

PERPUSTAKAAN FTSP UII  
HADIAH/BELI

TGL TERIMA : 02 08 - 2003  
NO. JUDUL : 000557  
NO. INV. : 512 000 0557 001  
NO. INDIK. :

## LAPORAN TUGAS AKHIR

# PERBANDINGAN BIAYA MATERIAL BETON DAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG BOR TUNGGAL DENGAN TIANG BOR KELOMPOK

(STUDI KASUS PADA PROYEK PENGEMBANGAN/RENOVASI  
PUSAT PERBELANJAAN PASAR BARU, BANDUNG)



الجامعة الإسلامية  
الاندونيسية

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Disusun oleh:

**Nama : BETTY NIKEN RATNA YUDHANI**  
**No. Mhs : 97 511 231**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2003**



**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**PERBANDINGAN BIAYA MATERIAL BETON**  
**DAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG BOR**  
**TUNGGAL**

**DENGAN TIANG BOR KELOMPOK**

(STUDI KASUS PADA PROYEK PENGEMBANGAN/RENOVASI  
PUSAT PERBELANJAAN PASAR BARU, BANDUNG)



Disusun oleh:

**N a m a : BETTY NIKEN RATNA YUDHANI**  
**No. Mhs : 97 511 231**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**JOGJAKARTA**  
**2003**

**TUGAS AKHIR**  
**PERBANDINGAN BIAYA MATERIAL BETON**  
**DAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG BOR**  
**TUNGGAL**

**DENGAN TIANG BOR KELOMPOK**

(STUDI KASUS PADA PROYEK PENGEMBANGAN/RENOVASI  
PUSAT PERBELANJAAN PASAR BARU, BANDUNG)

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka  
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jogjakarta

Disusun Oleh:

**N a m a : BETTY NIKEN RATNA YUDHANI**

**No. Mhs : 97 511 231**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**JOGJAKARTA**  
**2003**

**Lembar Pengesahan**

**Tugas Akhir**

**PERBANDINGAN BIAYA MATERIAL BETON  
DAN DAYA DUKUNG PONDASI  
TIANG BOR TUNGGAL  
DENGAN TIANG BOR KELOMPOK**

(STUDI KASUS PADA PROYEK PENGEMBANGAN/RENOVASI  
PUSAT PERBELANJAAN PASAR BARU, BANDUNG)

Disusun Oleh:

**N a m a : BETTY NIKEN RATNA YUDHANI**

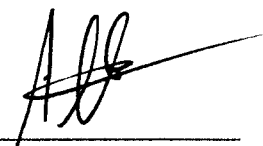
**No. Mhs : 97 511 231**

Telah diperiksa dan disetujui:

**Ir. A. MARZUKO, MT.**

Dosen Pembimbing I

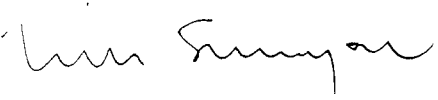
Tanggal:

  
28. 6. 2003

**Ir. TUTI SUMARNINGSIH, MT.**

Dosen Pembimbing II

Tanggal:

  
23-6-03

Tugas Akhir ini dipersembahkan khusus untuk:

**Ir.Ihsan dan De' Muhammad Fikrie Yudhaka Pramuditya**

I won't let u down again,  
& I love both of u with all my heart and soul.

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Mr. Mb.*

Alhamdulillah wa syukurillah, segala puji dan syukur adalah milikNya yang telah mencurahkan samudera karunia dan hidayahNya kepada Penulis, sehingga Penelitian Tugas Akhir pada Proyek Pengembangan/Renovasi Pusat Perbelanjaan Pasar Baru, Bandung dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam dihaturkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh derajat Strata Satu Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia sebagai.

Penelitian Tugas Akhir ini penting dilakukan karena memberikan pengetahuan dan pengalaman bagi mahasiswa tentang pelaksanaan suatu proyek di lapangan dengan segala permasalahan dan cara mengatasinya, sehingga mahasiswa dapat secara langsung mengaplikasikan teori yang didapat dari kuliah sebelum menjadi praktisi dan profesional.

Dalam melakukan penelitian Tugas Akhir serta menyelesaikan laporan ini, penulis telah banyak mendapat bantuan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Yth:

1. Bapak DR. Ir. Luthfi Hasan, MS., selaku Rektor Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII,
3. Bapak Ir. H. Munadhir, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, FTSP Universitas Islam Indonesia,
4. Bapak Ir. A. Marzuko, MT., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir,
5. Ibu Ir. Tuti Sumarningsih, ST, MT., selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir,
6. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji, MS., selaku dosen penguji.

7. Bapak Ir. Herry Putranto, dan Ir. Budhiarto Lawidjaja, *Project Management* PT. Indonesia Pondasi Raya,
8. Mas Abdul Mukmin, Pak Ali Nanang, Pak Enjun, Pak Das, Pak Hermanus, Pak Katimin, dan semua *crew* PT. Indonesia Pondasi Raya.
9. Keluarga besar Soegeng beserta cucu dan cicit.
10. Papa dan Mama tercinta, *My lovely sister* Mbak Liliek, Chellya, Dhellya, dan *My Naughty Brother* Zamrud.
11. *My lovely and cute one*, Muhammad Fikrie Yudhaka Pramuditya, *I love U*.
12. Wiwied dan Dhani, atas persahabatan dan kerja sama kita.
13. BP-21 : Tante Rini, Cek Mence, Nok Naila, Susie, Yochika Alien, little Miko “Jangan pada pingsan kalau gue bisa wisuda ya ...!”.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penyelesaian laporan ini.

Tidaklah ada ciptaan manusia yang sempurna, demikian juga Tugas Akhir. Banyak kekurangan yang perlu dibenahi karena keterbatasan ilmu dan wawasan penulis. Kritik dan saran yang sifatnya konstruktif sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Akhirnya semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

*Wabillahi taufik wal hidayah  
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Jogyakarta, Shaffar 1424 H  
April 2003 M

**Penulis**

## MOTTO



*"Berinfaklah di jalan Allah dan janganlah kamu terjunkan dirimu dalam hal-hal yang merusak, berbuatlah kebaikan. Sesungguhnya Allah cinta orang-orang yang berbuat kebaikan itu"*

(QS. Al Baqarah 195)

*"Lebih banyak orang meminta kepada Tuhan untuk meringankan beban daripada meminta Tuhan untuk menguatkan punggung mereka"*

*"Dikerjakan dengan baik lebih baik daripada dikatakan dengan baik"*

(Ben Franklin)



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>INTISARI</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Tanah .....	5
2.1.1 Sifat-Sifat Tanah .....	6
2.2 Pondasi Tiang .....	7
2.2.1 Cara-cara Tiang Meneruskan Beban .....	8
2.2.2 Bahan untuk Tiang .....	9
2.2.3 Mekanisme Pemikulan Beban .....	11
2.2.4 Metode Pelaksanaan .....	13
2.3 Penelitian sebelumnya .....	17
2.4 Estimasi Biaya Konstruksi .....	18
2.4.1 Tujuan Estimasi Biaya .....	19

2.4.2	Data yang Dibutuhkan dalam Pembuatan Estimasi Biaya .....	20
2.4.3	Jenis –Jenis Estimasi Biaya .....	20
2.4.4	Langkah dan Cara Membuat Estimasi Biaya .....	21
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>		<b>23</b>
2.5	Mekanisme Pemikulan Beban.....	23
2.6	Metode Statis .....	24
2.6.1	Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ ) .....	24
2.6.2	Daya Dukung Selimut Tiang ( $Q_s$ ) .....	27
2.6.3	Daya Dukung Tiang Tunggal .....	31
2.6.4	Daya Dukung kelompok Tiang .....	32
2.6.5	Effisiensi Kelompok Tiang .....	34
2.6.6	Penurunan Pondasi Tiang pada Tanah Non Kohesif .....	38
2.7	Faktor Keamanan .....	44
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>		<b>48</b>
4.1	Subjek Penelitian .....	48
4.2	Objek Penelitian .....	48
4.3	Data yang diperlukan .....	48
4.4	Cara Pengumpulan Data .....	49
4.5	Pengolahan Data .....	49
4.6	Rencana Penelitian .....	51
<b>BAB V DATA STRUKTUR DAN PROSEDUR PERHITUNGAN</b>		<b>52</b>
5.1	Data Struktur dan Parameter Bahan .....	52
5.2	Daya Dukung Tiang Tunggal .....	52
5.2.1	Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ ) .....	53
5.2.2	Daya Dukung Selimut Tiang .....	54
5.2.3	Penurunan .....	56
5.3	Daya Dukung Kelompok Tiang .....	58

## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	G a m b a r	Hal.
Gambar 2.1	Tipe tiang berdasarkan cara tiang meneruskan beban ke dasar tanah pondasi	8
Gambar 2.2	Mekanisme pengalihan beban pada tanah	11
Gambar 2.3	Kurva beban dan penurunan	11
Gambar 2.4	Distribusi pemikulan beban di titik A(a), B(b), C(c)	12
Gambar 2.5	Bagan perhitungan anggaran biaya	22
Gambar 3.1	Variasi satuan perlawanan ujung tiang pada pasir berlapis	25
Gambar 3.2	Faktor daya dukung ujung $N_c^*$ dan $N_q^*$	27
Gambar 3.3	Variasi harga $\alpha$ dengan harga $C_v$	30
Gambar 3.4	<i>Overlapping</i> daerah tegangan sekitar tiang tunggal dan kelompok tiang	33
Gambar 3.5	Kelompok tiang	34
Gambar 3.6	Effisiensi kelompok tiang berdasarkan metode Converse-Labarre	36
Gambar 3.7	Ilustrasi efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode Fled	37
Gambar 4.1	Flow chart metode pengolahan data	50
Gambar 5.1	Ilustrasi penurunan kelompok tiang	57
Gambar 5.2	Kelompok tiang	58

## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	G a m b a r	Hal.
Gambar 2.1	Tipe tiang berdasarkan cara tiang meneruskan beban ke dasar tanah pondasi	8
Gambar 2.2	Mekanisme pengalihan beban pada tanah	11
Gambar 2.3	Kurva beban dan penurunan	11
Gambar 2.4	Distribusi pemikulan beban di titik A(a), B(b), C(c)	12
Gambar 2.5	Bagan perhitungan anggaran biaya	22
Gambar 3.1	Variasi satuan perlawanan ujung tiang pada pasir berlapis	25
Gambar 3.2	Faktor daya dukung ujung $N_c^*$ dan $N_q^*$	27
Gambar 3.3	Variasi harga $\alpha$ dengan harga $C_u$	30
Gambar 3.4	<i>Overlapping</i> daerah tegangan sekitar tiang tunggal dan kelompok tiang	33
Gambar 3.5	Kelompok tiang	34
Gambar 3.6	Effisiensi kelompok tiang berdasarkan metode Converse-Labarre	36
Gambar 3.7	Ilustrasi efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode Fied	37
Gambar 4.1	Flow chart metode pengolahan data	50
Gambar 5.1	Ilustrasi penurunan kelompok tiang	57
Gambar 5.2	Kelompok tiang	58

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Metode Pelaksanaan Pondasi Dengan menggunakan *Cement Milk* dan *Center Boring Method*
- Lampiran 2 Kurva Transfer Beban untuk Tanah Kohesif
- Lampiran 3 Kurva Transfer Beban untuk Tanah non Kohesif
- Lampiran 4 Hasil Pengujian Tanah DB.3
- Lampiran 5 Gambar Pondasi Tiang Tunggal Dengan Diameter 2 m
- Lampiran 6 Daftar Biaya Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Tunggal
- Lampiran 7 Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Kelompok
- Lampiran 8 Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Tunggal

## INTISARI

*Perkembangan struktur bangunan bagian atas yang begitu pesat harus diimbangi pula dengan struktur bangunan bagian bawah atau pondasi yang sesuai. Sampai saat ini di Indonesia baru tiga bangunan bertingkat banyak yang menggunakan pondasi tiang bor tunggal yaitu Bandung Expo Centre, Dago Square dan Pasar Baru Bandung.*

*Tujuan studi kasus ini adalah untuk mengetahui efektifitas daya dukung dan efisiensi biaya material beton. Analisis dilakukan pada proyek gedung 3 lantai atas dan 2 lantai basement Pengembangan/Renovasi Pasar Baru Bandung, yakni membandingkan daya dukung dari pondasi tiang bor tunggal dengan daya dukung tiang bor kelompok.*

*Pondasi tiang kelompok yang dipakai adalah dengan konfigurasi 5 buah tiang bor berdiameter 0,5m dalam satu pile cap, diambil yang mendekati hasil dari perhitungan daya dukung tiang bor tunggal. Perhitungan biaya material beton dihitung berdasarkan volume pondasi dikalikan dengan harga per satuan beton.*

*Hasil analisis dengan menggunakan metode statis mendapatkan daya dukung pondasi tiang bor tunggal berdiameter 2 m sebesar 460,4871 ton, sedangkan daya dukung untuk pondasi tiang bor kelompok yang masing-masing tiang berdiameter 0,5 m sebesar 309,882 ton. Biaya material beton sebesar Rp. 9.189.076,002 untuk pondasi tiang bor tunggal dan Rp. 9.915.984,00 untuk pondasi tiang bor kelompok. Dari hasil komparasi antara pondasi tiang bor tunggal dengan tiang bor kelompok diperoleh efisiensi sebesar 3,805%.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang berfungsi meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan berat pondasi sendiri ke dalam tanah atau batuan yang terletak di bawahnya. Bentuk pondasi bermacam-macam, antara lain pondasi menerus, pondasi sumuran, *foot plat*, dan pondasi tiang. Berdasarkan penentuan kapasitas daya dukung, pondasi tiang dibagi menjadi dua kategori yaitu pondasi tiang tunggal dan pondasi kelompok tiang.

Kelompok tiang umumnya digunakan bila beban yang diterima oleh pondasi terlalu besar, sehingga tidak mampu ditopang oleh satu tiang. Kelompok tiang merupakan kumpulan dari beberapa tiang yang bekerja sebagai satu kesatuan. Kelompok tiang disatukan dengan pelat beton atau biasa dikenal dengan *pile cap (poer)*.

Pada umumnya satu kolom *basement* akan ditumpu oleh kelompok tiang dalam satu *pile cap*. Pada saat *downward construction* berlangsung, peran kolom *basement* digantikan oleh *king post* yang berfungsi sebagai kolom sementara. *King post* ini akan dipotong atau akan menjadi elemen kolom *basement* sesungguhnya setelah fungsinya sebagai kolom sementara selesai.

Faktor utama yang sering menjadi bahan pertimbangan untuk memilih pondasi adalah biaya dan keandalannya. Keandalan disini diartikan keyakinan dari ahli pondasi dimana rancangan yang tertulis di dalam dokumen desain akan memperoleh kondisi yang mendekati kondisi lapangan sehingga dapat memikul beban dengan suatu faktor keamanan yang memadai.

Pada Proyek Pengembangan/Renovasi Pusat Perbelanjaan Pasar Baru, Bandung, digunakan satu pondasi tiang bor tunggal untuk mendukung satu kolom (*one column, one pile*). Pemilihan tiang tunggal ini menyebabkan proses/metoda pelaksanaannya menjadi berbeda dalam beberapa hal jika dibandingkan dengan kelompok tiang. Keunikan pemakaian tiang bor tunggal ini adalah penggunaan *permanent casing* pada pondasi tiang bagian atas yang nantinya akan berfungsi langsung sebagai kolom *basement* sehingga tidak memerlukan lagi *king post*.

Perobohan bangunan lama pada Proyek Pengembangan/Renovasi Pasar Baru, Bandung, menyebabkan muka air tanah tidak rata/seragam elevasinya. Hal ini disebabkan karena adanya air dari bekas sumur resapan bangunan lama yang mempengaruhi tinggi muka air tanah di sekitarnya. Ditambah lokasi Pasar Baru Bandung yang terletak di daerah pusat kota, dimana arus lalu lintas jalan raya sangat padat, sehingga tidak memungkinkan pengerjaan secara konvensional karena mobilisasi dan demobilisasi yang rumit.

Alasan penelitian ini menarik untuk dilakukan karena pondasi tiang tunggal untuk bangunan bertingkat banyak belum pernah digunakan, sehingga banyak hal yang bisa dipelajari.



## 1.2 Rumusan Masalah

Perlu diteliti efisiensi dan efektivitas pemakaian pondasi tiang bor tunggal dibandingkan dengan tiang bor kelompok, untuk mendukung beban rencana yang sama. Perbandingan didasarkan pada daya dukung yang meliputi daya dukung tahanan selimut dan tahanan ujung, juga berdasarkan pada biaya. Apakah pada Proyek Pengembangan/Renovasi Pusat Perbelanjaan Pasar Baru Bandung, pemakaian pondasi tiang bor tunggal efektif dari segi kapasitas daya dukung dan efisien dari segi biaya material beton?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah mengetahui efektivitas daya dukung serta efisiensi biaya antara pondasi tiang bor tunggal dengan tiang bor kelompok, sebagai solusi alternatif pondasi pada Proyek Pengembangan/Renovasi Pusat Perbelanjaan Pasar Baru, Bandung.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini ruang lingkup yang ditinjau adalah:

1. Data karakteristik tanah yang diambil pada Proyek Pengembangan/Renovasi Pusat Perbelanjaan Pasar Baru, Bandung.
2. Data penyelidikan tanah yang digunakan adalah data penyelidikan tanah *boring log* DB-3 pada Proyek Pengembangan/Renovasi Pusat Perbelanjaan Pasar Baru, Bandung.
3. Pondasi tiang bor tunggal yang dimaksudkan adalah pondasi yang digunakan

untuk bangunan tingkat banyak.

4. Pondasi yang dianalisa adalah pondasi tiang bor tunggal dengan diameter bagian bawah 2 m dan panjang 7,5 m dengan beban rencana 1289 ton.
5. Gaya yang bekerja berupa gaya aksial dan tidak diperhitungkan gaya angkat (*up-lift force*), gaya lateral, momen, dan faktor gempa.
6. Pondasi tiang bor kelompok yang dijadikan perbandingan mempunyai konfigurasi 5 buah tiang bor dalam satu *poer*.
7. Pondasi tiang bor tunggal bagian atas yang menggunakan *permanent casing* tidak termasuk dalam analisis.
8. Muka air tanah dianggap seragam pada kedalaman 0,59 m dari permukaan tanah.
9. Permukaan tanah pada proyek dianggap rata/datar.
10. Analisis perhitungan pondasi tiang berdasarkan pada metode statis.
11. Tidak dilakukan perhitungan tulangan dan rangka baja.
12. Hanya menghitung biaya material beton pada bulan September 2002 di daerah Bandung, tidak termasuk biaya tenaga kerja, dan peralatan.
13. Penentuan lapisan keras didasarkan/sesuai dengan lampiran 5.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah memberikan solusi alternatif pemakaian pondasi tiang bor tunggal sebagai pondasi dalam.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanah**

Sebelum pekerjaan pondasi dilaksanakan sangat perlu diketahui sifat tanah pada/di lokasi tersebut. Beberapa sifat-sifat tanah sehubungan dengan pekerjaan pemindahan, penggalian dan pemanfaatan perlu diketahui, karena tanah akan mengalami perubahan-perubahan dalam volume dan kemanipatannya. Jadi, penyelidikan kondisi lapisan tanah di lapangan merupakan prasyarat bagi perencanaan elemen bawah tanah, selain itu informasi yang memadai diperlukan untuk pengkajian nilai ekonomi dari proyek yang diusulkan. (Bowles, J, E, 1991).

Umumnya kondisi tanah dasar fondasi mempunyai karakteristik yang sangat bervariasi. Berbagai parameter yang mempengaruhi karakteristik tanah, antara lain:

##### **1. Pengaruh muka air tanah**

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

##### **2. Pengaruh jenis tanah**

Jenis tanah lempung memiliki karakteristik fisik dan mekanik yang

## 2.2 Pondasi Tiang

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 tinggi 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.

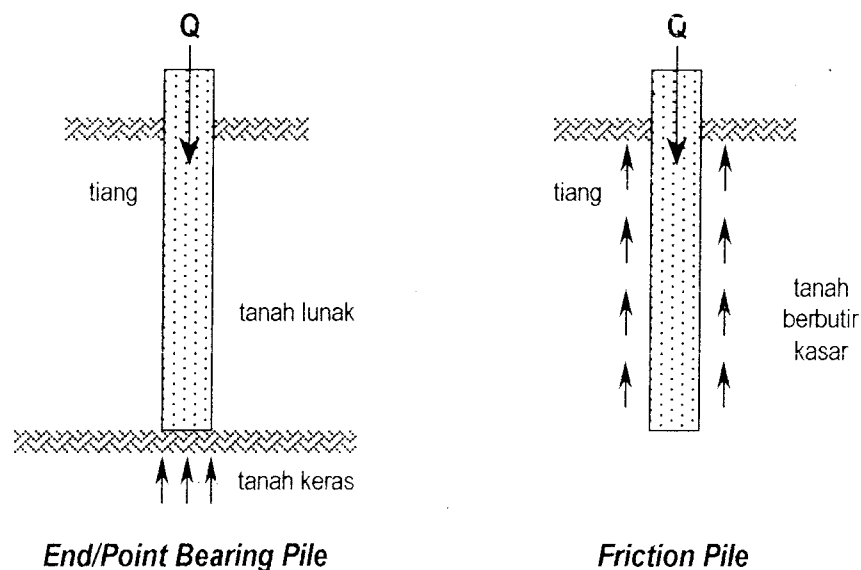
Pondasi tiang digunakan dalam beberapa tujuan, antara lain untuk:

1. Meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak, ke tanah pendukung yang kuat.
  2. Meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan atau lekatan dinding tiang dengan tanah di sekitarnya.
  3. Mengankurkan bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan hidrostatis atau momen penggulingan.
  4. Menahan gaya-gaya horisontal dan gaya yang arahnya miring.
  5. Memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah pada pondasi tiang pancang.
  6. Mendukung pondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air.
- (HC. Hardiyatmo, 2001).

### 2.2.1 Cara Tiang Meneruskan Beban

Tipe tiang dapat dibedakan menurut cara tiang meneruskan beban kerja ke tanah dasar fondasi.

1. Bilamana ujung tiang mencapai tanah keras atau tanah baik dengan kuat dukung tinggi, maka beban yang diterima tiang akan diteruskan ke tanah dasar fondasi melalui ujung tiang. Jenis tiang ini disebut *end/point bearing pile*.
2. Bila tiang dipancang pada tanah dengan nilai kuat gesek tinggi (jenis tanah pasir) maka beban yang diterima oleh tiang akan di tahan berdasarkan gesekan tiang dan tanah sekeliling tiang. Jenis tiang ini disebut *friction pile*. Untuk tanah berjenis lempung yang memiliki kohesi yang tinggi maka beban yang diterima tiang akan ditahan berdasarkan lekatan antara tiang dengan tanah sekeliling tiang. Jenis tiang ini disebut *cohesion pile*.



Gambar 2.1 Tipe tiang berdasarkan cara tiang meneruskan beban

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

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

### **3. Pondasi Tiang Beton**

Berdasarkan pekerjaannya pondasi tiang beton dibedakan sebagai berikut:

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

Tiang jenis ini dibentuk di tempat pengecoran tertentu atau di pabrik dan kemudian dibawa ke lokasi proyek. Penampang dari tiang beton pracetak biasanya berbentuk bulat atau prisma. Pada saat pemancangan tiang beton pracetak ke dalam tanah akan menimbulkan getaran yang sangat kuat yang menyebabkan deformasi pada lapisan tanah sekitarnya.

- b. Tiang beton cetak di tempat (*cast in place pile*)

Tiang beton ini dicetak langsung di tempat dengan terlebih dahulu membuat lubang di dalam tanah, diisi dengan tulangan kemudian dicor beton. Untuk menghindari keruntuhan tanah pada lubang bor biasanya dipakai *casing*. Pengeboran harus dilaksanakan dengan seksama guna

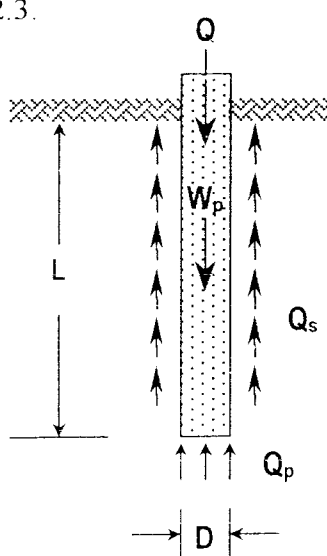
menghindari pengisian beton yang tidak merata dan berakibat mempengaruhi kapasitas daya dukungnya.

#### 4. Pondasi Tiang Komposit

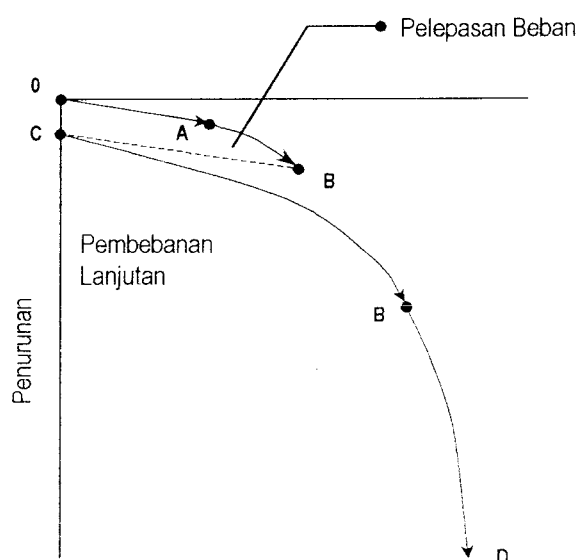
Beberapa kombinasi bahan tiang pancang atau tiang bor dengan tiang pancang dapat digunakan untuk mengatasi masalah-masalah pada kondisi tanah tertentu. (HC. Hardiyatmo, 2001)

##### 2.2.3 Mekanisme Pemikulan Beban

Fondasi tiang mengalihkan beban kepada tanah melalui dua mekanisme gesekan selimut dan tahanan ujung, kedua komponen tersebut ditunjukkan oleh gambar 2.2. Gesekan kulit diperoleh sebagai akibat adhesi atau perlawanan gesekan antara selimut tiang dengan tanah sekitarnya, sedangkan tahanan ujung timbul karena desakan ujung tiang terhadap tanah dasar. Jika fondasi tiang dibebani akan menghasilkan kurva beban penurunan seperti ditunjukkan gambar 2.3.



Gambar 2.2 Mekanisme pengalihan beban pada tanah. (Coduto, hal 315)



Gambar 2.3 Kurva beban dan penurunan

#### 2.2.4 Metode Pelaksanaan

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

##### 1. Fondasi tiang *precast pile*

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

##### a. Metode pukulan (*perkusif*)

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



### 1. *Drop hammer*

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

### 2. *Diesel hammer*

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

### 3. *Hydraulic Hammer*

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

#### b. Metode *preboring* dengan *cement milk*

Metode ini dikembangkan untuk diterapkan di lokasi kerja yang rentan terhadap pengaruh getaran, dan polusi suara atau udara. Metode ini menggunakan tiang pancang pracetak berbentuk bundar (*PC Spun Pile*)

penggunaan tiang bor biasanya mengenai kapasitas atau daya dukung per unit tiang dan kondisi lingkungan pekerjaan. Aplikasi dari masing-masing proses tersebut tergantung pada jenis tanah dan ketinggian muka air tanah setempat. Berdasarkan proses pengeboran tiang, pekerjaan tiang bor dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu pekerjaan tiang bor tanpa proteksi dan pekerjaan tiang bor dengan proteksi.

#### 1. Pekerjaan Tiang Bor tanpa Proteksi

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

##### a. Pelaksanaan tiang bor pada kondisi tanah ideal

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

##### b. Pelaksanaan tiang bor pada kondisi tanah berbatu

3. Metode statis yang digunakan dalam menganalisa daya dukung fondasi tiang pancang kelompok *Mini Franki MF-32*, menunjukkan nilai daya dukung yang lebih besar dari metode yang digunakan oleh *Frankipile* yaitu metode dinamik.
4. Hasil analisa menunjukkan kesesuaian dengan hipotesis, sehingga hipotesis dapat diterima. Hipotesisnya: “Analisa dengan menggunakan metode statis akan mendapatkan nilai daya dukung fondasi yang lebih besar daripada menggunakan metode pemancangan Frankipile (dinamik)”.
5. Metode statis yang digunakan dalam menganalisa daya dukung fondasi tiang pancang kelompok *Mini Franki MF-32*, menunjukkan panjang tiang bervariasi dapat diefisiensikan dengan menggunakan panjang tiang yang diseragamkan dari muka tanah.

#### **2.4 Estimasi Biaya Konstruksi**

Estimasi biaya konstruksi adalah perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk suatu proyek konstruksi. Menurut definisi dari National Estimating Society USA. “Estimasi biaya adalah seni memperkirakan kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia pada waktu itu.”

Perkiraan biaya berkaitan erat dengan pengalaman dan kajian biaya kegiatan terdahulu yang akan dipakai sebagai bahan untuk menyusun estimasi biaya. Estimasi biaya dilakukan sebelum pelaksanaan proyek, sehingga dengan

estimasi biaya konstruksi diharapkan tidak jauh berbeda dengan biaya sebenarnya atau biaya aktual (*actual cost*).

#### **2.4.1 Tujuan Estimasi Biaya**

Tujuan pembuatan estimasi biaya:

##### **1. Bagi Pemilik:**

- a. Sebagai patokan penyediaan dana,
- b. Mengetahui kelayakan proyek tersebut dari segi keuangan/ekonomi,
- c. Sebagai bahan evaluasi proyek,
- d. Sebagai dasar pembanding dalam lelang/tender.
- e. Penentuan besarnya pajak dan asuransi.

##### **2. Bagi Konsultan (Perencana, MK):**

- a. Sebagai bahan perencanaan, lebih lanjut (pekerjaan tambah, kurang, pengembangan),
- b. Pemilihan alternatif proyek (luasnya, kualitas bahan, jenis bahan),
- c. Alat pengendali biaya.

##### **3. Bagi Kontraktor:**

- a. Sebagai dasar tender dan pengajuan penawaran,
- b. Dasar perkiraan modal/dana pelaksanaan,
- c. Dasar untuk penyediaan bahan, alat, tenaga kerja, dan waktu pelaksanaan,
- d. Dasar untuk pengendalian biaya,
- e. Dasar untuk pengajuan pembayaran.

### 2.4.2 Data yang Diperlukan Dalam Pembuatan Estimasi Biaya

Data yang diperlukan untuk estimasi biaya:

1. Gambar rencana:
  - a. Arsitektur (denah, tampak, potongan, dan detail).
  - b. Struktur.
  - c. ME dan *Plumbing*.
  - d. Taman dan infrastruktur.
2. Spesifikasi (peraturan dan syarat-syarat).
3. Berita acara penjelasan pekerjaan.
4. Daftar harga bahan.
5. Daftar upah di daerah tersebut.
6. Peraturan-peraturan yang terkait.
7. Spesifikasi bahan dari pabrik (produsen).
8. Daftar analisa BOW.
9. Daftar upah borongan.
10. Daftar volume/satuan tiap pekerjaan.

### 2.4.3 Jenis-Jenis Estimasi Biaya

Secara umum estimasi biaya dapat dibagi menjadi dua kelompok:

#### 1. Estimasi Awal/Estimasi Kasar

Yaitu estimasi biaya yang perhitungannya hanya didasarkan pada luas lantai bangunan dikalikan satuan harga per m<sup>2</sup> nya. Satuan harga bangunan per m<sup>2</sup> dibedakan atas kelas bangunan, tipe dan daerah dari bangunan tersebut.

Kelas dan tipe bangunan didasarkan pada jumlah tingkat/lantai, struktur bangunan (sederhana, sedang, berat), macam bahan bangunan (sederhana, biasa, mewah), macam bangunan kelas A, B, C. Estimasi biaya kasar digunakan untuk mengetahui anggaran biaya proyek secara cepat.

## **2. Estimasi Detil/Rinci**

Yaitu estimasi biaya yang didasarkan pada perhitungan rinci tiap item pekerjaan yang ada pada proyek (volume) dan menggunakan Analisa Harga Satuan setiap item pekerjaan, sehingga diperoleh estimasi biaya total untuk seluruh proyek tersebut.

### **2.4.4 Langkah dan Cara Membuat Estimasi Biaya**

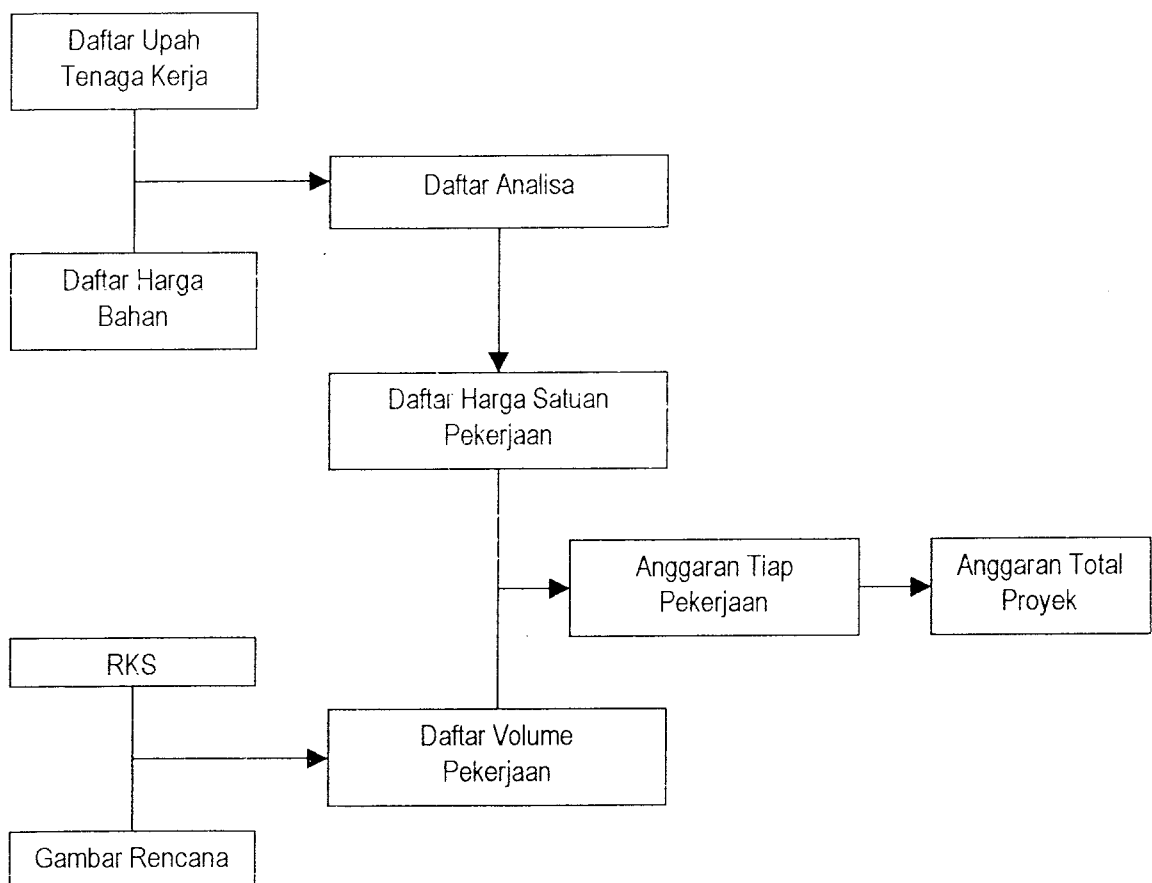
Langkah dan cara yang diperlukan dalam membuat estimasi biaya suatu proyek adalah sebagai berikut:

1. Kumpulkan data-data tentang harga bahan dan upah tenaga kerja,
2. Menyusun data-data tentang harga bahan dan upah tenaga kerja, sehingga menjadi sebuah daftar harga,
3. Mengumpulkan data gambar proyek dan spesifikasinya,
4. Membuat daftar volume pekerjaan dari data gambar proyek yang spesifikasinya sudah jelas,
5. Menyusun perhitungan harga satuan untuk tiap pekerjaan,
6. Membuat rekapitulasi dari masing-masing jenis pekerjaan, sehingga diperoleh harga nominal proyek. Kemudian dengan menambah jasa Pemborong/

Kontraktor ( $\pm 10\%$  dari jumlah nominal) dan PPN  $\pm 10\%$  maka diperoleh jumlah total anggaran penawaran/kontrak,

#### 7. Menyusun biaya total proyek.

Adapun urutan dan langkah membuat estimasi biaya diatas dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini:



Gambar 2.5 Bagan perhitungan anggaran biaya

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Mekanisme Pemikulan Beban

Fondasi tiang mengalihkan beban kepada tanah melalui dua mekanisme gesekan selimut dan tahanan ujung, kedua komponen tersebut ditunjukkan oleh gambar 2.2. Gesekan kulit diperoleh sebagai akibat adhesi atau perlawanan gesekan antara selimut tiang dengan tanah sekitarnya, sedangkan tahanan ujung timbul karena desakan ujung tiang terhadap tanah dasar. Jika fondasi tiang dibebani akan menghasilkan kurva beban penurunan seperti ditunjukkan oleh gambar 2.3 .

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

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

Dimana :

$Q_u$  = daya dukung ultimit tiang

$Q_p$  = daya dukung ujung (selimut)

$Q_s$  = daya dukung selimut ultimit

$W_p$  = berat tiang



Komponen  $Q_p$  dan  $Q_s$  ditunjukkan pada tahap pembebanan terakhir gambar 2.4, berat tiang  $W_p$  umumnya amat kecil dan dapat diabaikan.

### 3.2 Metode Statis

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

#### 3.2.1 Daya dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )

##### 1. Tanah pasir

Formula yang digunakan menurut cara *Mayerhof* (1976) adalah:

$$Q_{p1} = A_p \cdot q_p = A_p \cdot q \cdot N_q^* \quad (3.2)$$

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

$$Q_{p2} = A_p \cdot q_l = A_p \cdot 5 \cdot N_q^* \cdot \tan \phi \quad (3.3)$$

dimana:

$Q_p$  = daya dukung ujung tiang

$q_p$  = daya dukung per satuan luas

$A_p$  = luas penampang ujung tiang

$q$  = tegangan vertikal efektif

$N_q^*$  = faktor daya dukung ujung

$q_l$  = daya dukung batas

$\phi$  = sudut geser dalam

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

Untuk tanah pasir berlapis harga  $q_p$  dapat ditentukan dengan cara berikut ini (lihat gambar 3.1):

$$q_p = q_{i(l)} + \left[ q_{i(d)} - q_{i(l)} \right] \frac{L_b}{10 \cdot D} \quad (3.4)$$

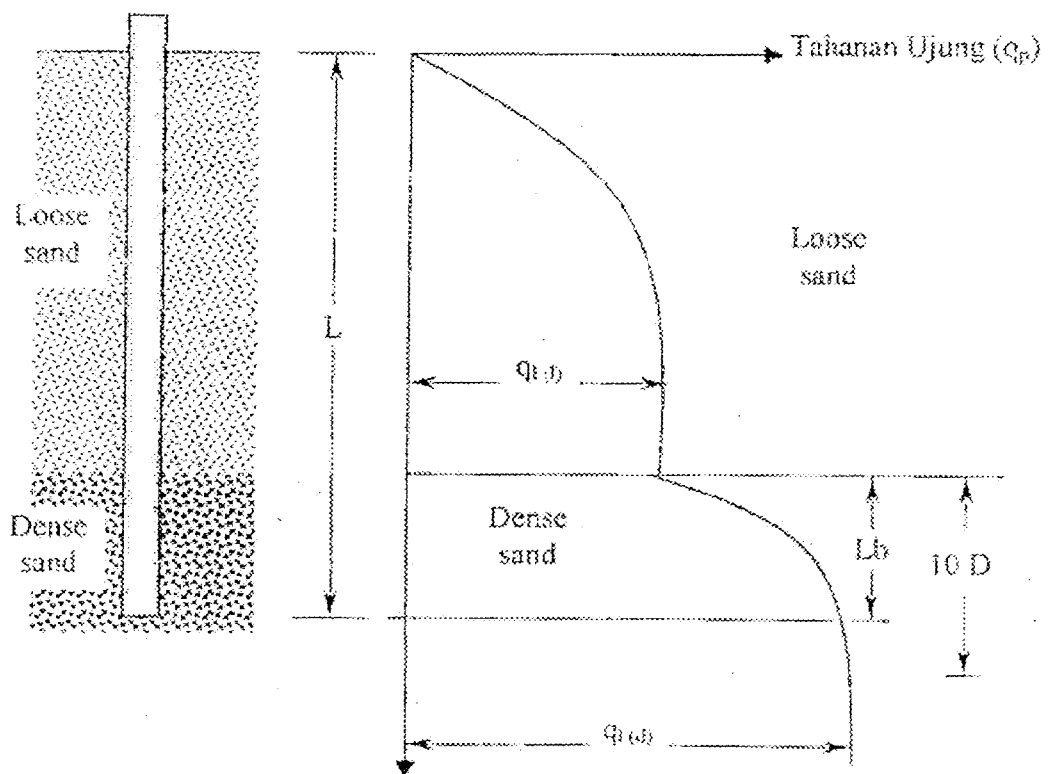
dimana:

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

$q_{i(d)}$  = harga  $q_i$  pada lapisan *dense sand*

$L_b$  = panjang penetrasi ke dalam lapisan bawah

$D$  = diameter atau sisi dan tiang



Gambar 3.1 Variasi satuan perlawanan ujung tiang pada pasir berlapis.

*Reese and O'Neill* (1989) merekomendasikan perhitungan tahanan ujung untuk tanah non kohesif sebagai berikut:

$$q'_{cr} = 0,60 \sigma_r \cdot N_{60} \leq 90.000 \text{ lb/ft}^2 \text{ (4500 kPa)} \quad (3.5)$$

Keterangan:

$\sigma_r$  = tegangan referensi =  $2000 \text{ lb/ft}^2 = 100 \text{ kPa}$

$N_{60}$  = rata-rata nilai SPT  $N_{60}$  antara lapisan tanah keras dan kedalaman yang setara dengan 2 kali diameter ujung tiang di bawah tanah keras.

Jika diameter ujung lebih dari 50 in (1200 mm) maka nilai  $q'_{cr}$  diubah menjadi  $q'_{cr}$  untuk menjaga penurunan yang terjadi tetap pada toleransi yang diijinkan ( $\leq 1$  in), dengan mengikuti persamaan berikut:

$$q'_{cr} = 4,17 (B_r/B_b) q'_{cr} \cdot B_b \geq 50 \text{ in (1200 mm)} \quad (3.6)$$

## 2. Tanah lempung

Formula yang digunakan adalah:

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c^* \quad (3.7)$$

Dimana:

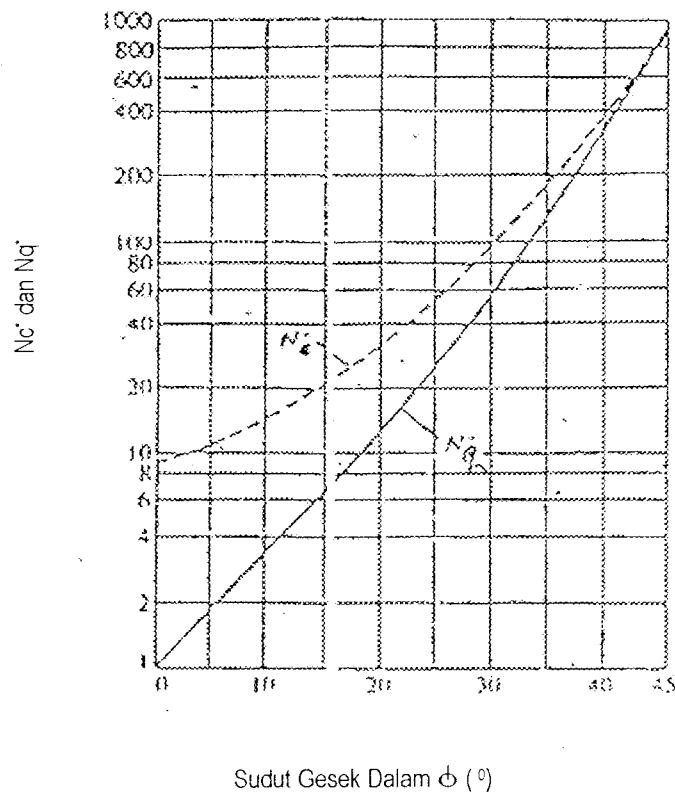
$Q_p$  = daya dukung ujung tiang

$A_p$  = luas penampang ujung tiang

$N_c^*$  = faktor daya dukung tanah

$c_u$  = nilai kohesi *undrained*

Harga dari  $N_c^*$  ditentukan sebagai fungsi sudut geser dalam ( $\phi$ ) seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2.

Gambar 3.2 Faktor daya dukung ujung  $N_c^*$  dan  $N_q^*$ 

### 3.2.2 Daya Dukung Selimut Tiang ( $Q_s$ )

Daya dukung selimut tiang ditentukan, berdasarkan rumus berikut ini:

$$Q_s = \sum A_s \cdot f \quad (3.8)$$

dimana:

$A_s$  = luas selimut tiang

$$= p \cdot \Delta L$$

$p$  = keliling tiang

$f$  = gesekan selimut satuan

$\Delta L$  = panjang segmen tiang

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

### 1. Tanah pasir

$$f = K \cdot \sigma' \cdot \tan \delta \quad (3.9)$$

dimana:

$K$  = koefisien tegangan tanah lateral

$\sigma'$  = tegangan vertikal efektif tanah

$\delta$  = sudut gesek permukaan

Harga  $K$  dan  $\delta$  menurut *Tomlinson* (1986) ditentukan berdasarkan tabel berikut:

Tabel 3.1 Penentuan harga  $K$  dan  $\delta$

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

Pada perhitungan tahanan gesek selimut ( $f_s$ ) pada tanah non kohesif juga bisa digunakan metode  $\beta$  (*Donald P. Coduto, 1994*) sebagai berikut:

#### Metode $\beta$

$$f_s = \beta \cdot \sigma_v \quad (3.10)$$

$$\beta = K \tan \Phi_s \quad (3.11)$$

Keterangan:

$\sigma_v'$  = tegangan vertikal efektif pada tengah lapisan tanah.

$K$  = koefisien tekanan tanah lateral.

$\Phi_s$  = derajat gesek pada lapisan tanah.

Dengan tabel 3.1 dan 3.2 dapat ditentukan  $\Phi_s$  dan  $K$  dari derajat gesek tanah ( $\Phi$ ) dan koefisien tekanan tanah lateral pra konstruksi ( $K_o$ ). Akan tetapi  $K_o$  sulit ditentukan, sehingga Reese dan O'Neill (1989) memberikan rumus empiris untuk menghitung  $\beta$ .

$$\beta = 1,5 - 0,135 (z/B_r) \quad , \quad 0,25 \leq \beta \leq 1,20 \quad (3.12)$$

Keterangan:

$z$  = kedalaman dari permukaan tanah hingga tengah-tengah lapisan tanah.

$B_r$  = lebar referensi = 1,0 ft = 0,3 m

Tabel 3.2 Tipikal nilai  $\Phi_s/\Phi$  untuk desain pengeboran lapisan

(Sumber: Donald P. Coduto, 1984)

Construction Method	$\Phi_s/\Phi$
Open hole or temporary casing	1,0
Slurry method – minimal slurry cake	1,0
Slurry method – heavy slurry cake	0,8
Permanent casing	0,7

Tabel 3.3 Tipikal nilai  $K/K_o$  untuk desain pengeboran lapisan

(Sumber: Donald P. Coduto, 1984)

Construction Method	$K/K_o$
Dry construction with minimal sidewall disturbance and prompt concreting	1

Tabel 3.3 Lanjutan

Slurry construction – good workmanship	1
Slurry construction – poor workmanship	2/3
Casing under water	5/6

## 2. Tanah lempung

Ada beberapa formula yang digunakan diantaranya:

### a. Metode alpha (*Tomlinson*)

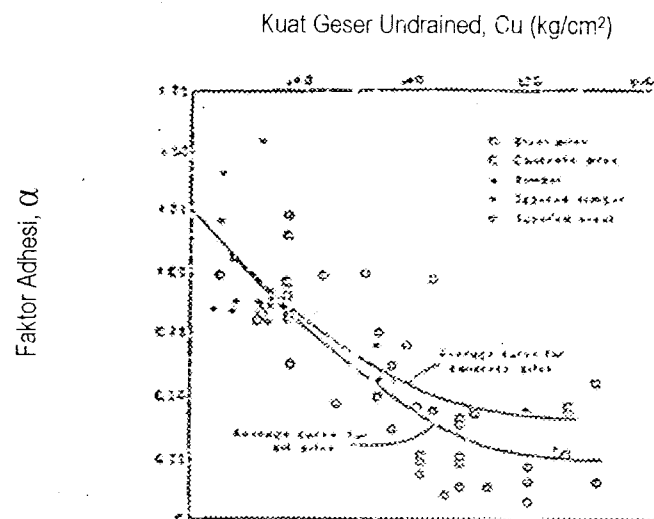
$$f = \alpha \cdot c_u \quad (3.13)$$

dimana:

$f$  = gesekan selimut

$\alpha$  = konstanta (ditentukan oleh gambar 3.3)

$c_u$  = nilai kohesi *undrained*



Gambar 3.3 Variasi Harga  $\alpha$  Terhadap Harga  $c_u$

### b. Metode beta (Metode Tegangan Efektif)

$$f_{ave} = \beta \cdot \sigma' \quad (3.14)$$

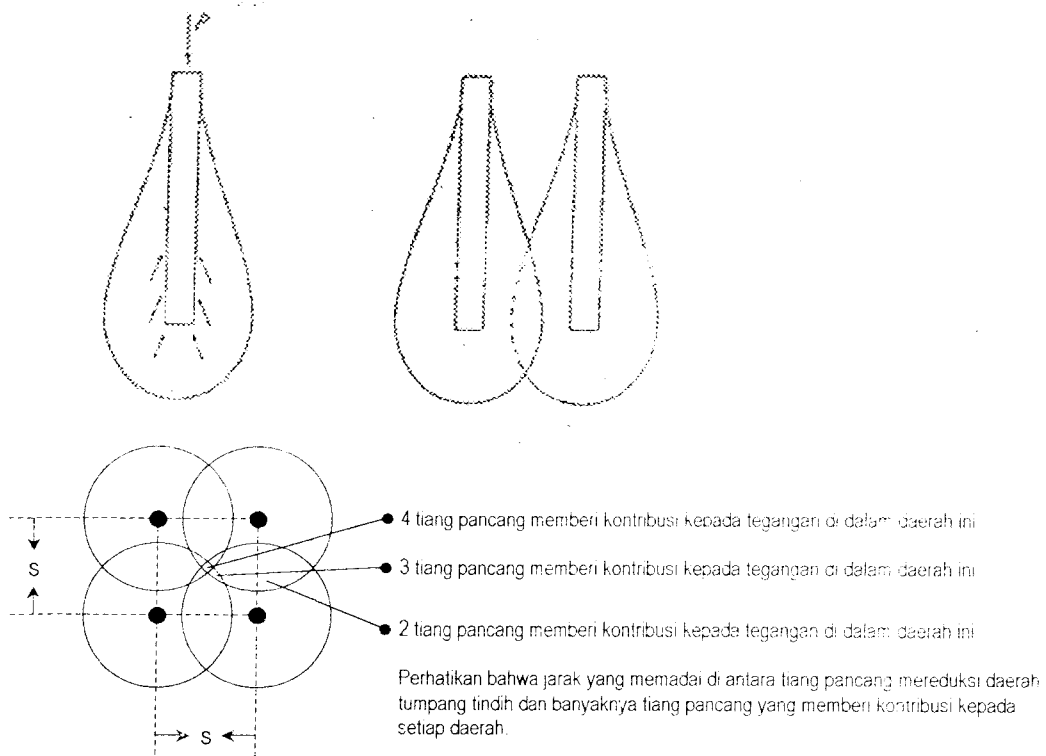
### 3.2.4 Daya Dukung Kelompok Tiang

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

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

Pada tiang tahanan gesek (fondasi tiang pada tanah lempung atau pasir lepas) maka *overlapping* tegangan akan terjadi di sekitar tiang yang akan mempengaruhi daya dukungnya. Karena jarak antara tiang tidak dapat dibuat terlalu besar (oleh alasan praktis) maka pengaruh kelompok tiang ini tidak dapat dihindarkan sehingga daya dukung kelompok tiang dapat lebih kecil dari jumlah total daya dukung masing-masing tiang. Pada gambar 3.4 menunjukkan daerah pengaruh tegangan pada tiang tunggal dan kelompok tiang.





Gambar 3.4 *Overlapping* daerah tegangan sekitar tiang tunggal dan kelompok tiang

Dalam masalah kelompok tiang, yang terpenting adalah jarak tiang pada umumnya susunan tiang dibuat simetris sehingga pusat berat kelompok tiang dan pusat berat *pile cap* terletak pada satu garis vertikal (gambar 3.5). Kebanyakan peraturan bangunan mensyaratkan jarak minimum antara tiang  $2 D$  dan jarak optimal antara tiang adalah  $2,5 D - 3,0 D$  dan jarak tiang ke tepi poer adalah  $1,25D$ .

dimana:

$m$  = jumlah tiang pada deretan baris

$n$  = jumlah tiang pada deretan kolom

$p$  = keliling pada penampang tiang

$D$  = diameter atau sisi tiang

$S$  = jarak antar tiang

b. Formula *Los Angeles*

$$Eg = 1 - \frac{D}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} \left[ m(n-1) + n(m-1) + (m-1)(n-1)\sqrt{2} \right] \quad (3.21)$$

dimana besar-besarnya sesuai dengan definisi terdahulu.

c. Formula *Seiler Keeney*

$$Eg = \left[ 1 - \frac{36 \cdot s \cdot (m+n-2)}{(75 \cdot s^2 - 7)(m+n-1)} \right] + \frac{0,3}{m+n} \quad (3.22)$$

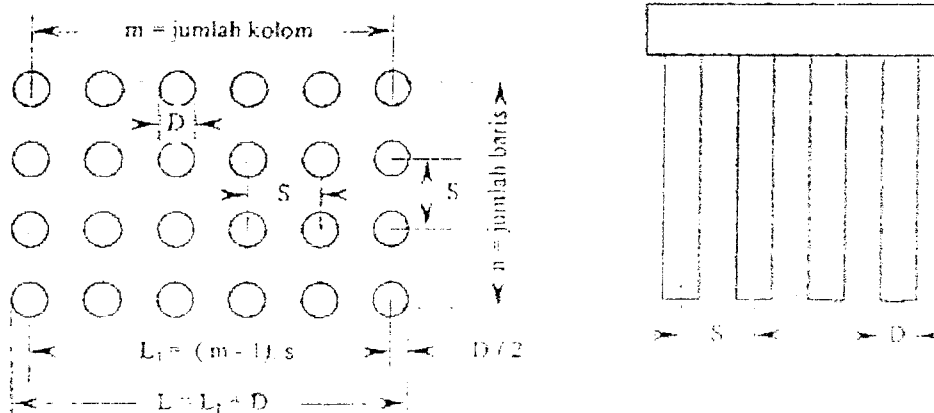
pada formula di atas ( $s$ ) diambil dalam satuan meter.

d. Formula *Converse-Labarre*

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

$$Eg = 1 - \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \theta \quad (3.23)$$

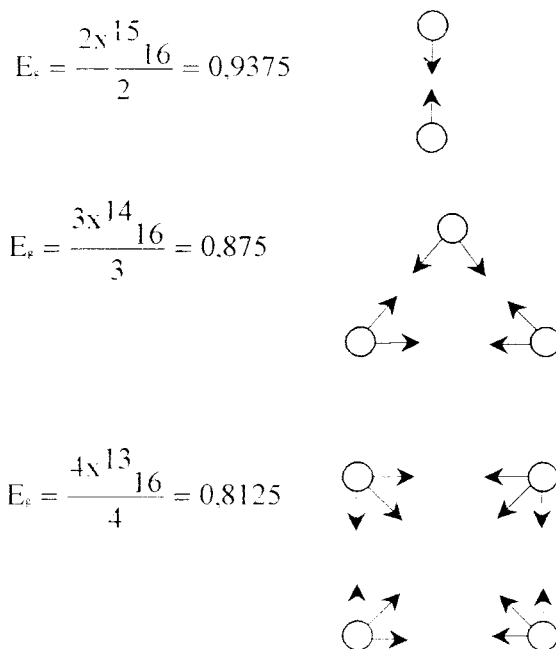
$$\theta = \arctg\left(\frac{D}{s}\right) \quad (3.24)$$



Gambar 3.6 Efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode *Converse-Labarre*

e. Formula *iled*

Dengan menggunakan metoda *iled*, dalam metoda ini kapasitas pondasi individual tiang berkurang sebesar  $1/16$  akibat adanya tiang yang berdampingan baik dalam arah lurus maupun arah diagonal. Ilustrasi hasil perhitungan formula ini diberikan pada gambar 3.7



$Q_a$  = daya dukung ijin tiang tunggal

## 2. Tanah lempung

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

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

- a. Ditentukan jumlah kapasitas kelompok tiang

$$\Sigma Q_u = m \cdot n \cdot (Q_p + Q_s) \quad (3.27)$$

$$= m \cdot n \cdot [9 \cdot c_{u(p)} + \alpha \cdot c_u \cdot p \cdot \Delta L] \quad (3.28)$$

- b. Ditentukan daya dukung blok berukuran  $L_g \times B_g \times \Delta L$

dimana:

$L_g$  = panjang kelompok

$B_g$  = lebar kelompok

$p$  = keliling

$c_u$  = kohesi tanah

$\Delta L$  = panjang segmen tiang

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

### 3.2.6 Penurunan (*settlement*) fondasi tiang pada tanah non kohesif

Penurunan (*settlement*) pada fondasi tiang merupakan masalah yang kompleks karena gangguan pada keadaan tegangan tanah saat pemancangan dan

ketidakpastian mengenai distribusi dan posisi pengalihan beban (*load transfer*) dari tiang ke tanah.

### 1. Penurunan fondasi tiang tunggal

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

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \quad (3.29)$$

Dimana:

$S$  = penurunan total tiang fondasi tiang tunggal

$S_s$  = penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal

$S_p$  = penurunan dari ujung tiang

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

$$\sum Q_u = Lg \cdot Bg \cdot c_{u(p)} \cdot N_c * + \sum 2 \cdot (L \cdot D) \cdot c_u \cdot \Delta L \quad (3.30)$$

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha \cdot Q_s) L}{A_p \cdot E_p} \quad (3.31)$$

Dimana:

$Q_p$  = beban yang didukung ujung tiang

$Q_s$  = beban yang didukung selimut tiang

$L$  = panjang tiang

$A_p$  = luas penampang tiang

$E_p$  = modulus elastis tiang =  $2 \cdot 10^6$  ton/m<sup>2</sup>

$\alpha$  = koefisien distribusi

*Vesic* (1977) menyarankan harga  $\alpha = 0,33 - 0,5$  untuk distribusi gesekan yang seragam sepanjang tiang. Distribusi tegangan seperti ini hanya

$E_g$  = modulus elastisitas tanah = 1350 ton/m<sup>2</sup>

$\nu_s$  = poisson's ratio tanah = 0,2

$I_{ws}$  = faktor pengaruh hubungan antara panjang tiang tertanam dengan diameter tiang

$$I_{ws} = 2 + 0,3 \cdot \sqrt{\frac{L}{D}} \quad (3.34)$$

Tabel 3.5 Harga Poisson's Ratio  
(T.W. Lambe & R.V. Whitman, 1969)

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

Penurunan pondasi tiang bor di bawah beban yang didukung biasanya kurang dari 1,0 inch (25 mm) untuk semua struktur bangunan. Akan tetapi, jika bagian terbesar dari kapasitas terletak pada tahanan ujungnya saja, maka penurunan akan lebih besar dari 1,0 inch.

*Resse and O'Neil* (1988), mengembangkan sebuah kurva untuk memperkirakan penurunan pondasi tiang bor dibawah *service loads*. Kurva tersebut menunjukkan perbandingan antara perlawanan yang termobilisasi dengan perlawanan aktual. Jika hasil penurunan terlalu besar, kurva tersebut digunakan untuk mengubah desain yang sesuai. Lihat lampiran 2 dan 3.

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

$$S_g = S_R \cdot \sqrt{\frac{B_g}{D}} \quad (3.35)$$

Dimana:

$S_g$  = penurunan kelompok tiang

$S_R$  = penurunan rata-rata fondasi tiang tunggal

$B_g$  = lebar kelompok tiang

$D$  = diameter tiang tunggal

Menurut *Meyerhof* (1976), penurunan kelompok tiang pada pasir dan kerikil dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$s_{g(c)}(\text{mm}) = \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{B_g \cdot I}}{N_{cor}} \quad (3.36)$$

dimana:

$$q = \frac{Q_g}{(L_g \cdot B_g)} \quad (3.37)$$

$L_g$  = panjang dari kelompok tiang

$B_g$  = Lebar kelompok tiang

$$N_{cor} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{\sigma_v'} N \quad (3.38)$$

$$I = 1 - \frac{L}{8 \cdot B_g} \geq 0,5 \quad (3.39)$$

I = faktor pengaruh antara panjang tiang dengan lebar kelompok tiang

L = panjang tiang

### 3.3 Faktor Keamanan

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

$$Q_a = Q_u / FK \quad (3.40)$$

$$Q_a = \{ Q_p / FK_1 \} + \{ Q_s / FK_2 \} \quad (3.41)$$

Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk perancangan fondasi tiang bergantung pada jenis tiang, sebagai berikut:

#### 1. Tiang Pancang

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \quad (3.42)$$

Beberapa peneliti menyarankan faktor aman yang tidak sama untuk tahanan gesek dinding dan tahanan ujung. Kapasitas ijin dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Q_a = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{1,5} \quad (3.43)$$

Penggunaan faktor aman sebesar 1,5 untuk tahanan gesek dinding ( $Q_s$ ) yang lebih kecil dari faktor aman untuk tahanan ujung tiang ( $Q_p$ ) yaitu 3,



Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka kapasitas ultimit tiang perlu dibagi dengan faktor aman tertentu. Faktor aman ini perlu diberikan dengan maksud untuk:

1. Memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan,
2. Memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah,
3. Meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja,
4. Meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi,
5. Meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam di antara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.

Sehubungan dengan alasan diameter butir ( $d$ ), dari hasil banyak pengujian-pengujian beban tiang, baik tiang pancang maupun tiang bor yang berdiameter kecil sampai sedang (600 mm), penurunan akibat beban kerja (*working load*) yang terjadi lebih kecil dari 10 mm untuk faktor aman yang tidak kurang dari 2,5 (Tomlinson, 1977)

*Reese dan O'Neill* menyarankan pemilihan faktor aman ( $F$ ) untuk perancangan pondasi tiang, berdasarkan atas:

1. Tipe dan kepentingan struktur,
2. Variabilitas tanah (tanah tidak *uniform*),
3. Ketelitian penyelidikan tanah,

4. Tipe dan jumlah uji tanah yang dilakukan,
5. Ketersediaan data di tempat uji (uji beban tiang),
6. Pengawasan/kontrol kualitas di lapangan,
7. Kemungkinan beban desain aktual yang terjadi selama beban layanan struktur.

Untuk memilih faktor aman, pengklasifikasian struktur berdasarkan sistem *Pugley* (1996):

1. *Monumental structures*, yang mempunyai umur desain lebih dari 100 tahun.  
Seperti: jembatan yang panjang dan besar, atau bangunan monumen.
2. *Permanent structures*, yang mempunyai umur desain antara 25-100 tahun.  
Seperti: jalan rel kereta api, bangunan besar pada umumnya.
3. *Temporary structures*, yang akan ditempati pada waktu yang singkat (kurang dari 25 tahun). Seperti: fasilitas industri yang bersifat sementara.

Tabel 3.6 Faktor aman yang disarankan (*Reese dan O'Neill, 1989*)

(Sumber: HC. Hardiatmo)

Klasifikasi Struktur	Faktor Aman (F)			
	Kontrol Baik	Kontrol Normal	Kontrol Jelek	Kontrol sangat Jelek
Monumental	2,3	3	3,5	4
Permanen	2	2,5	2,8	3,4
Sementara	1,4	2	2,3	2,8

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian merupakan suatu aturan atau tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan.

#### **4.1 Subjek Penelitian**

Subjek dalam penelitian ini adalah Proyek Pengembangan/Renovasi Pusat Perbelanjaan Pasar Baru, Bandung.

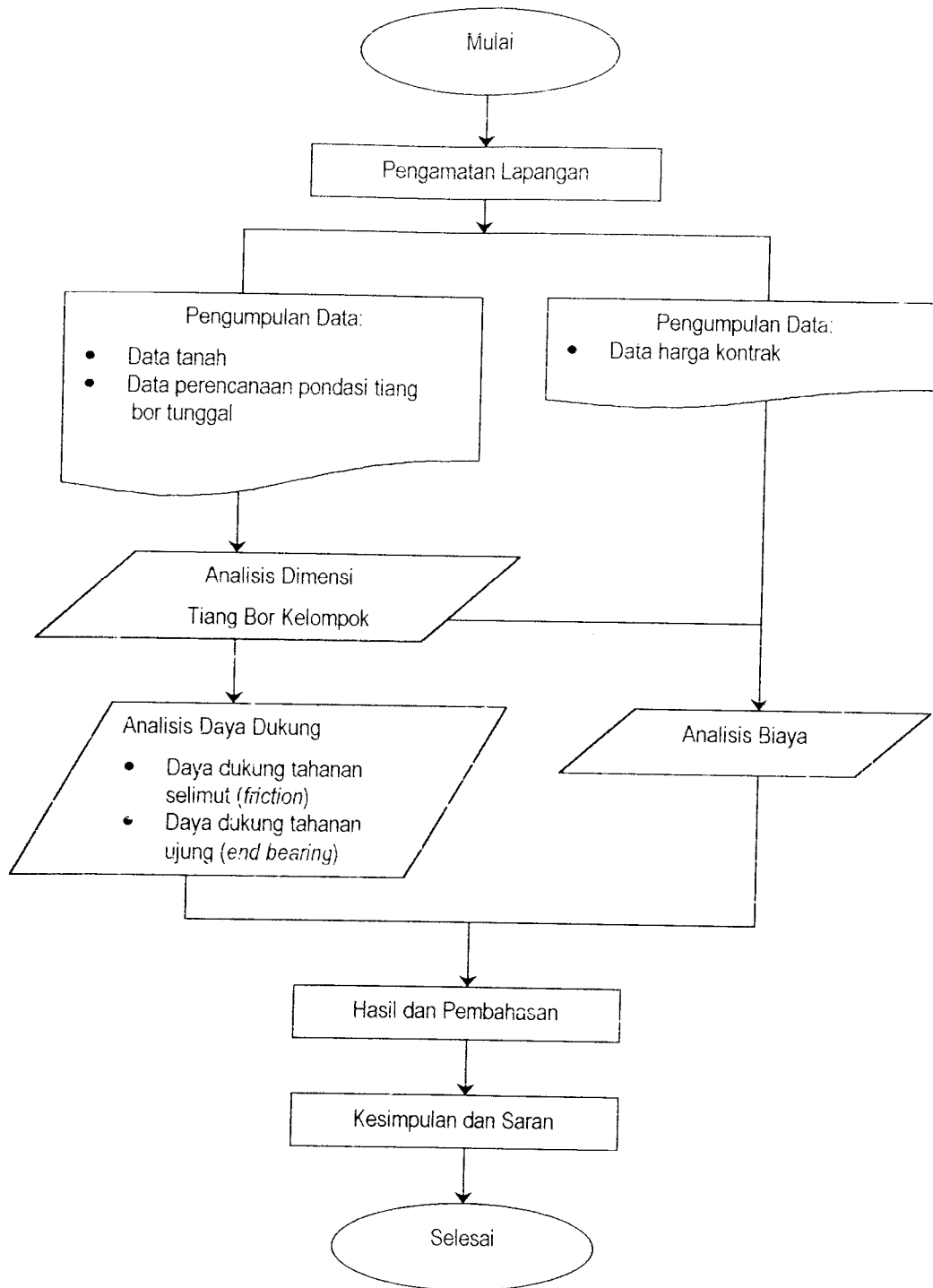
#### **4.2 Objek Penelitian**

Objek dalam penelitian ini adalah daya dukung pondasi tiang bor tunggal dengan mengkomparasikan tiang bor kelompok yang mempunyai beban rencana yang sama.

#### **4.3 Data yang Diperlukan**

Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data penyelidikan tanah.
2. Gambar kerja pondasi tiang bor.
3. Metode kerja pelaksanaan pondasi tiang bor tunggal.



Gambar 4.1 *Flow chart* metode pengolahan data

## BAB V

### DATA STRUKTUR DAN PROSEDUR PERHITUNGAN

#### 5.1 Data Struktur dan Parameter Bahan

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

1. Data karakteristik tanah adalah tanah pada Proyek Pengembangan/Renovasi Pusat Perbelanjaan Pasar Baru, Bandung.
2. Fondasi yang digunakan adalah fondasi tiang bor kelompok
3. Mutu beton K-350,  $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$
4. Fondasi yang akan dianalisa adalah fondasi tiang bor tunggal bagian bawah, berjarak -9.00 m di bawah muka tanah.

#### 5.2 Daya Dukung Tiang Tunggal

Panjang tiang (L) = 7.5 m

Diameter (D) = 2000 mm

Data tanah yang digunakan adalah DB 3

Tabel 5.1 Data karakteristik tanah DR.3

No.	Kedalaman	$\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	C (ton/m <sup>2</sup> )	$\phi$	Nq*	Gs	cc
1	1,50 – 2,00	1,74	0,13	3,93	1,8	2,708	0,299
2	4,00 – 4,55	1,64	0,83	15,03	6,5	2,828	0,344
3	6,00 – 6,55	1,71	0,76	13,13	5	2,686	0,202
4	10,00 – 10,55	1,69	0,2	33	80	2,692	0,568

Tabel 5.1 Data karakteristik tanah DR.3 lanjutan

No.	Kedalaman	$\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	e	$n = \frac{e}{1+e}$	$\gamma_{sat} = [(1-n)Gs + n]\gamma_w$
1	1,50 – 2,00	1,74	1,2	0,5454	1,7764
2	4,00 – 4,55	1,64	1,2	0,5454	1,7401
3	6,00 – 6,55	1,71	1,2	0,5454	1,7664
4	10,00 – 10,55	1,69	1,4	0,5833	1,7051

$$FK = 2,5$$

### 5.2.1 Daya Dukung Ujung Tiang (Qp)

Diketahui :

Tabel 5.2 Data karakteristik tanah dari kedalaman 9.00 m di bawah muka tanah

Kedalaman	c	$\phi$	$\gamma$	Gs	e	Nq*
9,00 – 10,55	0,76	13,13	1,710	2,686	1,2	5,2
10,55 – 16,50	0,20	33,30	1,690	2,692	1,4	80

$$N_{90} = \frac{18 + 21 + 47 + 55 + 25 + 42 + 6415 + 6125 + 6021}{9}$$

$$N_{cr} = 2085.4444$$

$$q_{cr}' = 4,17 \cdot \frac{Br}{Bb} q_e' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.6})$$

$$q_e' = 0,60 \cdot \sigma_c \cdot N_{cr} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.5})$$

$$q_e' = 0,60 \cdot 2000 \cdot 2085,4444$$

$$q_e' = 2502533,28 \text{ lb/ft}^2 \quad \geq 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{cr}' = 4,17 \cdot \frac{0,3}{2} \cdot 450$$

$$q_{cr}' = 281,475 \text{ t/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot 2^2$$

$$= 3,1415 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 281,475 \times 3,1415$$

$$= 884,254 \text{ ton}$$

### 5.2.2 Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

1. Kedalaman : 9.00 – 10.55 m

z : 9.775 m

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{z}{Br}} \quad (\text{sesuai rumus 3.12})$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{9,775}{0,3}}$$

$$\beta = 0.7294$$

$$\begin{aligned}\sigma_v' &= \gamma' D_z \\ &= \gamma' D_z \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_z \\ &= (1.7665 - 1) \cdot 9.775 \\ &= 7.4925 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_s &= \beta \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10}) \\ &= 0.7294 \cdot 7.4925 \\ &= 5.4650 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s &= 2 \pi r \text{ tinggi} \\ &= 2 \cdot \pi \cdot 1.1 \cdot 1.55 \\ &= 9.7389 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_s &= f_s \times A_s \\ &= 5.4650 \times 9.7389 \\ &= 53.2231 \text{ ton}\end{aligned}$$

**2. Kedalaman : 10.55 – 16.50 m**

$$z = 13.525 \text{ m}$$

$$\beta = 1.5 - 0.135 \sqrt{\frac{13.525}{0.3}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 0.5936$$

$$\begin{aligned}\sigma_v' &= \gamma' D_z \\ &= \gamma' D_z \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma')\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_1 \\
 &= ((1,7665 - 1) \cdot 9,775) + ((1,7051 - 1) \cdot 11,975) \\
 &= 9,6316 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$f_c = \beta \cdot \sigma_c' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10})$$

$$= 0,5936 \cdot 9,6316$$

$$= 5,7173 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = 2 \pi r \cdot \text{tinggi}$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 1,5 \cdot 95$$

$$= 37,385 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5,7173 \times 37,385$$

$$= 213,741 \text{ ton}$$

$$Q_s (\text{total}) = 213,741 + 53,2231$$

$$= 266,9641 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{ult}} = Q_p + Q_s$$

$$= 884,254 + 266,9641$$

$$= 1151,218 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{all}} = \frac{Q_{\text{ult}}}{\text{FK}}$$

$$= \frac{1151,218}{2,5}$$

$$= 460,4871 \text{ ton}$$

### 5.2.3 Penurunan

Diketahui:

Diameter tiang	: 2 m
Qp	: 884,254 t/m <sup>2</sup>
Qs	: 266,9641 t/m <sup>2</sup>
Qall	: 460,4871 t/m <sup>2</sup>

Dicoba:

penurunan ( $\delta$ ) = 1 inch

$$\frac{\delta}{B} = \frac{1}{2} = 0,5$$

→ berdasarkan pada lampiran 3,  $Q_s = 0,95 \times 266,9641 = 253,616$  ton

→ berdasarkan pada lampiran 3,  $Q_p = 0,2 \times 884,254 = 176,851$  ton

→  $Q_{\text{total}} \text{ yang bekerja} = 253,616 + 176,851 = 430,467$  ton  $< 460,4871$  ton

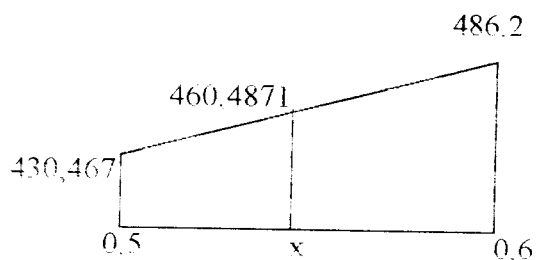
penurunan ( $\delta$ ) = 1,2 inch

$$\frac{\delta}{B} = \frac{1,2}{2} = 0,6$$

→ berdasarkan pada lampiran 3,  $Q_s = 0,96 \times 266,9641 = 256,29$  ton

→ berdasarkan pada lampiran 3,  $Q_p = 0,26 \times 884,254 = 229,91$  ton

→  $Q_{\text{total}} \text{ yang bekerja} = 256,29 + 229,91 = 486,2$  ton  $> 460,4871$  ton



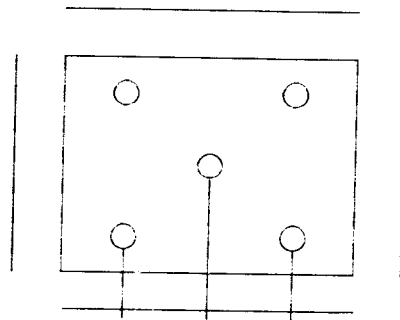
Gambar 5.1. Ilustrasi penurunan kelompok tiang

$$\delta = 0,5 + 0,5 \frac{460,4871 - 430,467}{486,2 - 430,467}$$

$$\delta = 0,5539 \text{ inch}$$

$$\delta = 0,01406906 \text{ m}$$

### 5.3 Daya Dukung Tiang Kelompok



Gambar 5.2 kelompok tiang

1. Terdiri atas 5 buah tiang bor.
2. Panjang : 7,5 m
3. Jarak antar spasi 2,5D-3D
4. Jarak dari pusat tiang ke tepi poer 1,25 D

Diketahui :

Tabel 5.3 Data karakteristik tanah dari kedalaman 9,00 m di bawah muka tanah

Kedalaman	c	$\phi$	$\gamma$	Gs	e	Nq*
9,00 – 10,55	0,76	13,13	1,710	2,686	1,2	52
10,55 – 16,50	0,20	33,30	1,690	2,692	1,4	80

$$N_{60} = \frac{18 + 21 + 47 + 55 + 25 + 42 + 6415 + 6125 + 6021}{9}$$

$$N_{60} = 2085,4444$$

$$A_{\text{tunggal}} = A_{\text{kelompok}}$$

$$0,25 \times \pi \times 2^2 = 5 \times 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$D_{\text{kelompok}} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Sisi pile cap} = 6,8 \text{ m}$$

$$A_{\text{pile cap}} = 6,8^2 \text{ m}$$

### 5.3.1 Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )

$$q_e' = 0,60 \cdot \sigma_p \cdot N_{60} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.5})$$

$$q_e' = 0,60 \cdot 2000 \cdot 2085,4444$$

$$q_e' = 2502533,28 \text{ lb/ft}^2 \geq 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot 0,8^2$$

$$= 0,503 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 450 \times 0,503$$

$$= 226,35 \text{ ton}$$

### 5.3.2 Daya Dukung Sisi Tiang ( $Q_s$ )

1. Kedalaman : 9.00 – 10.55 m

$$z : 9,775 \text{ m}$$

$$\beta : 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{z}{B_r}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta : 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{9,775}{0,3}}$$

$$\beta : 0,7294$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_t \\ &= \gamma' \cdot D_t \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_t \\ &= (1,7665 - 1) \cdot 9,775 \\ &= 7,4925 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_t &= \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23}) \\ &= 0,7294 \cdot 7,4925 \\ &= 5,4650 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \cdot D \cdot \text{tinggi} \\ &= \pi \cdot 0,8 \cdot 1,55 \\ &= 3,896 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= f_s \times A_s \\ &= 5,4650 \times 3,896 \\ &= 21,292 \text{ ton} \end{aligned}$$

**2. Kedalaman : 10.55 – 16.50 m**

$$z : 13,525 \text{ m}$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{13,525}{0,3}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 0,5936$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_f \\ &= \gamma' \cdot D_f \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_f \\ &= ((1,7665 - 1) \cdot 9,775) + ((1,7051 - 1) \cdot 11,975) \\ &= 9,6316 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_s = \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10})$$

$$= 0,5936 \cdot 9,6316$$

$$= 5,7173 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi D \cdot \text{tinggi} \\ &= \pi \cdot 0,8 \cdot 5,95 \\ &= 14,954 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5,7173 \times 14,954$$

$$= 85,497 \text{ ton}$$

$$Q_s(\text{total}) = 85,497 + 21,292$$

$$= 106,789 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{ult}} = Q_p + Q_s$$

$$= 226,35 + 106,789$$

$$= 333,139 \text{ ton}$$

$$I = 1 - \frac{7,5}{8 \cdot (7,0,8)} \geq 0,5$$

$$= 0,832 > 0,5$$

$$I \text{ pakai} = 0,832$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{9,6316} \cdot 2085,4444$$

$$= 509,5685$$

$$S_g = \frac{0,92 \cdot 21,246 \cdot \sqrt{(7,0,8) \cdot 0,832}}{509,5685}$$

$$= 0,0828 \text{ m}$$

Dengan diameter tiang bor = 0,5 m

### 5.3.5 Daya Dukung Ujung Tiang (Qp)

$$q_e' = 0,60 \cdot \sigma_1 \cdot N_{60} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.5})$$

$$q_e' = 0,60 \cdot 2000 \cdot 2085,4444$$

$$q_e' = 2502533,28 \text{ lb/ft}^2 \quad \geq 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot 0,5^2$$

$$= 0,196 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 450 \times 0,196$$

$$= 88,2 \text{ ton}$$

### 5.3.6 Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

1. Kedalaman : 9.00 – 10.55 m

z : 9.775 m

$$\beta = 1.5 - 0.135 \cdot \sqrt{\frac{z}{B_r}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 1.5 - 0.135 \cdot \sqrt{\frac{9.775}{0.3}}$$

$$\beta = 0.7294$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_f \\ &= \gamma' \cdot D_f \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_f \\ &= (1.7665 - 1) \cdot 9.775 \\ &= 7.4925 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s &= \beta \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23}) \\ &= 0.7294 \cdot 7.4925 \\ &= 5.4650 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi D \text{ tinggi} \\ &= \pi \cdot 0.5 \cdot 1.55 \\ &= 2.435 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= f_s \times A_s \\ &= 5.4650 \times 2.435 \\ &= 13.307 \text{ ton} \end{aligned}$$



2. Kedalaman : 10.55 – 16.50 m

z : 13.525 m

$$\beta = 1.5 - 0.135 \cdot \sqrt{\frac{13.525}{0.3}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 0.5936$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_1 \\ &= \gamma' \cdot D_1 \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_1 \\ &= ((1.7665 - 1) \cdot 9.775) + ((1.7051 - 1) \cdot 11.975) \\ &= 9.6316 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_s = \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10})$$

$$= 0.5936 \cdot 9.6316$$

$$= 5.7173 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot \text{tinggi}$$

$$= \pi \cdot 0.5 \cdot 5.95$$

$$= 9.346 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5.7173 \times 9.346$$

$$= 53.434 \text{ ton}$$

$$Q_s(\text{total}) = 13.307 + 53.434$$

$$= 66.741 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{ult}} = Q_p + Q_s$$

$$= 88.2 + 66.741$$

$$\begin{aligned}
 &= 154.941 \text{ ton} \\
 Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{FK} \\
 &= \frac{154.941}{2.5} \\
 &= 61.9764 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

### 5.3.7 Efisiensi Tiang Bor Kelompok

$$\begin{aligned}
 Q_{kelompok} &= E_g \times n \times Q_{all} && \text{(sesuai dengan rumus 3.23)} \\
 &= 1 \times 5 \times 61.9764 && \text{(efisiensi pada tiang bor tahanan ujung} \\
 &&& \text{menurut Paulos, H.G dan Davis, F.H, 1980)} \\
 &= 309.882 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

### 5.3.8 Penurunan

Menggunakan rumus Meyerhoff (1976):

$$S_{e(s)} = \frac{0,92q\sqrt{B_g I}}{N_{corr}} \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.36)}$$

$$q = \frac{Q_{kel}}{(Lg \times Bg)} \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.37)}$$

$$I = 1 - \frac{L}{8.Bg} \geq 0,5 \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.39)}$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{\sigma_v'} \cdot N \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.38)}$$

$$q = \frac{309.882}{49.0,8^2}$$

$$= 25,296 \text{ ton/m}^2$$

$$I = 1 - \frac{7,5}{8 \cdot (7,0,8)} \geq 0,5$$

$$= 0,832 > 0,5$$

$$I \text{ pakai} = 0,832$$

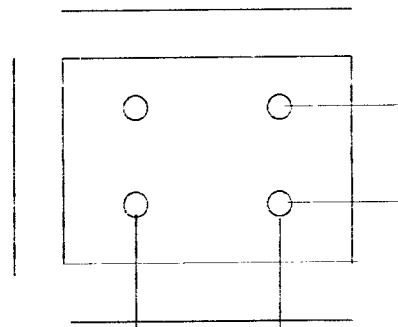
$$N_{\text{corr}} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{9,6316} \cdot 2085,4444$$

$$= 509,5685$$

$$S_g = \frac{0,92 \cdot 25,296 \cdot \sqrt{(7,0,8) \cdot 0,832}}{509,5685}$$

$$= 0,0986 \text{ m}$$

#### 5.4 Daya Dukung Tiang Kelompok



Gambar 5.2 kelompok tiang

1. Terdiri atas 4 buah tiang bor.
2. Panjang : 7,5 m
3. Jarak antar spasi 2.5D-3D
4. Jarak dari pusat tiang ke tepi poer 1.25 D

Diketahui :

Tabel 5.3 Data karakteristik tanah dari kedalaman 9.00 m di bawah muka tanah

Kedalaman	c	$\phi$	$\gamma$	Gs	e	Nq*
9.00 – 10.55	0,76	13,13	1,710	2,686	1,2	5,2
10.55 – 16.50	0,20	33,30	1,690	2,692	1,4	80

$$N_{60} = \frac{18 + 21 + 47 + 55 + 25 + 42 + 6415 + 6125 + 6021}{9}$$

$$N_{60} = 2085,4444$$

$$A_{tunggal} = A_{kelompok}$$

$$0,25 \times \pi \times 2^2 = 4 \times 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$D_{kelompok} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Sisi pile cap} = 5,5 \text{ m}$$

$$A_{pile cap} = 5,5^2 \text{ m}$$

#### 5.4.1 Daya Dukung Ujung Tiang (Qp)

$$q_c' = 0,60 \cdot \sigma_r \cdot N_{60} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.5})$$

$$q_c' = 0,60 \cdot 2000 \cdot 2085,4444$$

$$q_c' = 2502533,28 \text{ lb/ft}^2 \geq 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_c' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_c' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot l^2$$

$$= 0,7854 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 450 \times 0,7854$$

$$= 353,43 \text{ ton}$$

#### 5.4.2 Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

1. Kedalaman : 9.00 – 10.55 m

$$z : 9,775 \text{ m}$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{z}{B_r}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{9,775}{0,3}}$$

$$\beta = 0,7294$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_1 \\ &= \gamma' \cdot D_1 \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_1 \\ &= (1,7665 - 1) \cdot 9,775 \\ &= 7,4925 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_p = \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23})$$

$$= 0,7294 \cdot 7,4925$$

$$= 5,4650 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot \text{tinggi}$$

$$= \pi \cdot 1 \cdot 1,55$$

$$= 4,869 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_s(\text{total}) &= 26,609 + 106,686 \\ &= 133,477 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 353,43 + 133,477 \\ &= 486,907 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ali} &= \frac{Q_{ult}}{FK} \\ &= \frac{486,907}{2,5} \\ &= 194,763 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 5.4.3 Efisiensi Tiang Bor Kelompok

$$\begin{aligned} Q_{kelompk} &= E_g \times n \times Q_{all} && \text{(sesuai dengan rumus 3.23)} \\ &= 1 \times 4 \times 194,763 && \text{(efisiensi pada tiang bor tahanan ujung} \\ &&& \text{menurut Paulos, H.G dan Davis, E.H, 1980)} \\ &= 779,052 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 5.4.4 Penurunan

Menggunakan rumus Meyerhoff (1976):

$$S_{B(C)} = \frac{0,92q\sqrt{B_g \cdot I}}{N_{ult}} \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.36)}$$

$$q = \frac{Q_{ult}}{(L_g \times B_g)} \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.37)}$$

$$I = 1 - \frac{L}{8 \cdot B_g} \geq 0,5 \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.39)}$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{\sigma_v'} N \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.38})$$

$$q = \frac{779,052}{16,1^2}$$

$$= 48,691 \text{ ton/m}^2$$

$$I = 1 - \frac{7,5}{8 \cdot (4 \times 1)} \geq 0,5$$

$$= 0,766 > 0,5$$

$$I \text{ pakai} = 0,766$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{9,6316} 2085,4444$$

$$= 509,5685$$

$$S_g = \frac{0,92 \cdot 48,691 \sqrt{(4 \times 1) \cdot 0,766}}{509,5685}$$

$$= 0,154 \text{ m}$$

Dengan diameter tiang bor = 0,8 m

#### 5.4.5 Daya Dukung Ujung Tiang (Qp)

$$q_u' = 0,60 \cdot \sigma_u' \cdot N_{u'} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.5})$$

$$q_u' = 0,60 \cdot 2000 \cdot 2085,4444$$

$$q_u' = 2502533,28 \text{ lb/ft}^2 \geq 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_u' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_u' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot 0,8^2$$

$$= 0,5027 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 450 \times 0,5027$$

$$= 226,215 \text{ ton}$$

#### 5.4.6 Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

1. Kedalaman : 9,00 – 10,55 m

$$z : 9,775 \text{ m}$$

$$\beta : 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{z}{B_r}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta : 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{9,775}{0,3}}$$

$$\beta : 0,7294$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_f \\ &= \gamma' \cdot D_f \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_f \\ &= (1,7665 - 1) \cdot 9,775 \\ &= 7,4925 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s &= \beta \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23}) \\ &= 0,7294 \cdot 7,4925 \\ &= 5,4650 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$A_s = \pi D \cdot \text{tinggi}$$



$$= \pi \cdot 0,8 \cdot 1,55$$

$$= 3,896 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5,4650 \times 3,896$$

$$= 21,292 \text{ ton}$$

2. Kedalaman : 10,55 – 16,50 m

$$z : 13,525 \text{ m}$$

$$\beta : 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{13,525}{0,3}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta : 0,5936$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_f \\ &= \gamma' \cdot D_f \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) \cdot D_f \\ &= ((1,7665 - 1) \cdot 9,775) + ((1,7051 - 1) \cdot 11,975) \\ &= 9,6316 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_s = \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10})$$

$$= 0,5936 \cdot 9,6316$$

$$= 5,7173 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot \text{tinggi}$$

$$= \pi \cdot 0,8 \cdot 5,95$$

$$= 14,954 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5.7173 \times 14.954$$

$$= 85.497 \text{ ton}$$

$$Q_s(\text{total}) = 21.292 + 85.497$$

$$= 106.789 \text{ ton}$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$= 226.215 + 106.789$$

$$= 333.004 \text{ ton}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{FK}$$

$$= \frac{333.004}{2,5}$$

$$= 133.2016 \text{ ton}$$

#### 5.4.7 Efisiensi Tiang Bor Kelompok

$$Q_{kelomp.} = E_g \times n \times Q_{all} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23})$$

$$= 1 \times 4 \times 133.2016 \quad (\text{efisiensi pada tiang bor tahanan ujung menurut Paulos, H.G dan Davis, F.H, 1980})$$

$$= 532.806 \text{ ton}$$

#### 5.4.8 Penurunan

Menggunakan rumus Meyerhoff (1976):

$$S_{e(c)} = \frac{0,92q\sqrt{B_e I}}{N_{e(c)}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.36})$$

$$q_c' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_c' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot 0,5^2$$

$$= 0,196 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 450 \times 0,196$$

$$= 88,2 \text{ ton}$$

#### 5.4.10 Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

1. Kedalaman : 9.00 – 10.55 m

$$z : 9,775 \text{ m}$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{z}{B_r}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{9,775}{0,3}}$$

$$\beta = 0,7294$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_f \\ &= \gamma' \cdot D_f \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_f \\ &= (1,7665 - 1) \cdot 9,775 \\ &= 7,4925 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_u = \beta \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23})$$

$$= 0,7294 \cdot 7,4925$$

$$= 9,346 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5,7173 \times 9,346$$

$$= 53,434 \text{ ton}$$

$$Q_s(\text{total}) = 13,307 + 53,434$$

$$= 66,741 \text{ ton}$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$= 88,2 + 66,741$$

$$= 154,941 \text{ ton}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{FK}$$

$$= \frac{154,941}{2,5}$$

$$= 61,9764 \text{ ton}$$

#### 5.4.11 Effisiensi Tiang Bor Kelompok

$$Q_{kelmpk} = E_g \times n \times Q_{all} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23})$$

$$= 1 \times 4 \times 61,9764 \quad (\text{effisiensi pada tiang bor tahanan ujung menurut Paulos, H.G dan Davis, E.H, 1980})$$

$$= 247,9056 \text{ ton}$$

#### 5.4.12 Penurunan

Menggunakan rumus Meyerhoff (1976):

$$S_{g(c)} = \frac{0,92q\sqrt{B_p \cdot I}}{N_{corr}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.36})$$

$$q = \frac{Q_{L_1}}{(L_g \times B_g)} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.37})$$

$$i = 1 - \frac{I_1}{8 \cdot B_g} \geq 0,5 \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.39})$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{\sigma_v'} \cdot N \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.38})$$

$$q = \frac{247.9056}{16,0,5^2}$$

$$= 61,9764 \text{ ton/m}^2$$

$$i = 1 - \frac{7,5}{8 \cdot (4,0,5)} \geq 0,5$$

$$= 0,766 > 0,5$$

$$I \text{ pakai} = 0,766$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{9,6316} \cdot 2085,4444$$

$$= 509,5685$$

$$S_g = \frac{0,92 \cdot 61,9764 \sqrt{(4,0,5) \cdot 0,766}}{509,5685}$$

$$= 0,1385 \text{ m}$$

### 5.5 Analisis Biaya Tiang Bor Tunggal dan Kelompok

Diketahui:

$$1. \text{ Volume pondasi tiang bor tunggal} = \pi \times 0,25^2 \times 7,5$$

$$= 23,5619 \text{ m}^3$$

Volume beton pada pondasi tiang bor tunggal =  $23,5619 \text{ m}^3$

2. Volume tiang bor kelompok

a. 5 buah tiang bor dengan  $D = 0.8 \text{ m}$

$$\text{Volume tiang bor kelompok} = 5 \times (0,25 \times \pi \times 0,8^2 \times 7,5) = 18,850 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pile cap} = 6,8 \times 6,8 \times 1 = 46,24 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total tiang bor kelompok} = 18,85 + 46,24 = 65,89 \text{ m}^3$$

b. 5 buah tiang bor dengan  $D = 0.5 \text{ m}$

$$\text{Volume tiang bor kelompok} = 5 \times (0,25 \times \pi \times 0,5^2 \times 7,5) = 7,3631 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pile cap} = 4,25 \times 4,25 \times 1 = 18,0625 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total tiang bor kelompok} = 7,3631 + 18,0625 = 25,4256 \text{ m}^3$$

c. 4 buah tiang bor dengan  $D = 1 \text{ m}$

$$\text{Volume tiang bor kelompok} = 4 \times (0,25 \times \pi \times 1^2 \times 7,5) = 23,562 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pile cap} = 5,5 \times 5,5 \times 1 = 30,25 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total tiang bor kelompok} = 23,562 + 30,25 = 53,812 \text{ m}^3$$

d. 4 buah tiang bor dengan  $D = 0.8 \text{ m}$

$$\text{Volume tiang bor kelompok} = 4 \times (0,25 \times \pi \times 0,8^2 \times 7,5) = 15,08 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pile cap} = 4,4 \times 4,4 \times 1 = 19,36 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total tiang bor kelompok} = 15,08 + 19,36 = 34,44 \text{ m}^3$$

e. 4 buah tiang bor dengan  $D = 0.5 \text{ m}$

$$\text{Volume tiang bor kelompok} = 4 \times (0,25 \times \pi \times 0,5^2 \times 7,5) = 5,8905 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pile cap} = 2,75 \times 2,75 \times 1 = 7,5625 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total tiang bor kelompok} = 5,8905 + 7,5625 = 13,453 \text{ m}^3$$

Yaitu bagian yang menggunakan *permanent casing* sepanjang 7-8 meter dari *col (cut of level)*. Bagian ini nantinya akan menjadi kolom *basement*, yang pada metode *semi top down* pada umumnya adalah menggunakan *king post*.

## 2. Bagian bawah

Yaitu bagian di bawah yang tidak menggunakan *permanent casing*. Bagian ini mempunyai diameter yang lebih besar dari bagian atas. Besarnya diameter pada bagian bawah ini sama dan menerus hingga pondasi sampai pada tanah keras (*bearing layer*). Perhitungan pondasi diperhitungkan pada bagian ini.

Metode pelaksanaan pondasi tiang bor tunggal ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengeboran awal menggunakan *helical auger*,
- b. Pemasangan *temporary casing*,
- c. Pengeboran dilanjutkan hingga kedalaman bagian atas tercapai dengan *helical auger* atau *bucket auger*,
- d. Pengeboran pada bagian bawah menggunakan *belling bucket* (seperti pada pembuatan *enlarge base pile*) hingga kedalaman *bearing layer*,
- e. Pembersihan lubang bor menggunakan *cleaning bucket*,
- f. Pemasangan *permanent casing* yang dilaskan pada *temporary casing*,
- g. Memasukkan rangkaian tulangan baja (*reinforcement steel cage*),
- h. Pengecoran pondasi tiang bor dengan menggunakan *tremie pipe*.

## 5.7 Metode Pelaksanaan Tiang Bor Kelompok

## **BAB VI**

### **PEMBAHASAN**

#### **6.1 Daya Dukung Pondasi Tiang Bor**

Dari data dan perhitungan yang ada pada bab sebelumnya diketahui bahwa dengan panjang tiang yang sama yaitu 7,5m:

1. Untuk pondasi tiang bor tunggal dengan diameter = 2m,  $Q_{all} = 460,4871 \text{ t}$
2. Untuk pondasi tiang bor kelompok
  - a. 5 buah tiang bor dengan  $D = 0,8 \text{ m}$ ,  $Q_{all} = 666,28 \text{ t}$
  - b. 5 buah tiang bor dengan  $D = 0,5 \text{ m}$ ,  $Q_{all} = 309,882 \text{ t}$
  - c. 4 buah tiang bor dengan  $D = 1 \text{ m}$ ,  $Q_{all} = 779,052 \text{ t}$
  - d. 4 buah tiang bor dengan  $D = 0,8 \text{ m}$ ,  $Q_{all} = 532,806 \text{ t}$
  - e. 4 buah tiang bor dengan  $D = 0,5 \text{ m}$ ,  $Q_{all} = 247,9056 \text{ t}$

#### **6.2 Biaya Pelaksanaan**

Dari perhitungan biaya pada bab sebelumnya dapat diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk:

1. Untuk pondasi tiang bor tunggal dengan diameter = 2m,  $Q_{all} = 460,4871 \text{ t}$   
Membutuhkan biaya sebesar Rp.9.189.076.092
2. Untuk pondasi tiang bor kelompok



- a. 5 buah tiang bor dengan  $D = 0,8$  m,  $Q_{all} = 666,28$  t  
membutuhkan biaya sebesar Rp.25.697.100,00
- b. 5 buah tiang bor dengan  $D = 0,5$  m,  $Q_{all} = 309,882$  t  
membutuhkan biaya sebesar Rp. 9.915.984,00
- c. 4 buah tiang bor dengan  $D = 1$  m,  $Q_{all} = 779,052$  t  
membutuhkan biaya sebesar Rp.20.986.680,00
- d. 4 buah tiang bor dengan  $D = 0,8$  m,  $Q_{all} = 532,806$  t  
membutuhkan biaya sebesar Rp.13.341.600,00
- e. 4 buah tiang bor dengan  $D = 0,5$  m,  $Q_{all} = 247,9056$  t  
membutuhkan biaya sebesar Rp.5.246.670,00

Dengan mengingat prinsip ekonomi yang mengatakan bahwa, “Dengan biaya yang seminimal mungkin didapatkan hasil yang maksimal”, tentu saja akan dipilih tiang bor tunggal sebagai pondasi dalam dibanding dengan tiang bor kelompok.

Perlu diketahui bahwa sebelum perencana merencanakan sebuah bangunan perlu diketahui fungsi dari bangunan tersebut. Apabila fungsi tersebut adalah sebagai sarana fasilitas umum yang sangat *significant* seperti pasar misalnya maka dibutuhkan waktu yang cepat.

Proyek Renovasi Pasar Baru, Bandung ini merupakan pusat aktivitas perdagangan di daerah Bandung. Apa yang akan terjadi jika pelaksanaan renovasi Pasar Baru, Bandung berjalan lambat?

Proyek Renovasi Pasar Baru, Bandung lebih mengutamakan faktor kecepatan proses pelaksanaan bangunan tersebut. Karena diharapkan setelah renovasi selesai, aktivitas perdagangan di Bandung akan kembali normal.

### 6.3 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan yang digunakan dalam pelaksanaan pondasi tiang bor tunggal dengan tiang bor kelompok hampir sama. Hanya penggunaan alat *beilling bucket* saja untuk pondasi tiang bor tunggal, yang menjadi pembeda

Fungsi *beilling bucket* adalah untuk memperlebar diameter sehingga memperoleh diameter yang direncanakan setelah diameter pada pondasi bagian atas terpenuhi. Dalam lampiran 5 ditunjukkan adanya perbedaan diameter dalam satu pondasi tiang bor tunggal, yaitu pondasi bagian atas yang berfungsi sebagai kolom dan pondasi bagian bawah yang berfungsi sebagai pondasi itu sendiri.

Untuk memperoleh diameter pada pondasi bagian atas yang berfungsi sebagai kolom, menggunakan *hellical auger* dengan spesifikasi diameter yang sama dengan diameter pondasi bagian atas yang sudah direncanakan hingga kedalaman tertentu. Setelah lubang pondasi bagian atas terselesaikan, dapat digunakan alat *beilling bucket* dengan spesifikasi diameter yang sama dengan diameter pondasi bagian bawah yang sudah direncanakan.

Disamping perbedaan alat juga terdapat perbedaan efektivitas pelaksanaan pondasi tiang bor tunggal dengan tiang bor kelompok. Satu pondasi tiang bor tunggal diharapkan mampu menahan satu kolom sehingga pembuatan pondasi tersebut terbilang mudah, hanya memerlukan keahlian dalam

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini

1. Dari segi daya dukung pondasi, pondasi tiang bor kelompok dengan konfigurasi 5 buah tiang bor berdiameter 0.8 m dan 4 buah tiang bor berdiameter 1 m dalam satu pile cap lebih mampu menahan beban yang besar dibanding dengan tiang bor tunggal dengan diameter 2 m.
2. Dilihat dari segi kapasitas daya dukung yang hampir mendekati kapasitas daya dukung pondasi tiang bor tunggal adalah pondasi tiang bor kelompok dengan konfigurasi 4 buah tiang bor berdiameter 0.8m.
3. Dari segi metode pelaksanaan, pondasi tiang bor tunggal lebih efisien dibandingkan dengan pondasi tiang bor kelompok.
4. Dari segi biaya, pondasi tiang bor tunggal jauh lebih murah dibanding dengan pondasi tiang bor kelompok dengan 5 buah tiang bor berdiameter 0.8m sebesar 47,32%, dengan 5 buah tiang bor berdiameter 0,5m sebesar 3,805%, dengan 4 buah tiang bor berdiameter 1m sebesar 39,1%, dan 4 buah tiang bor berdiameter 0.8m sebesar 18,755%.

5. Jadi, berdasarkan kapasitas daya dukung, biaya dan juga pelaksanaan pembuatan pondasi, pondasi tiang bor tunggal lebih efektif dan efisien sebesar 18,755% dibandingkan dengan pondasi tiang bor kelompok.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajie, Jalu Sunu, Dadang, 1999, **ANALISIS PENGARUH FORMASI TIANG PANCANG KELOMPOK FRANKIPILE TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI PADA PROYEK GEDUNG PERPUSTAKAAN UMY**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, FTSP, UII, Jogjakarta.
- Bowles, Joseph E., **ANALISA DAN DESAIN PONDASI**, Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Coduto, Donald P., 1994, **FOUNDATION DESIGN PRINCIPLES AND PRACTICE**, Prentise-Hall, Inc., New Jersey.
- Das, Braja M., 1990, **PRINCIPLES FOUNDATION ENGINEERING**, Second Edition, PWS-KENT Publishing Company, Boston.
- Hasan, Luthfi, **DIKTAT MATERI KULIAH STRUKTUR PONDASI DALAM**, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Hardiyatmo, Hary C., 2001, **TEKNIK FONDASI II**, Edisi ke 1, Jogjakarta.
- Raharjo, P.P., \_\_\_\_\_, **MANUAL PONDASI TIANG**, ISBN 979-95267-0-1, Program Pasca Sarjana Universitas Katolik Parahiyangan, Bandung.
- Shihab, Hamid, 1997, **FILOSOFI DESAIN DAN SUPERVISI**, Penerbit Djambatan, Jakarta.
- Suryolelono, Kabul B., 1993, **TEKNIK PONDASI**, Bagian II, Naffiri, Jogjakarta.
- Tomlinson, M.J., 1977, **PILE DESIGN AND CONTRUCTION PRACTICE**, A viewpoint Publication, London.

# LAMPIRAN

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO.	NAMA	NO. MHS.	BID. STUDI
1	Betty Niken Ratna Yudhani	97511231	Teknik Sipil
2			

**JUDUL TUGAS AKHIR :**

Pondasi Bared oleh Ignatius Chen (Pondasi Baru)  
 Studi kasus di Dago Square, Bandung.

**PERIODE I : SEPTEMBER - PEBRUARI  
 TAHUN : 2002 / 2003**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Sep.	Okt.	Nop.	Des.	Jan.	Peb.
1.	Pendaftaran						
2.	Penentuan Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Penyusunan TA						
6.	Sidang-Sidang						
7.	Pendadaran						

DOSEN PEMBIMBING I  
 DOSEN PEMBIMBING II

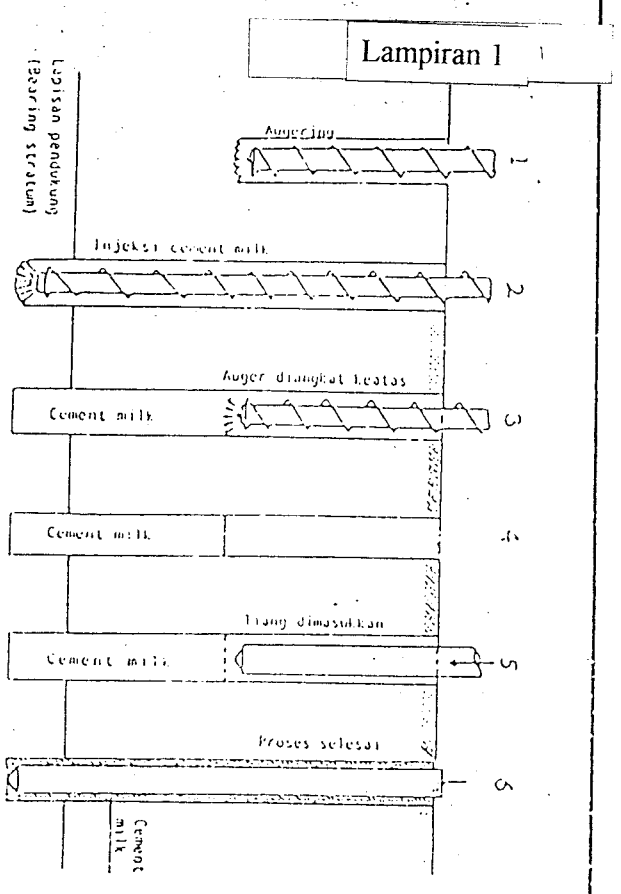
Dr. Alimatus Solikhah, M.T.  
 Dr. H. H. Munadili, MS



Yogyakarta, 17 Sept 2002  
 Dean,  
 Ir. H. Munadili, MS

Seminar  
 Sidang  
 Pendadaran :

A. Preboring dengan cement milk



1. Pengeboran (augering) dilakukan sampai lapisan pendukung (bearing stratum).

2. Setelah mencapai lapisan pendukung, levat ujung auger diinjeksi cement milk

3. Angkat auger perlahan-lahan sambil pengisian semen milk sampai selesai.

4. Lubang bor telah terisi dengan cement milk.

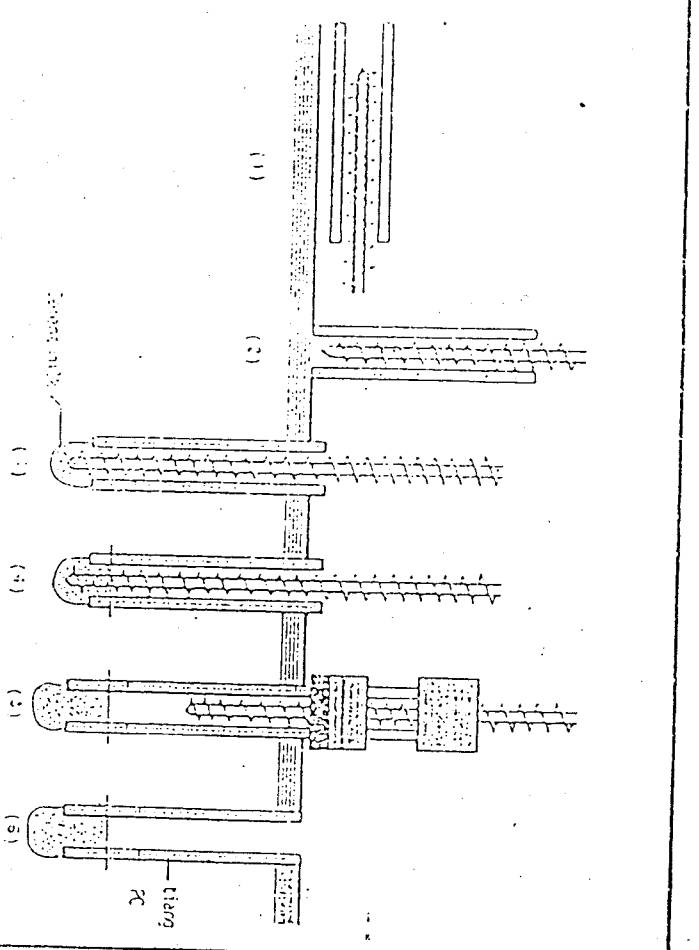
5. Tiang PC dimasukkan kedalam lubang.

6. Tiang dimasukkan sampai ke dasar lubang dan cement milk mengisi ruangan antara tiang dengan dinding lubang bor.

Direktorat  
Jember

PT. Prabhu Sarana

B. Center Boring Method (CBM)



KETERANGAN

1. Auger spiral dimasukkan kedalam tiang

2. Tiang diangkat dan di monitor verticality.

3. Setelah ujung tiang mencapai kedalaman yang ditentukan, cement milk diinjeksi lewat ujung auger spiral

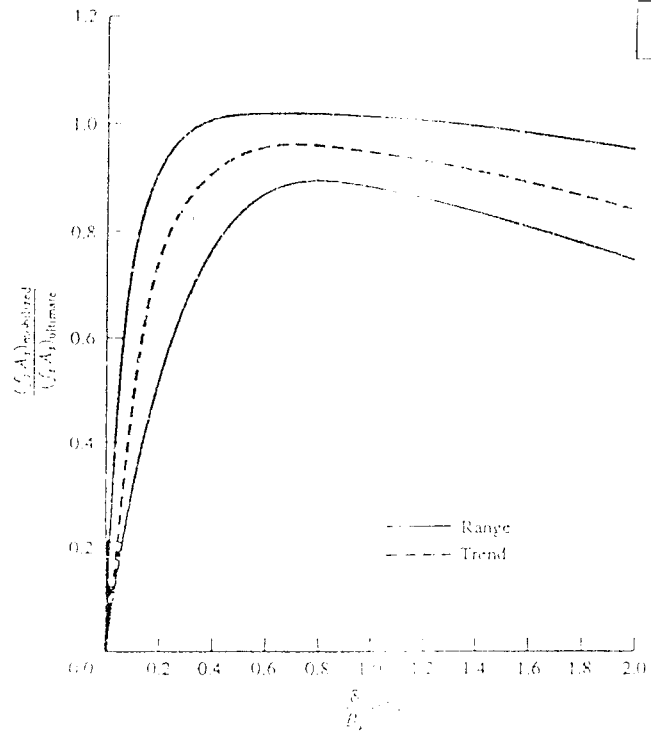
4. Auger spiral dirotasi terus sehingga cement milk bersatu dengan tanah menjadi soil cement

5. Auger spiral diangkat perlahan-lahan, kemudian tiang diletakkan.

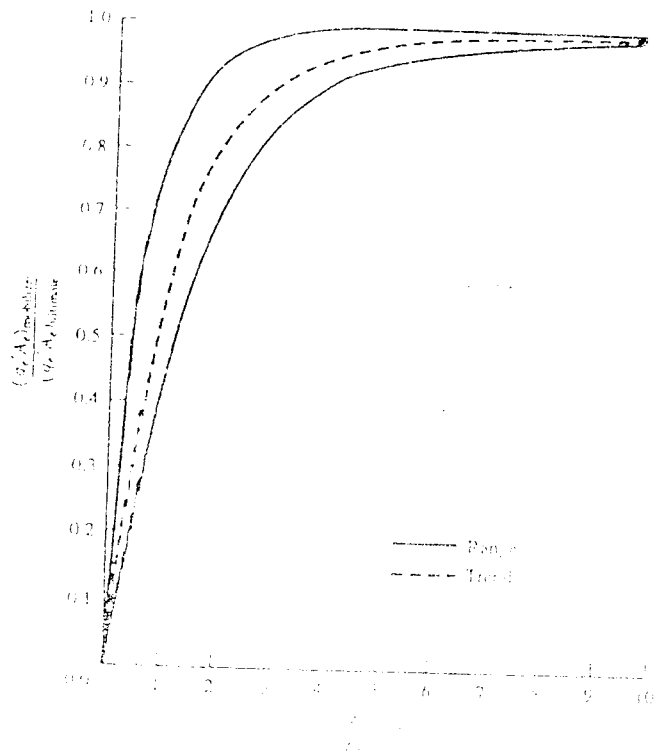
6. Pemasangan tiang PC selesai

PT. Prabhu Sarana

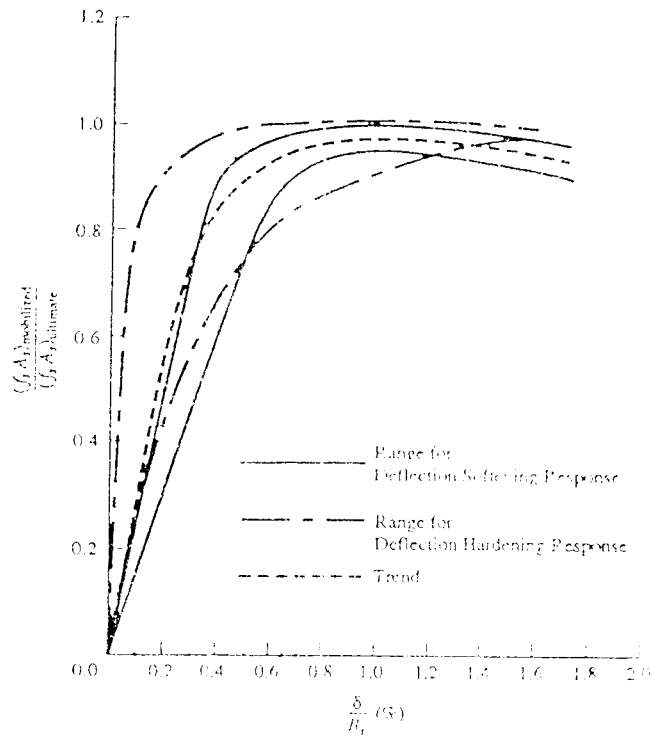




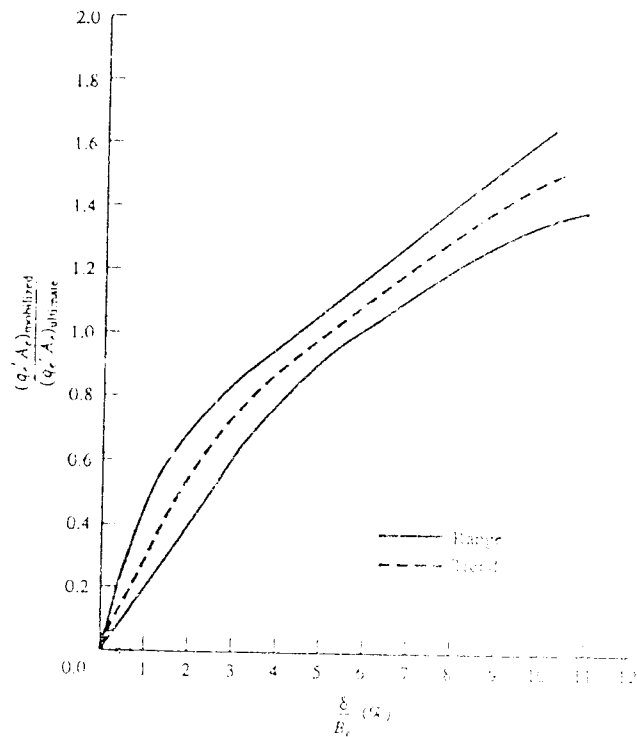
Kurva transfer beban, antara *skin friction* dengan penurunan pada pondasi tiang bor untuk tanah kohesif (Reese and O'Neill, 1988)



Kurva transfer beban, antara tahanan ujung dengan penurunan pada pondasi tiang bor untuk tanah kohesif (Reese and O'Neill, 1988)



Kurva transfer beban, antara skin friction dengan penurunan pada pondasi tiang bor untuk tanah non kohesif (Reese and O'Neill, 1988)



Kurva transfer beban, antara tahanan ujung dengan penurunan pada pondasi tiang bor untuk tanah non kohesif (Reese and O'Neill, 1988)

# BORING LOG

Point Id : DB.3

## Soil Mechanics Laboratory - Bandung Institute of Technology

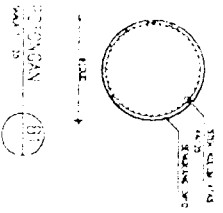
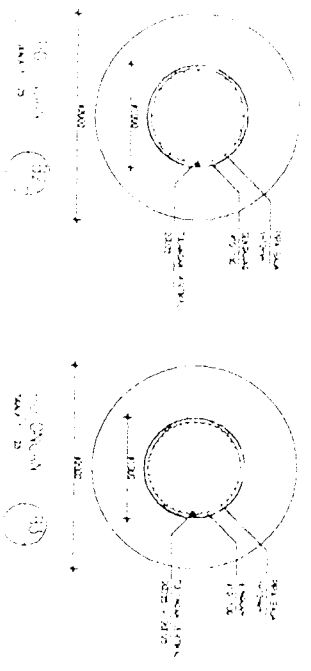
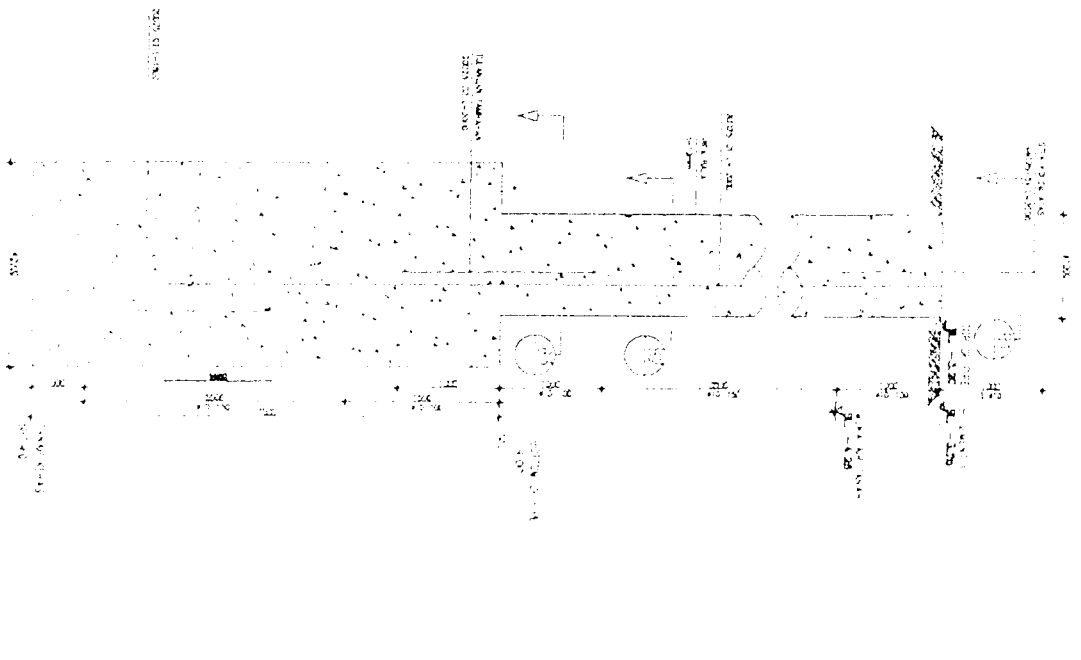
Project : Penyelidikan Tanah  
 Lokasi : Pasar Baru, Bandung

Depth : 18.36 m  
 GWL Depth : 0.59 m

Date : 18-7-2002  
 Done by : Mustandi

Symbol	Soil / Rock Description	Sample Depth (m)	SPT				Strength Test			○ water content % ● plastic limit % △ liquid limit %	γ <sub>m</sub> (m <sup>3</sup> )	G <sub>s</sub>
			N	0	20	40	60	Type	C			
	tanah lunak, abu-abu mengandung kerikil	1.50 - 2.00										
	tanah pasir, abu-abu	2.00 - 2.45	15									
		4.00 - 4.55										
		4.55 - 5.00	21									
	tanah lunak ker. kal. 7.00 - 8.00 m	6.00 - 6.55										
		6.55 - 7.00	47									
	tanah lunak abu-abu mengandung kerikil dalam 3.15 m	8.00 - 8.45										
		8.45 - 8.90	55									
	tanah lunak abu-abu merah kedalaman 10.55 m	10.00 - 10.55										
		10.55 - 11.00	45									
		12.00 - 12.45	41									
	pasir ukuran butir sedang, abu-abu	14.00 - 14.15	64.5									
		16.00 - 16.45	51.25									
		18.00 - 18.36	60.1									
	runtuhan lumpur kedalaman 18.36 m											

Sand   
  Silt   
  Clay   
  Organic silt/clay   
  Inorganic silt/clay   
  Silty sand   
  Clayey sand   
  Silty clay   
  Clayey clay   
  Organic clay   
  Inorganic clay   
  Silty clayey sand   
  Clayey silty sand   
  Silty clayey clay   
  Clayey silty clay   
  Organic silty clay   
  Inorganic silty clay   
  Organic clayey clay   
  Inorganic clayey clay   
  Organic silt/clayey sand   
  Inorganic silt/clayey sand   
  Organic silty clayey clay   
  Inorganic silty clayey clay



List of Reinforcement

No.	Symbol	Quantity	Unit
01	D25	200	kg
02	D25	20	kg
03	D25	20	kg
04	D25	44	kg
05	Ø10	100+3	kg

Detail Borong

No. 47/AM.5/2018/BB.BS/PP/PT  
R29384.05.106.15  
19.152.1.54.164.45

No.	Item	Quantity	Unit
1	REINFORCEMENT	1000	kg
2	FORMWORK	1000	m <sup>2</sup>
3	LABOR	1000	man-days

PIRAMONDAN/RENVAN  
A S A R R A R



PT. PASCA TEKNIKINDO  
Jl. Veteran No. 100, Jakarta Barat, Indonesia

PT. PASCA TEKNIKINDO  
Jl. Veteran No. 100, Jakarta Barat, Indonesia

PT. PASCA TEKNIKINDO  
Jl. Veteran No. 100, Jakarta Barat, Indonesia

DETAIL BORONG  
SCALE 1:25

**FINAL SUMMARY**

Proyek : PASAR BARU  
 Lokasi : Jl. Otto Iskandardinata - Bandung  
 Pekerjaan : Bored Piles

TO: Bpt. Herry Putranto  
 Mess PT. INDOPORA  
 fax : (022) 2011294  
 from : Yenni. 1/3

FINAL SUMMARY		TOTAL	
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp	90,000,000.00
II	PEKERJAAN TANAH	Rp	526,237,300.00
III	PEKERJAAN PONDASI	Rp	3,531,288,419.00
IV	PENGUJIAN TIANG DENGAN PDA	Rp	12,000,000.00
V	PEKERJAAN PERAPIHAN	Rp	2,500,000.00
VI	ITEM TAMBAHAN	Rp	19,800,000.00
TOTAL		Rp	4,181,825,719.00
PPN (10%)		Rp	418,182,571.90
GRAND TOTAL		Rp	4,600,008,290.90
ROUNDED			4,600,000,000.00

Terbilang :  
 (Empat Milyar Enam Ratus Juta Rupiah)



**QUANTITY**

: PASAR BARU  
 : Jl. Otto Iskandardinata - Bandung  
 Pekerjaan : Bored Piles

3/3

<b>D PONDASI BORED PILE BP4</b>					
1	Pipa baja $\phi$ 1000 + instalasi	m	51.00	1,600,000.00	81,600,000.00
2	Beton	m <sup>3</sup>	162.58	390,000.00	63,406,200.00
3	Tulangan D25 (U-40)	kg	7,628.94	3,300.00	25,175,502.00
4	Tulangan $\phi$ 10 (U-24)	kg	1,477.80	3,300.00	4,876,740.00
5	Tulangan Stek D25 (U-40)	kg	2,034.38	3,300.00	6,713,454.00
				<b>TOTAL III.D</b>	<b>181,771,896.00</b>
<b>E PONDASI BORED PILE BP5</b>					
1	Pipa baja $\phi$ 700 - instalasi	m	17.00	1,050,000.00	17,850,000.00
2	Beton	m <sup>3</sup>	21.24	390,000.00	8,283,600.00
3	Tulangan D25 (U-40)	kg	1,525.78	3,300.00	5,035,074.00
4	Tulangan $\phi$ 10 (U-24)	kg	225.63	3,300.00	744,579.00
5	Tulangan Stek D25 (U-40)	kg	431.54	3,300.00	1,424,082.00
				<b>TOTAL III.E</b>	<b>33,337,335.00</b>
<b>F PONDASI BORED PILE BP6</b>					
1	Beton Bored Pile $\phi$ 800	m <sup>3</sup>	32.20	390,000.00	12,558,000.00
2	Tulangan D25 (U-40)	kg	4,931.84	3,300.00	16,275,072.00
3	Tulangan $\phi$ 10 (U-24)	kg	586.16	3,300.00	1,934,328.00
4	Beton Pile Cap	m <sup>3</sup>	2.56	440,000.00	1,126,400.00
5	Tulangan D16 (U-40)	kg	484.76	3,300.00	1,599,708.00
6	Tulangan Stek D25 (U-40)	kg	554.83	3,300.00	1,830,939.00
				<b>TOTAL III.F</b>	<b>35,324,447.00</b>
				<b>TOTAL III</b>	<b>3,531,288,419.00</b>
<b>IV PENGUJIAN TIANG DENGAN PDA</b>					
1	PDA Test	ttk	3.00	4,000,000.00	12,000,000.00
				<b>TOTAL IV</b>	<b>12,000,000.00</b>
<b>V PEKERJAAN PERAPIHAN</b>					
1	Pembersihan kembali lahan kerja	ls	1.00	2,500,000.00	2,500,000.00
				<b>TOTAL V</b>	<b>2,500,000.00</b>
<b>VI ITEM TAMBAHAN</b>					
1	Asuransi ASTEK	ls	1.00	14,000,000.00	14,000,000.00
2	Listrik dan air kerja	ls	1.00	4,300,000.00	4,300,000.00
3	Lain-lain (laporan, shop as built drawing, administrasi, dll)	ls	1.00	1,500,000.00	1,500,000.00
				<b>TOTAL VI</b>	<b>19,800,000.00</b>

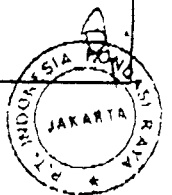


ACTIVITY

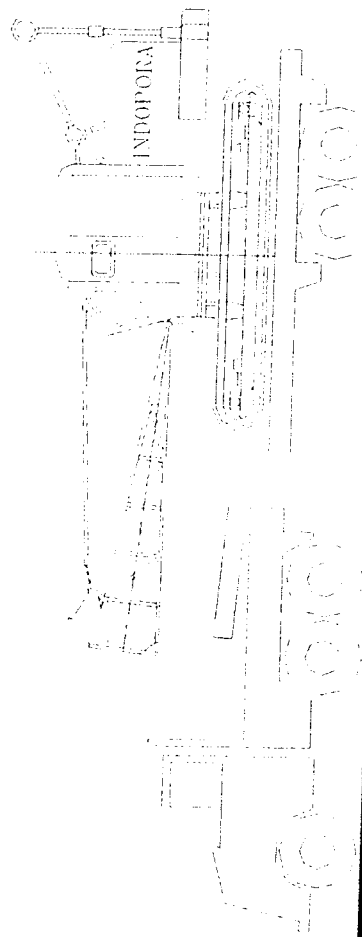
lokasi : PASAR BARU  
 : Jl. Otto Iskandardinata - Bandung  
 Pekerjaan : Bored Piles

2/3

URAIAN PEKERJAAN		SATUAN	VOLUME	HARGA (Rp)	JUMLAH
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	Mobilisasi & Demobilisasi	ls	1.00	40,000,000.00	40,000,000.00
2	Pembuatan direksi keet, gudang dan peralatan kerja	ls	1.00	5,000,000.00	5,000,000.00
3	Tenaga keamanan dan kebersihan	ls	1.00	15,000,000.00	15,000,000.00
4	Tenaga engineering dan surveyor	ls	1.00	30,000,000.00	30,000,000.00
				<b>TOTAL I</b>	<b>90,000,000.00</b>
<b>II PEKERJAAN TANAH</b>					
1	Pekerjaan pengeboran	m <sup>3</sup>	3,641.78	110,000.00	400,595,800.00
2	Pekerjaan pembuangan tanah galian ke luar site dan penimbunan di tempat yang diijinkan	m <sup>3</sup>	4,188.05	30,000.00	125,641,500.00
				<b>TOTAL II</b>	<b>526,237,300.00</b>
<b>III PEKERJAAN PONDASI</b>					
<b>PONDASI BORED PILE BP1</b>					
	Pipa baja $\phi$ 850 + instalasi	m	524.75	1,400,000.00	734,650,000.00
	Beton	m <sup>3</sup>	2,233.00	390,000.00	870,870,000.00
	Tulangan D25 (U-40)	kg	78,462.50	3,300.00	258,926,250.00
	Tulangan $\phi$ 10 (U-24)	kg	11,779.90	3,300.00	38,873,670.00
	Tulangan Stek D25 (U-40)	kg	24,412.61	3,300.00	80,561,613.00
				<b>TOTAL III.A</b>	<b>1,983,881,533.00</b>
<b>PONDASI BORED FILE BP2</b>					
	Pipa baja $\phi$ 1000 + instalasi	m	151.25	1,600,000.00	242,000,000.00
	Beton	m <sup>3</sup>	707.85	390,000.00	276,061,500.00
	Tulangan D25 (U-40)	kg	28,030.58	3,300.00	92,500,914.00
	Tulangan $\phi$ 10 (U-24)	kg	4,210.00	3,300.00	13,893,000.00
	Tulangan Stek D25 (U-40)	kg	8,476.60	3,300.00	27,972,780.00
				<b>TOTAL III.B</b>	<b>652,428,194.00</b>
<b>PONDASI BORED PILE BP3</b>					
	Pipa baja $\phi$ 700 + instalasi	m	286.50	1,050,000.00	300,825,000.00
	Beton	m <sup>3</sup>	482.35	390,000.00	188,116,500.00
	Tulangan D25 (U-40)	kg	31,717.90	3,300.00	104,669,070.00
	Tulangan $\phi$ 10 (U-24)	kg	5,293.68	3,300.00	17,469,144.00
	Tulangan Stek D25 (U-40)	kg	10,141.00	3,300.00	33,465,300.00
				<b>TOTAL III.C</b>	<b>644,545,014.00</b>

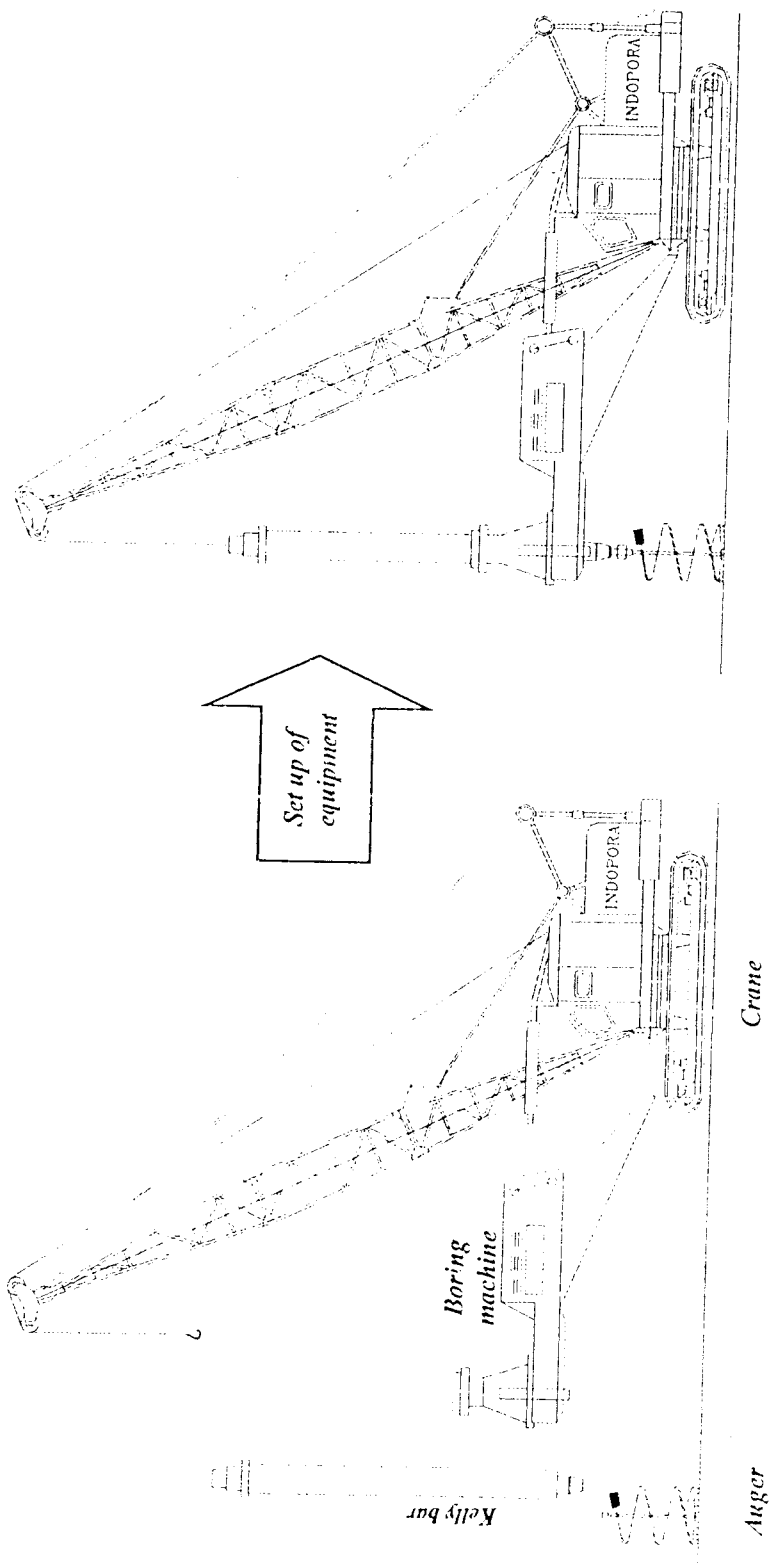


# Mobilization of equipment

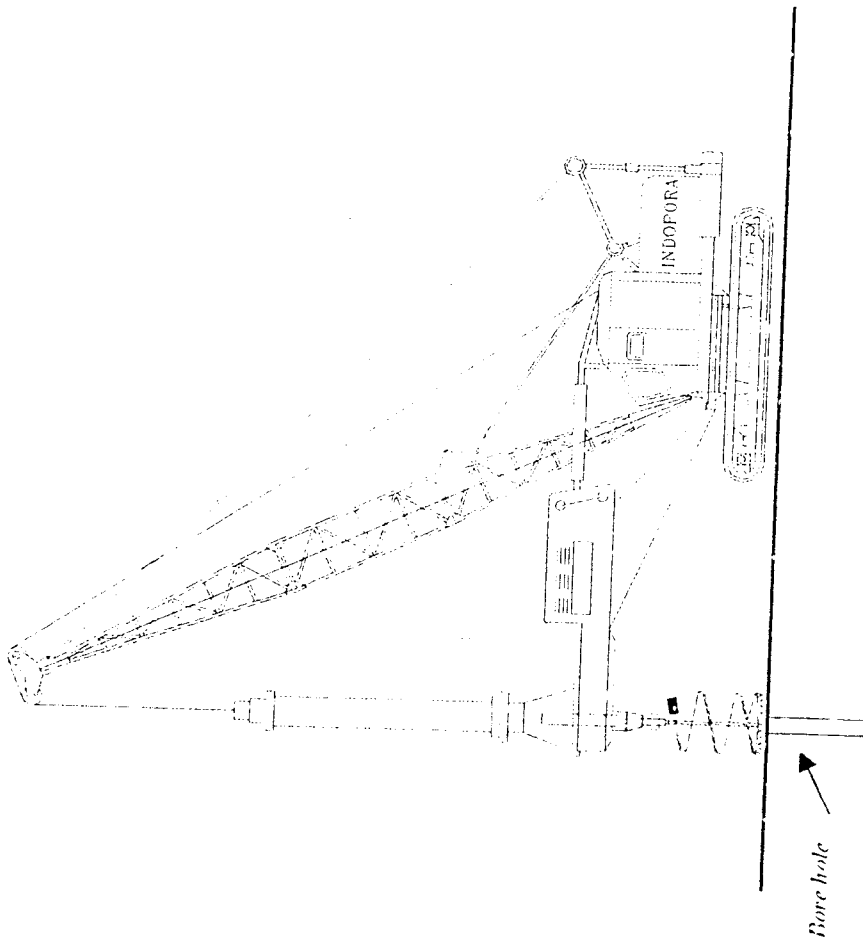




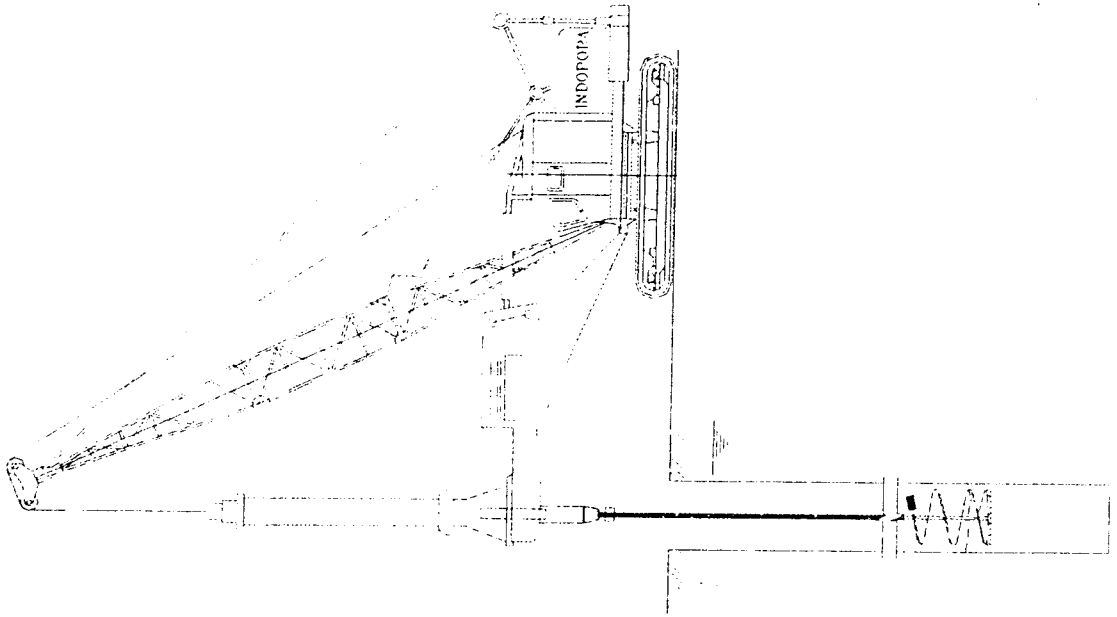
# Set up of equipment



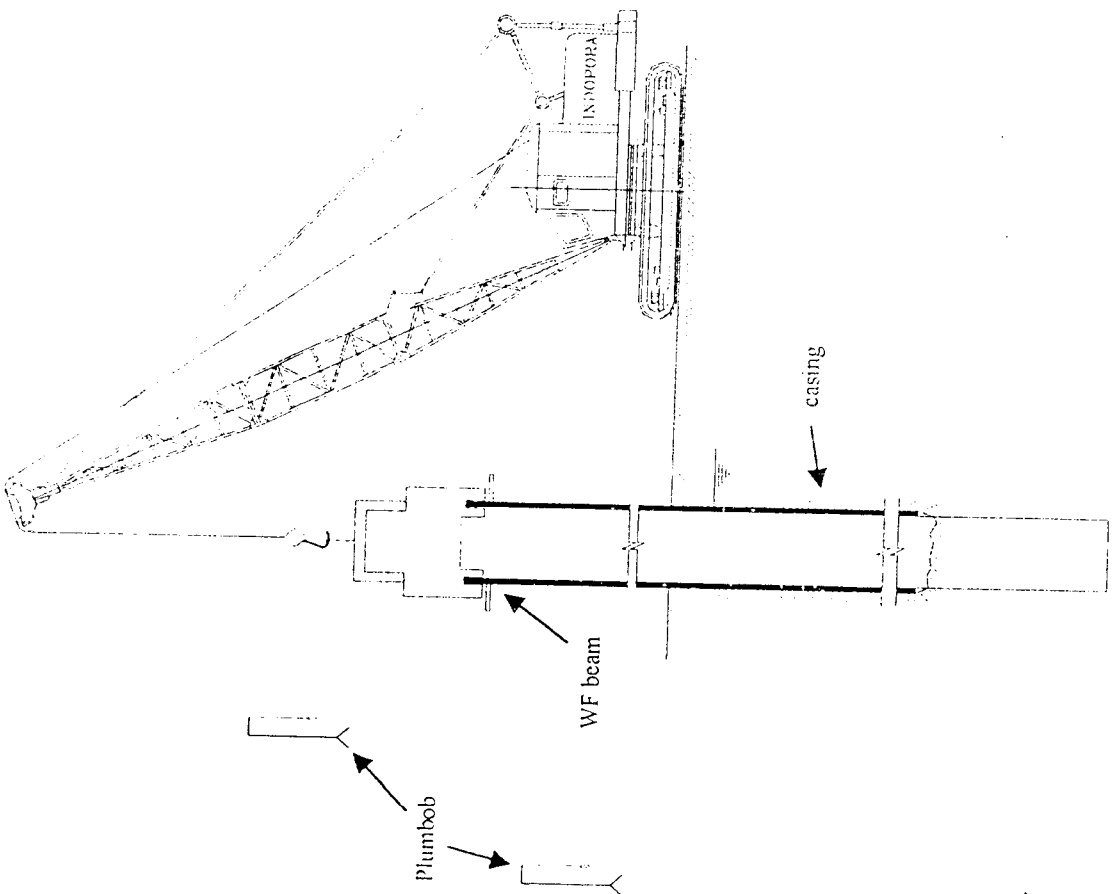
**Placement equipment close to  
bore hole**



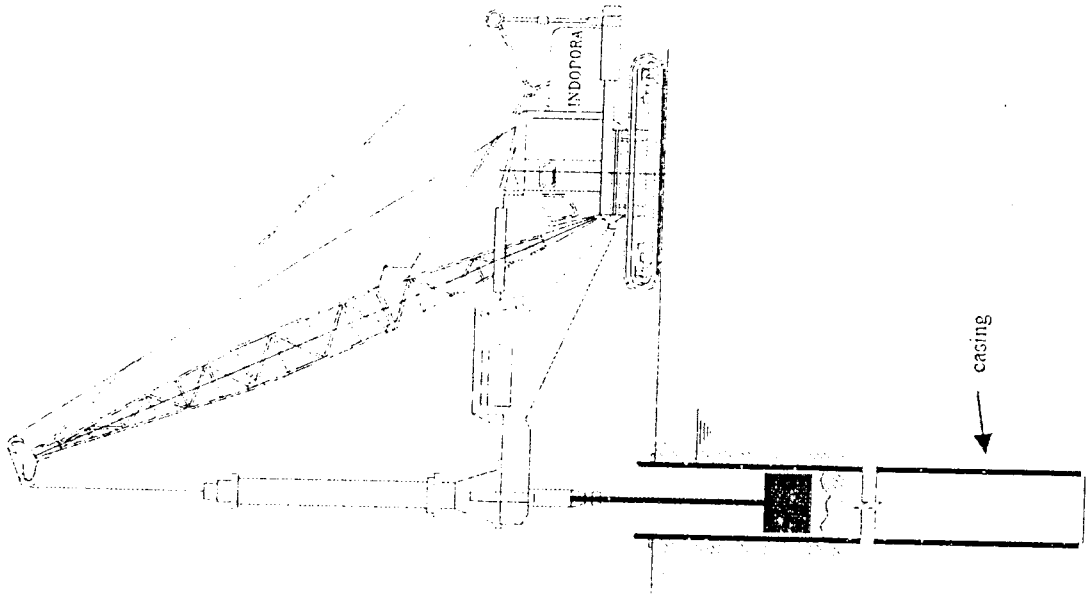
# *Continue boring*



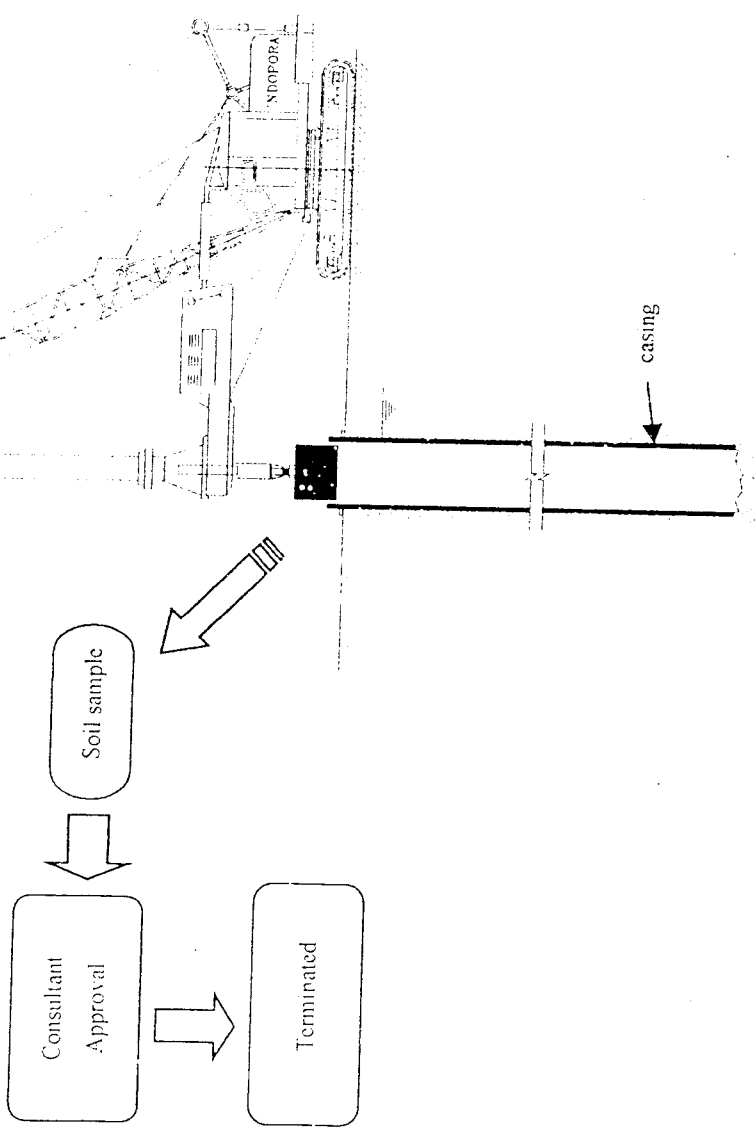
# Inserting Casing



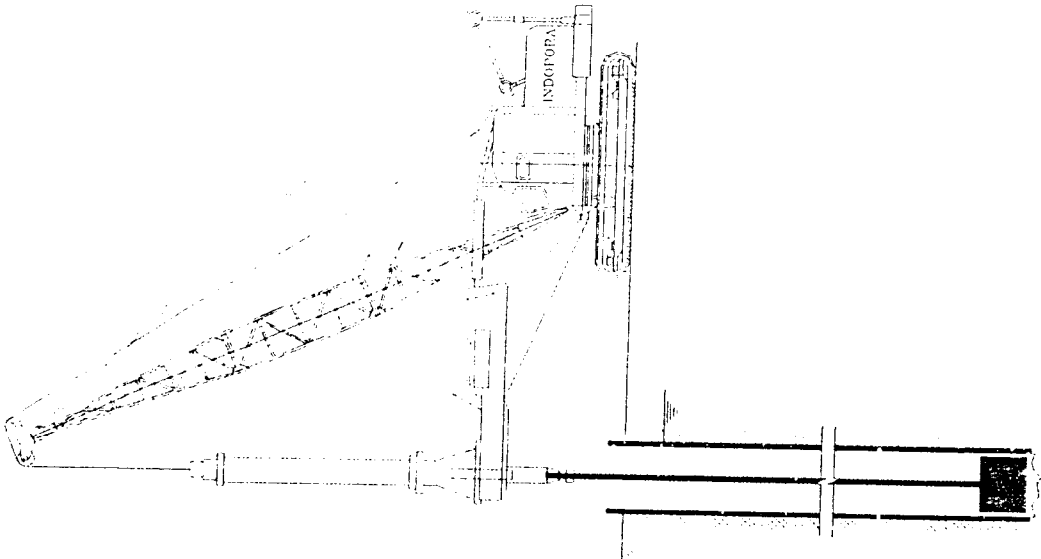
# Continue boring



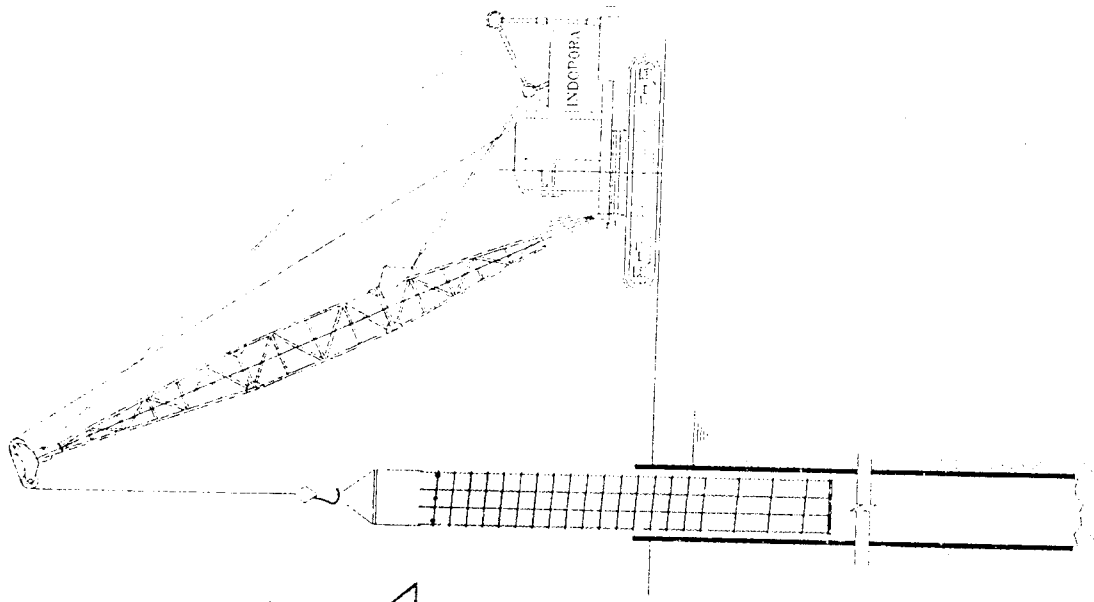
# Terminated boring



*Cleaning bore hole*



# Steel cage installation

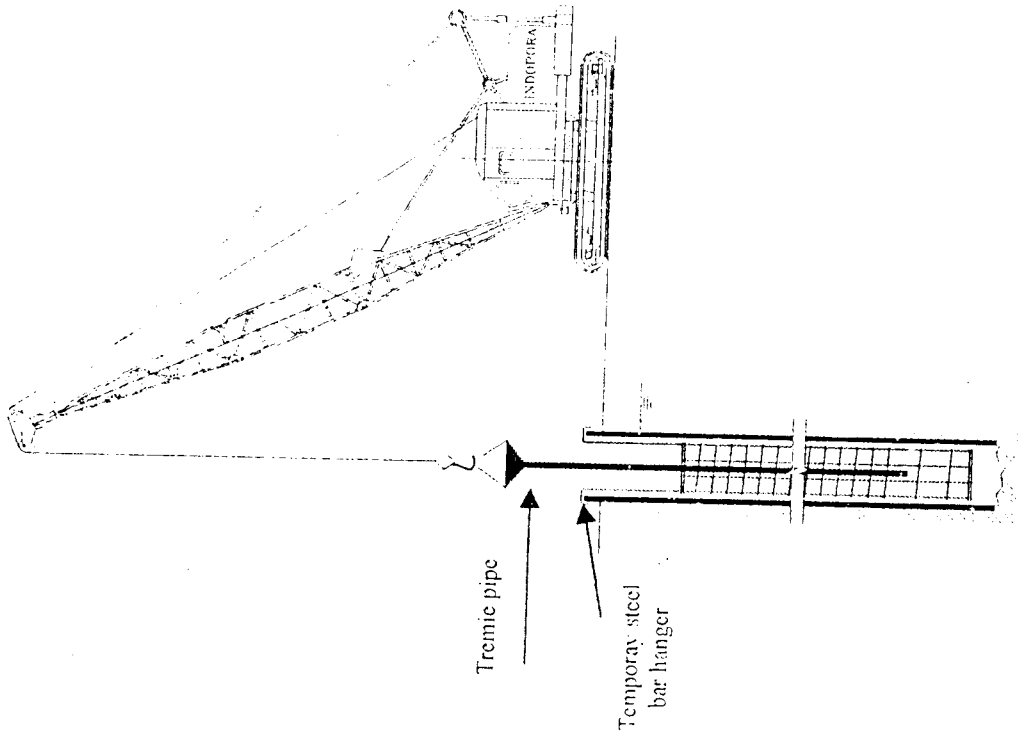


Roller concrete spacer

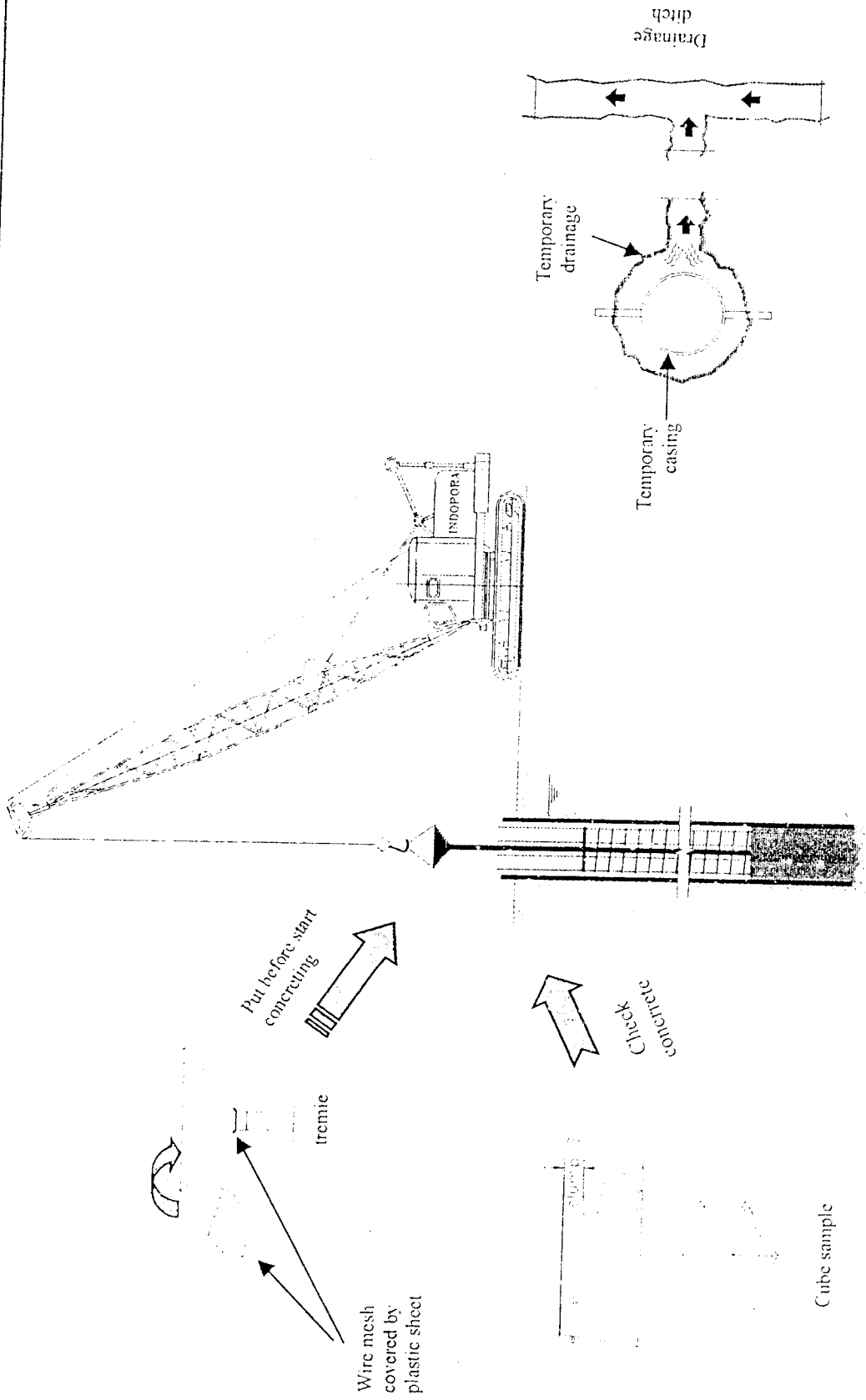




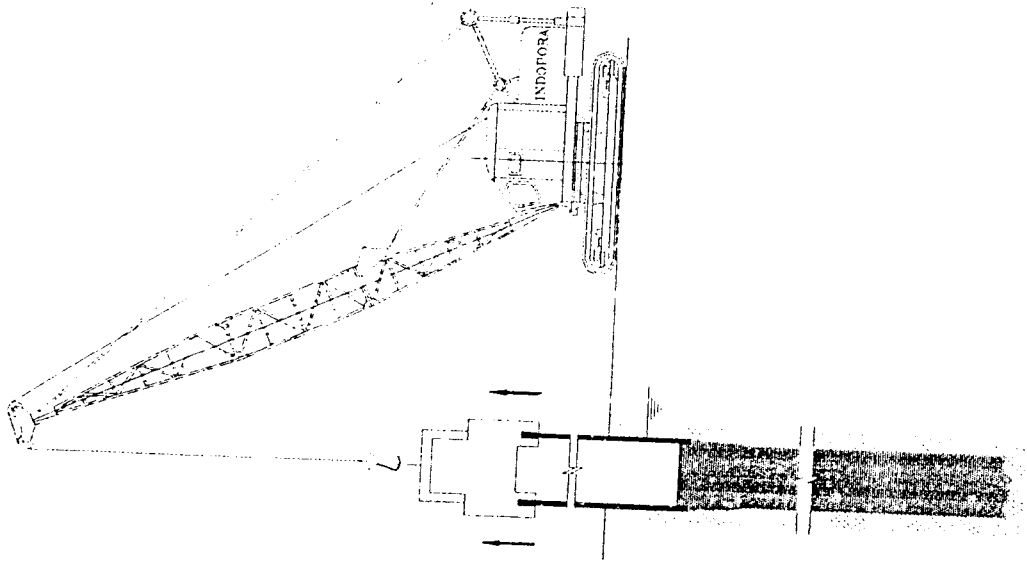
# *Tremie pipe installation*



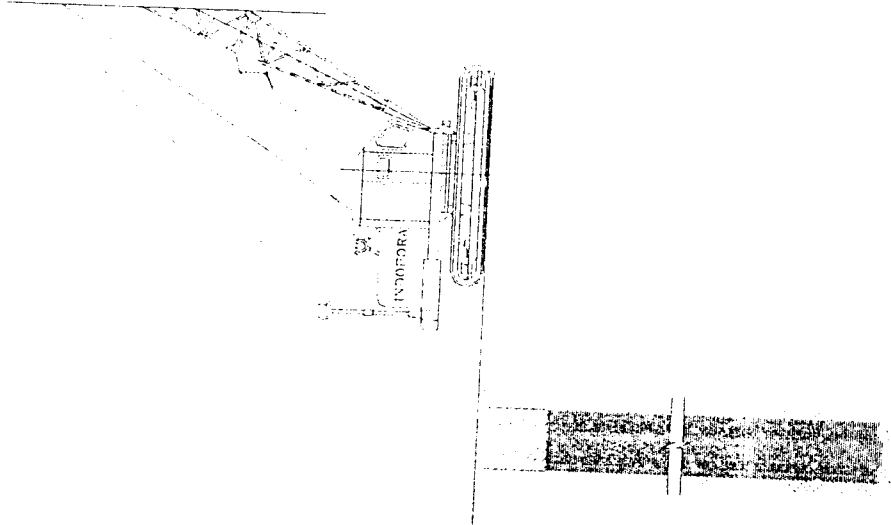
# Concreting



***Withdraw tremie pipe & temporary casing***



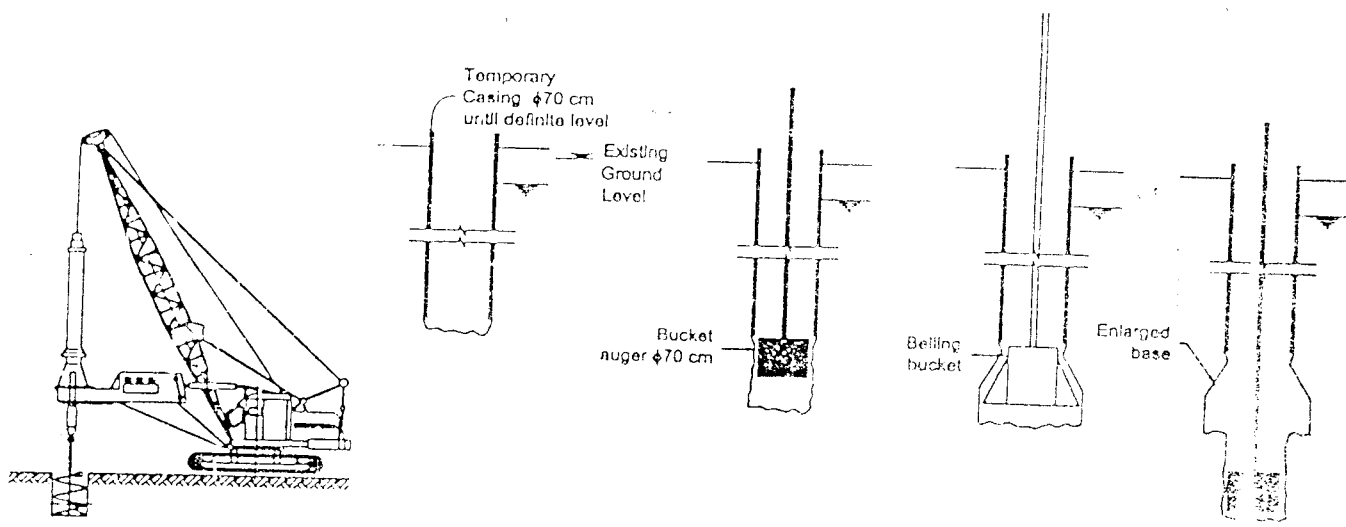
*finish*





PT. Indonesia Pondasi Raya  
Foundation Specialists

PROJECT			
JOB TITLE	BORED PILE WITH ENLARGED BASE		
DESIGNED BY	-	DATE	
CHECKED BY	-	PAGE #	1 OF 1



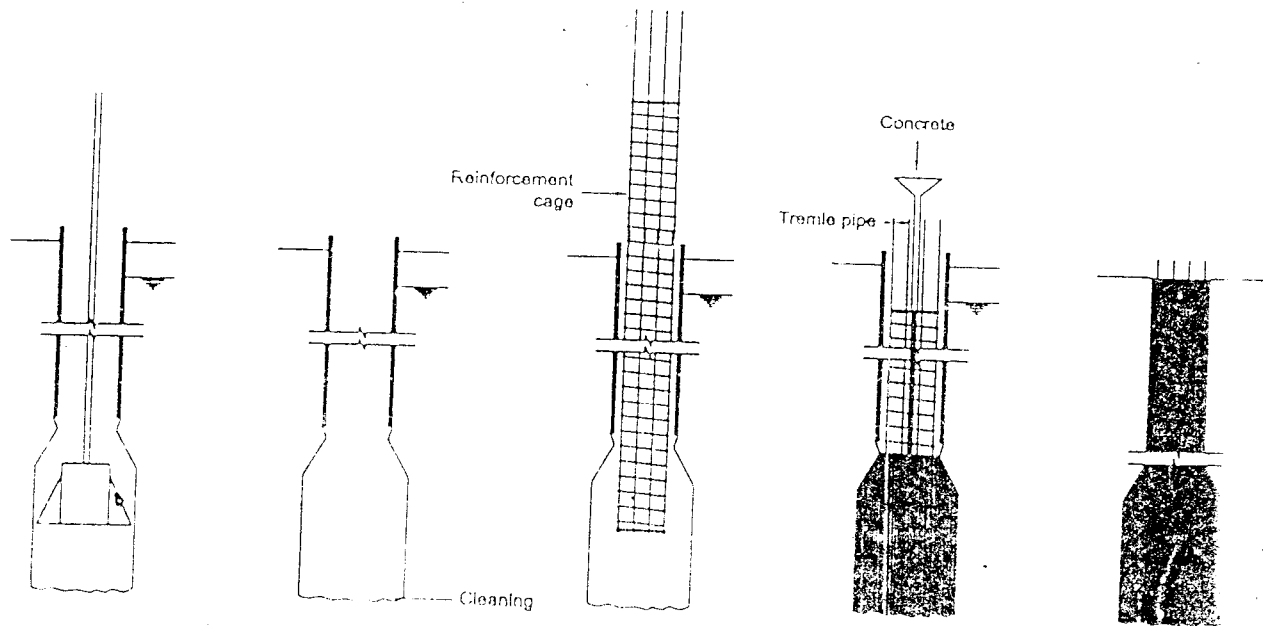
Stage 1  
Start drilling  
by auger bit

Stage 2  
Casing  
installation

Stage 3  
Continue drilling  
by bucket auger

Stage 4  
Enlarged base  
drilling by belling  
bucket

Stage 5  
Continue drilling  
by bucket auger  
until 60 cm depth



Stage 6  
Enlarged base  
drilling by belling  
bucket

Stage 7  
Bottom cleaning by  
cleaning bucket

Stage 8  
Placing of  
reinforcement cage

Stage 9  
Concreting

Stage 10  
Bored piling  
completed

Gambar 2.3  
(Sumber: Dak Bina, 2002)