

LAPORAN KERJA PRAKTEK
PENGGUNAAN TIANG PANCANG PADA PROYEK
PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN MAHASISWA
(RUSUNAWA)

Disusun oleh:


LEONARDO GINTING
06 811 0035



JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2009

LAPORAN KERJA PRAKTEK
PENGGUNAAN TIANG PANCANG PADA PROYEK
PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN MAHASISWA
(RUSUNAWA)

Disusun oleh :

LEONARDHO GINTING
06 811 0035

DISETUJUI OLEH :

DISAHKAN OLEH :


Ir. H. EDY HERMANTO, MT
DOSEN PEMBIMBING


Ir. H. EDY HERMANTO, MT
KOORDINATOR KERJA PRAKTEK



Ir. H. EDY HERMANTO, MT
KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN

2009



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kolam No. 1 Medan Estate, Telp. 7366878, 7357771 Medan

5 Mei 2008

Nomor : 50/FI/I.1.b/2008
Tempat : -
Hal : Pembimbing Kerja Praktek/T.A

Kepada Yth : Pembimbing Kerja Praktek
Ir. M. Iqbal Lubis

Di -
Tempat

Dengan hormat,

Sehubungan telah dipenuhinya persyaratan untuk Kerja Praktek dari mahasiswa :

Nama : Leonardio Ginting
NPM : 06.811.0035
Jurusan : Teknik Sipil

Maka dengan hormat kami mengharapkan kesediaan saudara :

Ir. M. Iqbal Lubis (Sebagai Pembimbing)

Dengan judul Kerja Proyek : "Penggusar Tiang Pancang Pada Proyek
Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa (RUSUNAWA)".

Atas kesediaan saudara diucapkan terima kasih.

Dekan,


Drs. Dedan Ramdan, M'Eng., MSc

Tembusan :

1. Pembantu Dekan II
2. Dosen Wali

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Berkat, Rahmat dan KaruniaNya penulis dapat menyelesaikan Laporan Kerja Praktek ini dengan baik.

Laporan Kerja Praktek yang berjudul ” **Penggunaan Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa/i Sistem Sewa**” ini merupakan tugas yang harus diselesaikan penulis sebagai syarat untuk menempuh atau mengambil Tugas Akhir Sarjana pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Dalam menyelesaikan Laporan Kerja Praktek, penulis menghadapi berbagai kendala, namun berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak maka Laporan Kerja Praktek ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih banyak yang setulusnya kepada :

1. Ibu Ketua Yayasan Pendidikan H. Agus Salim (YPHAS), Pengelola Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. H. A. Ya'kub Matondang, MA., sebagai Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Drs. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT, sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir. Eddy Hermanto, MT, sebagai Pembimbing

6. Bapak dan Ibu Dosen/ Staff Pengajar di Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area
7. Istri, Orang tua dan Keluarga penulis yang telah banyak memberikan dukungan spiritual dan materil.
8. Rekan-rekan Mahasiswa yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu per satu, yang telah banyak membantu kelancaran penulisan Laporan Kerja Praktek ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan Laporan Kerja Praktek ini masih jauh dari sempurna, ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman serta refrensi yang penulis miliki. Untuk itu penulis menerima dengan terbuka segala kritikan dan saran yang bersifat membangun untuk penyempurnaan Laporan Kerja Praktek ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Laporan Kerja Praktek ini bermanfaat bagi semua pembaca.

Medan, Oktober 2008

Hormat saya,

LEONARDHO GINTING

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Batasan Masalah.....	3
1.3. Maksud dan Tujuan.....	3
1.4. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TIANG PANCANG	
2.1. Pengertian Pondasi Tiang Pancang	6
2.2. Pengolongan Pondasi Tiang Pancang	7
2.2.1. Pondasi Tiang Pancang Menurut Pemakaian Bahan	7
2.2.2. Pondasi Tiang Pancang Menurut Cara Tiang Meneruskan Beban.....	19
2.2.3. Pondasi Tiang Pancang Menurut Cara Pemancangannya	20
2.2.4. Pemancangan Tiang Pancang	21
2.3. Tiang Pancang Kelompok	22
2.3.1. Pertimbangan Tiang Pancang Kelompok	22
2.3.2. Jarak Antara Tiang Pancang Dalam Kelompok ...	24

2.3.3. Daya Dukung Kelompok Tiang	29
2.3.4. Efisiensi Tiang Pancang Kelompok	31
2.4. Penyelidikan Tanah	35
2.4.1. Data Sondir (<i>Sondering Test</i>)	36
2.4.2. <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	40

BAB III DATA PROYEK

3.1. Lokasi Kerja Praktek	48
3.2. Data Teknis Tiang Pancang	49

BAB IV PELAKSANAAN PROYEK

4.a. Organisasi	52
4.a.1. Pemilik Proyek	52
4.a.2. Konsultan (Perencana)	53
4.a.3. Kontraktor (Pelaksana)	54
4.b. Struktur Organisasi Lapangan	55

BAB V PERALATAN DAN BAHAN

5.a. Peralatan Yang Dipakai	57
5.b. Bahan-bahan Yang Dipakai	59

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan	66
6.2. Saran	66

GAMBAR PROYEK

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	KETERANGAN	Hal
II.1	Pondasi tiang pancang dengan tahanan ujung	19
II.2	Pondasi tiang pancang dengan tahanan gesekan	20
II.3	Tegangan-tegangan yang mengelilingi sebuah tiang Pancang gesekan dan efek yang dijumlahkan untuk sebuah kelompok tiang pancang	23
II.4	Pola kelompok tiang pancang khusus	27
II.5	Jarak antar tiang dalam kelompok	28
II.6	Jarak antar tiang dalam kelompok kondisi $S < 2,5D$	28
II.7	Kelompok tiang terdiri dari <i>point bearing pile</i>	30
II.8	Kelompok tiang terdiri dari <i>friction pile</i>	31
II.9	Efisiensi tiang menurut metode Feld	32
II.10	Efisiensi tiang menurut metode <i>Uniform Building Code dari AASHO</i>	33
II.11	Alat percobaan <i>Standar Penetration Test</i>	41
II.12	Mekanisme daya dukung tiang	43
II.13	Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang	45
II.14	Cara menentukan panjang ekuivalen penetrasi sampai ke lapisan tanah pendukung	46
III.1	Tiang Pancang	49
III.2	Penampang Tiang Pancang	49
III.3	Penampang Segi Empat Upper Type & Middle Type	50
III.4	Minipile Penampang Segi Empat Bottom Type	50
III.5	Tiang Pancang Secara Keseluruhan	51

DAFTAR TABEL

TABEL	KETERANGAN	Hal
II.1	Hubungan Antara Angka Penetrasi Standard Dengan Sudut Geser Dalam Dan Kepadatan Relatif Pada Tanah Pasir.....	40
II.2	Hubungan Antara N Dengan Berat Isi Tanah.....	41
II.3	Faktor Keamanan	45
II.4	Intensitas Gaya Geser Dinding	47
III.1	Spesifikasi Teknik Tiang Pancang Prategang Penampang Segi Empat	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi khususnya dibidang teknik sipil yang bergerak dalam bidang perencanaan struktur bangunan, yang semakin cepat dan canggih searah dengan perkembangannya teknologi dan ditemukannya metode-metode baru dalam Teknik Sipil yang mampu menjawab kebutuhan masa depan yang akurat dan canggih. Dengan berpedomanan pada kemajuan teknologi yang semakin pesat dan pada tujuan pendidikan Teknik Sipil yang mana melahirkan insan-insan Teknik Sipil yang mampu menangani masalah mengenai bidang teknik sipil baik secara teoritis maupun langsung ikut serta terjun dalam menangani masalah ke lapangan serta mampu mempertanggungjawabkan pelaksanaan dan hasil yang didapat dilapangan yang sesuai dengan teori yang telah didapat, sesuai dengan kurikulum di Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area yang mewajibkan setiap mahasiswa untuk melakukan kerja praktek selama 3 bulan untuk dapat menyelesaikan studinya, maka dipilih salah satu alternatif proyek Kerja Praktek yang diberikan sesuai dengan sub bab mata Kuliah Teknik Sipil dan perencanaan yang dipelajari. Bagian struktur yang berfungsi untuk menopang bangunan agar tetap stabil disebut dengan pondasi tiang pancang. Dikarenakan oleh jenis tanah dasar yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda maka diperlukan pemilihan pondasi untuk tiang pancang yang sesuai dengan kemampuan daya dukung dari tanah tersebut agar dalam pembangunan konstruksi bangunan yang dilaksanakan tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan seperti

terjadinya penurunan tanah (**Setlemen**) yang dapat menyebabkan bangunan tersebut miring dan rubuh, juga agar dalam pelaksanaan dapat tercapai efisiensi biaya. Dalam masa sekarang ini telah banyak jenis-jenis tiang pancang yang digunakan dalam pondasi.

Penggunaan pondasi tiang bor (**Bored Pile**) sebagai bangunan bawah yang memindahkan beban kelapisan tanah yang berada dibawah dan mengurangi atau jika dapat menghindari penurunan yang sangat berlebihan yang dapat terjadi, dewasa ini semakin populer dan banyak dilaksanakan diberbagai tempat karena berbagai alasan, diantara bored pile dapat digunakan untuk berbagai macam bangunan khususnya untuk konstuksi-konstruksi besar seperti : gedung pencakar langit, jembatan-jembatan, tangki-tangki minyak dan lain-lain. Namun juga dapat juga dipergunakan untuk bangunan dengan konstruksdi kecil seperti : papan reklame, dinding penahan tanah dan sebagainya. Karena dimensi dan panjang tiang dapat disesuaikan dengan kedalam tanah keras disamping itu sangat ideal, untuk lokasi yang kondisi sekelilingnya padat bangunan, karena tidak menimbulkan getaran, praktis karena kapasitas dari diameter dapat disesuaikan dengan beban struktur atasnya, oleh sebab itu sangat menarik mengentengahkan perkembangan pemakaian dan pelaksanaan konstruksi jenis pondasi bored pile.

Adapun alternatif proyek kreja praktek yang diberikan adalah :

- a. Kelompok Geotras, memilih proyek yang berhubungan dengan sarana dan fasilitas perhubungan misalnya : Jalan Raya, Jalan Kereta Api, Lapangan Terbang, Sistem Transportasi, dan lain-lain.
- b. Kelompok Sturktur, memilih proyek yang berhubungan dengan perencanaan bangunan Teknik Sipil misalnya : Bangunan gedung

bertingkat banyak, kilang, menara, jembatan, gedung-gedung, dan lain-lain.

- c. Kelompok Teknik Sumber Air, memilih proyek yang berhubungan dengan penelitian dan pembangunan pengembangan sumber air (*Water Resource*) beriku sarana dan fasilitasnya, misalnya : Pelabuhan, bendungan, saluran irigasi, pengendalian banjir, dan lain-lain.

dengan berdasarkan pada sub bidang studi yang ditekuni, maka dipilih suatu proyek bangunan bertingkat yang digolongkan sebagai bangunan kering dan jenis beton.

1.2. Batasan Masalah

Dengan melalui Kerja Praktek pada proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa dan waktu yang diberikan untuk melakukan Kerja Praktek hanya 3 bulan, sehingga penulis tidak dapat mengikuti pekerjaan secara keseluruhan, jadi penulis membatasi masalah yang akan dibahas yaitu mengenai "**Penggunaan Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa/i Sistem Sewa**", yang berada di Jalan PBSI Medan.

1.3. Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan dari pembahasan ini adalah untuk mengetahui fungsi dari penggunaan tiang pancang precast pada bangunan Rumah Susun Mahasiwa/i Sistem Sewa.

- Melihat dan mengenal lapangan kerja secara langsung dan mengaplikasikan ilmu dan teori yang diperoleh selama masa perkuliahan.

- Memperoleh keterampilan dalam hal penguasaan bidang tertentu sehingga menambah pengalaman untuk mencari pekerjaan.
- Mendapat kesempatan untuk ikut langsung dalam memecahkan persoalan yang dihadapi dilapangan

1.4. Sistematika

Untuk mendapatkan hasil yang terbaik dari penyusunan proyek-proyek proposal Kerja Praktek ini baik dari segi penulisan maupun penyajian materi, maka penulis berusaha untuk menyusun uraian dan masing-masing pembahasan yang disusun secara berurutan sehingga diharapkan pembahasan pada proyek proposal Kerja Praktek ini merupakan pembahasan yang sistematis.

Juga dengan bantuan data (tinjauan) dilapangan secara langsung yang berkaitan dengan proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa/i Sistem Sewa yang berada di Jalan PBSI Medan.

Serta memperoleh bahan masukan dan buku-buku maupun tulisan yang berhubungan dengan proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa/i Sistem Sewa yang berada di Jalan PBSI Medan, diantaranya adalah :

- a. Departemen Pekerjaan Umum, Peraturan Umum untuk Pemeriksaan Bahan Bangunan Indonesia, PBBI-N1-3-1070.
- b. Departemen Pekerjaan Umum, Peraturan Beton Bertulang Indonesia, PBI-N1-1971.
- c. Departemen Pekerjaan Umum, Peraturan Muatan Indonesia, PMI-N1-2-1971 serta SKNI T-15-1991-03

Sistematika penulisan laporan Kerja Praktek pada proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa/i Sistem Sewa yang berada di Jalan PBSI Medan terdiri dari :

- BAB I : PENDAHULUAN
 - 1.1. Latar Belakang
 - 1.2. Batasan Masalah
 - 1.3. Maksud dan Tujuan
 - 1.4. Sistematika

- BAB II : TIANG PANCANG
 - 2.1. Pengertian Pondasi Tiang Pancang
 - 2.2. Penggolongan Pondasi Tiang Pancang
 - 2.3. Tiang pancang kelompok
 - 2.4. Penyelidikan Tanah

- BAB III : DATA PROYEK
 - 3.1 Lokasi Kerja Praktek
 - 3.2. Data teknis Penyelidikan tanah
 - 3.3. Data Teknis Pemancangan

- BAB IV : PELAKSANAAN PROYEK
 - 4.a. Organisasi
 - 4.b. Struktur Organisasi Lapangan

- BAB V : PERALATAN DAN BAHAN
 - 5.a. Peralatan Yang Dipakai
 - 5.b. Bahan-bahan Yang Dipakai.

- BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN
 - 6.a. Kesimpulan
 - 6.b. Saran

BAB II

TIANG PANCANG

2.1. Pengertian Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang adalah bagian dari suatu konstruksi pondasi yang terbuat dari kayu, beton, dan baja yang berbentuk langsing yang dipancang hingga tertanam dalam tanah pada kedalaman tertentu yang berfungsi untuk menyalurkan atau mentransmisikan beban dari struktur atas melewati tanah lunak ke lapisan tanah yang keras. Hal ini merupakan distribusi vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang. Distribusi muatan vertikal dibuat dengan menggunakan gesekan, atau tiang pancang apung. Kebanyakan tiang pancang dipancangkan kedalam tanah, akan tetapi ada beberapa tipe yang dicor setempat dengan cara dibuatkan lubang terlebih dahulu dengan mengebor tanah.

Pada umumnya tiang pancang dipancangkan tegak lurus kedalam tanah, tetapi apabila diperlukan untuk dapat menahan gaya-gaya horizontal maka tiang pancang akan dipancang miring. Sudut kemiringan yang dicapai oleh tiang pancang tergantung dari pada alat pancang yang digunakan serta disesuaikan dengan perencanaannya.

Tiang pancang pada konstruksi pondasi mempunyai beberapa jenis, baik dari segi jenis tiangnya maupun dalam pelaksanaan (pembuatan) pondasi tiang tersebut.

Pada perencanaan pondasi tiang pancang, kekuatan pondasi antara lain ditentukan oleh kapasitas daya dukung sebuah tiang, dan kapasitas daya dukung

tiang pancang tersebut umumnya ditentukan oleh kekuatan reaksi tanah dalam mendukung tiang yang dibebani dan pada kekuatan tiang itu sendiri dalam menahan serta menyalurkan beban di atasnya.

2.2. Penggolongan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang dapat digolongkan berdasarkan pemakaian bahan, cara tiang meneruskan beban dan cara pemasangannya, berikut ini akan dijelaskan satu persatu.

2.2.1. Pondasi tiang pancang menurut pemakaian bahan

Pembagian tiang pancang menurut pemakaian bahan terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

A. Tiang pancang kayu

Tiang pancang kayu dibuat dari batang pohon yang cabang-cabangnya telah dipotong dengan hati-hati, biasanya diberi bahan pengawet dan didorong dengan ujungnya yang kecil sebagai bagian yang runcing. Kadang-kadang ujungnya yang besar didorong untuk maksud-maksud khusus, seperti dalam tanah yang sangat lembek dimana tanah tersebut akan bergerak kembali melawan poros. Kadang kala ujungnya runcing dilengkapi dengan sebuah sepatu pemancangan yang terbuat dari logam bila tiang pancang harus menembus tanah keras atau tanah kerikil

Pemakaian tiang pancang kayu ini adalah cara tertua dalam penggunaan tiang pancang sebagai pondasi. Tiang kayu akan tahan lama dan tidak mudah busuk apabila tiang kayu tersebut dalam keadaan selalu terendam penuh di bawah muka air tanah. Tiang pancang dari kayu akan lebih cepat rusak atau busuk apabila dalam keadaan kering dan basah yang selalu berganti-ganti.

Sedangkan pengawetan serta pemakaian obat-obatan pengawet untuk kayu hanya akan menunda atau memperlambat kerusakan dari pada kayu, akan tetapi tetap tidak akan dapat melindungi untuk seterusnya. Pada pemakaian tiang pancang kayu biasanya tidak di ijinakan untuk menahan muatan lebih besar dari 25 sampai 30 ton untuk setiap tiang.

Tiang pancang kayu ini sangat cocok untuk daerah rawa dan daerah-daerah dimana sangat banyak terdapat hutan kayu seperti daerah Kalimantan, sehingga mudah memperoleh balok/tiang kayu yang panjang dan lurus dengan diameter yang cukup besar untuk di gunakan sebagai tiang pancang.

➤ Keuntungan pemakaian tiang pancang kayu

- Tiang pancang dari kayu relatif lebih ringan sehingga mudah dalam pengangkutan.
- Kekuatan tarik besar sehingga pada waktu pengangkatan untuk pemancangan tidak menimbulkan kesulitan seperti misalnya pada tiang pancang beton precast.
- Mudah untuk pemotongannya apabila tiang kayu ini sudah tidak dapat masuk lagi ke dalam tanah.
- Tiang pancang kayu ini lebih baik untuk tahanan geser dari pada untuk tahanan ujung sebab tegangan tekanannya relatif kecil.
- Karena tiang kayu ini relatif fleksible terhadap arah horizontal di bandingkan dengan tiang-tiang pancang selain dari kayu, maka apabila tiang ini menerima beban horizontal yang tidak tetap, tiang pancang kayu ini akan melentur dan segera kembali ke posisi setelah beban horizontal

tersebut hilang. Hal seperti ini sering terjadi pada dermaga dimana terdapat tekanan kesamping dari kapal dan perahu.

➤ Kerugian pemakaian tiang pancang kayu

- Karena tiang pancang ini harus selalu terletak di bawah muka air tanah yang terendah agar dapat tahan lama, maka kalau air tanah yang terendah itu letaknya sangat dalam, hal ini akan menambah biaya untuk penggalian.
- Tiang pancang yang di buat dari kayu mempunyai umur yang relative kecil di bandingkan dengan tiang pancang yang di buat dari baja atau beton, terutama pada daerah yang muka air tanahnya sering naik dan turun.
- Pada waktu pemancangan pada tanah yang berbatu (*gravel*) ujung tiang pancang kayu dapat dapat berbentuk berupa sapu atau dapat pula ujung tiang tersebut merenyuk. Apabila tiang kayu tersebut kurang lurus, maka pada waktu dipancarkan akan menyebabkan penyimpangan terhadap arah yang telah ditentukan.
- Tiang pancang kayu tidak tahan terhadap benda-benda yang agresif dan jamur yang menyebabkan kebusukan.

B. Tiang Pancang Beton

1. *Tiang pancang beton pracetak (Precast Reinforce Concrete Pile)*

Tiang pancang beton pracetak adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (*bekisting*), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan di pancangkan. Karena tegangan tarik beton adalah kecil dan praktis dianggap sama dengan nol, sedangkan berat sendiri dari pada beton adalah besar, maka tiang pancang beton ini haruslah diberi penulangan-penulangan yang

cukup kuat untuk menahan momen lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan dan pemancangan. Karena berat sendiri adalah besar, biasanya tiang pancang beton ini dicetak dan dicor di tempat pekerjaan, jadi tidak membawa kesulitan untuk transport.

Tiang pancang ini dapat memikul beban yang besar (>50 ton untuk setiap tiang), hal ini tergantung dari dimensinya. Dalam perencanaan tiang pancang beton precast ini panjang dari pada tiang harus dihitung dengan teliti, sebab kalau ternyata panjang dari pada tiang ini kurang terpaksa harus di lakukan penyambungan, hal ini adalah sulit dan banyak memakan waktu.

➤ Keuntungan pemakaian Tiang pancang beton pracetak :

- Tiang pancang ini mempunyai tegangan tekan yang besar, hal ini tergantung dari mutu beton yang di gunakan.
- Tiang pancang ini dapat diperhitungkan baik sebagai tahanan geser tiang maupun tahanan ujung tiang.
- Karena tiang pancang beton ini tidak berpengaruh oleh tinggi muka air tanah seperti tiang pancang kayu, maka disini tidak memerlukan galian tanah yang banyak untuk poernya.
- Tiang pancang beton dapat tahan lama sekali, serta tahan terhadap pengaruh air maupun bahan-bahan yang korosif asal selimut betonnya cukup tebal untuk melindungi tulangnya.

➤ Kerugian pemakaian Tiang pancang beton pracetak :

- Karena berat sendirinya maka transportnya akan mahal, oleh karena itu Tiang pancang ini di buat di lokasi pekerjaan.

- Tiang pancang ini di pancangkan setelah cukup keras, hal ini berarti memerlukan waktu yang lama untuk menunggu sampai tiang beton ini dapat dipergunakan.
- Bila memerlukan pemotongan maka dalam pelaksanaannya akan lebih sulit dan memerlukan waktu yang lama.
- Bila panjang tiang pancang kurang, karena panjang dari tiang pancang ini tergantung dari pada alat pancang (*pile driving*) yang tersedia maka untuk melakukan panyambungan adalah sukar dan memerlukan alat penyambung khusus.

2. *Tiang Pancang Beton Prategang (Precast Prestressed Concrete Pile)*

Tiang pancang beton prategang ini adalah tiang pancang yang menggunakan baja penguat dan kabel kawat sebagai gaya prategangnya.

- Keuntungan pemakaian Tiang pancang beton prategang :
 - Kapasitas beban pondasi yang dipikulnya tinggi.
 - Tiang pancang tahan terhadap karat.
 - Kemungkinan terjadinya pemancangan keras dapat terjadi
- Kerugian pemakaian pancang beton prategang :
 - Pondasi tiang pancang sukar untuk ditangani.
 - Biaya permulaan dari pembuatannya tinggi.
 - Pergeseran cukup banyak sehingga prategang sukar untuk disambung.

3. *Tiang Pancang Cor ditempat (Cast in Place Pile)*

Pondasi tiang pancang tipe ini adalah pondasi yang di cor di tempat dengan cara dibuatkan lubang terlebih dahulu dalam tanah dengan cara mengebor tanah

seperti pada pengeboran tanah pada waktu penyelidikan tanah. Pada tiang pancang ini dapat dilaksanakan dua cara :

- Dengan pipa baja yang dipancangkan ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton dan ditumbuk sambil pipa tersebut ditarik keatas.
 - Dengan pipa baja yang di pancangkan ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton, sedangkan pipa tersebut tetap tinggal di dalam tanah.
- Keuntungan pemakaian Tiang pancang cor ditempat :
- Pembuatan tiang tidak menghambat pekerjaan.
 - Tiang ini tidak perlu diangkat, jadi tidak ada resiko rusak dalam transport.
 - Panjang tiang dapat disesuaikan dengan keadaan dilapangan.
- Kerugian pemakaian Tiang pancang cor ditempat :
- Pada saat penggalian lubang, membuat keadaan sekelilingnya menjadi kotor akibat tanah yang diangkut dari hasil pengeboran tanah tersebut.
 - Pelaksanaannya memerlukan peralatan yang khusus.
 - Beton yang dikerjakan tidak dapat dikontrol.

C. Tiang Pancang Baja (*Steel Pile*)

Kebanyakan tiang pancang baja ini berbentuk profil H. karena terbuat dari baja maka kekuatan dari tiang ini sendiri sangat besar sehingga dalam pengangkutan dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah seperti halnya pada tiang beton precast. Jadi pemakaian tiang pancang baja ini akan sangat bermanfaat apabila kita memerlukan tiang pancang yang panjang dengan tahanan ujung yang besar.

Tingkat karat pada tiang pancang baja sangat berbeda-beda terhadap tekstur tanah, panjang tiang yang berada dalam tanah dan keadaan kelembaban tanah.

1. Pada tanah yang memiliki tekstur tanah yang kasar/kesap, maka karat yang terjadi karena adanya sirkulasi air dalam tanah tersebut hampir mendekati keadaan karat yang terjadi pada udara terbuka.
2. Pada tanah liat (*clay*) yang mana kurang mengandung oxygen maka akan menghasilkan tingkat karat yang mendekati keadaan karat yang terjadi karena terendam air.
3. Pada lapisan pasir yang dalam letaknya dan terletak dibawah lapisan tanah yang padat akan sedikit sekali mengandung oksigen maka lapisan pasir tersebut juga akan akan menghasilkan karat yang kecil sekali pada tiang pancang baja.

Pada umumnya tiang pancang baja akan berkarat di bagian atas yang dekat dengan permukaan tanah. Hal ini disebabkan karena keadaan udara pada pori-pori tanah (*Aerated-Condition*) pada lapisan tanah tersebut dan adanya bahan-bahan organis dari air tanah. Hal ini dapat ditanggulangi dengan memoles tiang baja tersebut dengan ter (*coaltar*) atau dengan sarung beton sekurang-kurangnya 20" (± 60 cm) dari muka air tanah terendah.

Karat/korosi yang terjadi karena udara (*atmosphere corrosion*) pada bagian tiang yang terletak di atas tanah dapat dicegah dengan pengecatan seperti pada konstruksi baja biasa.

➤ Keuntungan pemakaian Tiang Pancang Baja.

- Tiang pancang ini mudah dalam dalam hal penyambungannya.
- Tiang pancang ini memiliki kapasitas daya dukung yang tinggi.
- Dalam hal pengangkatan dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah.

➤ Kerugian pemakaian Tiang Pancang Baja.

- Tiang pancang ini mudah mengalami korosi.
- Bagian H pile dapat rusak atau di bengkokan oleh rintangan besar.

D. Tiang Pancang Komposit.

Tiang pancang komposit adalah tiang pancang yang terdiri dari dua bahan yang berbeda yang bekerja bersama-sama sehingga merupakan satu tiang. Kadang-kadang pondasi tiang dibentuk dengan menghubungkan bagian atas dan bagian bawah tiang dengan bahan yang berbeda, misalnya dengan bahan beton di atas muka air tanah dan bahan kayu tanpa perlakuan apapun disebelah bawahnya. Biaya dan kesulitan yang timbul dalam pembuatan sambungan menyebabkan cara ini diabaikan.

1. Tiang pancang Komposit terdiri dari Kayu dan Beton (Water proofed steel and Wood pile)

Tiang ini terdiri dari tiang pancang kayu untuk bagian yang di bawah permukaan air tanah sedangkan bagian atas adalah beton. Kita telah mengetahui bahwa kayu akan tahan lama/awet bila terendam air, karena itu bahan kayu disini diletakan di bagian bawah yang mana selalu terletak dibawah air tanah.

Kelemahan tiang ini adalah pada tempat sambungan apabila tiang pancang ini menerima gaya horizontal yang permanen. Adapun cara pelaksanaanya secara singkat sebagai berikut:

- a. Selimut cetakan (***Casing***) dan inti cetakan (***Core***) dipancang bersama-sama dalam tanah hingga mencapai kedalaman yang telah ditentukan untuk meletakan tiang pancang kayu tersebut dan ini harus terletak dibawah muka air tanah yang terendah.

- b. Kemudian inti cetakan (*core*) ditarik keatas dan tiang pancang kayu dimasukkan dalam selimut cetakan (*casing*) dan terus dipancang sampai mencapai lapisan tanah keras.
- c. Setelah mencapai lapisan tanah keras pemancangan dihentikan dan inti cetakan (*core*) ditarik keluar dari selimut cetakan (*casing*). Kemudian beton dicor kedalam selimut cetakan sampai penuh terus dipadatkan dengan menumbukkan inti tiang ke dalam selimut tiang.

2. *Tiang pancang Komposit terdiri dari Kayu, Beton dan pipa dari bahan Logam tipis (Shell) – (Composite dropped in – Shell and Wood pile)*

Tipe tiang ini hampir sama dengan tipe diatas hanya bedanya di sini memakai shell yang terbuat dari bahan logam tipis permukaannya di beri alur spiral.

Secara singkat pelaksanaanya sebagai berikut:

- a. Selimut cetakan (*casing*) dan inti cetakan (*core*) dipancang bersama-sama sampai mencapai kedalaman yang telah ditentukan di bawah muka air tanah.
- b. Setelah mencapai kedalaman yang dimaksud inti cetakan ditarik keluar dari selimut cetakan dan tiang pancang kayu dimasukkan dalam selimut cetakan terus dipancang sampai mencapai lapisan tanah keras. Pada pemancangan tiang pancang kayu ini harus diperhatikan benar-benar agar kepala tiang tidak rusak atau pecah.
- c. Setelah mencapai lapisan tanah keras inti cetakan ditarik keluar lagi dari selimut cetakan.
- d. Kemudian logam tipis berbentuk pipa yang diberi alur spiral dimasukkan dalam selimut cetakan. Pada ujung bagian bawah logam

tipis dipasang tulangan berbentuk sangkar yang mana tulangan ini dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat masuk pada ujung atas tiang pancang kayu tersebut.

- e. Beton kemudian dicor kedalam logam tipis (*shell*). Setelah *shell* cukup penuh dan padat selimut cetakan ditarik keluar sambil logam tipis yang telah terisi beton tadi ditahan terisi beton tadi ditahan dengan cara meletakkan inti cetakan diujung atas logam tipis berbentuk pipa (*shell*).

3. *Tiang pancang Komposit terdiri dari Kayu dan Beton yang digelembungkan (Composit ungased – Concrete and Wood pile)*

Dasar pemilihan tiang Komposit tipe ini adalah:

- Lapisan tanah keras dalam sekali letaknya sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan tiang pancang cor ditempat, sedangkan kalau menggunakan tiang pancang pracetak terlalu panjang, akibatnya akan susah dalam transport dan mahal.
- Muka air tanah terendah sangat dalam sehingga bila menggunakan tiang pancang kayu akan memerlukan galian yang cukup dalam agar tiang pancang kayu tersebut selalu berada dibawah permukaan air tanah terendah.

Adapun prinsip pelaksanaan tiang komposit ini adalah sebagai berikut :

- a. Selimut cetakan baja (*casing*) dan inti cetakan (*core*) dipancang bersama-sama dalam tanah sehingga sampai pda kedalaman tertentu.
- b. Inti cetakan ditarik keluar dari selimut cetakan dan tiang pancang kayu dimasukkan dalam selimut cetakan terus dipancang sampai kelapisan tanah keras.

- c. Setelah sampai pada lapisan tanah keras inti cetakan dikeluarkan lagi dari selimut cetakan dan beton sebagian dicor dalam casing. Kemudian inti cetakan dimasukkan lagi dalam selimut cetakan.
- d. Beton ditumbuk dengan inti cetakan sambil selimut cetakan ditarik ke atas sampai jarak tertentu sehingga terjadi bentuk beton yang menggelembung seperti bola diatas tiang pancang kayu tersebut.
- e. inti cetakan ditarik lagi keluar dari selimut cetakan dan selimut cetakan diisi dengan beton lagi sampai padat setinggi beberapa sentimeter diatas permukaan tanah. Kemudian beton ditekan dengan inti cetakan kembali sedangkan selimut cetakan ditarik keatas sampai keluar dari tanah.
- f. Tiang pancang komposit telah selesai

Tiang pancang komposit seperti ini sering dibuat oleh **The Mac Arthur Concrete Pile Corp.**

4. Tiang pancang Komposit terdiri dari Tiang pipa baja, Beton dan Pipa logam tipis (Shell) – (Composite dropped – Shell and Pipe pile)

Dasar pemilihan tipe tiang seperti ini adalah:

- Lapisan tanah keras letaknya terlalu dalam bila dipergunakan tiang pancang cor ditempat.
- Muka air tanah terendah terlalu dalam kalau digunakan tiang komposit yang bagian bawahnya terbuat dari kayu.

Cara pelaksanaan tiang tipe ini adalah sebagai berikut:

- a. selimut cetakan (***casing***) dan inti cetakan (***core***) dipasang bersama-sama sehingga selimut cetakan seluruhnya masuk dalam tanah. Kemudian inti cetakan ditarik.

- b. Tiang pipa baja dengan dilengkapi sepatu pada ujung bawah dimasukkan dalam selimut cetakan terus dipancang dengan pertolongan inti cetakan sampai ke tanah keras.
- c. Setelah sampai pada tanah keras kemudian inti cetakan ditarik keatas kembali.
- d. Kemudian pipa logam tipis (*shell*) yang beralur pada dindingnya dimasukkan dalam selimut cetakan hingga bertumpu pada penumpu yang terletak diujung atas tiang pipa baja. Bila diperlukan pembesian maka besi tulangan dimasukkan dalam shell dan kemudian beton dicor sampai padat.
- e. Pipa logam tipis (*shell*) yang telah terisi dengan beton ditahan dengan inti cetakan sedangkan selimut cetakan ditarik keluar dari tanah. Lubang disekeliling shell diisi dengan tanah atau pasir. Variasi lain pada tipe tiang ini dapat pula dipakai tiang pemancang baja H sebagai ganti dari tiang pipa.

5. *Tiang pancang komposit Franki (Franki composite pile)*

Prinsip tiang hampir sama dengan tiang franki biasa hanya bedanya disini pada bagian atas dipergunakan tiang beton precast biasa atau tiang profil H dari baja.

Adapun cara pelaksanaan tiang composit ini adalah sebagai berikut:

- a. Pipa dengan sumbat beton dicor terlebih dahulu pada ujung bawah pipa baja dipancang dalam tanah dengan *drop hammer* sampai pada tanah keras. Cara pemasangan ini sama seperti pada tiang franki biasa.

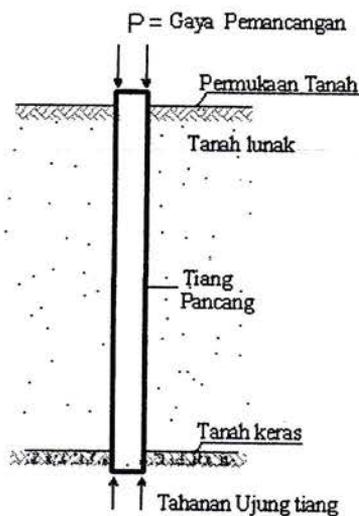
- b. Setelah pemancangan sampai pada kedalaman yang telah direncanakan, pipa diisi lagi dengan beton dan terus ditumbuk dengan *drop hammer* sambil pipa ditarik lagi ke atas sedikit sehingga terjadi bentuk beton seperti bola.
- c. Setelah tiang beton precast atau tiang baja H masuk dalam pipa sampai bertumpu pada bola beton pipa ditarik keluar dari tanah.
- d. Rongga disekitar tiang beton precast atau tiang baja H diisi dengan kerikil atau pasir.

2.2.2. Pondasi tiang pancang menurut cara tiang meneruskan beban.

Pembagian pondasi tiang pancang menurut cara tiang meneruskan beban terdiri dari:

A. Pondasi tiang pancang dengan tahanan ujung (*End Point Bearing Pile*)

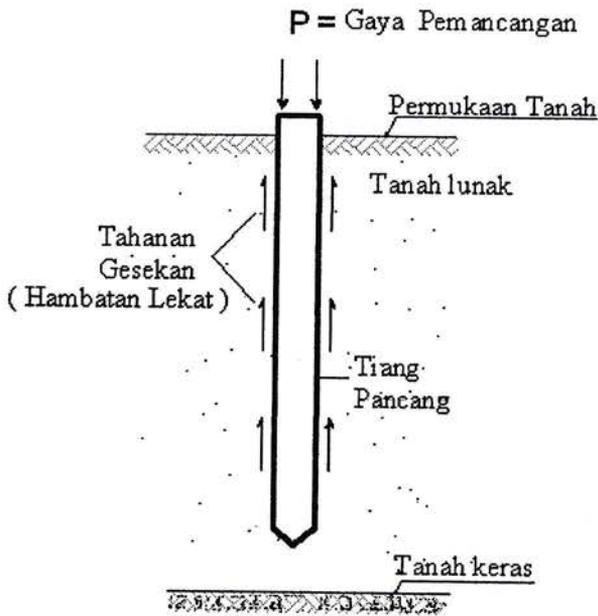
Bila mana ujung tiang mencapai tanah keras dengan kuat daya dukung tinggi, maka beban yang diterima tiang akan diteruskan ketanah dasar pondasi melalui ujung tiang.



Gambar. II.1. Pondasi tiang pancang dengan tahanan ujung
 Sumber: Ir. Sardjono, H. S. Pondasi Tiang Pancang, jilid I

B. Pondasi tiang pancang dengan tahanan gesekan (friction pile)

Bila tiang dipancangkan pada tanah dengan nilai kuat gesek tinggi (jenis tanah pasir), maka beban yang diterima oleh tiang akan ditahan berdasarkan gesekan antara tiang dengan tanah disekeliling tiang.



Gambar. II.2. Pondasi tiang pancang dengan tahanan gesekan.

Sumber: Ir. Sardjono, H. S. *Pondasi Tiang Pancang*, jilid I

2.2.3. Pondasi tiang pancang menurut cara pemancangannya.

Pondasi tiang pancang menurut cara pemancangannya dibagi dua bagian besar, yaitu :

A. Pemancangan Langsung (*Displacement piles*)

Pemancangan Langsung ini adalah suatu tiang yang dipancang dengan bagian bawah tertutup, yang pada proses pemancangannya kedalam tanah mengakibatkan terjadinya perpindahan sejumlah tanah baik dalam arah horizontal maupun arah vertikal.

B. Pemancangan dengan membuat lubang terlebih dahulu (*Replacement piles*)

Pada pemancangan ini adalah suatu tiang pancang dimana dalam pemasangannya dilakukan dengan cara membuat lubang pada tanah terlebih dahulu, kemudian tiang pancang dimasukkan ke lubang tersebut. Dengan cara pemasangan ini maka pada pemancangan ini tidak terjadi perpindahan tanah akibat dari desakan tiang sewaktu dipancang. Ditinjau dari tiang bahan pemasangan tiang terdiri dari :

1. Tiang beton dicor di lubang bor (*bored and cast-in situ concrete pile*).
2. Tiang pipa baja dimasukan ke dalam lubang bor dan diisi beton.
3. Tiang beton pracetak ditempatkan di dalam lubang bor.
4. Tiang baja profil ditempatkan di dalam lubang bor.
5. Tiang pasta semen yang diinjeksikan ke dalam lubang bor.

2.2.4. Pemancangan tiang pancang

Pemancangan tiang pancang adalah suatu usaha untuk menempatkan tiang pancang agar tertanam dalam tanah, sehingga tiang pancang tersebut dapat berfungsi sesuai dengan perencanaan.

Pada saat pelaksanaan pemancangan pondasi tiang pancang ada beberapa masalah yang sering kita temui di lapangan, antara lain:

1. Pergerakan tanah pondasi

Karena pemancangan tiang, tanah pondasi dapat bergerak, disebabkan sebagian tanah yang digantikan oleh tiang akan bergeser, yang dapat mengakibatkan bangunan-bangunan yang ada disekitarnya akan mengalami pergeseran.

2. Kerusakan tiang

Pemilihan ukuran dan mutu tiang didasarkan pada kegunaanya dalam perencanaan, tetapi setidaknya tiang tersebut harus dapat dipancang sampai pada kedalaman pondasi. Jika tanah cukup keras dan tiang tersebut cukup panjang, tiang tersebut harus dipancang dengan penumbuk (*hammer*) yang cukup kuat terhadap kerusakan akibat gaya tumbukan *hammer* tersebut. Dalam hal ini kepala tiang ataupun ujung tiang dapat dibentuk sedemikian rupa, sehingga mampu memperbesar ketahanan tiang tersebut.

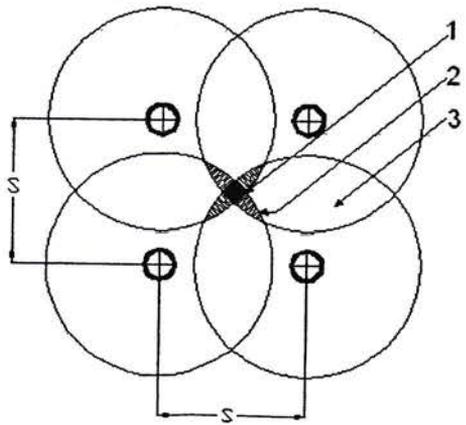
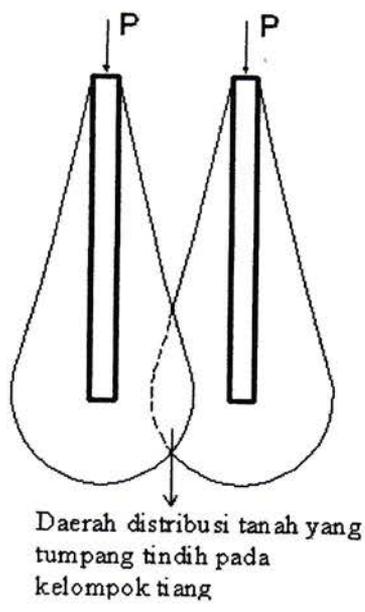
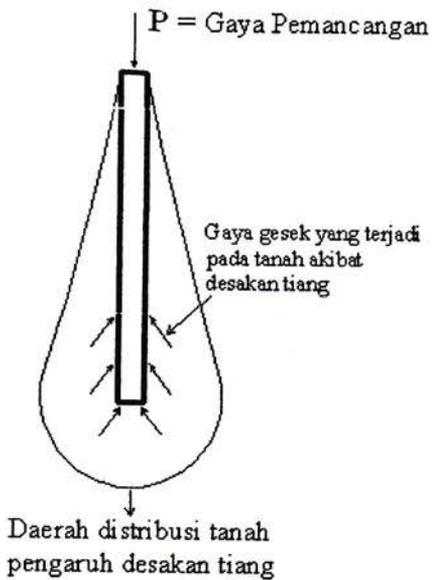
Banyak faktor yang mempengaruhi pelaksanaan pemancangan ini, seperti karakteristik tiang pancang, karakteristik alat pancang dan cara pemancangannya.

2.3. Tiang pancang kelompok

Pada konstruksi sebenarnya jarang sekali ditemukan terdiri dari sebuah tiang pancang tunggal (*single pile*), umumnya sering kita jumpai paling sedikit dua atau tiga tiang pancang dibawah elemen pondasi atau kaki pondasi.

2.3.1. Pertimbangan tiang pancang kelompok

Pada pondasi tiang pancang kelompok sangat diperhitungkan tekanan tanahnya, tekanan-tekanan tanah (baik gesekan samping maupun dukungan titik) yang dikembangkan dalam tanah sehingga hambatan akan saling tumpang tindih (*Overlapping*), hal ini dapat dilihat pada gambar II.3.



keterangan :

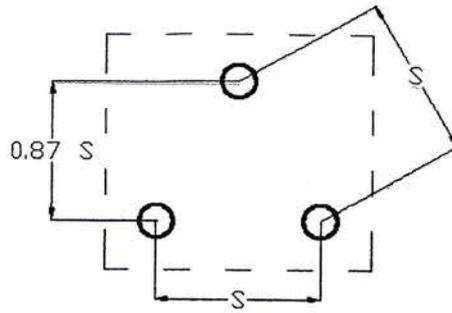
1. 4 tiang pancang memberikan kontribusi kepada tegangan di daerah ini
2. 3 tiang pancang memberikan kontribusi kepada tegangan di daerah ini
3. 2 tiang pancang memberikan kontribusi kepada tegangan di daerah ini

$s = \text{Jarak tiang pancang}$

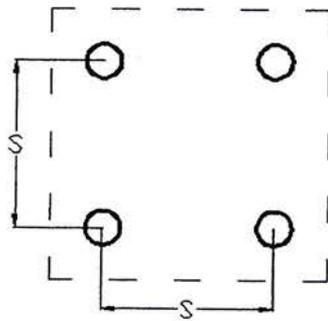
Jarak yang memadai diantara tiang pancang mereduksi daerah tumpang tindih dan banyaknya tiang pancang yang memberi kontribusi kepada setiap daerah

Gambar II.3. Tegangan-tegangan yang mengelilingi sebuah tiang pancang gesekan dan efek yang dijumlahkan untuk sebuah kelompok tiang pancang
 Sumber : Joseph E. Bowles "Analisa dan desain Pondasi" jilid 2

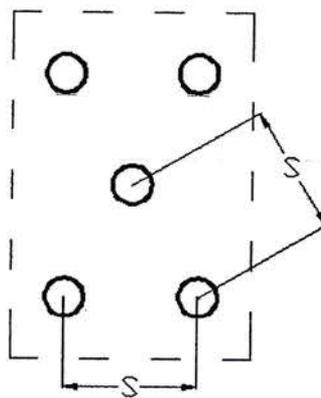
2.3.2. Jarak antara tiang pancang dalam kelompok



3 Tiang pancang



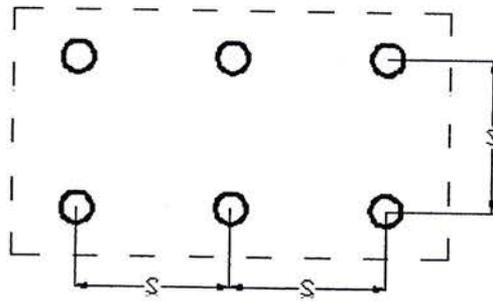
4 tiang pancang



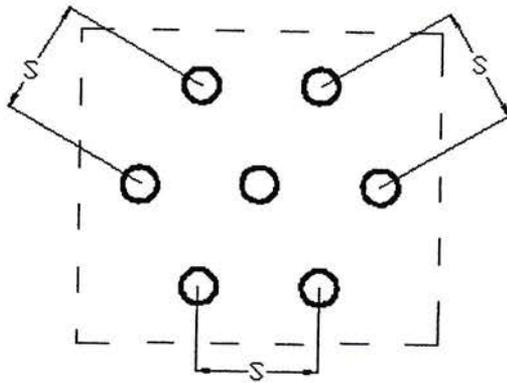
5 Tiang pancang

Dimana :

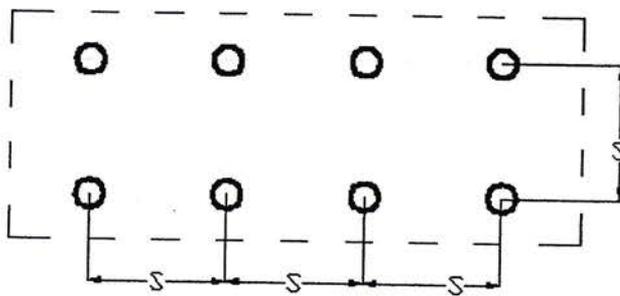
s = Jarak Tiang Pancang



6 Tiang pancang



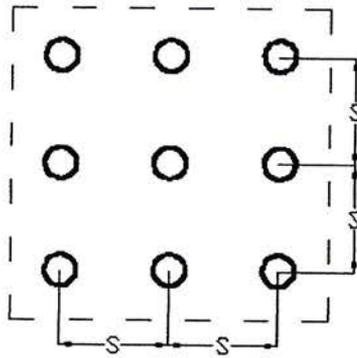
7 Tiang pancang



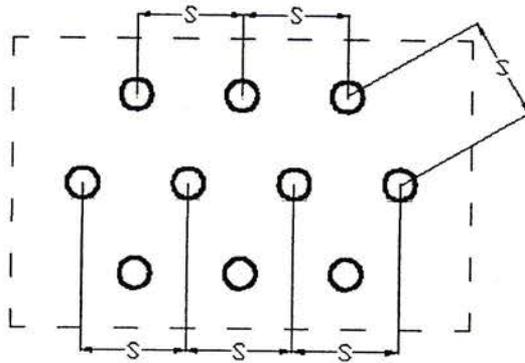
8 Tiang pancang

Dimana :

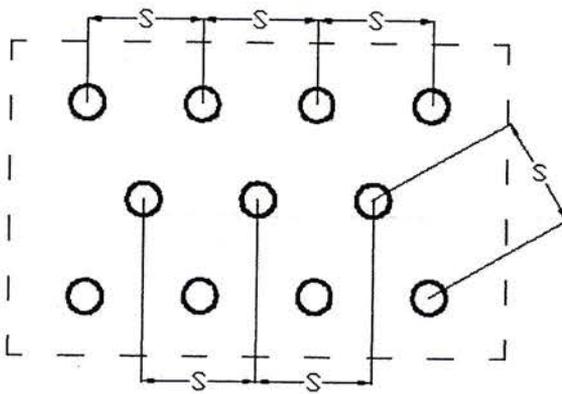
s = Jarak Tiang Pancang



9 Tiang pancang



10 Tiang pancang

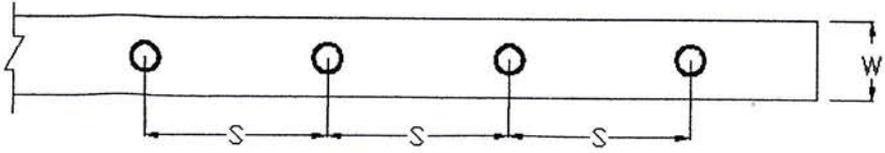


11 Tiang pancang

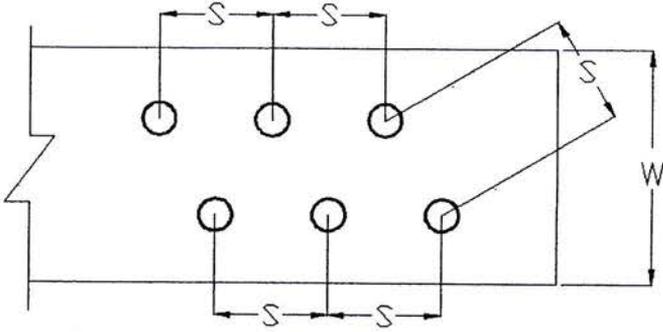
Dimana :

s = Jarak Tiang Pancang

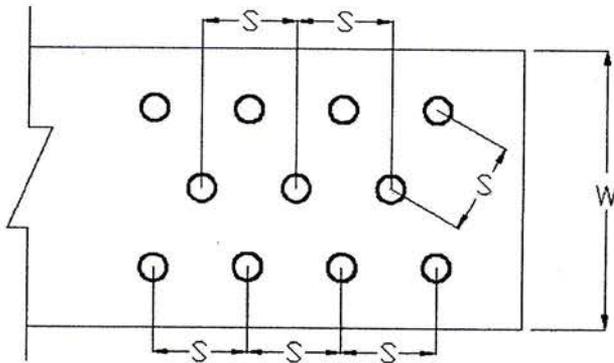
(a) untuk kaki tunggal



Barisan tunggal untuk sebuah dinding



Barisan rangkap dua untuk sebuah dinding



Barisan rangkap tiga untuk sebuah dinding

Dimana :

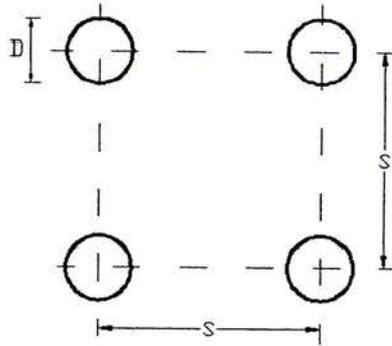
s = Jarak Tiang Pancang

w = Lebar Poer

(b) untuk dinding pondasi

Gambar II.4. Pola kelompok tiang pancang khusus
 Sumber : Joseph E. Bowles "Analisa dan Desain Pondasi" jilid 2

Berdasarkan pada perhitungan daya dukung oleh Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L. diisyaratkan sebagai berikut :



Gambar II.5. Jarak antara tiang dalam kelompok
 Sumber: Ir. Sardjono, H. S. "Pondasi Tiang Pancang", jilid I

$$S \geq 2.5 D$$

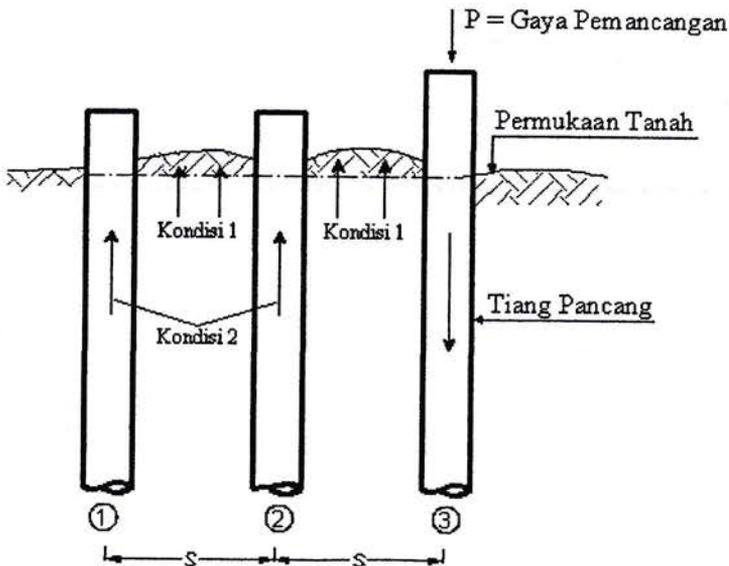
$$S \geq 3 D$$

Dimana : S = Jarak masing-masing tiang dalam kelompok

D = Diameter tiang

Ketentuan diatas berdasarkan pada pertimbangan sebagai berikut :

Bila $S < 2,5 D$



Gambar II.6. Jarak antara tiang dalam kelompok kondisi $S < 2,5 D$
 Sumber: Ir. Sardjono, H. S. "Pondasi Tiang Pancang", jilid I

Pada pemancangan tiang no. 3 akan terjadi :

Kondisi 1 : Kemungkinan tanah disekitar kelompok tiang akan naik terlalu berlebihan karena terdesak oleh tiang-tiang yang dipancang terlalu berdekatan.

Kondisi 2 : Terangkatnya tiang-tiang disekitarnya yang telah dipancang terlebih dahulu.

Bila $S > 3 D$

Jarak ini tidak ekonomis sebab akan memperbesar dimensi dari poer (*footing*)

Pada perencanaan pondasi tiang pancang biasanya setelah jumlah tiang pancang dan jarak antara tiang-tiang pancang yang diperlukan kita tentukan, maka kita dapat menentukan luas poer (*footing*) yang diperlukan untuk tiap-tiap kolom portal.

- Apabila luas poer total yang diperlukan lebih kecil daripada setengah luas bangunan, maka kita pergunakan pondasi setempat dengan poer diatas kelompok tiang pancang.
- Apabila luas poer total yang diperlukan lebih besar daripada setengah luas bangunan, maka biasanya kita pilih pondasi penuh (*Raft foundation*) diatas tiang-tiang pancang.

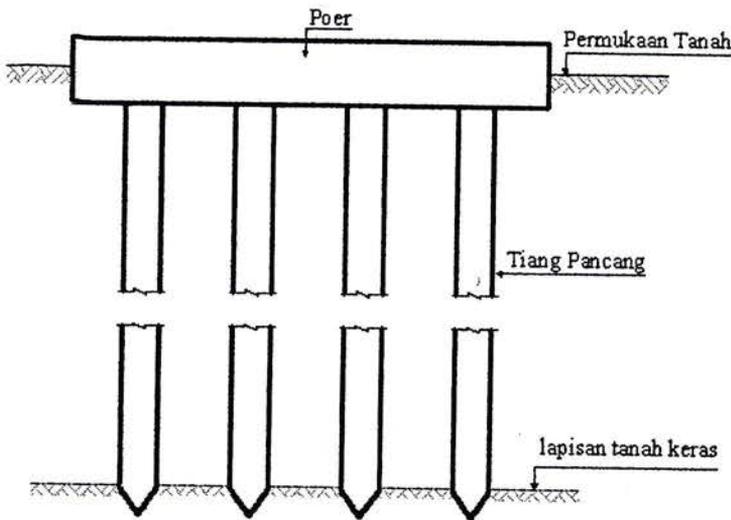
2.3.3. Daya dukung kelompok tiang

Dalam menentukan daya dukung kelompok tiang tidak cukup hanya dengan meninjau daya dukung satu tiang yang berdiri sendiri (*single pile*) dikalikan dengan banyaknya tiang dalam kelompok tiang tersebut, sebab daya dukung kelompok tiang belum tentu sama dengan daya dukung satu tiang dikalikan dengan jumlah tiang.

Seperti halnya pada tiang pancang yang berdiri sendiri (*single pile*), maka tiang pancang dalam kelompok menurut cara pemindahan beban ke tanah dapat dibagi dalam 2 bagian.

2.3.3.1. Kelompok tiang pancang yang terdiri dari *Point bearing piles*

Tiang pancang dalam kelompok ini dipancang sampai tanah keras sehingga perhitungan daya dukung tiang ini berdasarkan pada tahanan ujung (*end bearing*). Dalam hal ini kemampuan tiang dalam kelompok tiang adalah sama dengan kemampuan tiang yang berdiri sendiri dikalikan dengan banyaknya tiang.



Gambar II.7. Kelompok tiang pancang terdiri dari *point bearing pile*.
 Sumber: Ir. Sardjono, H. S. "Pondasi Tiang Pancang", jilid I

$$Q_{pg} = n \times Q_s \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

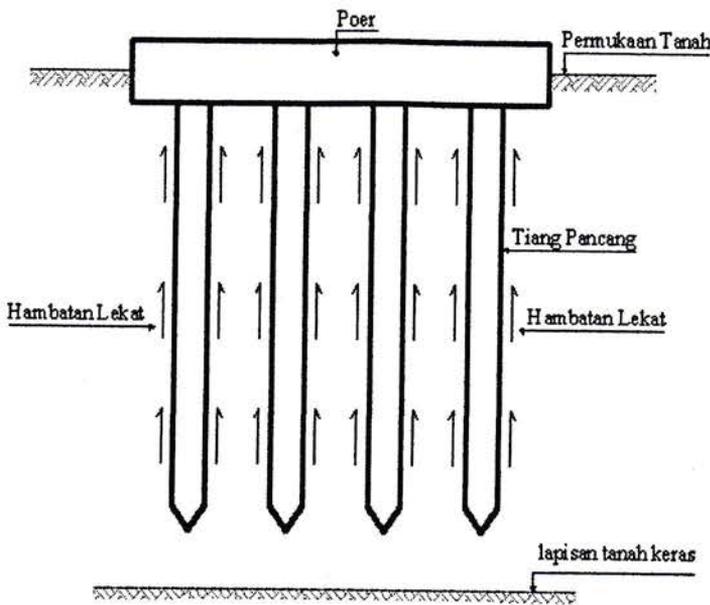
Q_{pg} = Daya dukung kelompok tiang

Q_s = Daya dukung tiang yang berdiri sendiri (*single pile*)

n = Banyaknya tiang pancang

2.3.3.2. Kelompok tiang yang terdiri dari *Friction piles*

Tiang pancang dalam kelompok ini tidak dipancang sampai tanah keras karena lapisan tanah keras letaknya terlalu dalam sehingga pemancangan tiang sampai lapisan tanah keras tersebut tidak mungkin atau sangat sukar pelaksanaannya. Jika kelompok tiang pancang ini dipancang dalam lapisan lempung atau lanau yang mana kemungkinan harga konusnya = 0, maka daya dukung kelompok tiang pancang dihitung berdasarkan jumlah hambatan lekat (*cleef dan konus*).



Gambar II.8. Kelompok tiang pancang terdiri dari *friction pile*.
Sumber: Ir. Sardjono, H. S. "Pondasi Tiang Pancang", jilid I

2.3.4. Efisiensi tiang pancang kelompok

Penentuan daya dukung vetikal sebuah tiang dalam kelompok perlu dihitung terlebih dahulu faktor efisiensi dari tiang tersebut didalam kelompok, karena daya dukung vertikal sebuah tiang yang berdiri sendiri tidak sama besarnya dengan tiang yang berada dalam suatu kelompok. Daya dukung sebuah tiang dalam

kelompok adalah sama dengan daya dukung tiang tersebut bila berdiri sendiri dikalikan dengan faktor efisiensi.

$$Q_{ag} = E_{ff} \eta \times Q_{sp} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

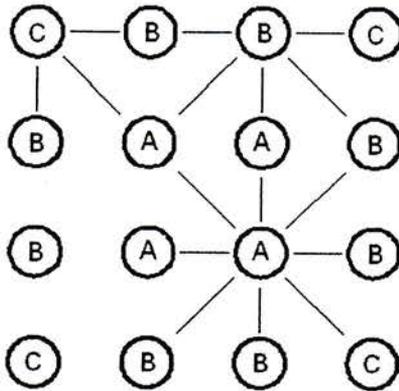
Q_{ag} = Daya dukung yang diizinkan untuk sebuah tiang dalam kelompok

Q_{sp} = Daya dukung yang diizinkan untuk sebuah tiang tunggal

$E_{ff} \eta$ = Faktor Efisiensi

Dalam perhitungan faktor efisiensi, ada beberapa metode yang dapat kita gunakan, yaitu :

A. Metode Feld



Gambar II.9. Efisiensi tiang menurut metode Feld
 Sumber: Ir. Sardjono, H. S. "Pondasi Tiang Pancang", jilid I

Keterangan :

Jumlah tiang = 16 buah

- Tiang A dipengaruhi oleh 8 tiang yang berada disekelilingnya.
 Maka Efisiensi tiang A (E_{ffa}) = $1 - (8/16) = 8/16$ tiang
- Tiang B dipengaruhi oleh 5 tiang yang berada disekelilingnya.
 Maka Efisiensi tiang B (E_{ffb}) = $1 - (5/16) = 11/16$ tiang

- Tiang C dipengaruhi oleh 3 tiang yang berada disekelilingnya.

Maka Efisiensi tiang C ($E_{ff\ c}$) = $1 - (3/16) = 13/16$ tiang

Efisiensi dari kelompok tiang adalah :

Tiang A sebanyak 4 buah : $E_{ff\ A} = 4 \times E_{ff\ a} = 4 \times (8/16) = 32/16$

Tiang B sebanyak 8 buah : $E_{ff\ B} = 8 \times E_{ff\ b} = 8 \times (11/16) = 88/16$

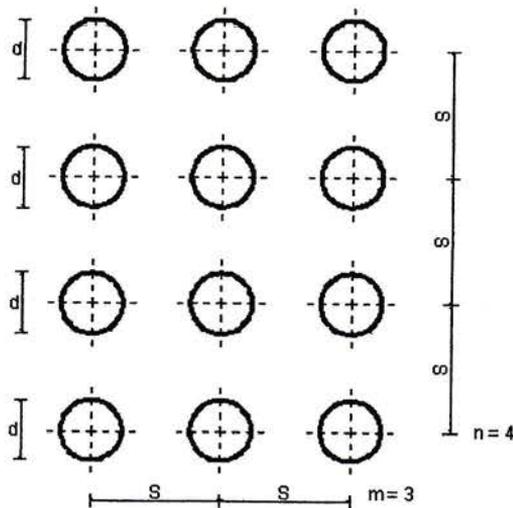
Tiang C sebanyak 4 buah : $E_{ff\ C} = 4 \times E_{ff\ c} = 4 \times (13/16) = 52/16$

$$\begin{aligned} \text{Total Efisiensi} &= E_{ff\ A} + E_{ff\ B} + E_{ff\ C} \\ &= 32/16 + 88/16 + 52/16 \\ &= 172/16 \\ &= 10,75 \end{aligned}$$

Efisiensi ($E_{ff\ \eta}$) untuk satu tiang = $10,75 / 16$

$$E_{ff\ \eta} = 0,672$$

B. Metode *Uniform Building Code* dari AASHO



Gambar II.10. Efisiensi tiang menurut metode *Uniform Building Code* dari AASHO

Sumber: Ir. Sardjono, H. S. "Pondasi Tiang Pancang", jilid I

Ketentuan :

$$S \leq \frac{1,57 \times d \times m \times n}{m+n-2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

S = Jarak antara tiang (dari As ke As)

d = Diameter tiang pancang

m = Banyaknya baris

n = Banyaknya tiang pancang perbaris

Efisiensi satu tiang dalam kelompok :

$$E_{ff} \eta = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n} \right\} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{d}{s} \text{ (derajat)}$$

C. Metode Los Angeles Group – Action formula

$$E_{ff} \eta = 1 - \frac{d}{\pi \times S \times m \times n} \left\{ m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)} \right\} \dots\dots(2.5)$$

Dimana :

S = Jarak antara tiang (dari As ke As)

d = Diameter tiang pancang

m = Banyaknya baris

n = Banyaknya tiang pancang perbaris

D. Metode SEILER – KEENY

$$E_{ff} \eta = 1 - \left\{ \frac{11 S}{7 (S^2 - 1)} \times \frac{m + n - 2}{m + n - 1} + \frac{0,3}{m + n} \right\} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

S = Jarak antara tiang (dari As ke As)

m = Banyaknya baris

n = Banyaknya tiang pancang perbaris

2.4. Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah diperlukan untuk menentukan jenis pondasi apa yang akan dipakai, menentukan daya dukungnya dan menentukan metode konstruksi yang efisien. Penyelidikan tanah dapat dilakukan dengan lubang percobaan (*trial pit*), pengeboran dan pengujian langsung dilapangan. Pengujian langsung dapat menggunakan sondir, *standart penetration test* dll. Dari data diperoleh sifat-sifat teknis tanah yang kemudian digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menganalisa daya dukung serta penurunannya (*settlement*).

Karakteristik tanah pada suatu lokasi umumnya amat variabel drastis dalam jarak beberapa meter. Oleh sebab itu penyelidikan tanah harus dapat mencakup informasi kondisi tanah sedekat mungkin dengan kenyataan untuk mengurangi resiko akibat variasi tanah yang berbeda-beda dan jumlahnya cukup untuk menentukan rancangan yang mendekati kenyataan. Perencanaan pengujian tanah menjadi bagian dari eksplorasi tanah dan perancangan pondasi.

Tujuan langsung dari penyelidikan tanah adalah menentukan sifat-sifat dan teknis tanah, khususnya kuat geser dan sifat kemampuannya. Secara umum yang ingin dicapai adalah memberikan pandangan-pandangan tentang kelayakan suatu

lokasi untuk proyek dari aspek kondisi tanah, menentukan karakteristik tanah dan kemungkinan perilakunya akibat pembebanan, menafsirkan data tersebut dan digunakan untuk merekomendasikan perancangan.

Penyelidikan tanah biasanya terdiri dari tiga tahap, yaitu pengeboran atau penggalian lubang percobaan, pengambilan contoh tanah (*sampling*), dan pengujian contoh tanahnya. Pengujian contoh tanah ini dapat dilakukan dilaboratorium atau dilapangan. Pengujian contoh tanah yang dilakukan dilapangan adalah dengan cara mengidentifikasi tanah secara langsung dilapangan. Ini dapat diidentifikasi berdasarkan warna, bau, pemuaiian, kekuatan kering, ketahanan, sedimentasi pada saat pengujian lapangan. Sedangkan pengujian contoh tanah yang dilakukan di laboratorium lebih mendetail sekali. Hal ini yang berguna untuk mendapatkan sifat-sifat fisis tanah yang berguna untuk menghitung kapasitas daya dukung dan penurunan.

Pengujian dilapangan sangat berguna untuk mengetahui karakteristik tanah dalam mendukung beban pondasi dengan tidak dipengaruhi oleh kerusakan contoh tanah akibat operasi pengeboran dan penanganan. Khususnya berguna untuk menyelidiki tanah lempung, lanau dan pasir tidak padat. Oleh karena itu pengujian-pengujian tersebut seharusnya tidak digunakan sebagai pengganti pengeboran, umumnya hanya sebagai pelengkap data hasil penyelidikan.

2.4.1. Data Sondir (*Sondering Test*)

Secara geologi tanah terdiri dari berbagai jenis karakteristik yang berbeda-beda. Pada kedalaman yang berbeda kekuatan daya dukungnya akan berbeda pula. Untuk mengetahui kekuatan setiap lapisan tanah dapat dilakukan penyelidikan dilapangan dengan menggunakan alat sondir. Pemeriksaan sondir yang

dimaksudkan untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah yang merupakan indikasi dari kekuatan tanah. Alat sondir juga dapat menentukan perbedaan kekuatan lapisan tanah untuk kedalaman yang berbeda. Perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas. Hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus yang dinyatakan dalam gaya per satuan panjang. Hasil penyelidikan dengan alat sondir ini pada umumnya digambarkan dalam bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara kedalaman setiap lapisan tanah dengan besarnya nilai sondir yaitu perlawanan penetrasi konus.

Dilihat dari kapasitasnya alat sondir dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sondir ringan (2 ton) dan sondir berat (10 ton). Sondir ringan dipergunakan untuk mengukur tekanan konus sampai 150 kg/cm^2 , atau kedalam maksimal 30 m, cukup tepat dipakai untuk penyelidikan tanah terdiri dari lapisan lempung, lanau dan pasir halus, sedangkan sondir berat dapat mengukur tekanan konus 500 kg/cm^2 atau kedalam maksimal 50 m, cukup tepat dipakai untuk melakukan penyelidikan tanah di daerah yang terdiri dari lempung padat, lanau padat dan pasir kasar. Dari hasil sondir diperoleh nilai jumlah perlawanan (JP) dan nilai perlawanan konus (PK), sehingga hambatan lekat (HL) dapat dihitung sebagai berikut :

- Hambatan Lekat (HL)

$$HL = (JP - PK) \times A/B \dots\dots\dots(2.7)$$

- Jumlah Hambatan Lekat (JHL)

$$JHL = \sum_{n=0}^i HL \dots\dots\dots(2.8)$$

- Jumlah Hambatan Setempat (JHS)

$$JHS = HL/10 \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana : JP = Jumlah perlawanan (kg/cm²)

PK = Perlawanan konus (kg/cm²)

A = Tahapan pembacaan (setiap kedalaman 20 cm)

B = Faktor alat (10)

i = kedalaman (m)

A. Berdasarkan Tahanan Ujung Tiang (*End Bearing Pile*)

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

- Kemampuan Tiang terhadap kekuatan tanah (berdasarkan nilai konus)

$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} \times P}{3} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

Q_{tiang} = Daya dukung keseimbangan tiang (kg)

A_{tiang} = Luas Penampang tiang (cm²)

P = Nilai Konus dari hasil sondir (kg/cm²)

3 = Angka Faktor keamanan

- Kemampuan tiang terhadap kekuatan bahan tiang.

$$\bar{P}_{tiang} = \bar{\sigma}_{bahan} \times A_{tiang} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

\bar{P}_{tiang} = Kekuatan yang diizinkan pada tiang pancang (kg)

$\bar{\sigma}_{\text{bahan}}$ = Tegangan tekan izin bahan tiang (kg/cm²)

A_{tiang} = Luas penampang tiang pancang (m²)

B. Berdasarkan Pelekatan antara tiang dan tanah (*Friction Pile*)

Daya dukung tiang pancang berdasarkan pelekatan antara tiang dan tanah (*friction pile*), atau yang dikenal dengan istilah *cleef* digunakan apabila tanah keras yang letaknya sangat dalam sehingga pembuatan dan pemancangan tiang sampai lapisan tanah keras sangat sulit dilaksanakan. Didalam pengujian sondir untuk menentukan gaya pelekatan antara tiang dengan tanah dengan memakai alat bikonus. Gaya ini disebut juga hambatan pelekatan dan dalam grafik biasanya angka-angkanya dijumlahkan sehingga kita memperoleh jumlah hambatan pelekat yaitu jumlah hambatan dari permukaan tanah sampai pada kedalaman yang bersangkutan.

Berdasarkan hasil sondir Jumlah hambatan lekat (*cleef*)

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{O \times L \times c}{5} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

Q_{tiang} = Daya dukung tiang

O = Keliling tiang pancang

L = Panjang tiang yang masuk dalam tanah

c = Harga *cleef* rata-rata

5 = Angka keamanan

2.4.2. Standard Penetration Test (SPT)

Standard Penetration Test (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan *split spoon* ke dalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh :

- kepadatan relatif (*relative density*)
- sudut geser tanah (ϕ)
- Nilai jumlah pukulan (N)

Hubungan kepadatan relatif, sudut geser tanah dan nilai N dari pasir dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

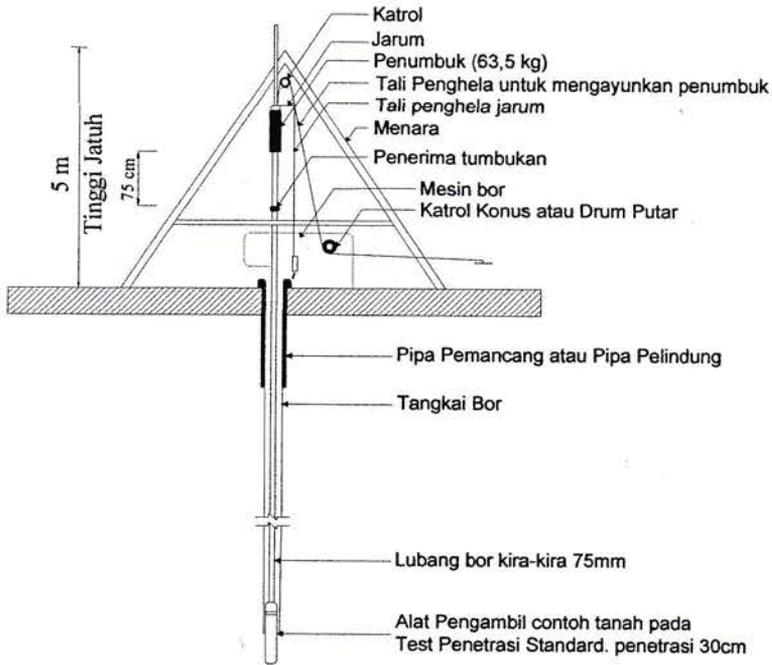
Tabel II.1. Hubungan antara angka penetrasi standard dengan sudut geser dalam dan kepadatan relatif pada tanah pasir

Angka penetrasi standard (N)	Kepadatan relatif (Dr) (%)	Sudut geser dalam (ϕ) ($^{\circ}$)
0-5	0-5	26-30
5-10	5-30	28-35
10-30	30-60	35-42
30-50	60-65	38-46

Sumber: Braja M. Das – Noor Endah, *Mekanika Tanah*, 1985

SPT yang dilakukan pada tanah tidak kohesif tapi berbutir halus atau lanau, yang permeabilitasnya rendah, mempengaruhi perlawanan penetrasi yakni memberikan harga SPT yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang permeabilitasnya tinggi untuk kepadatan yang sama. Hal ini mungkin terjadi bila jumlah tumbukan $N > 15$, maka sebagai koreksi Terzaghi dan Peck (1948) memberikan harga ekuivalen N_0 yang merupakan hasil jumlah tumbukan N yang telah dikoreksi akibat pengaruh permeabilitas yang dinyatakan dengan :

$$N_0 = 15 + \frac{1}{2} (N-15) \dots\dots\dots(2.13)$$



Gambar II.11. Alat Percobaan *Standard Penetration Test*

Angka penetrasi sangat berguna sebagai pedoman dalam eksplorasi tanah dan untuk memperkirakan kondisi lapisan tanah. Hubungan antara angka penetrasi standard dengan sudut geser tanah dan kepadatan relatif untuk tanah berpasir, secara perkiraan dapat dilihat pada tabel II.2 berikut :

Hubungan antara harga N dengan berat isi yang sebenarnya hampir tidak mempunyai arti karena hanya mempunyai partikel kasar (tabel II.2). Harga berat isi yang dimaksud sangat tergantung pada kadar air.

Tabel II.2. Hubungan antara N dengan Berat Isi Tanah

Tanah tidak kohesif	Harga N	< 10	10-30	30-50	> 50
	Berat isi γ KN/m ³	12-16	14-18	16-20	18-23
Tanah kohesif	Harga N	< 4	4-15	16-25	> 25
	Berat isi γ KN/m ³	14-18	16-18	16-18	> 20

Sumber : *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi, Sosrodarsono Suyono Ir, 1983*

Pada tanah tidak kohesif daya dukung sebanding dengan berat isi tanah, hal ini berarti tinggi muka air tanah banyak mempengaruhi daya dukung pasir. Tanah dibawah muka air mempunyai berat isi efektif yang kira-kira setengah berat isi tanah di atas muka air.

Tanah dapat di katakan mempunyai daya dukung yang baik, dapat dinilai dari ketentuan berikut ini :

- Lapisan kohesif mempunyai nilai SPT, $N > 35$
- Lapisan kohesif mempunyai harga kuat tekan (q_u) 3-4 kg/cm^2 atau harga SPT, $N > 15$.

Dalam pelaksanaan umumnya hasil sondir lebih dapat dipercaya dari pada percobaan SPT. Perlu menjadi catatan bagi kita bahwa jumlah pukulan untuk 15 cm pertama yang dinilai N_1 tidak dihitung karena permukaan tanah dianggap sudah terganggu. Sedangkan nilai N_2 dan N_3 diambil dari jumlah pukulan pada lapisan berikutnya, sehingga nilai $N' = N_2 + N_3$ dan jika nilai $N' > 15$ maka :

$$N = 15 + \frac{1}{2} (N' - 15) \dots\dots\dots(2.14)$$

Daya dukung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari jumlah daya dukung terpusat tiang dan tahanan geser pada dinding tiang seperti diperlihatkan dalam gambar(II.12) dan besarnya daya dukung yang diizinkan (R_a) diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$R_a = \frac{1}{n} \times R_u \dots\dots\dots(2.15)$$

$$R_u = R_p + R_f \dots\dots\dots(2.16)$$

$$R_a = \frac{1}{n} \times (R_p + R_f) \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

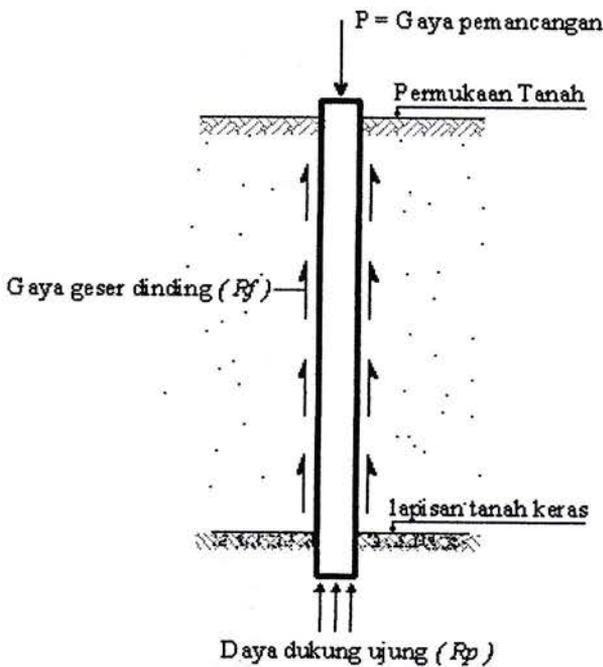
R_a = Daya dukung yang diizinkan

R_U = Daya dukung ultimate pada tanah pondasi (ton)

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)

n = Faktor keamanan



Gambar II.12. Mekanisme daya dukung tiang

Sumber: Ir. Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa "Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi".

Untuk memperkirakan daya dukung ultimate R_U ada suatu cara dimana perkiraan dihitung berdasarkan data-data penyelidikan lapisan dibawah permukaan tanah atau penyelidikan tanah (berdasarkan rumus statika) dan suatu cara dimana perkiraan dilakukan dengan test pembebanan (*loading test*) pada

tiang. Cara yang terakhir ini yaitu dengan test pembebanan memerlukan pertimbangan biaya dan waktu dan tidak dipakai secara luas kecuali untuk pekerjaan konstruksi yang besar.

- jika berat sendiri (*dead weight*) tiang cukup besar, misalnya tiang yang dicor ditempat (*cast in place*):

$$R_a = \frac{1}{n} \times (R_U - W_s) + W_s - W \dots\dots\dots(2.18)$$

- jika berat sendiri tiang, misalnya tiang pracetak yang berdiameter kecil dapat diabaikan :

$$R_a = \frac{1}{n} \times R_U \dots\dots\dots(2.19)$$

$$R_u = (q_d \times A) + (U \times \Sigma l_i \times f_i) \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana

W_s = Berat efektif tanah yang dipindahkan oleh tiang (ton)

W = Berat efektif tiang dan tanah didalam tiang (ton)

q_d = Daya dukung terpusat tiang (ton)

A = Luas Ujung tiang (m^2)

U = Panjang keliling tiang (m)

l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

f_i = Besar gaya geser maksimum dari lapisan tanh dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^2)

Tabel II.3. Faktor Keamanan

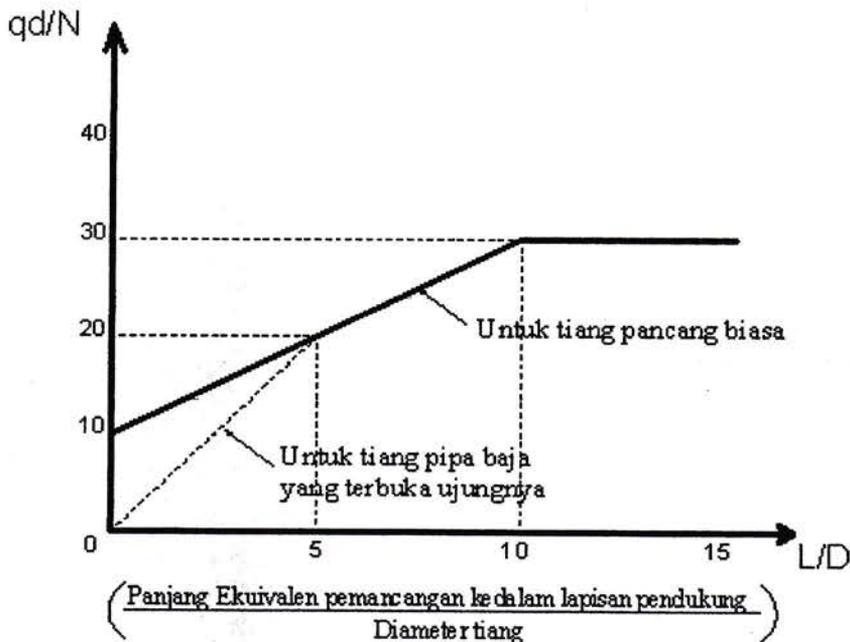
	Jembatan Jalan Raya		Jembatan Kereta Api	Konstruksi pelabuhan	
	Tiang Pendukung	Tiang Geser	-	Tiang Pendukung	Tiang Geser
Beban Tetap	3	4	3	> 2,5	
Beban Tetap + Beban Sementara	-	-	2	-	
Waktu Gempa	2	3	1,5 (1,2)	> 1,5	> 2,0

Angka dalam tanda kurung : bila beban kereta api diperhitungkan

Sumber “*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*”, Ir. Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa. Cetakan IV, 1988 hal. 100

A. Daya dukung terpusat tiang

Perkiraan satuan daya dukung (q_d) dapat diperoleh dari hubungan antara L/D dan q_d/N dapat dilihat pada gambar II.13.



Gambar II.13. Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

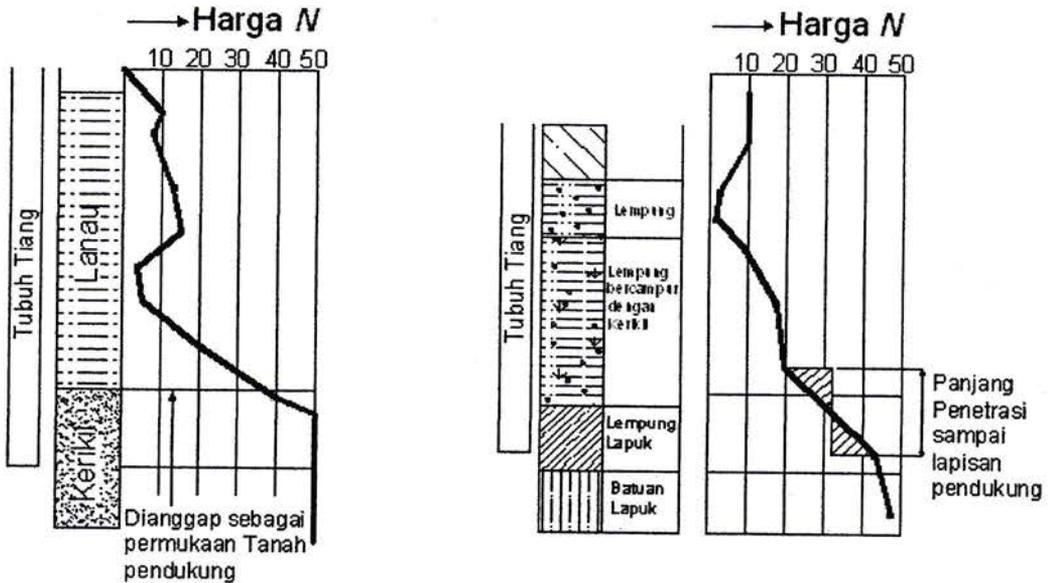
Sumber: Ir. Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa “*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*”.

Dimana :

L = Panjang ekuivalen penetrasi pada lapisan pendukung

D = Diameter tiang

N = Rata-rata N pada ujung tiang



(a) Bila tanah pendukung dianggap “bersih”

(b) Bila lapisan antara dan lapisan Pendukung dianggap “tidak bersih”

Gambar II.14. Cara menentukan panjang ekuivalen penetrasi sampai ke lapisan tanah pendukung

Sumber: Ir. Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa “Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi”.

(1) Harga N rencana dari tanah pondasi pada ujung tiang diperoleh dengan :

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2} \quad (N \leq 40) \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

N = Harga rata-rata N pada ujung tiang

N₁ = Harga N pada ujung tiang

N₂ = Harga rata-rata N pada jarak 4D dari ujung tiang

(2) Jarak dari titik dimanasebagian daerahnya sesuai dengan diagram distribusi harga N dari tanah pondasi dan garis N (bagian yang diarsir pada gambar) adalah sama untuk ujung tiang dan dianggap sebagai panjang penetrasi.

Catatan : Harga N rencana diperoleh dengan cara yang sama seperti (b)

Keterangan : Dalam menentukan panjang ekuivalen penetrasi sampai kelapisan pendukung tidak hanya distribusi harga N , tetapi tekstur tanah pada log bor juga harus benar-benar dipelajari untuk memilih antara diagram (a) dan (b) diatas.

B. Gaya geser maksimum dinding tiang

Besarnya gaya geser maksimum dinding (f_i) dapat diperoleh dari tabel II.4 sesuai dengan macam tiang dan dan sifat tanah pondasi. C (pada tabel II.4) adalah kohesi tanah pondasi di sekitar tiang dan dianggap sebesar $0,5 q_u$ (kekuatan geser *unconfined/ unconfined compression strength*)

Tabel II.4. Intensitas gaya geser dinding

Jenis Tanah Pondasi	Jenis Tiang	
	Tiang Pracetak	Tiang yang Dicor ditempat
Tanah Berpasir	$N/5 (\leq 10)$	$N/2 (\leq 12)$
Tanah Kohesif	C atau $N (\leq 12)$	$C/2$ atau $N/2 (\leq 12)$

Sumber: Ir. Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa "Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi".

BAB III

DATA PROYEK

3.1 Lokasi Kerja Praktek

Lokasi kerja praktek ini bertempat di Jalan PBSI Medan, Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa/i Sistem Sewa (Rusunawa) ini bertujuan menyediakan sarana dan fasilitas tempat tinggal bagi mahasiswa/i. Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa/i Sistem Sewa (Rusunawa) ini nantinya sebagai tempat tinggal yang murah bagi para mahasiswa/i. Data umum dari lokasi penelitian proyek Rumah Susun Mahasiswa/i Sistem Sewa sebagai berikut :

Data Proyek	: Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa/i Sederhana Sistem Sewa (Rusunawa)
Pemilik	: MEMPERA
Lokasi	: Universitas Medan Area
Luas Bangunan	: ± 3470 meter persegi
Luas Tanah	: ± 800 meter persegi
Kontraktor	: PT. PAESA PASINDO ENGINEERING
Nomor Kontrak Kontraktor	: KU. 08.08/PK-PP/P2P/RUSUN-08/08
Tanggal Kontrak Kontraktor	: 14 Desember 2007
Biaya Pembangunan	: 9.727.800.000
Konsultan Supervisi	: PT. YODYA KARYA
Masa Pelaksanaan	: 180 Hari Kalender
Masa Pemeliharaan	: 90 Hari Kalender
Cara Pembayaran	: Berdasarkan Termin (<i>Progress Physic</i> yang dicapai)

3.2. Data Teknis Tiang Pancang

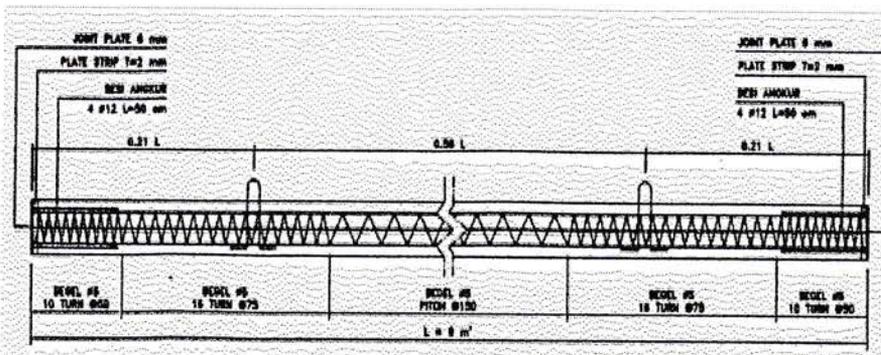
Data ini diperoleh dengan melakukan wawancara dan konsultasi langsung dengan pihak konsultan dan pihak pengawas lapangan dari pihak kontraktor yang ada dilapangan, data-data tersebut lebih jelas terdapat pada lembaran lampiran, meliputi :

- Data Denah Tiang Pancang
- Data Gambar Proyek (terlampir)

3.3. Data Teknis Pemancangan

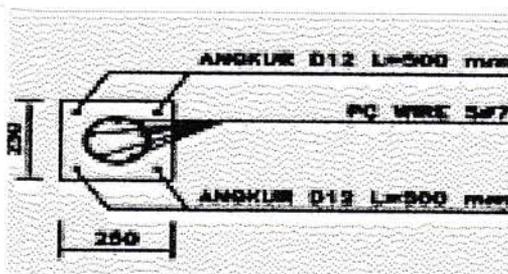
Data ini diperoleh dari lapangan menurut perhitungan dari pihak konsultan, dengan data sebagai berikut:

1. Panjang Tiang Pancang : 6 m



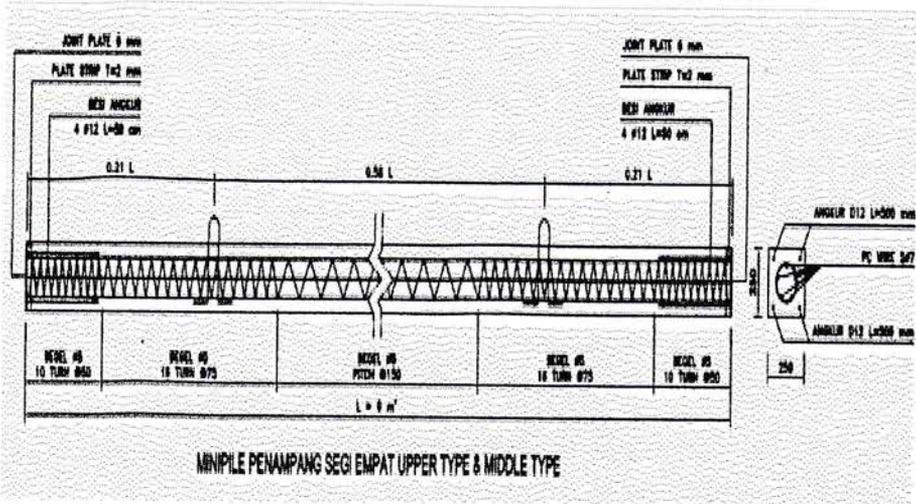
Gambar III.1. Tiang Pancang

2.a. Dimensi Tampang Tiang Pancang : \square 250 x 250 mm



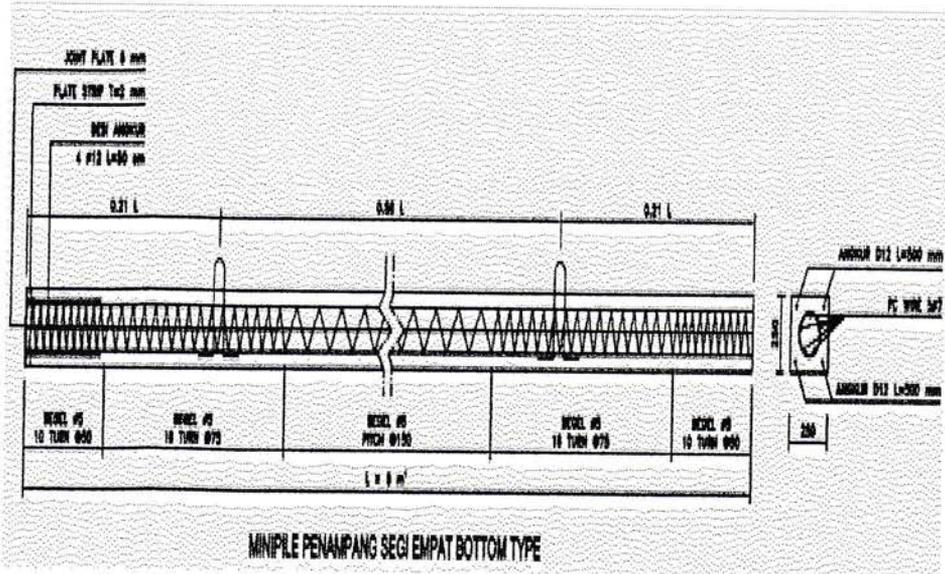
Gambar III.2. Penampang Tiang Pancang

2.b. Minipile Penampang Segi Empat Upper Type & Middle Type



Gambar III. 3 Penampang Segi Empat Upper Type & Middle Type

2.c. Minipile Penampang Segi Empat Bottom Type



Gambar III. 4. Minipile Penampang Segi Empat Bottom Type

3. Spesifikasi Teknik Tiang Pancang Prategang Penampang Segi Empat

SPESIFIKASI TEKNIK TIANG PANCANG PRATEGANG PENAMPANG SEGI EMPAT						
DIMENSI TIANG	LUAS PENAMPANG	PANJANG TIANG JUMLAH PRESTRESSING CONCRETE WIRE		BERAT / METER	BEBAN AKSIAL	KETERANGAN:
(Cm)	(Cm ²)	(m)	(m)	(Kg/m)	TON	
25 x 25	625	6-Ø7 mm	6-Ø7 mm	163	45	* MUTU BETON = K-600 * MUTU BESI BETON BEGEL = U-50 * MUTU BAJA PRATEKAN = JS 630N - 180V ASTM A 421 - 80 FOR WIRE * CLIPPING = ADDITIVE

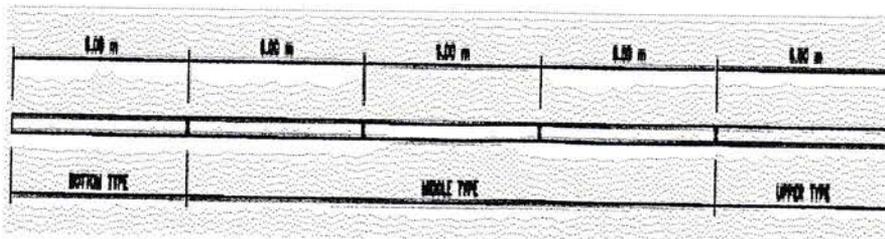
Tabel III. 1 Spesifikasi Teknik Tiang Pancang Prategang Penampang Segi Empat

4. Detail Tiang Pancang Keseluruhan

Panjang Tiang Pancang Type Bottom : 6 m

Panjang Tiang Pancang Type Middle : 18 m

Panjang Tiang Pancang Type Upper : 6 m



Gambar III. 5 Gambar Tiang Pancang Keseluruhan

BAB IV

PELAKSANAAN PROYEK

4.a. Organisasi

Dalam pelaksanaan pekerjaan pembangunan suatu proyek, agar segala sesuatu didalam pelaksanaannya dapat berjalan dengan lancar dan baik, diperlukan suatu organisasi kerja yang efisien.

Pada saat pelaksanaan kegiatan pembangunan suatu proyek terlibat unsure-unsur utama dalam menciptakan, mewujudkan, dan menyelenggarakan proyek tersebut. Adapun unsur-unsur tersebut adalah :

1. Pemilik proyek
2. Konsultan
3. Kontraktor

4.a.1. Pemilik Proyek

Pemilik proyek atau pemberi tugas yaitu seseorang atau perkumpulan atau badan usaha tertentu maupun jawatan yang mempunyai keinginan untuk mendirikan suatu bangunan.

Dalam hal pembangunan **RUMAH SUSUN MAHASISWA/I SISTEM SEWA-MEDAN** ini, sebagai pemilik proyek mempunyai kewajiban sebagai berikut :

- Sanggup menyediakan dana yang cukup untuk merealisasikan proyek dan memiliki wewenang untuk mengawasi penggunaan dana dan pengambilan keputusan proyek.

- Memberikan tugas kepada pemborong untuk melaksanakan pekerjaan pemborong seperti yang diuraikan dalam pasal rencana kerja dan syarat sesuai dengan gambar kerja. Berita acara penyelesaian pekerjaan maupun berita acara klasifikasi menurut syarat-syarat teknik sampai pekerjaan selesai seluruhnya dengan baik.
- Memberikan wewenang sepenuhnya kepada konsultan untuk mengawasi dan menilai dari hasil kerja pemborong.
- Harus memberikan keterangan-keterangan kepada pemborong mengenai pekerjaan dengan sejelas-jelasnya.
- Harus menyediakan segala gambar untuk gambar kerja dan buku rencana kerja dan syarat-syarat yang diperlukan untuk melaksanakan pelaksanaan kerja yang baik.

Apabila pemborong menemukan ketidaksesuaian atau penyimpangan antara gambar kerja, rencana kerja dan syarat, maka ia dengan segera memberitahukan kepada petugas secara tertulis, menguraikan penyimpangan itu, dan pemberi tugas memberikan petunjuk mengenai hal itu, sehingga diperoleh kesepakatan antara pemborong dengan pemberi tugas.

4.a.2. Konsultan (Perencana)

Konsultan yaitu perkumpulan maupun badan usaha tertentu yang ahli dalam bidang perencanaan, yang akan menyalurkan keinginan-keinginan pemilik dengan mengindahkan ilmu keteknikan, keindahan maupun penggunaan bangunan yang dimaksud.

Tugas dan wewenang konsultan (perencana) adalah :

- a. Membuat rencana dan rancangan kerja lapangan

- b. Mengumpulkan data lapangan
- c. Mengurus surat izin mendirikan bangunan
- d. Membuat gambar lengkap yaitu terdiri dari rencana dan detail-detail untuk pelaksanaan pekerjaan
- e. Mengusulkan harga satuan upah dan menyediakan personil teknik / pekerja
- f. Meningkatkan keamanan proyek dan keselamatan kerja lapangan
- g. Mengajukan permintaan alat yang diperlukan di lapangan
- h. Memberikan hubungan dan pedoman kerja bila diperlukan kepada semua unit kepala urusan dibawahnya.

Dan konsultan pengawas adalah yang bertugas mengawasi berlangsungnya pekerjaan di lapangan serta memberikan laporan kemajuan proyek kepada pemilik proyek.

4.a.3. Kontraktor (Pelaksana)

Kotraktor yaitu seseorang atau beberapa orang maupun badan tertentu yang mengerjakan pekerjaan menurut syarat-syarat yang telah ditentukan dengan dasar pembayaran imbalan menurut jumlah tertentu sesuai dengan perjanjian yang telah disepakati.

Dalam hal proyek pembangunan **RUMAH SUSUN MAHASISWA/I SISTEM SEWA- MEDAN** ini kontraktornya adalah **PT. PAESA ENGINEERING** dibawah pimpinan **Ir. Tohap Simamora**.

Kontraktor (pemborong) mempunyai tugas dan kewajiban sebagai berikut :

- a. Melaksanakan dan menyelesaikan pekerjaan yang tertera pada gambar kerja dan syarat serta berita acara penjelasan pekerjaan, sehingga dalam hal pemberi tugas memberi tugas merasa puas
- b. Memberikan laporan kemajuan bobot pekerjaan secara terperinci kepada pemilik proyek
- c. Membuat struktur pelaksanaan dilapangan dan harus disahkan oleh pemilik proyek.
- d. Menjalani kerja sama dalam pelaksanaan proyek dengan konsultan.

4.b. Struktur Organisasi Lapangan

Dalam melaksanakan suatu proyek maka pihak Kontraktor (pemborong), salah satu kewajibannya adalah membuat struktur organisasi lapangan. Pada gambar struktur organisasi lapangan akan diperlihatkan struktur organisasi lapangan dan pihak Kontraktor (pemborong) pada pembangunan Rumah Susun Mahasiswa – Medan.

– Site Manager

Site Manager adalah orang yang bertugas dan bertanggung jawab memimpin proyek sesuai dengan kontrak. Dalam menjalani tugasnya ia harus memperhatikan kepentingan perusahaan, pemilik proyek dan peraturan pemerintah yang berlaku, maupun situasi lingkungan dilokasi proyek. Seorang Site Manager harus mampu mengelola berbagai macam kegiatan terutama dalam aspek perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan yaitu jadwal, biaya dan mutu.

– **Pelaksana**

Pelaksana adalah orang yang bertanggung jawab atas pelaksanaan pekerjaan atau terlaksananya pekerjaan pelaksana ditunjuk oleh pemborong yang setiap saat berada di tempat pekerjaan.

– **Staf Teknik**

Staf Teknik yang dimaksud dalam pelaksanaan proyek ini adalah orang yang bertugas membuat perincian-perincian pekerjaan dan akan melakukan pendetail dari gambar kerja (Bestek) yang sudah ada.

– **Mekanik**

Seorang mekanik bertanggung jawab atas berfungsi atau tidaknya alat-alat ataupun mesin-mesin yang digunakan sebagai alat bantu dalam pelaksanaan pekerjaan di proyek.

– **Seksi Logistik**

Seksi Logistik adalah orang yang bertanggung jawab atas penyediaan bahan-bahan yang digunakan dalam pembangunan proyek serta menunjukkan apakah barang tersebut bisa atau tidaknya bahan atau material tersebut digunakan.

– **Mandor**

Mandor adalah orang berhubungan langsung dengan pekerja dengan memberikan tugas kepada pekerja dalam pembangunan proyek ini. Mandor menerima tugas dan bertanggung jawab langsung kepada pelaksana-pelaksana.

BAB V

PERALATAN DAN BAHAN

5.A. Peralatan Yang Dipakai

Adapun yang mendukung untuk kelancaran proyek pembangunan Rumah Sakit Umum ini adalah karena adanya peralatan yang bisa dipakai saat berlangsungnya kegiatan. Didalam pelaksanaan proyek pembangunan Rumah Sakit Umum Ini alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. *Concrete Mixer*

Untuk mengaduk beton dapat digunakan alat pengaduk mekanis yaitu CONCRETE MIXER (Molen), kecuali untuk mutu beton Concrete Mixer (Molen) ini berkapasitas 0.5 m^3 .dimana waktu untuk pengadukan campuran cor selama 1 menit sampai 1,5 menit. Yang perlu diperhatikan dalam pengadukan adalah hasil dan pengadukan dengan memperhatikan susunan dan warna yang sama.

2. *Pump Concrete*

Pengecoran beton pada plat dilakukan dengan alat berat yaitu PUMP CONCRETE, dimana alat ini berfungsi untuk memompa adukan dan molen truk ke plat lantai.

3. *Vibrator*

Vibrator adalah sejenis mesin penggetar yang berguna untuk mencegah timbulnya rongga-rongga kosong pada adukan beton, maka adukan beton harus diisi sedemikian rupa ke dalam bekisting sehingga benar-benar rapat dan padat.

Pemadatan ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

- a. Dengan cara merojok, menumbuk serta memukul-mukul cetakan dengan besi atau kayu (non mekanis)
- b. Dengan cara mekanis, yaitu dengan cara merojok pakai alat penggetar vibrator, pada cara ini yang perlu diperhatikan adalah :
 - Jarum penggetar dimasukkan kedalam adukan beton secara vertikal, pada keadaan khusus boleh dimiringkan sampai 45° .
 - Selama penggetaran jarum tidak boleh digerakkan ke arah horizontal karena dapat menyebabkan pemisahan bahan.
 - Jarum penggetar tidak boleh bersentuhan dengan tulangan beton, untuk menjaga tulangan tidak terlepas dari beton.
 - Untuk beton yang tebal, penggetar dilakukan dengan berlapis-lapis setiap lapisan mencapai 30 sampai 50 cm.
 - Jarum penggetar ditarik pelan-pelan apabila adukan beton telah nampak mengkilap (air semen memisah dari agregatnya)
 - Jarak antara pemasangan jarum penggetar harus dipilih sehingga daerah-daerahnya saling menutupi.

4. Kereta Sorong

Adukan beton yang telah diaduk rata akan dibawa ketempat dimana pengecoran dilakukan, hal ini dapat diangkut dengan kereta sorong. Cara ini dapat dilakukan dengan cepat dan mudah ketempat lokasi pengecoran sehingga tidak akan terjadi perbedaan waktu pengikatan yang terdahulu dengan pengecoran yang telah dilakukan.

5. Bar Cutter

Alat ini digunakan untuk memotong besi tulangan sesuai ukuran yang diinginkan setelah itu besi tulangan dapat digunakan sedemikian rupa untuk dipasang pada plat, Kolom, balok, dan lain sebagainya. Dengan adanya bar cutter ini pekerjaan pembesian akan lebih rapid an dapat menghemat besi yang dipakai.

6. Beugel

Beuhel ini terbuat dari besi bulat panjang kira-kira 1 m yang ujung sebelahnya agak berbentuk

7. Sekop dan Cangkul

Sekop dan cangkul digunakan untuk meratakan adukan pada pengecoran.

8. Mesin Pompa

Mesin pompa adalah alat penghisap atau penyedot air, gunanya untuk memompa air sumur bor yang dipakai pada pengecoran dan didalam proyek ini digunakan untuk membuang air yang mengendap atau tergenang pada pengecoran plat lantai, pondasi bagian bawah, sloof dan pur.

9. CRANE

Berfungsi sebagai pesawat angkat. Misalnya : digunakan untuk mengangkat pelat lantai yang sudah dicor ke atas bangunan.

5.B. Bahan-bahan Yang Dipakai

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam pembangunan Rumah Sakit ini adalah sebagai berikut :

- a. Semen Portland (PC)
- b. Pasir (Agregat Halus)
- c. Kerikil (Agregat Kasar)
- d. Air
- e. Besi Tulangan
- f. Bahan-bahan Tambahan

a. Semen Portland (PC)

Semen adalah bagian yang sangat penting dalam pembuatan beton. Fungsi semen sebagai bahan pengikat yang kohesif. Pengikatan dan pengerasan semen hanya dapat terjadi karena adanya air. Dan air inilah yang dapat melangsungkan reaksi-reaksi kimia guna melarutkan bagian dan semen sehingga menghasilkan senyawa-senyawa hidrat yang dapat mengeras. Dari hal tersebut diatas, kekuatan beton dapat dipengaruhi oleh mutu semen dan air yang dipakai.

Mengenai air akan diuraikan dalam bagian tersendiri. Dalam proyek ini semen yang dipergunakan adalah semen Andalas yang berasal dari Aceh. Karena dibuat di Indonesia dan dengan kualitas yang tinggi, maka semen tidak perlu lagi diperiksa di laboratorium. Permasalahan pada semen adalah masalah penyimpanan dan penimbunan. Semen yang berada dalam kantong semen yang sobek atau rusak jahitannya tidak dapat dipergunakan lagi untuk pekerjaan beton karena telah bereaksi dengan udara luar (udara yang telah banyak mengandung air dan zat kimia yang mampu mengurangi mutu semen).

b. Pasir (Sebagai Agregat Halus)

Pasir untuk adukan pasangan, adukan plasteran dan beton bitumen harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Pasir harus tajam dan keras. Harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
2. pasir harus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering), yang diartikan dengan lumpur ialah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. Apabila kadar lumpur melalui 5 % maka agregat harus di cuci.

3. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dan Adbrams – Harder (dengan larutan NHOH). Agregat halus tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat yang sama.
4. Pasir terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya apabila diayak dengan susunan diatas ayakan yang ditentukan dalam syarat-syarat dibawah ini :
 - Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2 % berat.
 - Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10 % berat.
 - Sisa diatas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80 % dan 95 % berat.

c. Agregat Kasar (Kerikil dan Batu Pecah)

Agregat kasar untuk adukan beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butiran lebih dari 5 mm, menurut ukuran kerikil dapat dibagi sebagai berikut :

- a. Ukuran butir 5 – 10 mm disebut kerikil halus
- b. Ukuran butir 10 – 20 mm disebut kerikil sedang
- c. Ukuran butir 20 – 40 mm disebut kerikil kasar
- d. Ukuran butir 40 – 70 mm disebut kerikil kasar sekali

Batu pecah atau kerikil adalah bahan yang diperoleh dari batu pecah menjadi pecahan-pecahan berukuran 5 – 70 mm. pemecahan biasanya menggunakan mesin pemecah batu (Jawbreawher / crusher). Agregat kasar harus memenuhi syarat sebagai mana tercantum dalam PBI 71 NI 2 :

1. Agregat kasar untuk beton berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan kasar butir lebih dari 5 mm sesuai dengan syarat – syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton.
2. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori, agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dapat dipakai, apabila jumlah butiran pipih tersebut tidak melampaui 20 % dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal artinya tidak hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 (satu) % (ditentukan terhadap berat kering), yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1 % maka agregat kasar harus dicuci.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif alkali.
5. Kekerasan dan butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan bahan penguji zat, yang mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut :
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9.5 – 1.9 mm, lebih dari 24 % berat
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm, lebih dari 22 %, atau dengan mesin pengawas Los Angeles.
6. Agregat kasar harus terdiri dan butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat 1 harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - Sisa diatas ayakan 31,5 mm harus 0 % berat

- Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90 % - 98 % berat
 - Selisih antara sisa – sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60 % dan minimum 10 % berat.
7. Besar butir agregat maksimum tidak boleh terdiri dari pada seperlima jarak terkecil antara bidang – bidang samping dan cetakan, sepertiga dari tebal plat atau tiga perempat dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan, penyimpangan dari pembatasan ini diizinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa sehingga terjamin tidak terjadi sarang-sarang kerikil.

d. Air

Penggunaan air terutama untuk campuran beton sangat penting sekali, sebab fungsi air adalah sebagai katalisator dalam hal pengikatan semen terhadap bahan-bahan penyusun. Untuk maksud ini besarnya pemakaian air dibatasi menurut presentase yang direncanakan. Apabila air terlalu sedikit digunakan dalam proses pembuatan beton, campuran tidak akan baik dan sukar dikerjakan, sebaliknya bila air terlalu banyak dalam adukan beton, kekuatan beton akan berkurang dalam penyusutan yang terjadi akan besar setelah beton mengeras.

Air yang digunakan untuk adukan beton adalah air bersih, dan memenuhi syarat-syarat tercantum dalam PB1 71 NI – 2 pasal 3.6 yaitu :

1. Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garaman, bahan-bahan organic atau bahan-bahan lain yang merusak beton atau baju tulangan.
2. Apabila terdapat keraguan-keraguan mengenai air, dianjurkan untuk mengirimkan contoh-contoh air ke lembaga pemeriksa bahan-bahan yang

diakui untuk selidiki sampai seberapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak tulangan.

3. Apabila pemeriksaan contoh air dapat dilakukan, maka dalam hal adanya keraguan mengenai air halus diadakan percobaan perbandingan antara kekuatan tekan motel semen + pasir dengan memakai air suling. Air tersebut dianggap dapat dipakai apabila kekuatan tekan motel dengan memakai air itu pada umur 7 dan 28 hari paling sedikit adalah 90 % dari kekuatan tekan motel dengan memakai air suling pada umur yang sama.
4. Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat atau harus dilakukan setepat tepatnya.

e. Besi Tulangan

Campuran beton yang memakai baja tulangan yang lazim disebut beton bertulang merupakan suatu bahan bangunan yang dianggap memikul gaya secara bersama-sama. Besi tulangan yang dipakai adalah dari baja yang berpenampang bulat polos. Fungsi dari besi dan beton-beton bertulang hanya dapat dipertanggung jawabkan apabila penempatan biji tulangan tersebut pada kedudukannya sesuai dengan rencana gambar yang ada.

Dalam pelaksanaan pekerjaan, factor kualitas dan ekonomisnya dapat dicapai apabila cara pengerjaannya ditangani oleh pelaksana yang berpengalaman, dengan tetap mengikuti persyaratan-persyaratan yang telah ditetapkan. Tujuan-tujuan ini hanya mungkin dapat dicapai apabila urutan pengerjaan dan pengawasan benar-benar dapat dilaksanakan dengan baik. Sangat diperlukan

sekali perhatian kearah ini sejak dari pemilihan / pembelian, cara penyimpanan, cara pemotongan / pembentukan menurut gambar dan lain-lain.

Pada pelaksanaan proyek ini tulangan yang dipakai adalah baja tulangan mutu U – 32 yang mempunyai tegangan leleh karakteristik (τ_{au}) = 3200 kg/cm². Profil besi tulangan yang digunakan beragam diameternya yakni Ø 8, Ø 12, Ø 22. Untuk mengikat tulangan dipakai kawat pengikat yang terbuat dari baja lunak yang diameter minimum 1 (satu) mm yang telah dipijarkan terlebih dahulu dengan tidak bersepuh seng.

f. Bahan – Bahan Tambahan

Untuk memperbaiki mutu, sifat pengerjaan, waktu pengikatan dan pengerasan beton ataupun bentuk maksud lain, dapat dipakai bahan tambahan. Jenis dan jumlah bahan tambahan yang dipakai harus disetujui terlebih dahulu oleh pengawas ahli.

Manfaat dari bahan-bahan tambahan harus dapat dibuktikan dengan hasil percobaan. Dan selama bahan-bahan ini dipakai harus diadakan pengawasan yang cermat terhadap pemakaiannya.

Dalam proyek ini, paku besi dan berbagai ukuran, cat, dempul dan bahan-bahan lain yang merupakan salah satu bahan tambahan yang dipergunakan dalam proyek ini dan diperoleh dari pasaran kota Medan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

- a. Pondasi yang dipakai pada Proyek Pembangunan Rumah Susunan Mahasiswa (Rusunawa) adalah *Precast (Pracetak)*. Pondasi ini cocok untuk digunakan untuk Pembangunan Perumahan
- b. Teknik Pelaksanaan Pondasi tiang pancang dimulai persiapan lapangan, persiapan alat dan bahan, pelaksanaan pemancangan, dan diakhiri dengan pengambilan data kalendering. Setelah data kalendering didapat maka dilakukan perhitungan daya dukung tanah tiang pancang .
- c. Pemancangan berakhir apabila piston hammer naik melebihi ketinggian biasanya, yang terjadi berulang-ulang kali dan garis-garis cincin (ujung) piston dapat terlihat.
- d. Tiang pancang precast harus dibuat memenuhi ketentuan sesuai dengan mutu yang digunakan. Mutu beton untuk tiap jenis unit harus sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar.

6.2. Saran

- a. Pada saat pelaksanaan kerja praktek di lapangan, hendaknya mahasiswa/i yang bersangkutan benar-benar mengamati dan memperhatikan pekerjaan-pekerjaan yang sedang berlangsung di tempat kerja praktek.
- b. Pada saat melakukan pekerjaan dilokasi proyek yang sedang berlangsung hendaknya melengkapi perlengkapan pelindungan seperti : helm, sepatu proyek (sepatu septi) dan perlengkapan lainnya.

- c. Pada saat memeriksa kelurusan tiang pancang sebaiknya digunakan theodolit agar kelurusannya dan letaknya, lebih akurat bila dibandingkan dengan menggunakan waterpass
- d. Test berkala (*periodict test*)
- e. Persediaan bahan-bahan harus benar-benar dipersiapkan kecukupannya agar pekerjaannya dapat berjalan dengan lancar dan tidak tertunda-tunda.
- f. Adanya pengawasan yang teratur dan baik, baik pengawasan terhadap mutu bahan yang dipakai ataupun pengawasan terhadap jumlah bahan yang dipakai sehingga tidak terjadi pemborosan dalam pengerjaan proyek pembangunan ini.
- g. Control waktu (*Time Schedoule Control*)

Sistem control waktu pelaksanaan hendaknya diperbaiki, hal ini dilakukan untuk mengantisipasi jika terjadi keterlambatan dalam salah satu bagian dari pekerjaan, maka segera dapat diambil tindakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles Joseph E., 1991, **Analisa dan Disain Pondasi jilid 2**, edisi ketiga, Erlangga, Jakarta.
2. Das Braja M., 1994, **Mekanika Tanah jilid 1 dan 2**, cetakan pertama, Erlangga, Jakarta.
3. H.S. Sarjono., 1988, **Pondasi tiang pancang jilid 1 dan 2**, edisi pertama, Sinar Wijaya, Surabaya.
4. Sosrodarsono Suyono, Nakazawa Kazuto., 1988, **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**, cetakan kedelapan, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
5. W. C. VIS. dan GIDEON KUSUMA, **Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Beton Seri 1 Berdasarkan SKSNI T – 15 – 1991 – 03**.
6. Direktorat Jendral Cipta Karya – **Departemen Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan - Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.12**.
7. **Teknik Bahan Konstruksi**, Ir. Tri Mulyono, M. T. Penerbit Andi.
8. **Peraturan Muatan Indonesia (N.1 – 18)**, Penerbit Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
9. Catatan – Catatan Kuliah.