,70	0,45	21,68	37,00	767,6	51,2	0,65	0,010	51,8	95,0	OK
		7	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	0	-0,45	21,68	37,00	767,6	51,2	0	-0,010	51,2	95,0	OK
		8	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	1,7	2,15	21,68	37,00	767,6	51,2	-0,65	0,046	50,6	95,0	OK
		9	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	-0,85	-0,45	21,68	37,00	767,6	51,2	0,32	-0,010	51,5	95,0	OK
		10	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	0,85	-0,45	21,68	37,00	767,6	51,2	-0,32	-0,010	50,8	95,0	OK
		11	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	-1,7	-1,3	21,68	37,00	767,6	51,2	0,65	-0,028	51,8	95,0	OK
		12	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	0	-1,3	21,68	37,00	767,6	51,2	0	-0,028	51,1	95,0	OK
		13	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	1,7	-1,3	21,68	37,00	767,6	51,2	-0,65	-0,028	50,5	95,0	OK
		14	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	-0,85	-2,15	21,68	37,00	767,6	51,2	0,32	-0,046	51,5	95,0	OK
		15	15	1,70	0,40	0,80	-8,27	0,85	-2,15	21,68	37,00	767,6	51,2	-0,32	-0,046	50,8	95,0	OK
15 & 25		1	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	-1,70	2,15	21,68	37,00	851,3	56,8	-0,25	-0,176	56,3	95,0	OK
		2	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	0	2,15	21,68	37,00	851,3	56,8	0	-0,176	56,6	95,0	OK
		3	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	1,7	2,15	21,68	37,00	851,3	56,8	0,25	-0,176	56,8	95,0	OK
		4	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	-0,85	1,3	21,68	37,00	851,3	56,8	-0,12	-0,107	56,5	95,0	OK
		5	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	0,85	1,3	21,68	37,00	851,3	56,8	0,12	-0,107	56,8	95,0	OK
		6	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	-1,70	0,45	21,68	37,00	851,3	56,8	-0,25	-0,037	56,5	95,0	OK
		7	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	0	-0,45	21,68	37,00	851,3	56,8	0	0,037	56,8	95,0	OK
		8	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	1,7	2,15	21,68	37,00	851,3	56,8	0,25	-0,176	56,8	95,0	OK
		9	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	-0,85	-0,45	21,68	37,00	851,3	56,8	-0,12	0,037	56,7	95,0	OK
		10	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	0,85	-0,45	21,68	37,00	851,3	56,8	0,12	0,037	56,9	95,0	OK
		11	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	-1,7	-1,3	21,68	37,00	851,3	56,8	-0,25	0,107	56,6	95,0	OK
		12	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	0	-1,3	21,68	37,00	851,3	56,8	0	0,107	56,9	95,0	OK
		13	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	1,7	-1,3	21,68	37,00	851,3	56,8	0,25	0,107	57,1	95,0	OK
		14	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	-0,85	-2,15	21,68	37,00	851,3	56,8	-0,12	0,176	56,8	95,0	OK
		15	15	1,70	0,40	-3,03	3,15	0,85	-2,15	21,68	37,00	851,3	56,8	0,12	0,176	57,1	95,0	OK

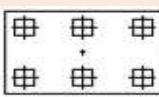
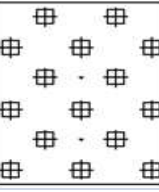
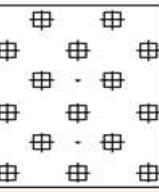
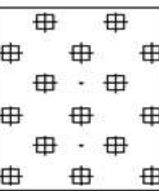


	Formasi Tiang	Pile	Pile		MX	MY	x	y	Σx <sup>2</sup>	Σy <sup>2</sup>	P Grup	P/n	My.x / x2	Mx.y / y2	P tunggal	Qallow	Ket	
			N	s														p
			(m)	(m)	(t/m)	(t/m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)		
16& 26		1	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	-1,70	2,15	21,68	37,00	820,6	54,7	0,15	-0,177	54,7	95,0	OK
		2	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	0	2,15	21,68	37,00	820,6	54,7	0	-0,177	54,5	95,0	OK
		3	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	1,7	2,15	21,68	37,00	820,6	54,7	-0,15	-0,177	54,4	95,0	OK
		4	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	-0,85	1,3	21,68	37,00	820,6	54,7	0,07	-0,107	54,7	95,0	OK
		5	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	0,85	1,3	21,68	37,00	820,6	54,7	-0,07	-0,107	54,5	95,0	OK
		6	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	-1,70	0,45	21,68	37,00	820,6	54,7	0,15	-0,037	54,8	95,0	OK
		7	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	0	-0,45	21,68	37,00	820,6	54,7	0	0,037	54,7	95,0	OK
		8	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	1,7	2,15	21,68	37,00	820,6	54,7	-0,15	-0,177	54,4	95,0	OK
		9	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	-0,85	-0,45	21,68	37,00	820,6	54,7	0,07	0,037	54,8	95,0	OK
		10	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	0,85	-0,45	21,68	37,00	820,6	54,7	-0,07	0,037	54,7	95,0	OK
		11	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	-1,7	-1,3	21,68	37,00	820,6	54,7	0,15	0,107	55,0	95,0	OK
		12	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	0	-1,3	21,68	37,00	820,6	54,7	0	0,107	54,8	95,0	OK
		13	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	1,7	-1,3	21,68	37,00	820,6	54,7	-0,15	0,107	54,7	95,0	OK
		14	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	-0,85	-2,15	21,68	37,00	820,6	54,7	0,07	0,177	55,0	95,0	OK
		15	15	1,70	0,40	-3,04	-1,86	0,85	-2,15	21,68	37,00	820,6	54,7	-0,07	0,177	54,8	95,0	OK
17& 27		1	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	-1,70	2,15	21,68	37,00	799,2	53,3	-0,67	-0,2705	52,3	95,0	OK
		2	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	0	2,15	21,68	37,00	799,2	53,3	0	-0,2705	53,0	95,0	OK
		3	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	1,7	2,15	21,68	37,00	799,2	53,3	0,67	-0,2705	53,7	95,0	OK
		4	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	-0,85	1,3	21,68	37,00	799,2	53,3	-0,34	-0,1635	52,8	95,0	OK
		5	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	0,85	1,3	21,68	37,00	799,2	53,3	0,34	-0,1635	53,5	95,0	OK
		6	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	-1,70	0,45	21,68	37,00	799,2	53,3	-0,67	-0,05661	52,6	95,0	OK
		7	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	0	-0,45	21,68	37,00	799,2	53,3	0	0,05661	53,3	95,0	OK
		8	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	1,7	2,15	21,68	37,00	799,2	53,3	0,67	-0,2705	53,7	95,0	OK
		9	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	-0,85	-0,45	21,68	37,00	799,2	53,3	-0,34	0,0566	53,0	95,0	OK
		10	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	0,85	-0,45	21,68	37,00	799,2	53,3	0,34	0,0566	53,7	95,0	OK
		11	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	-1,7	-1,3	21,68	37,00	799,2	53,3	-0,67	0,1635	52,8	95,0	OK
		12	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	0	-1,3	21,68	37,00	799,2	53,3	0	0,1635	53,4	95,0	OK
		13	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	1,7	-1,3	21,68	37,00	799,2	53,3	0,67	0,1635	54,1	95,0	OK
		14	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	-0,85	-2,15	21,68	37,00	799,2	53,3	-0,34	0,2705	53,2	95,0	OK
		15	15	1,70	0,40	-4,65	8,56	0,85	-2,15	21,68	37,00	799,2	53,3	0,34	0,2705	53,9	95,0	OK
18&19		1	14	1,20	0,40	1,88	280,95	-3,6	0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	-12,542	0,22	70,0	95,0	OK
		2	14	1,20	0,40	1,88	280,95	-2,4	0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	-8,362	0,22	74,2	95,0	OK
		3	14	1,20	0,40	1,88	280,95	-1,2	0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	-4,181	0,22	78,4	95,0	OK
		4	14	1,20	0,40	1,88	280,95	0	0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	0,000	0,22	82,5	95,0	OK
		5	14	1,20	0,40	1,88	280,95	1,2	0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	4,181	0,22	86,7	95,0	OK
		6	14	1,20	0,40	1,88	280,95	2,4	0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	8,362	0,22	90,9	95,0	OK
		7	14	1,20	0,40	1,88	280,95	3,6	0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	12,542	0,22	95	95,0	OK
		8	14	1,20	0,40	1,88	280,95	-3,6	-0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	-12,542	-0,22	69,6	95,0	OK
		9	14	1,20	0,40	1,88	280,95	-2,4	-0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	-8,362	-0,22	73,7	95,0	OK
		10	14	1,20	0,40	1,88	280,95	-1,2	-0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	-4,181	-0,22	77,9	95,0	OK
		11	14	1,20	0,40	1,88	280,95	0	-0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	0,000	-0,22	82,1	95,0	OK
		12	14	1,20	0,40	1,88	280,95	1,2	-0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	4,181	-0,22	86,3	95,0	OK
		13	14	1,20	0,40	1,88	280,95	2,4	-0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	8,362	-0,22	90,5	95,0	OK
		14	14	1,20	0,40	1,88	280,95	3,6	-0,6	80,64	5,04	1152,5	82,3	12,542	-0,22	94,6	95,0	OK
20		1	9	1,20	0,40	0,75	-2,03	-1,20	0,6	8,64	2,16	474,3	52,7	0,28	0,21	53,2	95,0	OK
		2	9	1,20	0,40	0,75	-2,03	0	0,6	8,64	2,16	474,3	52,7	0	0,21	52,9	95,0	OK
		3	9	1,20	0,40	0,75	-2,03	1,20	0,6	8,64	2,16	474,3	52,7	-0,28	0,21	52,6	95,0	OK
		4	9	1,20	0,40	0,75	-2,03	-1,20	0	8,64	2,16	474,3	52,7	0,28	0	53,0	95,0	OK
		5	9	1,20	0,40	0,75	-2,03	0	0	8,64	2,16	474,3	52,7	0	0	52,7	95,0	OK
		6	9	1,20	0,40	0,75	-2,03	1,20	0	8,64	2,16	474,3	52,7	-0,28	0	52,4	95,0	OK
		7	9	1,20	0,40	0,75	-2,03	-1,20	-0,6	8,64	2,16	474,3	52,7	0,28	-0,21	52,8	95,0	OK
		8	9	1,20	0,40	0,75	-2,03	0	-0,6	8,64	2,16	474,3	52,7	0	-0,21	52,5	95,0	OK
		9	9	1,20	0,40	0,75	-2,03	1,20	-0,6	8,64	2,16	474,3	52,7	-0,28	-0,21	52,2	95,0	OK

	Formasi Tiang	Pile	Pile			MX (t/m)	MY (t/m)	x (m)	y (m)	$\Sigma x^2$ (m)	$\Sigma y^2$ (m)	P Grup (ton)	P/n (ton)	My.x / x2 (ton)	Mx.y / y2 (ton)	P tunggak (ton)	Qallow (ton)	Ket
			N	s (m)	P (m)													
28 & 29		1	9	1,20	0,40	-2,41	-2,26	-1,20	0,6	8,64	2,16	439,6	48,8	0,31	-0,67	48,5	95,0	OK
		2	9	1,20	0,40	-2,41	-2,26	0	0,6	8,64	2,16	439,6	48,8	0	-0,67	48,2	95,0	OK
		3	9	1,20	0,40	-2,41	-2,26	1,20	0,6	8,64	2,16	439,6	48,8	-0,31	-0,67	47,9	95,0	OK
		4	9	1,20	0,40	-2,41	-2,26	-1,20	0	8,64	2,16	439,6	48,8	0,31	0	49,2	95,0	OK
		5	9	1,20	0,40	-2,41	-2,26	0	0	8,64	2,16	439,6	48,8	0	0	48,8	95,0	OK
		6	9	1,20	0,40	-2,41	-2,26	1,20	0	8,64	2,16	439,6	48,8	-0,31	0	48,5	95,0	OK
		7	9	1,20	0,40	-2,41	-2,26	-1,20	-0,6	8,64	2,16	439,6	48,8	0,31	0,67	49,8	95,0	OK
		8	9	1,20	0,40	-2,41	-2,26	0	-0,6	8,64	2,16	439,6	48,8	0	0,67	49,5	95,0	OK
		9	9	1,20	0,40	-2,41	-2,26	1,20	-0,6	8,64	2,16	439,6	48,8	-0,31	0,67	49,2	95,0	OK
145 & 30		1	6	1,20	0,40	-1,99	-0,37	-1,2	0,6	5,76	2,16	351,7	58,6	0,1	-0,55	58,1	95,0	OK
		2	6	1,20	0,40	-1,99	-0,37	0	0,6	5,76	2,16	351,7	58,6	0	-0,55	58,1	95,0	OK
		3	6	1,20	0,40	-1,99	-0,37	1,2	0,6	5,76	2,16	351,7	58,6	-0,1	-0,55	58,0	95,0	OK
		4	6	1,20	0,40	-1,99	-0,37	-1,2	-0,6	5,76	2,16	351,7	58,6	0,1	0,55	59,3	95,0	OK
		5	6	1,20	0,40	-1,99	-0,37	0	-0,6	5,76	2,16	351,7	58,6	0	0,55	59,2	95,0	OK
		6	6	1,20	0,40	-1,99	-0,37	1,2	-0,6	5,76	2,16	351,7	58,6	-0,1	0,55	59,1	95,0	OK
31		1	10	1,20	0,40	0,53	-3,08	-2,4	0,6	28,80	3,60	627,7	62,8	0,26	0,09	63,1	88,3	OK
		2	10	1,20	0,40	0,53	-3,08	-1,2	0,6	28,80	3,60	627,7	62,8	0,13	0,09	63,0	88,3	OK
		3	10	1,20	0,40	0,53	-3,08	0	0,6	28,80	3,60	627,7	62,8	0	0,09	62,9	88,3	OK
		4	10	1,20	0,40	0,53	-3,08	1,2	0,6	28,80	3,60	627,7	62,8	-0,13	0,09	62,7	88,3	OK
		5	10	1,20	0,40	0,53	-3,08	2,4	0,6	28,80	3,60	627,7	62,8	-0,26	0,09	62,6	88,3	OK
		6	10	1,20	0,40	0,53	-3,08	-2,4	-0,6	28,80	3,60	627,7	62,8	0,26	-0,09	62,9	88,3	OK
		7	10	1,20	0,40	0,53	-3,08	-1,2	-0,6	28,80	3,60	627,7	62,8	0,13	-0,09	62,8	88,3	OK
		8	10	1,20	0,40	0,53	-3,08	0	-0,6	28,80	3,60	627,7	62,8	0	-0,09	62,7	88,3	OK
		9	10	1,20	0,40	0,53	-3,08	1,2	-0,6	28,80	3,60	627,7	62,8	-0,13	-0,09	62,6	88,3	OK
		10	10	1,20	0,40	0,53	-3,08	2,4	-0,6	28,80	3,60	627,7	62,8	-0,26	-0,09	62,4	88,3	OK
32		1	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	-1,2	1,8	11,52	21,60	745,8	62,2	-0,16	-0,16	61,8	88,3	OK
		2	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	0	1,8	11,52	21,60	745,8	62,2	0	-0,16	62,0	88,3	OK
		3	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	1,2	1,8	11,52	21,60	745,8	62,2	0,16	-0,16	62,2	88,3	OK
		4	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	-1,2	0,6	11,52	21,60	745,8	62,2	-0,16	-0,05	61,9	88,3	OK
		5	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	0	0,6	11,52	21,60	745,8	62,2	0	-0,05	62,1	88,3	OK
		6	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	1,2	0,6	11,52	21,60	745,8	62,2	0,16	-0,05	62,3	88,3	OK
		7	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	-1,2	-0,6	11,52	21,60	745,8	62,2	-0,16	0,05	62,0	88,3	OK
		8	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	0	0,6	11,52	21,60	745,8	62,2	0	-0,05	62,1	88,3	OK
		9	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	1,2	-0,6	11,52	21,60	745,8	62,2	0,16	0,05	62,4	88,3	OK
		10	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	-1,2	-1,8	11,52	21,60	745,8	62,2	-0,16	0,16	62,2	88,3	OK
		11	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	0	-1,8	11,52	21,60	745,8	62,2	0	0,16	62,3	88,3	OK
		12	12	1,20	0,40	-1,97	1,56	1,2	-1,8	11,52	21,60	745,8	62,2	0,16	0,16	62,5	88,3	OK
33		1	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	-1,2	1,8	11,52	21,60	806,8	67,2	0,77	0,39	68,4	131,2	OK
		2	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	0	1,8	11,52	21,60	806,8	67,2	0	0,39	67,6	131,2	OK
		3	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	1,2	1,8	11,52	21,60	806,8	67,2	-0,77	0,39	66,9	131,2	OK
		4	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	-1,2	0,6	11,52	21,60	806,8	67,2	0,77	0,13	68,1	88,3	OK
		5	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	0	0,6	11,52	21,60	806,8	67,2	0	0,13	67,4	88,3	OK
		6	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	1,2	0,6	11,52	21,60	806,8	67,2	-0,77	0,13	66,6	88,3	OK
		7	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	-1,2	-0,6	11,52	21,60	806,8	67,2	0,77	-0,13	67,9	88,3	OK
		8	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	0	0,6	11,52	21,60	806,8	67,2	0	0,13	67,4	88,3	OK
		9	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	1,2	-0,6	11,52	21,60	806,8	67,2	-0,77	-0,13	66,3	88,3	OK
		10	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	-1,2	-1,8	11,52	21,60	806,8	67,2	0,77	-0,39	67,6	131,2	OK
		11	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	0	-1,8	11,52	21,60	806,8	67,2	0	-0,39	66,8	131,2	OK
		12	12	1,20	0,40	4,67	-7,37	1,2	-1,8	11,52	21,60	806,8	67,2	-0,77	-0,39	66,1	131,2	OK

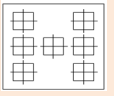
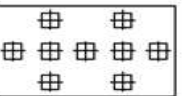
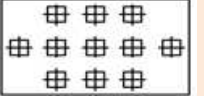
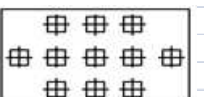

	Formasi Tiang	Pile	Pile			MX (t/m)	MY (t/m)	x (m)	y (m)	$\Sigma x^2$ (m)	$\Sigma y^2$ (m)	P Grup (ton)	P/n (ton)	My.x / x2 (ton)	Mx.y / y2 (ton)	P tunggul (ton)	Qallow (ton)	Ket
			N	s (m)	P (m)													
34		1	12	1,20	0,40	3,20	-13,81	-1,2	0,6	28,80	3,60	638,5	53,2	0,58	0,53	54,3	88,3	OK
		2	12	1,20	0,40	3,20	-13,81	-2,4	0,6	28,80	3,60	638,5	53,2	1,15	0,53	54,9	88,3	OK
		3	12	1,20	0,40	3,20	-13,81	0	0,6	28,80	3,60	638,5	53,2	0	0,53	53,7	88,3	OK
		4	12	1,20	0,40	3,20	-13,81	1,2	0,6	28,80	3,60	638,5	53,2	-0,58	0,53	53,2	88,3	OK
		5	12	1,20	0,40	3,20	-13,81	2,4	0,6	28,80	3,60	638,5	53,2	-1,15	0,53	52,6	88,3	OK
		6	12	1,20	0,40	3,20	-13,81	-1,2	-0,6	28,80	3,60	638,5	53,2	0,58	-0,53	53,3	88,3	OK
		7	12	1,20	0,40	3,20	-13,81	-2,4	-0,6	28,80	3,60	638,5	53,2	1,15	-0,53	53,8	88,3	OK
		8	12	1,20	0,40	3,20	-13,81	0	0,6	28,80	3,60	638,5	53,2	0	0,53	53,7	88,3	OK
		9	12	1,20	0,40	3,20	-13,81	1,2	-0,6	28,80	3,60	638,5	53,2	-0,58	-0,53	52,1	88,3	OK
		10	12	1,20	0,40	3,20	-13,81	2,4	-0,6	28,80	3,60	638,5	53,2	-1,15	-0,53	51,5	88,3	OK
35		1	11	1,70	0,40	-0,31	2,66	-0,85	0,85	10,12	4,34	605,1	55,0	-0,22	-0,061	54,7	88,3	OK
		2	11	1,70	0,40	-0,31	2,66	0	0,85	10,12	4,34	605,1	55,0	0	-0,061	55,0	88,3	OK
		3	11	1,70	0,40	-0,31	2,66	0,85	0,85	10,12	4,34	605,1	55,0	0,22	-0,061	55,2	88,3	OK
		4	11	1,70	0,40	-0,31	2,66	-1,7	0	10,12	4,34	605,1	55,0	-0,45	0	54,6	88,3	OK
		5	11	1,70	0,40	-0,31	2,66	-0,85	0	10,12	4,34	605,1	55,0	-0,22	0	54,8	88,3	OK
		6	11	1,70	0,40	-0,31	2,66	0	0	10,12	4,34	605,1	55,0	0	0	55,0	88,3	OK
		7	11	1,70	0,40	-0,31	2,66	0,85	0	10,12	4,34	605,1	55,0	0,22	0	55,2	88,3	OK
		8	11	1,70	0,40	-0,31	2,66	1,7	0	10,12	4,34	605,1	55,0	0,45	0	55,5	88,3	OK
		9	11	1,70	0,40	-0,31	2,66	-0,85	-0,85	10,12	4,34	605,1	55,0	-0,22	0,061	54,8	88,3	OK
		10	11	1,70	0,40	-0,31	2,66	0	-0,85	10,12	4,34	605,1	55,0	0	0,061	55,1	88,3	OK
		11	11	1,70	0,40	-0,31	2,66	0,85	-0,85	10,12	4,34	605,1	55,0	0,22	0,061	55,3	88,3	OK
36		1	7	0,60	0,40	-1,06	-0,27	-0,6	0,6	2,16	1,44	508,8	72,7	0,07	-0,44	72,3	88,3	OK
		2	7	0,60	0,40	-1,06	-0,27	0,6	0,6	2,16	1,44	508,8	72,7	-0,07	-0,44	72,2	88,3	OK
		3	7	0,60	0,40	-1,06	-0,27	-0,6	0	2,16	1,44	508,8	72,7	0,07	0	72,8	131,2	OK
		4	7	0,60	0,40	-1,06	-0,27	0	0	2,16	1,44	508,8	72,7	0	0	72,7	131,2	OK
		5	7	0,60	0,40	-1,06	-0,27	0,6	0	2,16	1,44	508,8	72,7	-0,07	0	72,6	131,2	OK
		6	7	0,60	0,40	-1,06	-0,27	-0,6	-0,6	2,16	1,44	508,8	72,7	0,07	0,44	73,2	88,3	OK
		7	7	0,60	0,40	-1,06	-0,27	0,6	-0,6	2,16	1,44	508,8	72,7	-0,07	0,44	73,1	88,3	OK
37		1	7	1,70	0,40	1,82	0,98	-0,85	0,85	4,34	2,89	443,1	63,3	-0,2	0,5	63,6	95,0	OK
		2	7	1,70	0,40	1,82	0,98	0,85	0,85	4,34	2,89	443,1	63,3	0,2	0,5	64,0	95,0	OK
		3	7	1,70	0,40	1,82	0,98	-0,85	0	4,34	2,89	443,1	63,3	-0,2	0	63,1	95,0	OK
		4	7	1,70	0,40	1,82	0,98	0	0	4,34	2,89	443,1	63,3	0	0	63,3	95,0	OK
		5	7	1,70	0,40	1,82	0,98	0,85	0	4,34	2,89	443,1	63,3	0,2	0	63,5	95,0	OK
		6	7	1,70	0,40	1,82	0,98	-0,85	-0,85	4,34	2,89	443,1	63,3	-0,2	-0,5	62,6	95,0	OK
		7	7	1,70	0,40	1,82	0,98	0,85	-0,85	4,34	2,89	443,1	63,3	0,2	-0,5	63,0	95,0	OK
38		1	11	0,85	0,40	1,80	5,01	-0,85	0,85	10,12	4,34	657,4	59,8	-0,42	0,353	59,7	95,0	OK
		2	11	0,85	0,40	1,80	5,01	0	0,85	10,12	4,34	657,4	59,8	0	0,353	60,1	95,0	OK
		3	11	0,85	0,40	1,80	5,01	0,85	0,85	10,12	4,34	657,4	59,8	0,42	0,353	60,5	95,0	OK
		4	11	0,85	0,40	1,80	5,01	-1,70	0	10,12	4,34	657,4	59,8	-0,84	0	58,9	95,0	OK
		5	11	0,85	0,40	1,80	5,01	-0,85	0	10,12	4,34	657,4	59,8	-0,42	0	59,3	95,0	OK
		6	11	0,85	0,40	1,80	5,01	0	0	10,12	4,34	657,4	59,8	0	0	59,8	95,0	OK
		7	11	0,85	0,40	1,80	5,01	0,85	0	10,12	4,34	657,4	59,8	0,42	0	60,2	95,0	OK
		8	11	0,85	0,40	1,80	5,01	1,70	0	10,12	4,34	657,4	59,8	0,84	0	60,6	95,0	OK
		9	11	0,85	0,40	1,80	5,01	-0,85	-0,85	10,12	4,34	657,4	59,8	-0,42	-0,353	59,0	95,0	OK
		10	11	0,85	0,40	1,80	5,01	0	-0,85	10,12	4,34	657,4	59,8	0	-0,353	59,4	95,0	OK
		11	11	0,85	0,40	1,80	5,01	0,85	-0,85	10,12	4,34	657,4	59,8	0,42	-0,353	59,8	95,0	OK
39		1	11	0,85	0,40	2,39	-5,81	-0,85	0,85	10,12	4,34	679,5	61,8	0,49	0,469	62,7	95,0	OK
		2	11	0,85	0,40	2,39	-5,81	0	0,85	10,12	4,34	679,5	61,8	0	0,469	62,2	95,0	OK
		3	11	0,85	0,40	2,39	-5,81	0,85	0,85	10,12	4,34	679,5	61,8	-0,49	0,469	61,8	95,0	OK
		4	11	0,85	0,40	2,39	-5,81	-1,70	0	10,12	4,34	679,5	61,8	0,98	0	62,8	95,0	OK
		5	11	0,85	0,40	2,39	-5,81	-0,85	0	10,12	4,34	679,5	61,8	0,49	0	62,3	95,0	OK
		6	11	0,85	0,40	2,39	-5,81	0	0	10,12	4,34	679,5	61,8	0	0	61,8	95,0	OK
		7	11	0,85	0,40	2,39	-5,81	0,85	0	10,12	4,34	679,5	61,8	-0,49	0	61,3	95,0	OK
		8	11	0,85	0,40	2,39	-5,81	1,70	0	10,12	4,34	679,5	61,8	-0,98	0	60,8	95,0	OK
		9	11	0,85	0,40	2,39	-5,81	-0,85	-0,85	10,12	4,34	679,5	61,8	0,49	-0,469	61,8	95,0	OK
		10	11	0,85	0,40	2,39	-5,81	0	-0,85	10,12	4,34	679,5	61,8	0	-0,469	61,3	95,0	OK
		11	11	0,85	0,40	2,39	-5,81	0,85	-0,85	10,12	4,34	679,5	61,8	-0,49	-0,469	60,8	95,0	OK

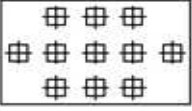
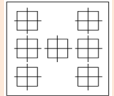
	Formasi Tiang	Pile	Pile		MX (t/m)	MY (t/m)	x (m)	y (m)	$\Sigma x^2$ (m)	$\Sigma y^2$ (m)	P	P/n (ton)	My.x / x2 (ton)	Mx.y / y2 (ton)	P	Qallow (ton)	Ket	
			N	s (m)							P (m)				Grup			tunggal
															(ton)			(ton)
40		1	11	0,85	0,40	-0,33	0,70	-0,85	0,85	10,12	4,34	771,1	70,1	-0,06	-0,06	70,0	95,0	OK
		2	11	0,85	0,40	-0,33	0,70	0	0,85	10,12	4,34	771,1	70,1	0	-0,06	70,0	133,1	OK
		3	11	0,85	0,40	-0,33	0,70	0,85	0,85	10,12	4,34	771,1	70,1	0,06	-0,06	70,1	95,0	OK
		4	11	0,85	0,40	-0,33	0,70	-1,70	0	10,12	4,34	771,1	70,1	-0,12	0	70,0	95,0	OK
		5	11	0,85	0,40	-0,33	0,70	-0,85	0	10,12	4,34	771,1	70,1	0	0	70,0	133,1	OK
		6	11	0,85	0,40	-0,33	0,70	0	0	10,12	4,34	771,1	70,1	0,00	0	70,1	95,0	OK
		7	11	0,85	0,40	-0,33	0,70	0,85	0	10,12	4,34	771,1	70,1	0,06	0	70,2	133,1	OK
		8	11	0,85	0,40	-0,33	0,70	1,70	0	10,12	4,34	771,1	70,1	0,12	0	70,2	95,0	OK
		9	11	0,85	0,40	-0,33	0,70	-0,85	-0,85	10,12	4,34	771,1	70,1	-0,06	0,06	70,1	95,0	OK
		10	11	0,85	0,40	-0,33	0,70	0	-0,85	10,12	4,34	771,1	70,1	0	0,06	70,2	133,1	OK
		11	11	0,85	0,40	-0,33	0,70	0,85	-0,85	10,12	4,34	771,1	70,1	0,06	0,06	70,2	95,0	OK
41		1	11	0,85	0,40	3,48	0,69	-0,85	0,85	10,12	4,34	656,8	59,7	-0,06	0,68	60,3	95,0	OK
		2	11	0,85	0,40	3,48	0,69	0	0,85	10,12	4,34	656,8	59,7	0,00	0,68	60,4	133,1	OK
		3	11	0,85	0,40	3,48	0,69	0,85	0,85	10,12	4,34	656,8	59,7	0,06	0	59,8	95,0	OK
		4	11	0,85	0,40	3,48	0,69	-1,70	0	10,12	4,34	656,8	59,7	-0,12	0	59,6	95,0	OK
		5	11	0,85	0,40	3,48	0,69	-0,85	0	10,12	4,34	656,8	59,7	0	0	59,7	133,1	OK
		6	11	0,85	0,40	3,48	0,69	0	0	10,12	4,34	656,8	59,7	0,00	0	59,7	95,0	OK
		7	11	0,85	0,40	3,48	0,69	0,85	0	10,12	4,34	656,8	59,7	0,06	0	59,8	133,1	OK
		8	11	0,85	0,40	3,48	0,69	1,70	0	10,12	4,34	656,8	59,7	0,12	0,00	59,8	95,0	OK
		9	11	0,85	0,40	3,48	0,69	-0,85	-0,85	10,12	4,34	656,8	59,7	-0,06	-0,68	59,0	95,0	OK
		10	11	0,85	0,40	3,48	0,69	0	-0,85	10,12	4,34	656,8	59,7	0,00	-0,68	59,0	133,1	OK
		11	11	0,85	0,40	3,48	0,69	0,85	-0,85	10,12	4,34	656,8	59,7	0,06	-0,68	59,1	95,0	OK
42		1	11	0,85	0,40	3,39	-0,35	-0,85	0,85	10,12	4,34	659,6	60,0	0,03	0,67	60,7	95,0	OK
		2	11	0,85	0,40	3,39	-0,35	0	0,85	10,12	4,34	659,6	60,0	0,00	0,67	60,6	133,1	OK
		3	11	0,85	0,40	3,39	-0,35	0,85	0,85	10,12	4,34	659,6	60,0	-0,03	0	59,9	95,0	OK
		4	11	0,85	0,40	3,39	-0,35	-1,70	0	10,12	4,34	659,6	60,0	0,06	0	60,0	95,0	OK
		5	11	0,85	0,40	3,39	-0,35	-0,85	0	10,12	4,34	659,6	60,0	0	0	60,0	133,1	OK
		6	11	0,85	0,40	3,39	-0,35	0	0	10,12	4,34	659,6	60,0	0,00	0	60,0	95,0	OK
		7	11	0,85	0,40	3,39	-0,35	0,85	0	10,12	4,34	659,6	60,0	-0,03	0	59,9	133,1	OK
		8	11	0,85	0,40	3,39	-0,35	1,70	0	10,12	4,34	659,6	60,0	-0,06	0,00	59,9	95,0	OK
		9	11	0,85	0,40	3,39	-0,35	-0,85	-0,85	10,12	4,34	659,6	60,0	0,03	-0,67	59,3	95,0	OK
		10	11	0,85	0,40	3,39	-0,35	0	-0,85	10,12	4,34	659,6	60,0	0,00	-0,67	59,3	133,1	OK
		11	11	0,85	0,40	3,39	-0,35	0,85	-0,85	10,12	4,34	659,6	60,0	-0,03	-0,67	59,3	95,0	OK
43		1	11	0,85	0,40	0,32	-0,44	-0,85	0,85	10,12	4,34	709,3	64,5	0,04	0,06	64,6	95,0	OK
		2	11	0,85	0,40	0,32	-0,44	0	0,85	10,12	4,34	709,3	64,5	0,00	0,06	64,5	133,1	OK
		3	11	0,85	0,40	0,32	-0,44	0,85	0,85	10,12	4,34	709,3	64,5	-0,04	0	64,4	95,0	OK
		4	11	0,85	0,40	0,32	-0,44	-1,70	0	10,12	4,34	709,3	64,5	0,07	0	64,6	95,0	OK
		5	11	0,85	0,40	0,32	-0,44	-0,85	0	10,12	4,34	709,3	64,5	0	0	64,5	133,1	OK
		6	11	0,85	0,40	0,32	-0,44	0	0	10,12	4,34	709,3	64,5	0,00	0	64,5	95,0	OK
		7	11	0,85	0,40	0,32	-0,44	0,85	0	10,12	4,34	709,3	64,5	-0,04	0	64,4	133,1	OK
		8	11	0,85	0,40	0,32	-0,44	1,70	0	10,12	4,34	709,3	64,5	-0,07	0,00	64,4	95,0	OK
		9	11	0,85	0,40	0,32	-0,44	-0,85	-0,85	10,12	4,34	709,3	64,5	0,04	-0,06	64,5	95,0	OK
		10	11	0,85	0,40	0,32	-0,44	0	-0,85	10,12	4,34	709,3	64,5	0,00	-0,06	64,4	133,1	OK
		11	11	0,85	0,40	0,32	-0,44	0,85	-0,85	10,12	4,34	709,3	64,5	-0,04	-0,06	64,4	95,0	OK
55		1	7	0,60	0,40	1,22	3,19	-0,6	0,6	2,16	1,44	500,1	71,4	-0,89	0,51	71,1	95,0	OK
		2	7	0,60	0,40	1,22	3,19	0,6	0,6	2,16	1,44	500,1	71,4	0,89	0,51	72,8	95,0	OK
		3	7	0,60	0,40	1,22	3,19	-0,6	0	2,16	1,44	500,1	71,4	-0,89	0	70,6	95,0	OK
		4	7	0,60	0,40	1,22	3,19	0	0	2,16	1,44	500,1	71,4	0	0	71,4	95,0	OK
		5	7	0,60	0,40	1,22	3,19	0,6	0	2,16	1,44	500,1	71,4	0,89	0	72,3	95,0	OK
		6	7	0,60	0,40	1,22	3,19	-0,6	-0,6	2,16	1,44	500,1	71,4	-0,89	-0,51	70,1	95,0	OK
		7	7	0,60	0,40	1,22	3,19	0,6	-0,6	2,16	1,44	500,1	71,4	0,89	-0,51	71,8	95,0	OK

	Formasi Tiang	Pile	Pile			MX (t/m)	MY (t/m)	x (m)	y (m)	$\Sigma x^2$ (m)	$\Sigma y^2$ (m)	P Grup (ton)	P/n (ton)	My.x / x2 (ton)	Mx.y / y2 (ton)	P tunggal (ton)	Qallow (ton)	Ket
			N	s (m)	P (m)													
46 & 146		1	6	1,20	0,40	1,95	-0,56	-1,2	0,6	5,76	2,16	356,7	59,5	0,1	0,54	60,1	95,0	OK
		2	6	1,20	0,40	1,95	-0,56	0	0,6	5,76	2,16	356,7	59,5	0	0,54	60,0	95,0	OK
		3	6	1,20	0,40	1,95	-0,56	1,2	0,6	5,76	2,16	356,7	59,5	-0,1	0,54	59,9	95,0	OK
		4	6	1,20	0,40	1,95	-0,56	-1,2	-0,6	5,76	2,16	356,7	59,5	0,1	-0,54	59,0	95,0	OK
		5	6	1,20	0,40	1,95	-0,56	0	-0,6	5,76	2,16	356,7	59,5	0	-0,54	58,9	95,0	OK
		6	6	1,20	0,40	1,95	-0,56	1,2	-0,6	5,76	2,16	356,7	59,5	-0,1	-0,54	58,8	95,0	OK
47 & 56		1	15	1,70	0,40	7,04	11,61	-0,85	2,15	19,51	32,58	776,0	51,7	-0,51	0,46	51,7	88,3	OK
		2	15	1,70	0,40	7,04	11,61	0,85	2,15	19,51	32,58	776,0	51,7	0,51	0,46	52,7	88,3	OK
		3	15	1,70	0,40	7,04	11,61	-1,7	1,3	19,51	32,58	776,0	51,7	-1,01	0,28	51,0	88,3	OK
		4	15	1,70	0,40	7,04	11,61	0	1,3	19,51	32,58	776,0	51,7	0	0,28	52,0	88,3	OK
		5	15	1,70	0,40	7,04	11,61	1,7	1,3	19,51	32,58	776,0	51,7	1,01	0,28	53,0	88,3	OK
		6	15	1,70	0,40	7,04	11,61	-0,85	0,45	19,51	32,58	776,0	51,7	-0,51	0,097	51,3	88,3	OK
		7	15	1,70	0,40	7,04	11,61	0,85	0,45	19,51	32,58	776,0	51,7	0,51	0,097	52,3	88,3	OK
		8	15	1,70	0,40	7,04	11,61	-0,85	-0,45	19,51	32,58	776,0	51,7	-0,51	-0,097	51,1	88,3	OK
		9	15	1,70	0,40	7,04	11,61	0	-0,45	19,51	32,58	776,0	51,7	0	-0,097	51,6	88,3	OK
		10	15	1,70	0,40	7,04	11,61	1,7	-0,45	19,51	32,58	776,0	51,7	1,01	-0,097	52,6	88,3	OK
		11	15	1,70	0,40	7,04	11,61	-0,85	-1,3	19,51	32,58	776,0	51,7	-0,51	-0,28	50,9	88,3	OK
		12	15	1,70	0,40	7,04	11,61	0,85	-1,3	19,51	32,58	776,0	51,7	0,51	-0,28	52,0	88,3	OK
		13	15	1,70	0,40	7,04	11,61	-1,7	-2,15	19,51	32,58	776,0	51,7	-1,01	-0,46	50,3	88,3	OK
		14	15	1,70	0,40	7,04	11,61	0	-2,15	19,51	32,58	776,0	51,7	0	-0,46	51,3	88,3	OK
		15	15	1,70	0,40	7,04	11,61	1,7	-2,15	19,51	32,58	776,0	51,7	1,01	-0,46	52,3	88,3	OK
48 & 57		1	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	-0,85	2,15	19,51	32,58	831,8	55,5	-0,02	-0,0330	55,4	88,3	OK
		2	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	0,85	2,15	19,51	32,58	831,8	55,5	0,02	-0,0330	55,4	88,3	OK
		3	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	-1,7	1,3	19,51	32,58	831,8	55,5	-0,04	-0,0199	55,4	88,3	OK
		4	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	0	1,3	19,51	32,58	831,8	55,5	0	-0,0199	55,4	88,3	OK
		5	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	1,7	1,3	19,51	32,58	831,8	55,5	0,04	-0,0199	55,5	88,3	OK
		6	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	-0,85	0,45	19,51	32,58	831,8	55,5	-0,02	-0,0069	55,4	88,3	OK
		7	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	0,85	0,45	19,51	32,58	831,8	55,5	0,02	-0,0069	55,5	88,3	OK
		8	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	-0,85	-0,45	19,51	32,58	831,8	55,5	-0,02	0,0069	55,4	88,3	OK
		9	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	0	-0,45	19,51	32,58	831,8	55,5	0	0,0069	55,5	88,3	OK
		10	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	1,7	-0,45	19,51	32,58	831,8	55,5	0,04	0,0069	55,5	88,3	OK
		11	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	-0,85	-1,3	19,51	32,58	831,8	55,5	-0,02	0,0199	55,5	88,3	OK
		12	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	0,85	-1,3	19,51	32,58	831,8	55,5	0,02	0,0199	55,5	88,3	OK
		13	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	-1,7	-2,15	19,51	32,58	831,8	55,5	-0,04	0,0330	55,4	88,3	OK
		14	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	0	-2,15	19,51	32,58	831,8	55,5	0	0,0330	55,5	88,3	OK
		15	15	1,70	0,40	-0,50	0,41	1,7	-2,15	19,51	32,58	831,8	55,5	0,04	0,0330	55,5	88,3	OK
49 & 58		1	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	-0,85	2,15	19,51	32,58	854,5	57,0	-0,13	-0,0502	56,8	88,3	OK
		2	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	0,85	2,15	19,51	32,58	854,5	57,0	0,13	-0,0502	57,0	88,3	OK
		3	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	-1,7	1,3	19,51	32,58	854,5	57,0	-0,26	-0,0304	56,7	88,3	OK
		4	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	0	1,3	19,51	32,58	854,5	57,0	0	-0,0304	56,9	88,3	OK
		5	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	1,7	1,3	19,51	32,58	854,5	57,0	0,26	-0,0304	57,2	88,3	OK
		6	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	-0,85	0,45	19,51	32,58	854,5	57,0	-0,13	-0,0105	56,8	88,3	OK
		7	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	0,85	0,45	19,51	32,58	854,5	57,0	0,13	-0,0105	57,1	88,3	OK
		8	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	-0,85	-0,45	19,51	32,58	854,5	57,0	-0,13	0,0105	56,9	88,3	OK
		9	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	0	-0,45	19,51	32,58	854,5	57,0	0	0,0105	57,0	88,3	OK
		10	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	1,7	-0,45	19,51	32,58	854,5	57,0	0,26	0,0105	57,2	88,3	OK
		11	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	-0,85	-1,3	19,51	32,58	854,5	57,0	-0,13	0,0304	56,9	88,3	OK
		12	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	0,85	-1,3	19,51	32,58	854,5	57,0	0,13	0,0304	57,1	88,3	OK
		13	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	-1,7	-2,15	19,51	32,58	854,5	57,0	-0,26	0,0502	56,8	88,3	OK
		14	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	0	-2,15	19,51	32,58	854,5	57,0	0	0,0502	57,0	88,3	OK
		15	15	1,70	0,40	-0,76	2,93	1,7	-2,15	19,51	32,58	854,5	57,0	0,26	0,0502	57,3	88,3	OK

	Formasi Tiang	Pile	Pile			MX (t/m)	MY (t/m)	x (m)	y (m)	$\Sigma x^2$ (m)	$\Sigma y^2$ (m)	P Grup (ton)	P/n (ton)	My.x / x2 (ton)	Mx.y / y2 (ton)	P tunggall (ton)	Qallow (ton)	Ket
			N	s (m)	P (m)													
50 & 59		1	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	-0,85	2,15	19,51	32,58	809,6	54,0	0,77	0,0343	54,8	88,3	OK
		2	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	0,85	2,15	19,51	32,58	809,6	54,0	-0,77	0,0343	53,2	88,3	OK
		3	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	-1,7	1,3	19,51	32,58	809,6	54,0	1,55	0,0207	55,5	88,3	OK
		4	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	0	1,3	19,51	32,58	809,6	54,0	0	0,0207	54,0	88,3	OK
		5	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	1,7	1,3	19,51	32,58	809,6	54,0	-1,55	0,0207	52,4	88,3	OK
		6	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	-0,85	0,45	19,51	32,58	809,6	54,0	0,77	0,0072	54,8	88,3	OK
		7	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	0,85	0,45	19,51	32,58	809,6	54,0	-0,77	0,0072	53,2	88,3	OK
		8	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	-0,85	-0,45	19,51	32,58	809,6	54,0	0,77	-0,0072	54,7	88,3	OK
		9	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	0	-0,45	19,51	32,58	809,6	54,0	0	-0,0072	54,0	88,3	OK
		10	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	1,7	-0,45	19,51	32,58	809,6	54,0	-1,55	-0,0072	52,4	88,3	OK
		11	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	-0,85	-1,3	19,51	32,58	809,6	54,0	0,77	-0,0207	54,7	88,3	OK
		12	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	0,85	-1,3	19,51	32,58	809,6	54,0	-0,77	-0,0207	53,2	88,3	OK
		13	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	-1,7	-2,15	19,51	32,58	809,6	54,0	1,55	-0,0343	55,5	88,3	OK
		14	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	0	-2,15	19,51	32,58	809,6	54,0	0	-0,0343	53,9	88,3	OK
		15	15	1,70	0,40	0,52	-17,77	1,7	-2,15	19,51	32,58	809,6	54,0	-1,55	-0,0343	52,4	88,3	OK
51 & 60		1	20	1,2	0,5	108,94	1,00836	-2,4	1,925	57,6	42,31	1416,981	70,8	-0,042	4,956	75,8	131,2	OK
		2	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	-1,2	1,925	57,6	42,31	1416,981	70,8	-0,021	4,956	75,8	88,3	OK
		3	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	0,0	1,925	57,6	42,31	1416,981	70,8	0	4,956	75,8	88,3	OK
		4	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	1,2	1,925	57,6	42,31	1416,981	70,8	0,021	4,956	75,8	88,3	OK
		5	20	1,2	0,5	108,94	1,00836	2,4	1,925	57,6	42,31	1416,981	70,8	0,042	4,956	75,8	131,2	OK
		6	20	1,2	0,5	108,94	1,00836	-2,4	0,725	57,6	42,31	1416,981	70,8	-0,042	1,867	72,7	131,2	OK
		7	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	-1,2	0,725	57,6	42,31	1416,981	70,8	-0,021	1,867	72,7	88,3	OK
		8	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	0,0	0,725	57,6	42,31	1416,981	70,8	0	1,867	72,7	88,3	OK
		9	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	1,2	0,725	57,6	42,31	1416,981	70,8	0,021	1,867	72,7	88,3	OK
		10	20	1,2	0,5	108,94	1,00836	2,4	0,725	57,6	42,31	1416,981	70,8	0,042	1,867	72,8	131,2	OK
		11	20	1,2	0,5	108,94	1,00836	-2,4	-0,725	57,6	42,31	1416,981	70,8	-0,042	-1,867	68,9	131,2	OK
		12	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	-1,2	-0,725	57,6	42,31	1416,981	70,8	-0,021	-1,867	69,0	88,3	OK
		13	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	0,0	-0,725	57,6	42,31	1416,981	70,8	0	-1,867	69,0	88,3	OK
		14	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	1,2	-0,725	57,6	42,31	1416,981	70,8	0,021	-1,867	69,0	88,3	OK
		15	20	1,2	0,5	108,94	1,00836	2,4	-0,725	57,6	42,31	1416,981	70,8	0,042	-1,867	69,0	131,2	OK
		16	20	1,2	0,5	108,94	1,00836	-2,4	-1,925	57,6	42,31	1416,981	70,8	-0,042	-4,956	65,9	131,2	OK
		17	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	-1,2	-1,925	57,6	42,31	1416,981	70,8	-0,021	-4,956	65,9	88,3	OK
		18	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	0,0	-1,925	57,6	42,31	1416,981	70,8	0	-4,956	65,9	88,3	OK
		19	20	1,2	0,4	108,94	1,00836	1,2	-1,925	57,6	42,31	1416,981	70,8	0,021	-4,956	65,9	88,3	OK
		20	20	1,2	0,5	108,94	1,00836	2,4	-1,925	57,6	42,31	1416,981	70,8	0,042	-4,956	65,9	131,2	OK
52		1	7	0,60	0,40	1,61	-0,10	-0,6	0,6	2,16	1,44	486,3	69,5	0,03	0,67	70,2	95,0	OK
		2	7	0,60	0,40	1,61	-0,10	0,6	0,6	2,16	1,44	486,3	69,5	-0,03	0,67	70,1	95,0	OK
		3	7	0,60	0,40	1,61	-0,10	-0,6	0	2,16	1,44	486,3	69,5	0,03	0	69,5	133,1	OK
		4	7	0,60	0,40	1,61	-0,10	0	0	2,16	1,44	486,3	69,5	0	0	69,5	133,1	OK
		5	7	0,60	0,40	1,61	-0,10	0,6	0	2,16	1,44	486,3	69,5	-0,03	0	69,4	133,1	OK
		6	7	0,60	0,40	1,61	-0,10	-0,6	-0,6	2,16	1,44	486,3	69,5	0,03	-0,67	68,8	95,0	OK
		7	7	0,60	0,40	1,61	-0,10	0,6	-0,6	2,16	1,44	486,3	69,5	-0,03	-0,67	68,8	95,0	OK
61		1	7	0,60	0,40	2,41	5,27	-0,6	0,6	2,16	1,44	540,5	77,2	-1,46	1,00	76,8	95,0	OK
		2	7	0,60	0,40	2,41	5,27	0,6	0,6	2,16	1,44	540,5	77,2	1,46	1,00	79,7	95,0	OK
		3	7	0,60	0,40	2,41	5,27	-0,6	0	2,16	1,44	540,5	77,2	-1,46	0	75,8	133,1	OK
		4	7	0,60	0,40	2,41	5,27	0	0	2,16	1,44	540,5	77,2	0	0	77,2	133,1	OK
		5	7	0,60	0,40	2,41	5,27	0,6	0	2,16	1,44	540,5	77,2	1,46	0	78,7	133,1	OK
		6	7	0,60	0,40	2,41	5,27	-0,6	-0,6	2,16	1,44	540,5	77,2	-1,46	-1,00	74,8	95,0	OK
		7	7	0,60	0,40	2,41	5,27	0,6	-0,6	2,16	1,44	540,5	77,2	1,46	-1,00	77,7	95,0	OK



	Formasi Tiang	Pile	Pile		MX (t/m)	MY (t/m)	x (m)	y (m)	$\Sigma x^2$ (m)	$\Sigma y^2$ (m)	P Grup (ton)	P/n (ton)	My.x / x2 (ton)	Mx.y / y2 (ton)	P tunggall (ton)	Qallow (ton)	Ket	
			N	s (m)														P (m)
62		1	7	0,60	0,40	0,19	3,14	-0,6	0,6	2,16	1,44	517,4	73,9	-0,87	0,08	73,1	95,0	OK
		2	7	0,60	0,40	0,19	3,14	0,6	0,6	2,16	1,44	517,4	73,9	0,87	0,08	74,9	95,0	OK
		3	7	0,60	0,40	0,19	3,14	-0,6	0	2,16	1,44	517,4	73,9	-0,87	0	73,0	95,0	OK
		4	7	0,60	0,40	0,19	3,14	0	0	2,16	1,44	517,4	73,9	0	0	73,9	95,0	OK
		5	7	0,60	0,40	0,19	3,14	0,6	0	2,16	1,44	517,4	73,9	0,87	0	74,8	95,0	OK
		6	7	0,60	0,40	0,19	3,14	-0,6	-0,6	2,16	1,44	517,4	73,9	-0,87	-0,08	73,0	95,0	OK
		7	7	0,60	0,40	0,19	3,14	0,6	-0,6	2,16	1,44	517,4	73,9	0,87	-0,08	74,7	95,0	OK
63		1	9	1,70	0,40	-2,40	-3,32	-0,85	0,85	10,12	2,89	582,2	64,7	0,3	-0,71	64,3	88,3	OK
		2	9	1,70	0,40	-2,40	-3,32	0,85	0,85	10,12	2,89	582,2	64,7	-0,3	-0,71	63,7	88,3	OK
		3	9	1,70	0,40	-2,40	-3,32	-1,70	0	10,12	2,89	582,2	64,7	0,6	0	65,2	88,3	OK
		4	9	1,70	0,40	-2,40	-3,32	-0,85	0	10,12	2,89	582,2	64,7	0,3	0	65,0	88,3	OK
		5	9	1,70	0,40	-2,40	-3,32	0	0	10,12	2,89	582,2	64,7	0	0	64,7	88,3	OK
		6	9	1,70	0,40	-2,40	-3,32	0,85	0	10,12	2,89	582,2	64,7	-0,3	0	64,4	88,3	OK
		7	9	1,70	0,40	-2,40	-3,32	1,70	0	10,12	2,89	582,2	64,7	-0,6	0	64,1	88,3	OK
		8	9	2,70	0,40	-2,40	-3,32	-0,85	-0,85	10,12	2,89	582,2	64,7	0,3	0,71	65,7	88,3	OK
		9	9	3,70	0,40	-2,40	-3,32	0,85	-0,85	10,12	2,89	582,2	64,7	-0,3	0,71	65,1	88,3	OK
64		1	11	0,85	0,40	0,99	0,45	-0,85	0,85	10,12	4,34	610,5	55,5	-0,04	0,194	55,7	88,3	OK
		2	11	0,85	0,40	0,99	0,45	0	0,85	10,12	4,34	610,5	55,5	0	0,194	55,7	88,3	OK
		3	11	0,85	0,40	0,99	0,45	0,85	0,85	10,12	4,34	610,5	55,5	0,04	0,194	55,7	88,3	OK
		4	11	0,85	0,40	0,99	0,45	-1,70	0	10,12	4,34	610,5	55,5	-0,07	0	55,4	88,3	OK
		5	11	0,85	0,40	0,99	0,45	-0,85	0	10,12	4,34	610,5	55,5	-0,04	0	55,5	88,3	OK
		6	11	0,85	0,40	0,99	0,45	0	0	10,12	4,34	610,5	55,5	0	0	55,5	88,3	OK
		7	11	0,85	0,40	0,99	0,45	0,85	0	10,12	4,34	610,5	55,5	0,04	0	55,5	88,3	OK
		8	11	0,85	0,40	0,99	0,45	1,70	0	10,12	4,34	610,5	55,5	0,07	0	55,6	88,3	OK
		9	11	0,85	0,40	0,99	0,45	-0,85	-0,85	10,12	4,34	610,5	55,5	-0,04	-0,194	55,3	88,3	OK
		10	11	0,85	0,40	0,99	0,45	0	-0,85	10,12	4,34	610,5	55,5	0	-0,194	55,3	88,3	OK
		11	11	0,85	0,40	0,99	0,45	0,85	-0,85	10,12	4,34	610,5	55,5	0,04	-0,194	55,3	88,3	OK
65		1	11	0,85	0,40	1,46	0,19	-0,85	0,85	10,12	4,34	633,2	57,6	-0,02	0,286	57,8	88,3	OK
		2	11	0,85	0,40	1,46	0,19	0	0,85	10,12	4,34	633,2	57,6	0	0,286	57,8	88,3	OK
		3	11	0,85	0,40	1,46	0,19	0,85	0,85	10,12	4,34	633,2	57,6	0,02	0,286	57,9	88,3	OK
		4	11	0,85	0,40	1,46	0,19	-1,70	0	10,12	4,34	633,2	57,6	-0,03	0	57,5	88,3	OK
		5	11	0,85	0,40	1,46	0,19	-0,85	0	10,12	4,34	633,2	57,6	-0,02	0	57,5	88,3	OK
		6	11	0,85	0,40	1,46	0,19	0	0	10,12	4,34	633,2	57,6	0	0	57,6	88,3	OK
		7	11	0,85	0,40	1,46	0,19	0,85	0	10,12	4,34	633,2	57,6	0,02	0	57,6	88,3	OK
		8	11	0,85	0,40	1,46	0,19	1,70	0	10,12	4,34	633,2	57,6	0,03	0	57,6	88,3	OK
		9	11	0,85	0,40	1,46	0,19	-0,85	-0,85	10,12	4,34	633,2	57,6	-0,02	-0,286	57,3	88,3	OK
		10	11	0,85	0,40	1,46	0,19	0	-0,85	10,12	4,34	633,2	57,6	0	-0,286	57,3	88,3	OK
		11	11	0,85	0,40	1,46	0,19	0,85	-0,85	10,12	4,34	633,2	57,6	0,02	-0,286	57,3	88,3	OK
66		1	11	0,85	0,40	2,11	0,70	-0,85	0,85	10,12	4,34	668,1	60,7	-0,06	0,413	61,1	88,3	OK
		2	11	0,85	0,40	2,11	0,70	0	0,85	10,12	4,34	668,1	60,7	0	0,413	61,2	88,3	OK
		3	11	0,85	0,40	2,11	0,70	0,85	0,85	10,12	4,34	668,1	60,7	0,06	0,413	61,2	88,3	OK
		4	11	0,85	0,40	2,11	0,70	-1,70	0	10,12	4,34	668,1	60,7	-0,12	0	60,6	88,3	OK
		5	11	0,85	0,40	2,11	0,70	-0,85	0	10,12	4,34	668,1	60,7	-0,06	0	60,7	88,3	OK
		6	11	0,85	0,40	2,11	0,70	0	0	10,12	4,34	668,1	60,7	0	0	60,7	88,3	OK
		7	11	0,85	0,40	2,11	0,70	0,85	0	10,12	4,34	668,1	60,7	0,06	0	60,8	88,3	OK
		8	11	0,85	0,40	2,11	0,70	1,70	0	10,12	4,34	668,1	60,7	0,12	0	60,9	88,3	OK
		9	11	0,85	0,40	2,11	0,70	-0,85	-0,85	10,12	4,34	668,1	60,7	-0,06	-0,413	60,3	88,3	OK
		10	11	0,85	0,40	2,11	0,70	0	-0,85	10,12	4,34	668,1	60,7	0	-0,413	60,3	88,3	OK
		11	11	0,85	0,40	2,11	0,70	0,85	-0,85	10,12	4,34	668,1	60,7	0,06	-0,413	60,4	88,3	OK

	Formasi Tiang	Pile	Pile			MX (t/m)	MY (t/m)	x (m)	y (m)	$\Sigma x^2$ (m)	$\Sigma y^2$ (m)	P Grup (ton)	P/n (ton)	My.x / x2 (ton)	Mx.y / y2 (ton)	P tunggal (ton)	Qallow (ton)	Ket
			N	s (m)	P (m)													
67		1	11	0,85	0,40	-3,14	7,94	-0,85	0,85	10,12	4,34	614,3	55,8	-0,67	-0,615	54,6	88,3	OK
		2	11	0,85	0,40	-3,14	7,94	0	0,85	10,12	4,34	614,3	55,8	0	-0,615	55,2	88,3	OK
		3	11	0,85	0,40	-3,14	7,94	0,85	0,85	10,12	4,34	614,3	55,8	0,67	-0,615	55,9	88,3	OK
		4	11	0,85	0,40	-3,14	7,94	-1,70	0	10,12	4,34	614,3	55,8	-1,34	0	54,5	88,3	OK
		5	11	0,85	0,40	-3,14	7,94	-0,85	0	10,12	4,34	614,3	55,8	-0,67	0	55,2	88,3	OK
		6	11	0,85	0,40	-3,14	7,94	0	0	10,12	4,34	614,3	55,8	0	0	55,8	88,3	OK
		7	11	0,85	0,40	-3,14	7,94	0,85	0	10,12	4,34	614,3	55,8	0,67	0	56,5	88,3	OK
		8	11	0,85	0,40	-3,14	7,94	1,70	0	10,12	4,34	614,3	55,8	1,34	0	57,2	88,3	OK
		9	11	0,85	0,40	-3,14	7,94	-0,85	-0,85	10,12	4,34	614,3	55,8	-0,67	0,615	55,8	88,3	OK
		10	11	0,85	0,40	-3,14	7,94	0	-0,85	10,12	4,34	614,3	55,8	0	0,615	56,5	88,3	OK
		11	11	0,85	0,40	-3,14	7,94	0,85	-0,85	10,12	4,34	614,3	55,8	0,67	0,615	57,1	88,3	OK
68		1	7	0,60	0,40	-2,88	-0,47	-0,6	0,6	2,16	1,44	467,8	66,8	0,13	-1,20	65,8	88,3	OK
		2	7	0,60	0,40	-2,88	-0,47	0,6	0,6	2,16	1,44	467,8	66,8	-0,13	-1,20	65,5	88,3	OK
		3	7	0,60	0,40	-2,88	-0,47	-0,6	0	2,16	1,44	467,8	66,8	0,13	0	67,0	88,3	OK
		4	7	0,60	0,40	-2,88	-0,47	0	0	2,16	1,44	467,8	66,8	0	0	66,8	88,3	OK
		5	7	0,60	0,40	-2,88	-0,47	0,6	0	2,16	1,44	467,8	66,8	-0,13	0	66,7	88,3	OK
		6	7	0,60	0,40	-2,88	-0,47	-0,6	-0,6	2,16	1,44	467,8	66,8	0,13	1,20	68,2	88,3	OK
		7	7	0,60	0,40	-2,88	-0,47	0,6	-0,6	2,16	1,44	467,8	66,8	-0,13	1,20	67,9	88,3	OK



## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

- ❖ Berdasarkan data – data yang telah dikumpulkan dapat di simpulkan bahwa penyebab kegagalan daya dukung pondasi dalam yang tidak sesuai dengan perencanaan karena ada kesalahan dalam perencanaan pondasi, hal ini dibuktikan dengan analisa hasil Interpretasi uji pembebanan di lapangan hanya 71 - 121 ton sementara kapasitas perencanaan yang ditentukan 130 ton. Selain itu, berdasarkan identifikasi data – data di lapangan diketahui bahwa adanya ketidak konsistenan data – data dari pengujian tanah, hal ini dibuktikan dari hasil uji sondir dengan bor log yang tidak sinkron.
- ❖ Dari hasil analisa balik (*Back Analysis*) diperoleh nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) pada kedalaman eksisting (2 - 26 m) adalah  $0^\circ - 7^\circ$ , kemudian nilai kohesi (cu) adalah  $0,89 \text{ t/m}^2 - 4,655 \text{ t/m}^2$ . Analisa ini dilakukan untuk mengetahui nilai – nilai parameter tanah aktual dilapangan dengan menggunakan data masukkan berupa hasil interpretasi uji pembebanan.
- ❖ Analisa perbaikan / perkuatan dilakukan pada semua pondasi group sebanyak 55 pile cap, berikut rinciannya :
  - a. 11 titik pile cap diperdalam dari kedalaman -26,00 m menjadi -36,00 m
  - b. 44 titik pile cap diperdalam dari kedalaman -26,00 m menjadi -36,00 m dan ditambahkan jumlah tiang dalam group. Penambahan tiang dalam grup jumlahnya bervariasi mulai dari 1 tiang pergroup hingga 12 tiang pergroup. Diameter tiang yang digunakan dalam penambahan tiang adalah 40x40 cm dan 50x50 cm.

## 5.2 Saran

Dari hasil perhitungan dan simpulan diatas penulis memberi saran sebagai berikut:

- Dalam melakukan perencanaan pondasi sebaiknya dilakukan oleh orang – orang yang berkompeten dalam merencanakan pondasi, sehingga kemungkinan akan adanya kesalahan tidak akan terjadi.
- Analisa Perbaikan Pondasi dalam pada studi kasus ini dapat dilanjutkan dengan mengabaikan pondasi yang sudah tertanam atau membuat *raft pile*.

## DAFTAR LITERATUR

1. Hardiyatmo,Hary Christady, (2014), *Analisis dan Perencanaan Fondasi I*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
2. Hrdiyatmo,Hary Christady, (2014), *Analisis dan Perencanaan Fondasi II*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
3. Idrus,Ir. M.Sc IPM, (2012), *Handout Daya dukung Fondasi Dalam Tiang Pancang dan Tiang Bor*, Fakultas Teknik Sipil Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta
4. Joseph, E. Bowles, (1993), *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
5. Mukti, Santika Ratna, (2013), Tugas Akhir “Evaluasi Perencanaan Bore Pile Tarik”, Fakultas Teknik Sipil Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta , Halaman 68
6. Teddy,Livian,(2014), “*Evaluasi pondasi Tiang dengan Pile Driven Analysis (PDA) di Kota Palembang*”, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang.
7. Vidayanti MT, Ir.Desiana, (2014), “Mekanika Tanah 1” , Pusat Pengembangan Bahan Ajar – UMB, Jakarta
8. Wibowo,Hendry Tri,(2011), “Analisa Hasil pengujian sondir untuk mengetahui peningkatan kekuatan tanah sangat lunak di lokasi *Gate House* dalam pekerjaan *Grouting at Semarang pumping station & retarding pond*”, Program Studi Teknik Geologi Universitas Diponegoro, Semarang
9. Ardiansyah,MT, IP-U, Ir.Rony , (2010), <https://ronymedia.wordpress.com>