BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Semua konstruksi yang direncanakan akan didukung oleh tanah, termasuk gedung - gedung, jembatan, urugan tanah (earth fills), serta bendungan tanah, tanah dan batuan, dan bendungan beton, akan terdiri dari dua bagian. Bagian-bagian ini adalah bangunan atas (superstructure), atau bagian atas, dan elemen bangunan bawah (substructure) yang mengantarai antar bangunan atas dan tanah pendukung. Pondasi dapat didefenisikan sebagai bangunan bawah dan tanah dan/atau batuan disekitarnya yang akan dipengaruhi oleh elemen bangunan bawah dan bebannya (Bowles,1986).

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi suatu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi (Suyono Sosrodarsono, 1980).

Untuk mendesain pondasi tiang pancang mutlak diperlukan data tentang tanah dasar, daya dukung single pile dan group pile, analisa *negative skin friction* karena *negative skin friktion* mengakibatkan beban tambahan. Untuk itu perlu diadakan pengujian sondir dan boring untuk mamperoleh data tanah. Serta diperlukan perhitungan daya dukung berdasarkan metoda calendering/pemancangan dan tes pembebanan.

Secara umum pondasi tiang mempunyai ketentuan-ketentuan :

a. Mampu meneruskan gaya-gaya vertikal yang bekerja padanya untuk diteruskan kelapisan tanah pendukung (bearing layers).
b. Dengan adanya hubungan antara kepala-kepala tiang satu dengan lainya mampu menahan perubahan-perubahan bentuk tertentu kearah mendatar (tegak lurus terhadap as tiang).

Apabila kita perhatikan ketentuan-ketentuan tersebut diatas , maka tidak perlu bahwa tiang pancang harus terletak dibawah tanah dan selalu dihubungkan dengan *poer*. Pondasi tiang yang tidak berhibungan langsung dengan *poer* tetapi berhubungan langsung dengan balok-balok melintang pada bangunan atas dapat pula diperlakukan sebagai pondasi tiang.

Jika diameter tiang menjadi lebih besar atau tiang menjadi lebih pendek sehingga kekakuannya bertambah besar, maka tiang tersebut merupakan tiang pendek atau *sort pile* yang mempunyai ketentuan-ketentuan lain daripada tiang pancang atau *long pile* didalam perhitungannya (Sarjono Hs , 1991).

2.2. Defenisi, klasifikasi, Dan Keadaan Tanah Pendukung Pondasi

2.2.1. Defenisi Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefenisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) desertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara pertikel-patikel padat tersebut. Tanah berguna pada bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan (Braja M Das, 1995).

Tanah juga selalu mempunyai peran yang sangat penting pada suatu lokasi perkerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, atau kadang-kadang sumber penyebab gaya luar suatu bangunan, seperti tembk/dinding penahan tanah (Suyono Sosrodarsono, 1980).

2.2.2. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya.

2.2.2.1. Klasifikasi berdasarkan tekstur

Beberapa sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah telah dikembangkan sejak dulu oleh berbagai organisasi guna memenuhi kebutuhan mereka sendiri, beberapa dari sistem tersebut masih dipakai sampai saat ini yaitu :

Pasir : butiran dengan diameter 2,0 – 0.05 mm

Lanau : butiran dengan diameter 0,05-0,002 mm

Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm (Braja M Das, 1995).

2.2.2.2. Klasifikasi Berdasrkan Pemakaian

Pada saat sekarang ada dua buah sistim klasifikasi tanah yang selalu dipakai oleh para ahli. Kedua sistim tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Sistim-sistim tersebut adalah sistim klasifikasi AASHTO dan sistim klasifikasi Unified. Sistim AASHTO umumnya dipakai oleh

departemen jalan raya disemua negara bagian AS. Sedangkan sistim Unified pada umumny lebih disukai oleh para ahli geoteknik untuk keperluan-keperluan teknik yang lain (Braja M Das, 1995).

2.2.2.3. Sistim Klasifikasi AASHTO

Dalam klasifikasi ini maka tanah didasarkan pada kriteria ukuran butir dimana bila kerikil adalah merupakan bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No.20 (2 mm), pasir adalah bagian tanah yang lolos ayakan No.10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No.200 (0,075 mm), dan juga kriteria plastisitas dimana nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih. Apabila kriteria batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan didalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase batuan tersebut harus dicatat (Braja M Das, 1995).

2.2.2.4. Sistim Klasifikasi Unified

Sistim ini pada mulanya diperkenalkan oleh Kasagrande dalam tahun 1942 untuk dipergunakan dalam perkerjaan pembuatan lapangan terbang di negara USA, namun dalam rangka kerja sama dengan United States Bureau of Reclamation tahun 1952, sistim ini disempurnakan. Pada masa kini sistim klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik. Secar garis besar sistim ini mengelompokkan tanah kedalam dua bagian kelompok yaitu kelompok

tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus yang didasarkan material lolos saringan nomor 200 (diameter 0,075 mm). Pertama pada pemberian nama kelompoknya, adalah merupakan singkatan dari jenis-jenis tanah berikut :

G = kerikil *(gravel)*

S = pasir *(sand)*

M = lanau *(silt)*

C = lempung *(clay)*

O = organic *(organic)*

Pt = gambut *(peat)*

Dari klasifikasi dinyatakan dalam istilah-istilah :

W = gradasi baik *(well graded)*

P = gradasi buruk *(poor graded)*

L = plastisitas rendah *(low plasticity)*

H = plastisitas tinggi *(high plasticity)*(Braja M Das, 1995).

Suatu klasifikasi mengenai tanah adalah perlu untuk memberikan gambaran sepintas mengenai sifat-sifat tanah dalam menghadapi pelaksanaan dan perncanaan. Jadi, untuk maksud pemanfaatan contoh-contoh perencanaan dan pelaksanaan dimasa yang lampau atau ketelitian penggunaan syarat-syarat perencanaan yang digunakan dalam peraturan perncanaan (spesifikasi

perencanaan), ternyata diperlukan suatu klasifikasi tanah yang dikelompokkan menurut suatu kriteria yang sama.

Klasifikasi tanah diperlukan antara lain bagi hal-hal sebagai berikut:

1) Perkiraan hasil eksploitasi tanah (persiapan bor-bor tanah dan peta tanah, dll).
2) Perkiraan standard kemiringan lereng dari penggalian tanh atau tebing.
3) Perkiraan pemilihan bahan (penentuan tanah yang harus disingkirkan, pemilihan tanah dasr, bahan tanah timbunan dll).
4) Perkiraan dan persentasi muai dan susut.
5) Pemilihan jenis konstruksi dan peralatan untuk konstruksi (pemilihan car penggalian dan rancangan penggalian).
6) Perkiraan kemampuan peralatan untuk konstruksi.
7) Rencana pekerjaan atau pembuatan lereng dan tembok penahan tanah dll. (pemilihan jenis konstruksi dan perhitungan tekanan tanah).

   Untuk menentukan dan mengklasifikasikan tanah, diperlukan suatu pengamatan dilapangan dan suatu percobaan lapangan yang sederhana. Tetapi jika sngat mengandalakan pengamatan dilapangan, maka kesalahan-kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan pengamatan perorangan, akan menjadi sangat besar. Untuk memperoleh hasil klasifikasi yang obyektif, biasanya tanah itu secara sepintas dibagi dalam tanah berbutir kasar dan berbutir halus berdasarkan hasil analisa mekanis. Selanjutnya tahap klasifikasi tanah berbutr halus dilakukan berdasarkan percobaan konsistensi (Suyono Sosrodarsono, 1980).

2.2.3. Kekuatan Geser Tanah (Shear Stregth)

Nilai kekuatan geser tanah antaralain diperlukan untuk menghitung daya dukung tanah atau untuk menghitung tekanan tanah yang bekerja pada tembok penahan tanah. Bila gaya geser bekerja pada permukaan dimana bekerja pula tegangan normal, maka harga τ akan membesar akibat deformasi mencapai harga batas. Bila harga batas yang diperoleh ini digambarkan dengan σ yang berbeda-beda, makadiperoleh garis lurus. Secara sepintas kekuatan gerser dapat dibagi dalam nilai yang tergantung pada tahanan geser antar butir-butir tanah dan kohesi pada permukaan buti-butir tanah itu. Sesuai dengan hal tersebut diatas, sering sekali tanah itu dibagi kedalam tanah yang kohesif dan nonkohesif. Contoh tanah yang tidak kohesif adalah pasir yang mempunyai harga $c = 0$. Contoh tanah yang kohesif adalah lempung. Kohesi dari lempung diperkirakan disebabkan oleh gravitasi lestrik dan sifat-sifat dari air yang diserap pada permukaan partikel lempung. Bilamana tanah berada dalam keadaan tidak jenuh, meskipun tanah itu tidak kohesif, maka sifat kohesi itu kadang-kadang terlihat sebagai tegangan dari air yang terdapat dalam pori-pori. Jadi kekuatan geser tanah berubah-ubah sesuai dengan jenis dan kondisi tanah itu.

Selanjutnya, untuk mempelajari kekuatan geser tanah kohesif yang berada dalam keadaan jenuh, diperlukan suatu pengertian yang mendalam mengenai perana dari tekanan air pori. Pada tanah kohesif, pemaebilitas air adalah sangat kecil sehingga air pori sulit disingkirkan. Dengan demikian maka pada jenis tanah kohesif, diperlukan waktu yang lama untuk mencapai keadaan sampai beban luar yang bekerja itu bekerja sepenuhnya sebagai tegangan efektif (Suyono Sosrodarsono, 1980).

2.2.4. Kemampatan Dan Konsolidasi Tanah

Tanah mempunyai sifat kemampatan yang sangat besar jika dibandingkan dengan bahan konstruksi seperti baja atau beton. Baja dan beton adalah bahan yang tidak mempunyai pori. Itulah sebabnya volume pemampatan baja dan beton itu adalah sangt kecil, sehingga dalam keadaan tegangan biasa baja dan beton tidak mempunyai masalah. Sebaliknya karena tanah mempunyai pori yang sangat besar, maka pembebanan biasa akan mengakibatkan deformasi tanah yang sangat besar. Hal ini tentu akan mengakinatkan penurunan pondasi yang akan merusak konstruksi. Berlainan dengan bahan-bahan yang lain, karakteristik tanah itu didominasi oleh karakteristik mekanismenya seperti permeabilitas atau kekuatan geser yang berubah-ubah sesuai dengan pembebanan.

Mengingat kemampuan butir-butir tanah atau air itu secaara teknis sangt kecil senghingga dapat diabaikan, maka proses deformasi tanah akibat beban luar dapat dipandang sebagai sesuatu gejala penyusutan pori. Jika beban yang bekerja pada tanah itu kecil, maka deformasi itu terjadi tanpa pergeseran pada titik-titik sentuh antar butir-butir tanah. Deformasi pemempatan tanah yang terjadi memperlihatkan gejala yang elastis, sehingga bila beban itu di tidakantanah akan kembali kepada bentuk semula. Umumnya beban-beban yang bekerja mengakibatkan pergeseran pada titik-titik sentuh antara butir- butir tanah, yang mengakibatkan perubahan susunan butir-butir tanah sehingga terjadi deformasi pemampatan. Deformasi demikian disebut deformasi plastis, karena bila mana beban ditiadakan,tanah itu tidak akan kembali kebentuk semula.

Air dalam pori pada tanah yang jenuh air perlu di alirkan keluar supaya penyusutan pori itu sesuai dengan deformasi atau sesuai dengan perubahan struktur butir-butir (Suyono Sosrodarsono, 1980).

2.2.5. Pemadatan Tanah (Compaction of Soil)

Oleh pemadatan, berat isi dan kekuatan tanah meningkat sedangkan koefisien permeabilitasnya berkurang. Meskipun pada pemadatan digunakan energi yang sama,nilai kepadatan tanah yang diperoleh sesudah pemadatan akan berbeda yang tergantung dari kadar air tanah itu.

Untuk menguji kekuatan tanah yang dipadatkan, biasanya digunakan percobaan tahanan penetrasi, umumnya kekuatan tanah segera setelah pemadatan selesai menunjukkan harga maksimum pada kadar air yang sedikit lebih rendah dari kadar air optimum. Pada kadar air optimum, kekuatan tanah berkurang sedikit. Tetapi jika tanah itu kemudian menyerap air, tanah yang dipadatkan dengan kadar air yang agak kurang dari kadar air optimum akan mengmbang, menjadi agak lembek sehingga kekuatan berkurang. Kekuatan yang maksimum, akan berada disekitar kadar aiar optimum (Suyono Sosrodarsono, 1980).

2.2.6. Topografi Dan Kondisi Tanah Pondasi

Biasanya pada tanah pondasi terjadi perubahan-perubahan yang rumit. Perubahan-perubahan ini terjadi bukanlah tanpa dasar, tetapi berdasarkan prinsip-prinsip geologi. Jadi untuk memperoleh pengertian mengenai corak umum tanah pondasi, biasanya diperlukan peta topografi, peta geologi dan rangkaian foto udara. Di Indonesia peta topografi dapat diperoleh pada dinas Topografi Angkatan Darat Dan Peta Geologi Pada Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Dan

Energi Di Bandung. Pada tahap pendahuluan sebelum mengadakan perencanan atau survei lapangan dari setiap pekerjaan teknik sipil, disamping peta topografi atau peta geologi diperlukan juga kumpulan dan analisa data mengenai tanah pondasi beserta data pembangunan dan kerusakan bangunan-bangunan lain. Data ini dapat membeikan keterangan yang berguna mengenai kondisi tanah pondasi itu.

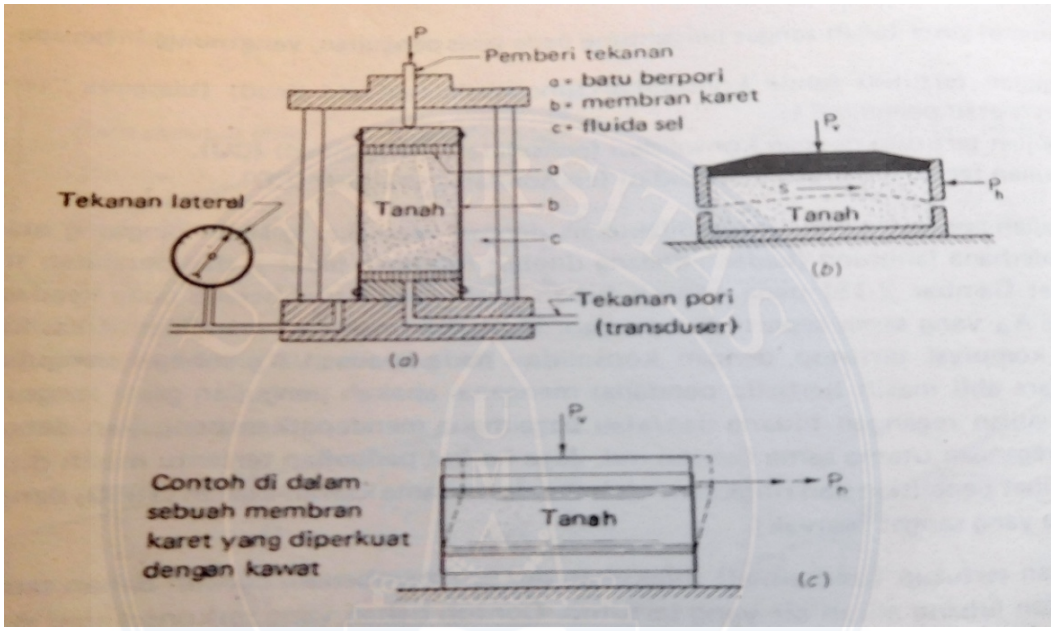
Corak umum tanah pondasi sering dapat diketahui bila keterangan mengenai karakteristik topografi telah diperoleh dari peta topografi, peta geologi atau foto udara. Pada perencanaan pekerjaan-pekerjaan teknik sipil, maka dari peta topografi dapat disimpulkan apakah kita menghadapi masalah daya dukung atau penurunan, masalah tanah longsor atau keruntuhan lereng yang diakibatkan oleh galian-galian tanah dan apakah terdapat bahan tanah yang digunakan untuk bahan pembangunan. Endapan kipas, dataran banjir, tanggul alamiah dan ambang pasir pantai adalah baik untuk pondasi tanggul karena kemungkinan penurunannya atau ketidak stabilan yang paling kecil. Akan tetapi bila mana terdapat mata air, maka kita harus memperhatikan lebih lanjut.

Jenis tanah yang juga memerlukan perhatian jika digunakan sebagai bahan pengisi adalah lempung abu vulkanik, tanah pasiran vulkanik, gambut dengan kadar organik yang tinggi, pelapukan aranit dll (Suryono Sosrodarsono, 1981).

2.2.7. Pengujian Tanah

Bagian ini akan mengemukakan bagaimana menggunakan hasil pengujian contoh tanah yang dilakukan dalam laboratorium dan mengenai hal-hal yang baru dipertimbangkan. Hal-hal khusus yang berhubungan dengan prosedur

pengujian tanah dapat dibaca dalam buku teknik mengenai pengujian tanah. Tujuan utama dari pengujian untuk klasifikasi tanah adalah untuk mencari karaktersistik-karakteristik fisik tanah, membedakan dan mengklasifikasikan tanah-tanah itu untuk mendapatkan pengertian menyeluruh mengenai karakteristik-karakteristik yang bersangkutan dengan tanah.



Gambar. 1.1 Peralatan Pengujian Kekuatan Dilaboratorium Langsung. Sumber : Suryono Sosrodarsonol, 19810.

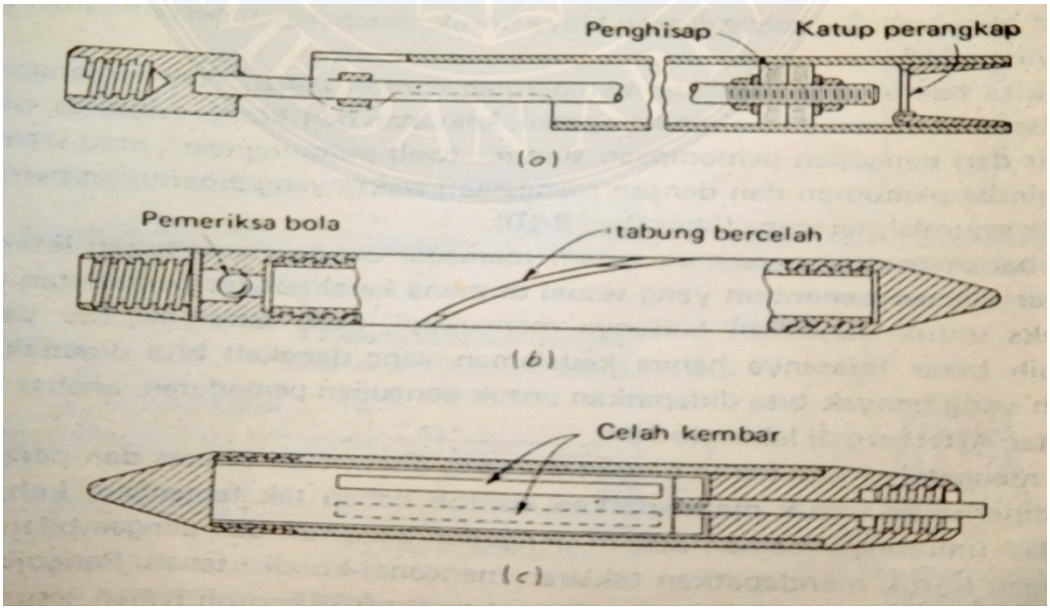
2.2.8. Pemboran dan Pengambilan Contoh Tanah

Bilamana sesudah mendapatkan hasil penyelidikan geofisika atau pedugaan masih diras perlu pengetahuan yang lebih teliti, maka eksplorasi tanah itu harus dilengkapi dengan pengambilan contoh tanah dari lapisan bawah. Indikator yang berhubungan karakteristik mekanik tanah pondasi harus dicari dengan pengujian-pengujian yang sesuai pada letak hasil tanah itu.

Untuk maksud ini, bisanya dibuatkan suatu lobang bor kedalam tanah pondasi kemudian dilakukan berbagai pengujian.

Pemboran beserta pengambilan contoh tanah dibagi dalam dua bagian yaitu pengambilan rganggu contoh tanah tidak dan pengambilan contoh tanah terganggu. Contoh tanah tidak terganggu diperlukan untuk penentuan berat isi atau untuk pengujian untuk mendapatkan karakteristik mekanik untuk mendapatkan kekuatan atau penurunan. Untuk keperluan pengujian tanah yang sederhana seperti pengamatan contoh tanah, klasifikasi tanah, pengujian pemadatan untuk banhan timbunan dapat juga digunakan contoh tanah terganggu. Akan tetapi kondisi pengujian harus sama dengan kondisi pada tempat asli tanah tersebut, terutama mengenai kadar air asli tanah itu.

Salah satu metode dalam pengambilan contoh tanah tersebut yakni metode pengambilan dengan mesin bor (contoh tanah terganggu) (Suyono Sosrodarsono, 1980).



Gambar. 1.2 Plat pengambil contoh bahan yang khusus.
Sumber : Bowles, 1986.

2.3. Jenis Pondasi

Berdasarkan letak kedalaman tanah kuat yang digunakan sebagai pendukung pondasi, maka pondasi digolongkan menjadi tiga jenis yaitu : pondasi dangkal, pondasi sedang, pondasi dalam.

a. Pondasi Dangkal

Kedalaman tanah kuat untuk pondasi dangkal diperkirakan sampai mencapai 3,00 meter dibawah permukaan tanah. Yang termasuk golongan pondasi dangkal yaitu: (1) Pondasi staal atau pondasi lajur . pondasi staal dibuat dari paangan bata atau batu kali, dengan kedalaman tanah dibawah kuat sampai kedalaman 1,50 meter dibawah permukaan tanah. Jika kedalaman tanah kuat sampai kedalaman 2,00 meter dapat pula digunakan pondasi staal yang diletakkan diatas timbunan pasir yang dipadatkan secar berlapis setiap ± 20 cm.

(2) pondasi telapak (Foot Plate). Pondasi telapak dibuat dari beton bertulang, dengan kedalaman tanah kuat sampai mencapai 2,00 meter dibawah permulkaan tanah. (3) pondasi pyler. Pondasi pyler dibuat dari pasangan batu kali berbentuk piramida terpancung. Pondasi ini biasanya dipasang pada sudut-sudut tembok bangunan dengan jarak ± 2,50 – 3,00 meter, dengan kedalaman tanah kuat 2,5 – 3 meter dibawah permukaan tanah. Diatas pondasi pyler ini dipasang balok sloof.

b. Pondasi Sedang

Kedalaman tanah kuat untuk pondasi sedang diperkirakan sampai mencapai 4 meter dibawah permukaan tanah. Pondasi yang cocok pada pondasi ini adalah pondasi sumuran. Pondasi sumuran dibuat dari pipa beton biasa atau pipa beton bertulang dengan tebal dinding berkisar antara 8 cm sampai 12 cm

dimasukkan kedalam tanah, kemudian diisi dengan campuran adukan beton. Ukuran diameter pipa bagin dalam berkisar antara 65 cm sampai 150 cm, dan bergantung hasil hitungan. Pondasi sumuran dipasang pada sudut-sudut bangunan seperti pondai pyler.

c. **Pondasi Dalam**

Kedalaman tanah kuat untuk pondasi dalam minimal mencapai 4,5 meter dibawah permukaan tanah. Pondasi yang cocok pada kedalaman ini adalah pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancanag dibuat dari bahan kayu, besi profil, pipa baj,maupun beton bertulang yang dapat dipancang sampai kedalaman 60 meter dibawah permukaan tanah (Ali Asroni).

2.4. Pondasi Tiang

Tiang adalah bagian dari suatu struktur yang terbuat dari baja, beton, dan kayu. Tiang-tiang ini digunakan untuk membuat pondasi tiang yang biasanya pembuatannya lebih mahal dari pondasi dangkal. Meskipun lebih mahal, penggunaan tiang ini kadang merupakan keharusan demi tercapainya suatu struktur yang sangat aman. Berikut ini adalah beberapa kondisi yang memerlukan pondasi tiang.

1. Apabila lapisan tanah bagian atas sangat mudah termampatkan (highly copressible) yan terlalu linak untuk memikul beban dari struktur bagian atas, sehingga tiang diperlukan untuk menyalurkan beban itu ke tanah keras atau batuan.
2. Ketiaka menerima gaya-gaya horizontal, pondasi tiang dapat melawan tekuk sementara menerima gaya-gaya vertikal yang datang dari struktur diatasnya.

Situasi dalam jenis ini umumnya detemukan dalam perencanaan dan pembangunan strurktur-struktru penahan tanah dan pondasi dari gedung-gedung tinggi yang mungkin menderita beban angin kencang dan atau gaya-gaya gempa.

3. Didalam banyak kasus, tanah-tanah ekspansive dan mudah runtuh bisa jadi ditemukan pada tempat-tempat diman struktur akan didirikan. Ini mungkin saja mencapai kedalaman yang jauh dibawah permukaan tanah. Tanah ekspansive akan mengembang dan menyusut bergantung pada naik atau turunnya kadar air. Tekanan pengembangan tanah semacam ini biasanya adalah tinggi. Jika pondasi dangkal digunakan dalam kondisi tanah seperti ini, struktur bisa mengalami kerusakan yang serius. Tetapi kalau digunakan pondasi tiang, maka tiangdapat diperpanjang sedemikian hingga melampaui zona yang aktif mengembang maupun menyusut.
4. Pondasi untuk struktur-struktur seperti menara transmisi, konstruksi lepas pantai dan basement yang berada pada muka air tanah akan mengalami gaya-gaya angkat. tiang dapat digunakan sebagai pondasi untuk jenis struktur seperti ini untuk menahan daya angkat.
5. Abutmen dan pier jembatan sering dibangun diatas pondasi tiang untuk menghindari kemungkinan kehilangan dari daya dukung dari sebuah pondasi dangkal yang bisa jadi desebabkan erosi pada permukaan tanah.

Untuk memillih pondasi yang memadai, perlu diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan dilapangan dan apakah pondasi itu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal

kerjanya. Bila keadaan tersebut ikut dipertimbangkan dalam menentukan macam pondasi, hal-hal berikut ini perlu dipertimbangkan :

1. Keadaan tanah pondasi.
2. Batasan-batasan akibat konstruksi diatasnya.
3. Batasan-batasan dari sekelilingnya.
4. Waktu dan biaya pekerjaan.

Dari hal-hal diatas, jelas pada keadaan tanah pondasi pada No.1 merupakan keadaan yang paling penting (Sardjono Hs, 1991). Pondasi tiang dibuat menjadi suatu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi dengan tumpuan pondasi (Suyono Sosrodarsono, 1980).

2.5. Klasifikasi Pondasi Tiang

Berdasarkan metode instalasinya, pondasi tiang pada umumnya dapat diklasifikasikan atas :

2.5.1. Tiang Pancang

Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan/atau baja, yang digunakan untuk mentransmisikan beban-beban permukaan ketingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah. 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 “,sedangkan pemakaian beban secara langsung dibuat

oleh sebuah titik ujung, atau tiang-pancang ini demata-mata hanya dari segi kemudahan karena semua tiang-pancang berfungsi sebagai kombinasi tahanan samping dan dukungan ujung kecuali bila tiang-pancang menembus tanah yang sangat lembek sampai kedasar. Tiang-pancang umumnya digunakan untuk membawa beban-beban konstruksi diatas tanah, kedalam atau melalui sebuah lapisan tanah.

Didalam hal ini beban vertikal dan beban lateral dapat terlihat. Untuk menahan gaya desakan keatas, atau gaya guling, seprti untuk telapak ruangan bawah tanah dibawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki-kaki menaraterhadap guling titik. Memampatkan endapan tak berkohesi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang-pancang dan getaran dorongan. Tiang-pancang ini dapat ditarik keluar kemudian. Mengontrol penurunan bila kaki-kaki yang terbesar atau telapk berada pada tanah tepi atau didasari oleh sebuah lapisan yang kemampatannya tinggi. Membuat tanah dibawah pondasi mesin menjadi kaku untuk mengotrol amplitudo getaran dan frekwensi alamiah dari sistem tersebut.

Sebagai faktor keamanan tambahan dibawah tupuan jembatan dan/atau pir (tiang), khususnya jika erosi merupakan persoalan potensial. Dalam konstruksi lepes pantai untuk meneruskan beban-beban diatas permukaan air melalui air dan kedalam tanah yang mendasari air tersebut. Hal seperti ini ialah mengenai tiang-pancang yang ditanamkan sebagian yang terpengaruh baik oleh beban vertikal dan tekuk, maupun beban lateral (Bowles, jilid 2).

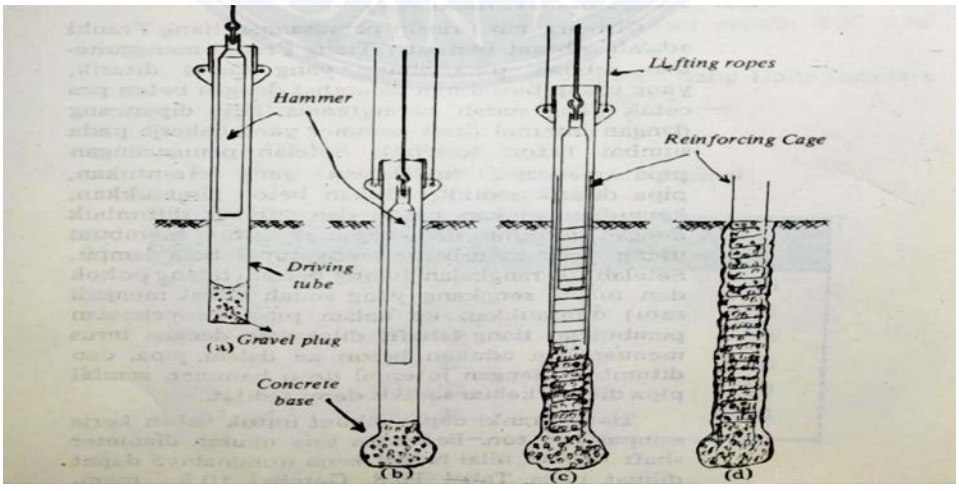
2.5.1.1. Displacement Piles

Displacement piles adalah suatu tiang baik pejai maupun berlubang dengan bagian bawah tertutup, yang pada proses pemancangannya kedalam tanah mengakibatkan terjadinya perpindahan sejumlah tanah baik dalam arah horizontal maupun vertikal.

a. Tiang Type Tabung/Pipa Yang Dapat Ditarik

a.1 Tiang Alpa (Alpa Pile)

Tiang alpa dibuat dengan bantuan sebuah pipa atau tabung baja, mandrel dan drop hammer. Tabung yang ujung bawahnya ditutup dengan plat baja atau sepatu dari besi tuang dipancang bersama-sama mandrel dengan drop hammer. Beton dituang sampai dibagian bawah dari tabung. Setelah tabung mencapai kedalaman yang di inginkan, tabung diangkat sedikit, kemudian dengan bantuan mandrel beton ditumbuk dengan hammer untuk membentuk alas yang lebar. Pembentukan batang tiang selanjutnya dilakukan dengan menuang beton melalui lubang mandrel dan ditumbuk dengan hammer. Sambil pembentukan batang tiang, tabung/pipa ditarik deatas sedikit semi sedikit (Sardjono Hs, 1991).

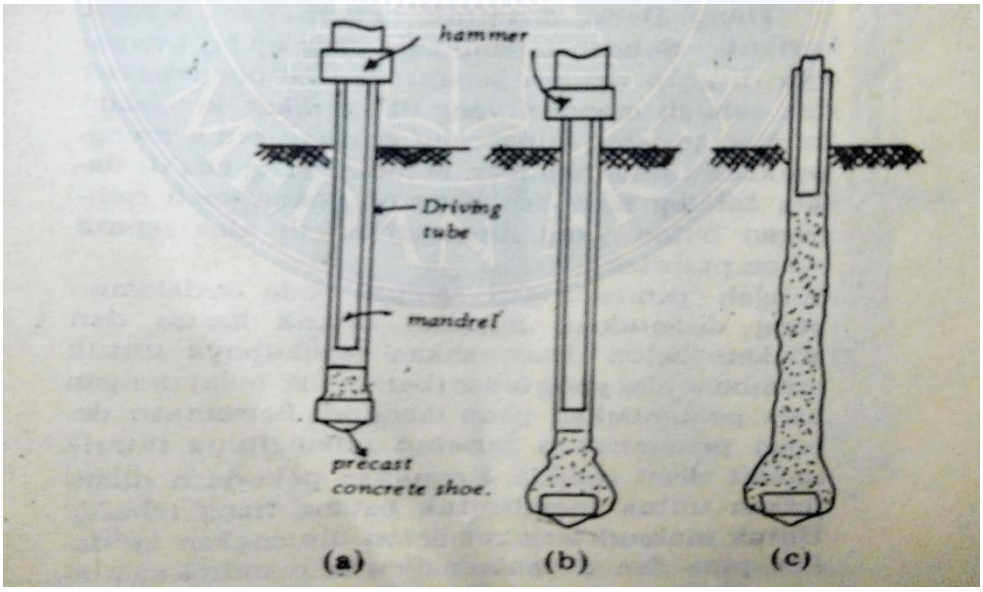


Gambar 1.3 Tahaap Pemancangan Tiang Alpha.
Sumber : Sardjono Hs, 1991.

a.2. Tiang Delta

Tiang delta dibentuk dengan cara sebagai berikut: sebuah tabung baja yang ujung bawahnya ditutup dengan sepatu dari beton pracetak dan sebuah mandrel yang dimasukkan kedalam tabung tersebut dipancang bersama-sama menggunakan diesel hammer, mandrel yang ada didalam tabung menekan pada onggokan kecil campuran beton yang ditempatkan diatas sepatu beton pracetak. Setelah pemancangan sampai kepada kedalaman yang ditentukan, mandral ditarik keatas dan adukan beton ditambahkan secukupnya untuk membuat alas yang lebar dengan cara penumbukan pada mandrel.

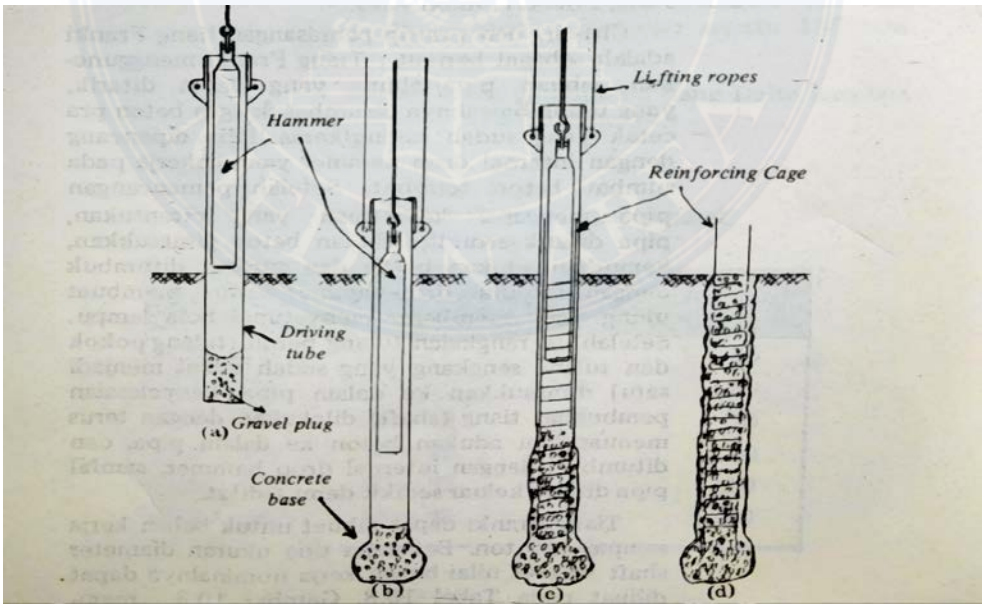
Bersamaa dengan penumbukan tersebut tabung atau pipa ditarik sedikit-demisedikit , kemudian pekerjaan dilanjutkan untuk membentuk batang tiang . untuk maksud tersebut beton dituangkan kedalam pipa dan ditumbuk dengan mandrel sambil pipa ditarik (Sardjono Hs, 1991).



Gambar 1.4 Tahap Pemancangan Tiang Delta.
Sumber : Sardjono Hs, 1991.

a. 3 Tiang Franki

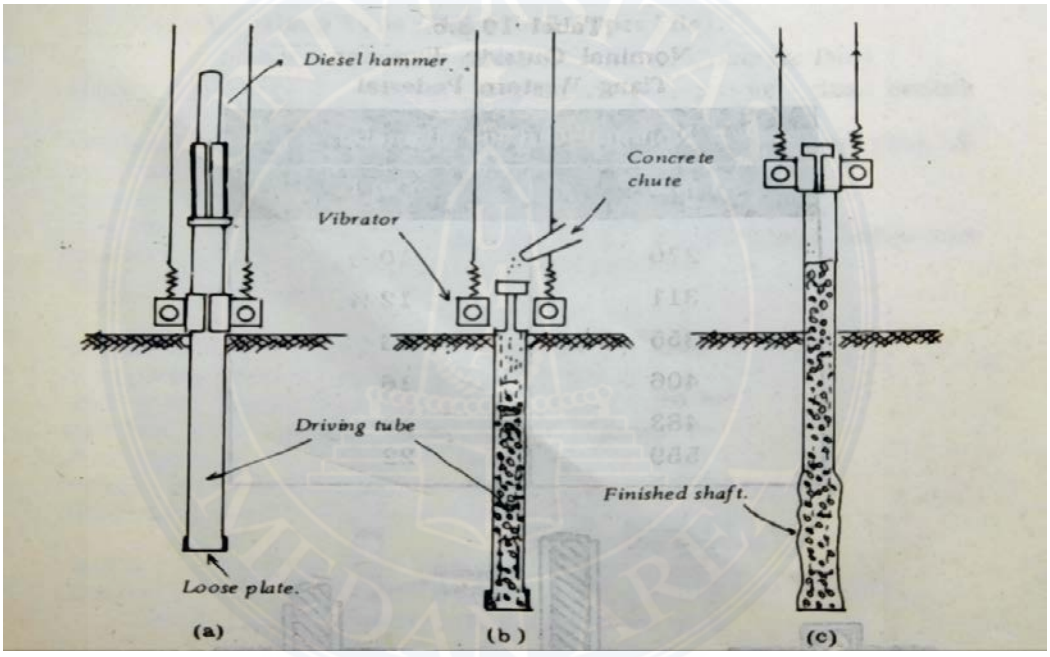
Ciri-ciri dan prinsip pemasangan adalah sebagai berikut : tiang franki menggunakan sebuh pipa/tabung yang dapat ditarik, yang ujung bawahnya disumbat dengan beton pracetak yang sudah kering atau ker. Pipa dipancang dengan internal drop hammer yang bekerja pada sumbat beton tersebut. Setelah pemancangan pipa telah mencapai kedalaman yang, pipa ditarik sedikit adukan beton dimasukkan, kemudian adukan beton dan sumbat ditumbuk dengan internal drop hammer untuk membuang ujung yang menyerupai bola lampu. Setelah itu rangkaian tulang beton (tulangan pokok dan tulangan sengkang yang sudah diikat menjadi satu) dimasukkan dedalam pipa. Penyelesaian pembuatan tiang dilakukan dengan terus menuangkan adukan beton kedalam pipa, dan ditumbuk dengan internal drop hammer sambil pipa ditarik keluar sedikit-demisedikit (Sardjono Hs, 1991).



Gambar 1.4 Tahap-Tahap Pemasangan Tiang Franki.
Sumber : Sardjono Hs, 1991.

a.4. Tiang Vibrex

Tiang vibrex dipasang di Holland oleh Vers Treaten BV dandi Belgia oleh Fundex PVBA. Beberapa cir tiang vibrex adalah pipa pancang ujung bawah ditutup dengan plat lepas. Pemancangan pipa pancang menggunakan diesel hammer. Unit penggetar dikaitkan pada ujung atas pipa pancang, digunakan untuk menarik keluar pipa pancang setelah penuangan beton. Tiang vibrex dapat dibuat dengan diameter shaft dari 370 – 640 mm, panjang sampai 22 mm, dan beban kerja sampai 150 ton (Sardjono Hs, 1991).

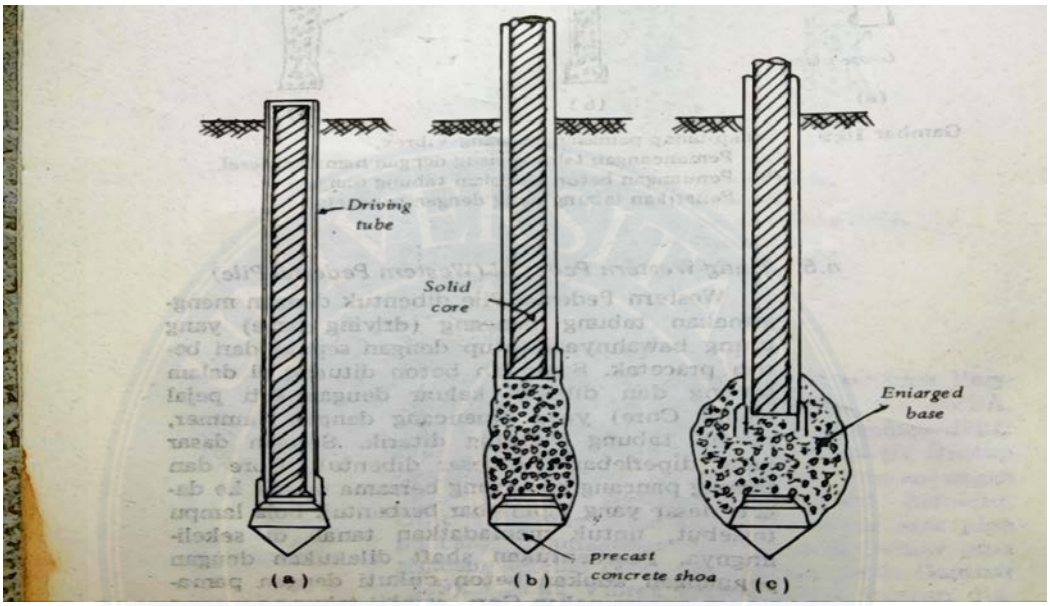


Gambar 1.5 Tahap-Tahap Pemasangan Tiang Vibrex.
Sumber : Sardjono Hs, 1991.

a. 5 Tiang Western Pedestal

Western pedestal pile dibentuk dengan menggunakan tabung pancang yang ujung bawahnya ditutup dengan sepatu dari beton pracetak. Sejumlah beton dituang didalam tabung dan ditekan keluar dengan inti pejal yang dipancang dengan hammer, sambil tabung pancang ditarik. Setelah dasar yang diperlebar

terbentuk , core dan tabung pancang dipancang bersama masuk kedalam dasr yang diperlebar berbentuk bola lampu tersebut , untuk memadatkan tanh disekelilingnya. Pembentukan shaft dilakukan dengan penuangan adukan beton diikuti dengan pemadatan menggunakan Core, sambil tabung pancang ditarik (Sardjono Hs, 1991).



Gambar 1.6 Tahap-Tahap Pemasangan Tiang Western Pedestal Pile.
Sumber : Sardjono Hs, 1991.

b. Tiang Type Shell

b.1 Tiang Raymond

Tiang Raymond mempunyai dua bentuk antara lain Tirus teratur atau yang disebut tiang raymond Standard dan Tirus bertingkat.

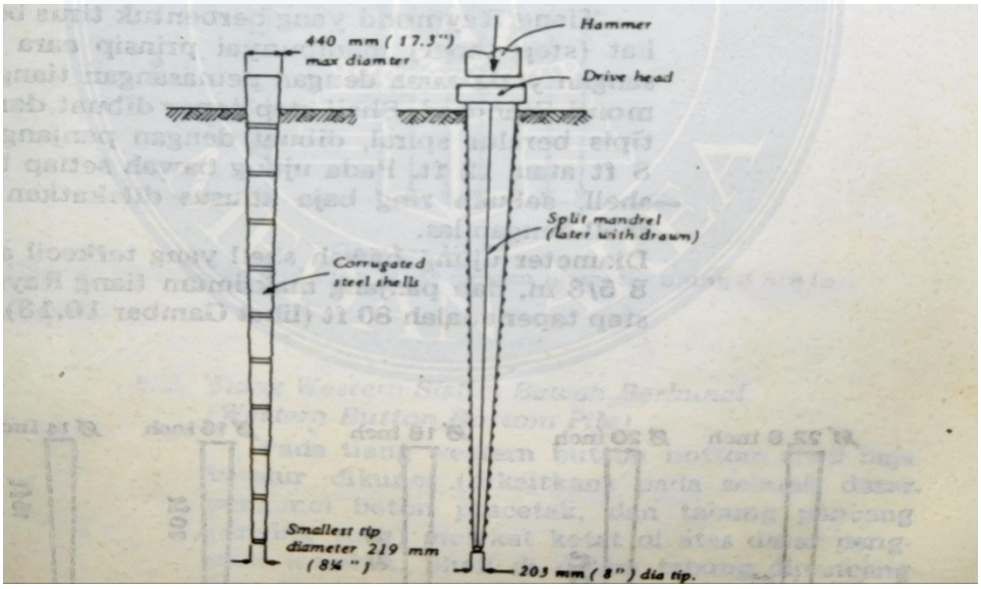
Tiang Raymond standard terdiri dari sebuah shell baja tipis dimana ujung bawahnya ditutup dengan sebuah sepatu baja. Shell dibuat dari lembaran baja yang bagian dalamnya diperkuat dengan kawat spiral.

Ujung bawah tiang Raymond Standard mempunyai diameter 8 in. Pembesaran diameter dari ujung bawah keujung atas adalah sebesar 1 in setiap 2,5 ft.

Teknik pemasangan tiang Raymond Standard adalah sebagai berikut :

Shell dipasang bersama-sama dengan mendrel baja atau inti kedalam tanah. Setelah mencapai kedalaman yang diinginkan pemancangan dihentikan. Core ditarik dari shell dan kondisi shell bagian dalam diperiksa dengan bantuan sebuah lampu. Bila kondisinya baik maka shell dapat diisi beton. Tiang Raymond yang berbentuk tirus bertingkat mempunyai prinsip cara pemasangan yang sama dengan pemasangan tiang Raymond Standard. Shell step tapper dibuat dari baja tipis beralur spiral, dibuat dengan panjang 4ft, 8 ft, 12 ft. Pada ujing bawah setiap bagian shell, sebuah ring baja khusus dilekatkan pada shell dengan las.

Diameter ujung bawah shell yang terkecil adalah 8 5/8 in, dan panjang maksimum80 ft (Sardjono Hs, 1991).

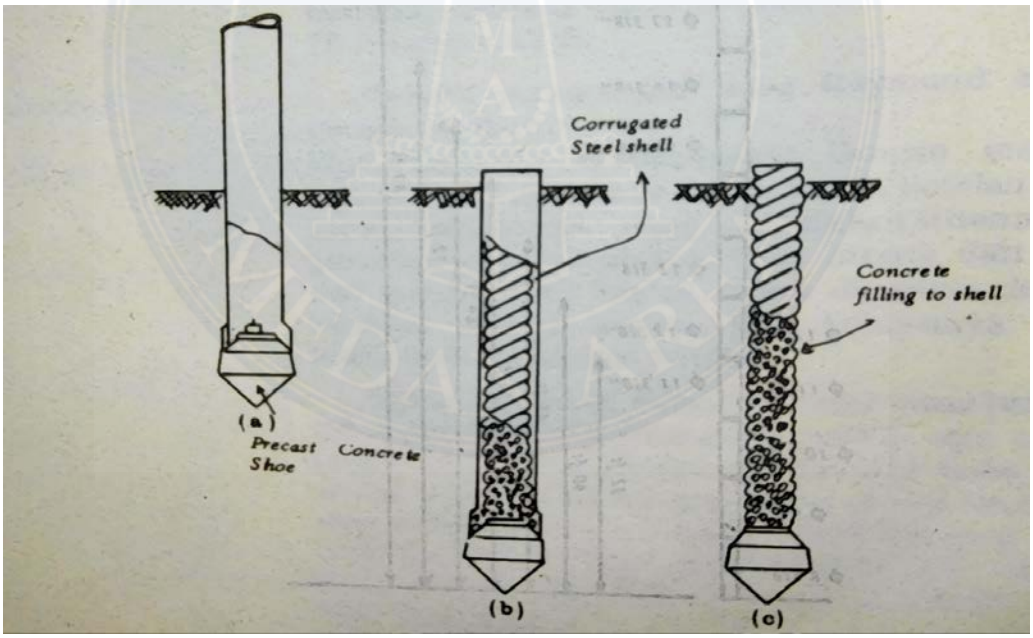


Gambar 1.7 Tiang Shell Raymond.
Sumber : Sardjono Hs, 1991.

b. 2 Tiang Western Sistim Bawah Berkunci

Pada tiang western button shell baja beralur dikunci pada sebuah dasr pengunci beton pracetak, dan tabung pancang melekat ketat diatas dasar pengunci tersebut. Shell didalam tabung dipancang bersama-sama.

Setelah pemancangan mencapai kedalaman yang ditentukan, tabung ditarik dan shell diisi beton. Karena dasar pengunci berdiameter lebih bersar dari diameter shell, maka tiang western button mempunyai ujung/dasar yang lebih besar daripada shaft. Oleh karenaitu western button harus dianggap sebagai tiang tahanan ujung, walaupun butiran tanah akan tuntuh disekeliling tiang dan menimbulkan gesekan (Sardjono Hs, 1991).

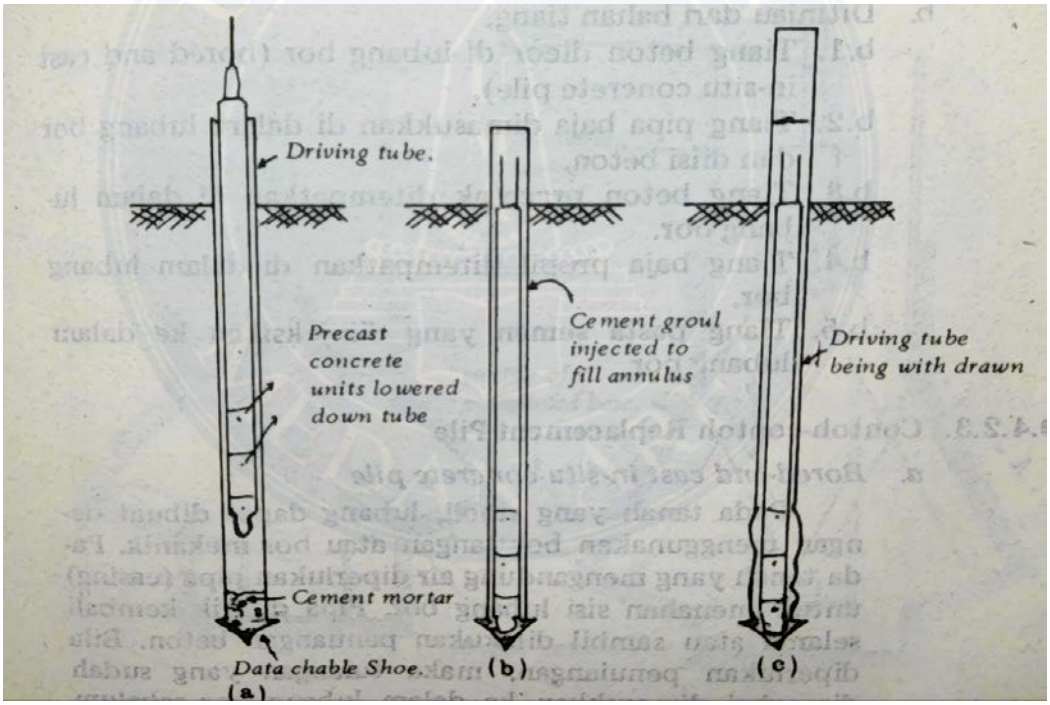


Gambar 1.8 Tahap-tahap pemasangan western button pile.
Sumber : Sardjono Hs, 1991.

b. 3 Tiang Positive

Tiang positive terdiri dari segmen atau bongkahan beton pracetak segi 8 berukuran 12 in yang diturunkan lewat dalam tabung setelah tabung dipancang sampai kedalaman yang diinginkan. Tabung pancang tersebut ditutup dengan sebuah sepatu besi tuang. Adukan beton encer ditempatkan didalam tabung sebelum bagian-bagian/elemen beton pracetak yang mana terdiri dari dari satu elemen utama dan satu atau lebih elemen tambahan yang dirakit/digabungkan menjadi satu, diturunkan melalui bagian dalam tabung.

Selanjutnya adukan beton encer dituang diantar bagin-bagian beton pracetaksegi 8 melalui tabung pancang, sebelum tabung tersebut ditarik.



Gambar 1.9 Tahap-tahap pemasangan tiang positive .
Sumber : Sardjono Hs, 1991.

2.5.1.1 Replacement Piles

Replacement piles adalah suatu tiang pancang dimana pemasangannya dilakukan dengan cara membuat lubang didalam tanah terlebih dahulu, kemudian tiang dimasukkan kedalam lubang tersebut. Dengan cara pemasangan seperti diatas, maka pada replacemen piles tidak terjadi perpindahan tanah akibat dari desakan tiang sewaktu dipancang. Oleh karena itu replacemen piles disebut juga non displacement piles. Dapat dibagi ke beberapa jenis antaralain (Sardjono Hs, 1991).

a. Bored-and cast in-situ concrete pile.

Pada tanah yang stabil, lubang dapat dibuat dengan menggunakan bor mekanik. Pada tanah yang mengandung air diperlukan pipa (casing) untuk menahan sisi lubang bor. Pipa ditarik kembali selama atau sambil dilakukan penuangan beton. Bila diperlukan penulangan, maka tulangan yang sudah dirangkai dimasukkan kedalam lubang bor sebelum dilakukan penuangan beton.

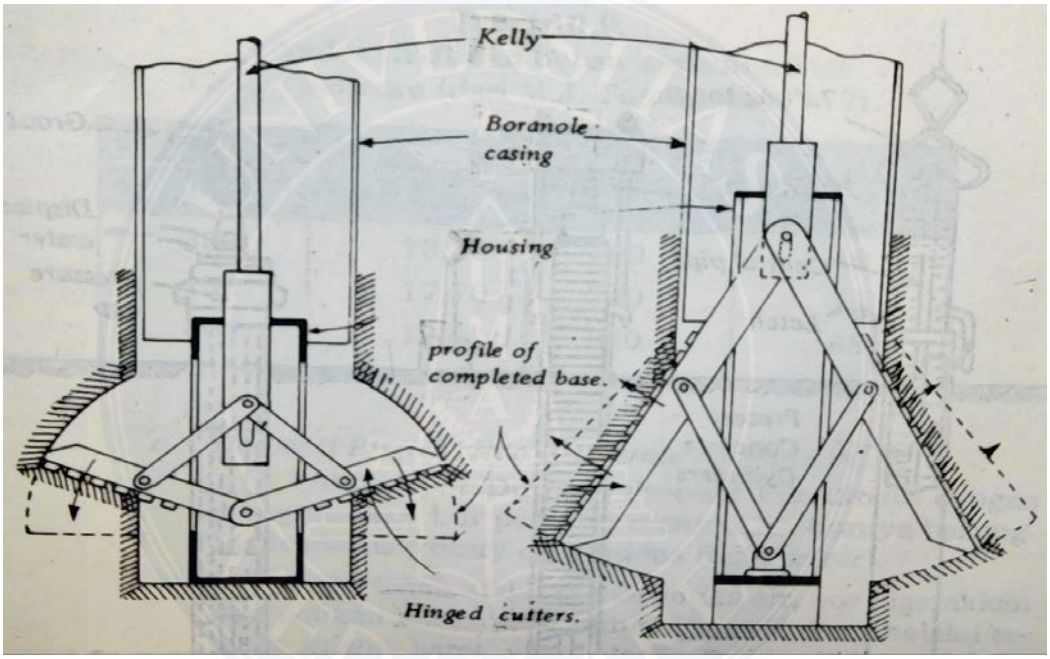
Pada tanah liat yang keras atau batu yang lunak, dasr/ujung tiang dapat diperbesar untuk meningkatkan daya dukung tiang. Pelebaran lubang bor dibentuk dengan memutar alat pelebar atau expanding fool atau dengan menggali dengan tangan apabila ukuran shaft besar.

Tiang beton bor tangan biasa mempunyai diameter shaft sekitar 355 mm (14 in) dan kedalaman sekitar 5 meter (16 ft). Oleh karen itu tiang tersebut hanya dipergunakan oleh bangunan-bangunan kecil.

Tiang bor dimana lubang bor dibuat dengan menggunakan bor mekanik misalnya spiral plate, bucket anger atau dengan grabbing rig, dapat dibuat dengan

diameter shaft sampai 7,3 meter (24 ft) tetapi dalam praktek biasanya dibatasi dengan maksimum 2,13 meter (7 ft).

Pengeboran dengan menggunakan mesin bor putar (rotary anger machine) dapat dilakukan sampai mencapai kedalaman 90 meter (300 ft) (Sardjono Hs, 1991).

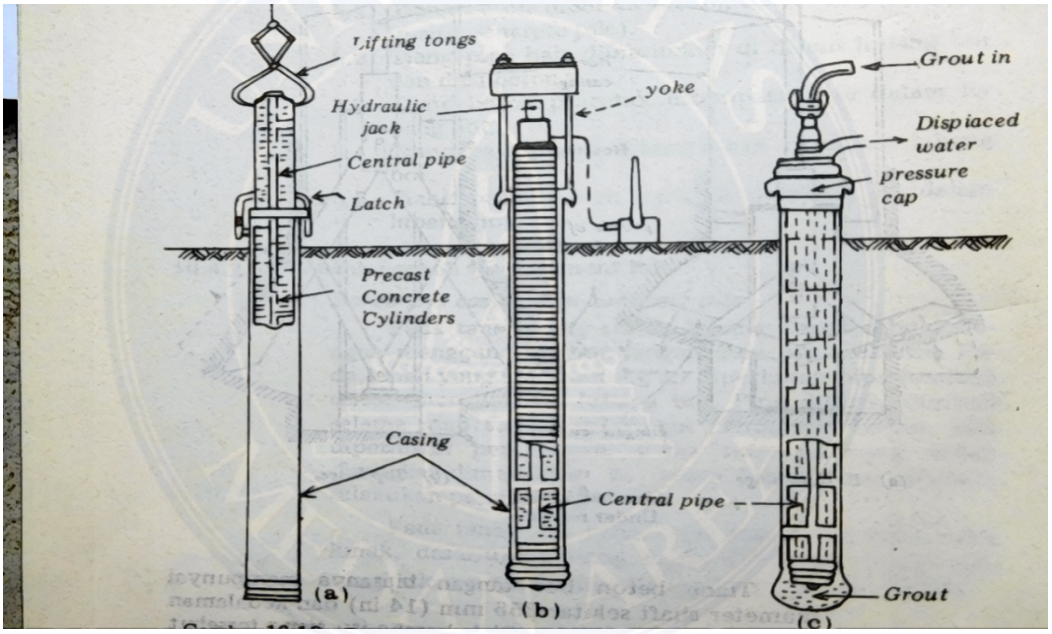


Gambar 1.10 Under Reamer Bottom Hinge dan Top Hinge.
Sumber : Sardjono Hs, 1991.

a. Prestcore Pile

Tiang prestcore diproduksi oleh beberapa perusahaan dibawah lisensi BSP International fondation Ltd. Cara pemasangannya terlihat pada gambar berikut.

Pertama-tama dilakukan pembuatan lubang bor yang diberi pipa selubung (casing) sampai kedalaman yang dikehendaki. Silinder beton pracetak deturunkan kedasar lubang bor, setelah tulang-tulang beron dimasukkan kedalam lubang-lubang yang ada disekeliling tutup silinder beton pracetak tersebut. Pipa injeksi semen dihubungkan dengan pipa tengah sewaktu casing diangkat sedikit, kemudian semen dipompakan kwbawah untuk mengisi celah-celah/lubang bor bagian bawah. Pembuatan shaft dilakukan dengan injeksi semen melalui penutup bertekanan sambil pipa casing ditarik (Sardjono Hs, 1991).

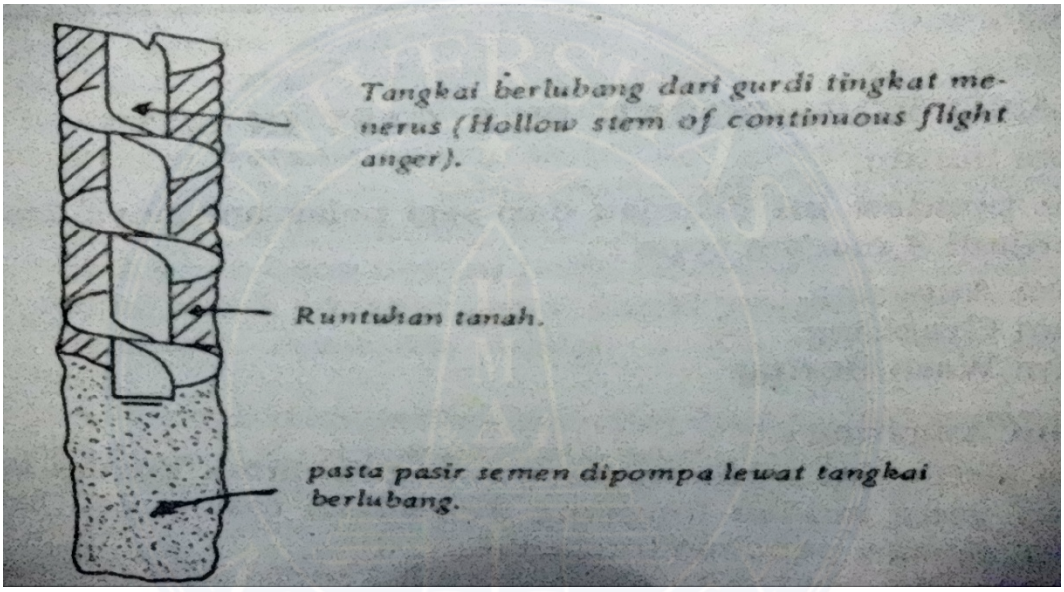


Gambar 1.11 Tahap-tahap pemasangan tiang prestcore
Sumber : Sardjono Hs, 1991.

b. Dowset Prepakt Pile (Concrete Injektion Pile).

Lubang bor Dowset Prepakt Pile dibuat dengan menggunakan bor putar dimana mata bornya bertingkat menerus (rotary continuous anger).

Pada tanah stabil diatas muka air, bor digerakkan dan adukan encer pasir semen dipompakan melalui sebuah selang karet elastis kedasar lubang bor. Type tiang tersebut termasuk type tiang dicor ditempat. Pada tanah labil atau tanah berair, gurdi bertingkat (flight anger) digunakan dengan sebuah tangakai berlubang yang ditutup pada bagian bawahnya dengan sumbat yang longgar/lepas (Sardjono Hs, 1991).



Gambar 1.12 Pemompaan Adukan Encer Untuk Membentuk Tiang Tiang Dowsett Perekat Prepakt.
Sumber : Sardjono Hs, 1991

2.5.2 Tiang Bor

Secara umum type pondasi ini ditinjau dari segi pelaksanaannya dapat dibedakan menjadi 3 macam type :

a. Sitim Augering

pada sistim ini selain augernya sendiri, untuk kondisi lapangan yang mudah longsor diperlukan casing atau bentonite slurry sebagai penahan lingsor.

Penggunaa bentonite slurry untuk lapisan tanah yang permaebilitynya besar tidak disarankan, karena akan membuat bentonite slurry yang banyak dengan terjadinya perembesan melalui lapangan permeable tersebut (Sardjono Hs, 1991).

b. Sistim Grabbing

Pada penggunaan sistim ini diperlukan casing (continuous semi royary motin casing) sebagai penahan kelongsoran. Casing tersebut dimasukkan kesalam tanah dengan cara ditekan sambil diputar. Sitim ini sebenarnya cocok untuk semua kondisi tanah, tetapi yang paling sesuai adalah untuk kondisi tanah yang sulit ditembus (Sardjono Hs, 1991).

c. Sistim Wash Boring

Pada sistim ini diperlukan casing sebagai penahan kelongsoran dan juga pompa air untuk sirkulasi airnya yang sdipakai untuk pengeboran. Sistim ini cocok untuk kondisi tanah, pasir lepas.

- pelu di ingat bahwa daya dukung tiang bor adalah sangat tergantung terhadap cara pengeborannya.
- jika pengeboran dilakukan dengan menggunakan boiler atau grabbing dibawah air, maka terjadi pengumpulan dari pasi-pasir lepas dibawah lubang bor yang diakibatkan terjatuhnya/tercecernya tanah/pasir pada saat pengangkatannya keluar. Halmana akan mengakibatkan atau mempengaruhi mutu beton yang dihasilkan.
- dengan melihat kondis/susunan tanah yang didapat dari base penyelidikan yang berupa loose sand/med. Dense sand maka disarankan untuk memakai sistem wash, boring.

- penambahan daya dukung tanah degan pembuatan enlarge base pada dasar tiang bor tidak disarankan, dengan mengingat kondisi tanah yang pasir tersebut. Karena sebagai akibat pembuatan wnlarge base tersebut akan menimbulkan kelongsoran pada tanah diatas enlarge basenya.

- mengenai ketahanannya terhadap pengaruh korosi, untuk jenis tiang bor ini tidak perlu ada kekawatiran seperti pada tiang pancang lainnya.

- untuk jenis tiang bor ini perlu diberikan tambahan tulangan praktis untuk menahan gaya lateral yang terjadi. Penulangan minimum adalah + 2% dari luas penampang tiang.

- jadi dengan memperhatikan cara-cara pelaksanaan dan prosedur dari pembuatanatiang bor ini, maka dapat disimpulkan bahwa jenis pondasi tiang bor ini adalah memberikan gangguan yang paling minimal terhadap struktur tanah dan kestabilan daripada bangunan bila dibandingkan dengan jenis-jenis pondasi tiang yang telah dibicarakan sebelumnya (Sardjono Hs, 1991).

2.6. Jenis-Jenis Pondasi Tiang Pancang

Jenis Pondasi tiang digolongkan berdasrkan kualitas materialnya adalah:

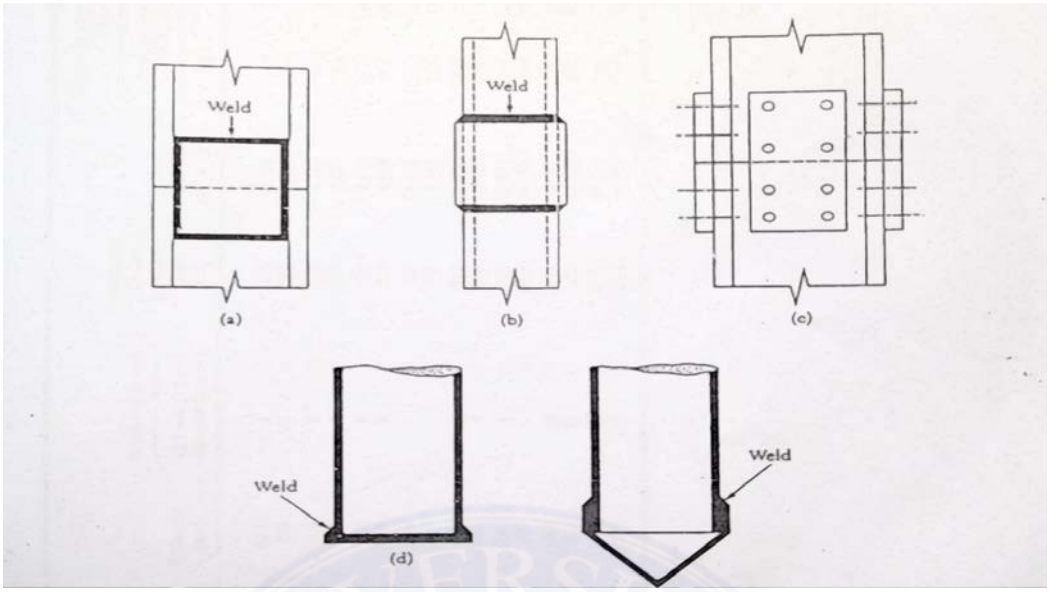
2.6.1 Tiang Baja

Tiang baja umumnya digunakan baik sebagai tiang pipa maupun sebagai tiang baja berpenampang H. Tiang pipa dapat disorongkan kedalam tanah dengan ujung terbuka atau tertutup. Balok baja berpenampang flens-lebar (wide flange) dan I dapat juga digunakan sebagai tiang. Namun tiang berpenampang H biasanya lebih disukai karena badan (web) flensnya memiliki ketebalan yang sama. Pada balok berpenampang flens-lebar dan I, ketebalan badannya lebih tipis

dari flens-nya. Dalam banyak kasus, tiang pipa diisi dengan beton setelah dimasukkan kedalam tanah . berdasarkan pada pertimbangan geoteknik, beban rencan untuk sebuah tiang dapat ditentukan. Tiang baja, apabila diperlukan dapat disambung dengan las atau paku keling. Kadang-kadang kondisi pemancangan agak sulit karena harus dipancang melalui krikil padat, lapisan keras, dan batuan lunak. Untuk itu ujung tiang dapat dilengkapi dengan titik pancang atau sepatu.

Tiang baja juga dapat mengalami korosi. Sebgai contoh, tanah-tanah rawa, gambut dan tanah organik lainnya bisa mengakibatkan korosi. Tanah-tanah yang mempunyai PH lebih besar dari 7 tidak terlalu kohesif. Untuk mempertimbangkan akibat korosi, suatu tambahan ketebalan baja (lebih dari luas penampang rencan) umumnya direkomendasikan. Dalam keadaan tertentu pengguna lapisan epoxy yang biasanya dipakai di pabrik bisa juga mencegah korosi. Lapisan ini tidak begitu mudah rusak akibat pemancangan tiang. Pelapisan dengan beton pada tiang baja dapat juga mencegah korosi (Pintor S).

Perlindungan terhadap karat dapat juga dilakukan dengan mempertebal tiang pancang didaerah/ditempat yang banyak menimbulkan karat. Plat pertebalan ini sekurang-kurangnya sama dengan tebal badan tiang pancan H. Dengan adanya penebalan ini diharapkan dapar memperpanjang umur tiang pancang sampai – 25 tahun, juga dapat dengan memberi sarung (escasemen). Sarung ini diletakkan di daerah dimana akan terjadi korosi yang hebat, sarung dari beton cor ini adalah biasa dipergunakan. Bila kita mempergunakan sarung untuk melindungi tiang pancang baja dari penambahan tinggi permukaan air, maka sebaiknya sarung dilatakkan di ketinggian ± 60 cm di bawah m.a.r (Sardjono Hs).



Gambar 1.13 Tiang Pancang.
Sumber : Pintor S.

2.6.2 Tiang Beton

Tiang beton dapat dibagi kedalam dua katergori dasar : tiang pracetak (precast piles) dan tiang dicor di tempat (cast-in-situ piles). Tiang pracetak dapat dibuat dengan menggunakan beton bertulang biasa, yang penampangnya bisa jadi bujr sangkar atau segi delapan (oktogonal). Penulangan diperlukan untuk memungkinkan tiang manpu melawan momen lentur ketika pengangkatan, beban vertikal, dan momen lentur yang diakibatkan oleh beban lateral. Tiang dicetak dengan panjang yang diinginkan dan dirawat hingga sebelum diangkat kepemancangan.

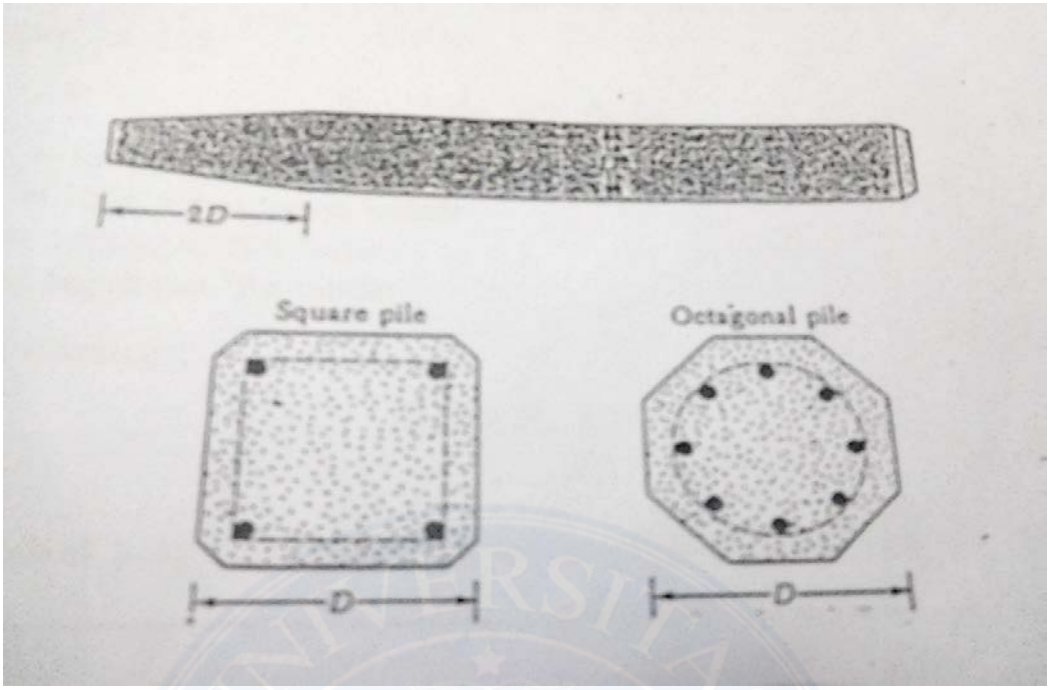
Tiang pra cetak bisa juga dibuat dari kabel prategang baja berkekuatan tinggi (beton prategang). Kekuatan batas kabel baja ini berkisar 1800MN/m2. Ketika mencetak tiang, kabel ditarik terlebih dahulu hingga sekitar 900-1300MN/m2, dan

kemudian beton ditabur disekelilingnya. Setelah proses coring, kabel dipoting sehingga menghasilkan gaya kompresi pada lintang tiang.

Cor ditempat dibuat dengan terlebih dahulu menggali tanah dan kemudian mengisinya dengan beton. Berbagai janis tiang beton cor di tempat digunakan dalam konstruksi pada waktu akhir-akhir ini, dan kebanyakan diantaranya telah dipatenkan oleh pabrik pembuatannya. Tiang-tiang semacam ini dapat dibagi kedalam dua kategori besar yaitu dengan casing dan tanpa casing, kedua jenis ini dapat memiliki pedestal pada ujung bawahnya.

Tiang dengan casing terbuat dari sebuah casing baja yang disorongkan kedalam tanah dengan bantuan sebuah mandrel yang ditempatkan dedalam casing. Apabila tiang telah mencapai kedalaman yang diinginkan, mandrel akan ditarik dan casing kemudian diisi dengan beton. Pedestal adalah beton yang dilebihkan pada ujung bawah tiang yang menggelembung, ini bisa dibuat dengan menjatuhkan palu pada beton yang masih segar.

Tiang tanpa casing dibuat pertama-tama dengan mendorongkan kasing kedalam tanah hingga suatu kedalaman yang diinginkan dan kemudian mengisinya dengan beton segar. Casing kemudian ditarik secara perlahan-lahan secara bertahap.



Gambar 1.14 Tiang Pracetak .
Sumber : Pintor S.

2.6.3 Tiang Pancang Kayu

Tiang pancang kayu adalah batang pohon yang cabang-cabangnya telah dipangkas dengan hati-hati. Panjang maksimum kebanyakan kayu adalah 10-20m. Agar kwalitas tiang pancang kayu yang dipakai bagus,maka kayunya harus lurus,keras, dan tanpa adanya kerusakan.

Klasifikasi tiang kayu dapat dibagi menjadi beberapa kategori yaitu :

1. Kayu klas A: Tiang-tiang dalam kelas ini mampu menerima beban-beban yang berat. Diameter minimum batang sekurang-kurangnya 356 mm.
2. Tiang kelas B: Tiang-tiang dalam kelas ini mampu menerima beban-beban sedang. Diameter minimum bantang adalah 305-330 mm.

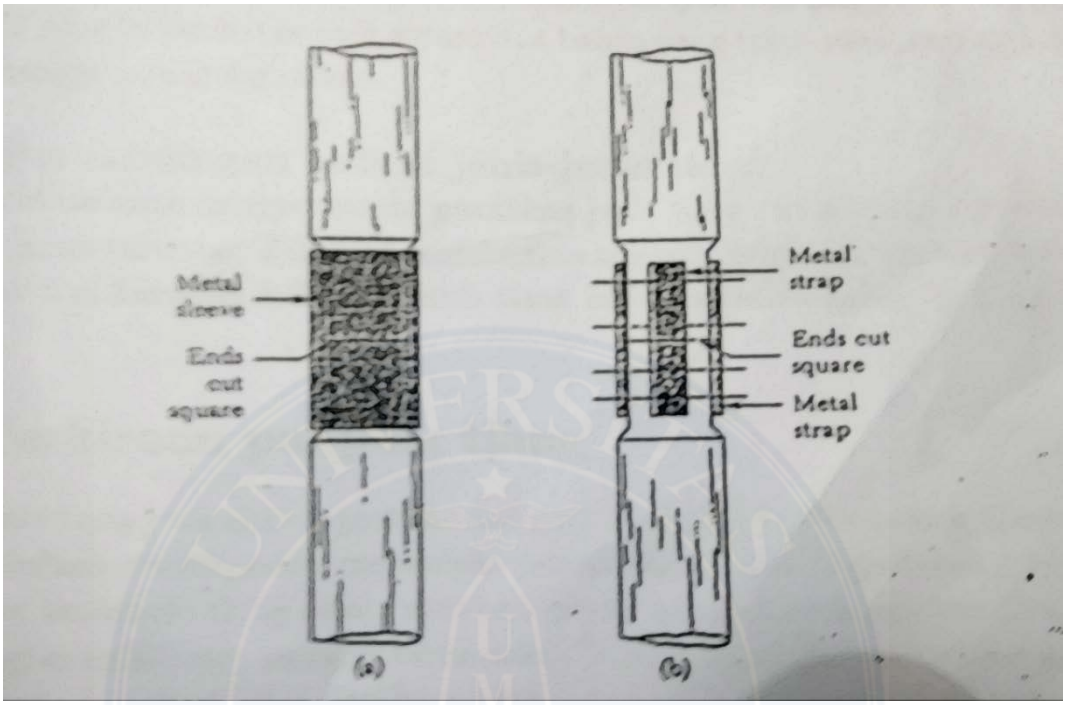
3. Tiang kelas C: tiang ini digunakan untuk konstruksi sementara. Tiang ini dapat digunakan sebagai konstruksi permanen apabila keseluruhan tiang tenggelam dibawah permukaan air tanah. Diameter minimum batang ini sekurang-kurangnya 305mm.

Dalam setiap keadaan, kepala tiang tidak boleh memiliki deiameter yang kurang dari 150mm. Tiang kayu biasanya tidak dapat menahan tegangan pada pemancangan yang keras; oleh karena itu kapasitas tiang umumnya dibatasi hingga sekitar 220 kN (25-30 ton). Sepatu baja bisa digunakan untuk mencegah kerusakan ujung bawah tiang. Kepal tiang juga mungkin bisa rusak selama proses pemancangan. Kerusakan pada serat-serat kayu yang disebabkan oleh tumbukan paludinamakan dengan brooming. Untuk mencegah kerusakan kepala tiang, topi dari logam biasanya ditambahkan pada kepala tiang.

Penyambung kepala tiang kayu haruslah dihindari, terutama apabila tiang akan memikul baban tarik atau beban lateral. Namun apabila penyambungan diperlukan, ini bisa dilakukan dengan menggunakan selubung pipa atau lempeng logam dengan baut. Panjang selubung pipa sekurang-kurangnya 5 kali diameter tiang. Ujung batang kayu harus dipotong busursangkar sehingga kontak penuh dapat dijaga. Bagian penyambungan harus benar-benar dipotong sedemikin hingga cukup ketat didalam selubung pipa.

Tiang kayu dapat tetap tidak mengalami kerusakan dalam waktu tak terbatas apabila sekeliling kayu adalah tanah yang jenuh air. Namun di lingkungan pantai tiang kayu dapat deserang oleh berbagai organisme yang akan menimbulkan kerusakan yang berat setelah beberapa bulan. Bagian tiang yang

berada di muka air bisa juga diserang oleh serangga. Umur tiang bisa ditingkatkan dengan melumuri dengan minyak ter sebelum digunakan



Gambar 1.15 Tiang Pancang Kayu.
Sumber : Pintor S .

2.6.4 Tiang Komposit

Yang dimaksud dengan tiang komposit adalah tiang yang bagin atas dan bawah nya memiliki bahan yang berbeda. Sebagai contoh, tiang kompodit dapat dibuat dari baja dan beton atau kayu dan beton. Tiang baja dan beton terdiri dari bagian bawah terbuat dari baja dan bagian atasnya terbuat dari beton yang dicor ditempat. Tiang seperti ini digunakan apabila panjang tiang melampaui daya dukung tiang beton cor ditempat yang sederhana. Tiang kayu dan beton biasanya terdiri dari bagian bawah terbuat dari kayu yang secara permanen berada dibawah muka air dan bagian atasnya beton. Dalam setiap kasus, bagaimanapun tidaklah

mudah membuat sambungan yang benar-benar baik antar dua bahan yang tidak sama, sehingga tiang komposit sangat jarang digunakan (Pintor S).

Water Proofed Steel Pipe And Wood Pile. Tiang ini terdiri dari tiang pancang kayu untukbagian yang dibaeah muka air tanah sedangkan bagian atas adalah beton. Kita telah mengetahui bahwa kayu akan tahan lama/awet kalau kayu itu selalu terrendam oleh air atau sama sekali tidak terrendam aleh air. karena itu disini beban kayu diletakkan dibagian bewah yang mana selalu terletak dibawah air tanah. Kelemahan tiang adalah pada tempat sambungan apabila tiang pancang ini menerima gaya horizontal yang permanent.

Composite Dropped In – Shell And Wood Pile. Perbedaan dari jenis tiang ini dengan jenis tiang diatas hanyalah disini memakai shell yang terbuat dari bahan logam tipis permukaannya diberi alur spiral.

Composite Ungased – Concrete And Wood Pile. Dasr pemilihan dari tiang composite type ini adalah lapisan tanah keras dalam sekali letaknya sehingga tidak memungkinakan kalau menggunakan cast – in place concrete pile. Sedangkan kalau menggunakan precast concrete pile terlalu panjang sehingga mengakibatkan transport akan sukar dan mahal. Muka air tanah terendah sangat dalam sehingga bila kita menggunakan tiang pancang kayu akan memerlukan galian yang besar agar tiang pancang kayu tersebut selalu berada dibawah muka air tanah.

Composite Dropped – Shell And Pipie Pile. Dasar pemilihan type ini adalah lapisan tanah keras letaknya terlalu dalam bila digunakan cast in – place concrete

pile, letak muka air tanah terendah terlalu dalam kalau menggunakan tiang composite yang bagian bawahnya terbuat dari kayu.

Franki Composite Pile. Prinsip tiang ini hampir sama dengan tiang Franki biasa hanya bedanya disini pada bagian atas di pergunakan tiang beton precast biasa atau tiang besi H dari baja.

2.6.5 Tiang Pancang Beton Istimewa (Khusus)

Tiang-tiang pancang istimewa/khusus ini biasanyan mempunyai hak patent. Tiang pancang dengan ujung diperbesar yang bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tiang pancang tersebut. Dengan sedirinya pada pemancangan tiang seperti ini lebih sukar dari tahanan pada waktu pemancangan lebih besar bila dibandingkan dengan tiang pancang biasa. Daya dukung tiang ini masih dapat dipertinggi lagi kalau disamping tiang diisi dengan kerikil yang mana akan mempeertinggi geseran tiang tersebut dengan tanah. Tiang semacam ini baik sekali digunakan di tanah yang masih muda dan akan berkonsolidasi.

2.6.6 Tiang Pancang Tachechi

Tiang ini di temukan oleh seorang sarjan bangsa jepang yang bernama Tachechi. Tiang ini dicor terlebih dahulu kemudian baru dipancang, jadi tiang ini termasuk jenis precast concrete pile pula. Tiang ini sangat bergunaa pada tanah-tanah lunak dan biasanya disamping tiang diisi dengan pasir atau kerikil dengan maksud untuk mempertinggi lekatan antara tiang tersebut dangan tanah. Dengan adanya cincin-cincin pada jarak tertentu maka daya dukung tiang ini akanm sangat besar bila dibandingkan dengan tiang pancang biasa (Sardjono Hs,jilid I).

2.6.7 Alat Pancang (Driving Equipment)

Untuk memancangkan tiang pancang kedalam tanah dipakai alat pancang (pile driving equipment).

Bagian-bagian yang penting dalam alat pancang :

a. Pemukul (hammer)

Bagian ini biasanya terbuat dari baja masif/pejal yang berfungsi sebagai palu untuk memukul tiang pancang adar masuk kedalam tanah.

b. Leader.

Bagian ini merupakan jalan (truck) untuk bergeraknya pemukul (hammer) keatas dan kebawah.

Macam-macam leader terdiri dari leader tetap (fixed leader), leader gantung (hanging leader),swinging leader (leader yang dapat berputar dalam bidang vertikal).

c. Tali/kabel.

Pada drop – hammer kabel ini berguna untuk menarik pemukul (hammer) keatas sampai tinggi jatuh yang tertentu.

d. Mesin uap.

Untuk menggerakkan pemuku (hammer) pada single atau double acting steam hammer.

2.6.7.1 Macam-Macam Alat Pancang

a. Drop Hammer.

Prinsip kerjanya : Penumbuk (hammer) ditarik keatas dengan kabel kerekan sampai mencapai tinggi jatuh tertentu, kemudian penumbuk (hammer)

tersebut jatuh bebas menimpa kepada kepala tiang pancag. Alat pancang ini bakerjanya sangat lambat jika dibandingkan dengan alat pancang yang lain dan jarang dipergunakan dalam pembangunan konstruksi berat dan modern.

b.single – Acting Hammer.

Prinsip kerjanya : Pemukul (hammer) diangkat keatas dengan tenaga uap sampai mencapai tinggi jatuh tertentu, kemudia penumbuk (hammer) tersebut jatuh bebas menimpa kepala tiang pancang. Jadi disini tenaga uap hanya diperlukan untuk mengangkat hsmmer saja.

c.Double - Acting Hammer

Prinsip kerjanya: Pemukul (hammer) diangkat keatas dengan tenaga uap sampai mencapai tinggi jatuh tertentu, kemudian penumbuk (hammer) akan ditekan kebawah dengan tenaga uap pula..jadi disini hammer jatuh dengan kecepatan yang lebih besar daripada seingle – action hammer maupun double – action hammer.

2.6.7.2 Pemilihan Type Alat Pancang Dan Berat Penumbuk (Hammer).

Sebelum kita merencanakan pondasi tiang pancang kita harus menetahui type-type alat pancang, berat penumbuknya (hammernya) maupun kemampuan alat pancang tersebut. Sebab belum tentu type-type alat pancang tersebut sesuai dengan tiang pancang yang kita gunakan, kondisi tanah setempat dan waktu yang kita perlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pemancangan tersebut. Contonya pada pekerjaan pemancangan tiang pancang beton precast yang berat kedalam lapisan tanah yang padat seperti styff clay, compact gravel dan sebagainya maka akan sesuai bila kita pilih alat pancang yang mempunyai berat penumbuk (

hammer) yang besar, tinggi jatuh yang pendek, kecepatan hammer yang rendah pada saat hammer menimpa tiang pancang.

Dengan keadaan alat pancang seperti diatas akan diperoleh lebih banyak energi yang akan disalurkan pada penurunan tiang pancang dan mengurangi kerusakan-kerusakan pada kepala tiang pancang akibat pemancangan. Type alat pancang yang sesuai dengan perkerjaan ini adalah type single – action hammer.

Biala pada pemancangan tiang pancang yang ringan atau tiang pipa pada tanah padat akan sesuai bila dipergunakan " double – acting hammer ", dengan alat ini maka kecepatan penumbukan tiang pancang akan lebih cepat bial dibandingkan dengan alatalat pancang yang lain. Maka dengan demikian akan mempercepat waktu pemancangan. Pada pemancangan tiang-tiang pancang dan baja yang berbentuk pipa tipis sering terjadi pipa rusak sebelum mencapai pada kedalaman yang derencanakan. Hal ini dapat dihindari dengan menggunakan hammer yang lebih ringan, memperpanjang waktu penumbukandan memperlebar jarak tiang (spacing).

Waktu yang diperlukan pada pemancangan adalah merupakan faktor yang penting dalam pekerjaan pemancangan tiang pancang. Misalnya saja waktu pemancangan yang diperlukan untuk pemancangan tiang dengan alat pancang drop – hammer relatif lebih lama jika dibandingakan dengan alat-alat pancang type yang lain. Jadi jelaslah bahwa pemilihan type alat pancang dangat besar pengaruhnya pada perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan pemancangan tiang pancang. Pemilihan berat penumbuk (hammer) bergantung pada berat tiang pancang yang akan dipancang. (Sardjono Hs).

2.7 Penyelidikan Tanah Dilapangan.

1. Standard Penetration Test (SPT)

Percobaan ini adalah suatu percobaan dinamis, alatnya yang dinamakan " *Spilt spoon sample* " dimasukkan kesalam tanah pada dasar lubang bor dengan memakai suatu beban penumbuk yang seberat 140 pound (63 kg) yang dijatuhkan dari ketinggian 30 inchi (76,2 cm). Setelah " Spilt spoon ini dimasukkan 6 inchi (15,2 cm), jumlah pukulan dihitungkan untuk memasukkan 1 foot (12 inchi ataau 30,48 cm) berikutnya. Jumlah pukulan ini desebut N dengan satuan pukulan/kaki.

Niali "N" yang diperoleh dengan percobaan SPT dapat dihubungkan secara empiris dengan beberapa sifat lain dari pada tanah yang bersangkutan.

Untuk nilai "N" pada lapisan pasir halus dan pasir kelanauan dengan ukuran butir 0,1-0,05 mm dipengaruhi permukaan air tanah, jadi perlu dikoreksi.

$$N = 15 + \tfrac{1}{2}(N' - 15) \quad \text{.....(II.1)}$$

Dimana :

N = nilai SPT setelah dikoreksi

N' = nilai SPT yang diukur dengan catatan percobaan, N'>15

Pada lapisan tanah tidak berkohesi (pasir & lanau), harga N dapatdihubungkan dengan kepadatan relatif dan sudut geser.

Harga kohesi dan sudut geser dalam tanah (c dan **Ø**) tergantung pada macam dan sifat bahan timbunan, sebaiknya c dan **Ø** ditentukan bersasarkan hasil laboratorium.

2.8 Daya Dukung Dari SPT

SPT banyak sekali digunakan untuk mendapatkan daya dukung tanah secara langsung. Salah satu hubungan yang pertama dikemukakan adalah rumus *Meyerhof* dan *Luciano Decourt*. Rumus ini telah dipakai secara meluas.*Meyerhof* mengemukakan persamaan untuk menghitung daya dukung ijin untuk penurunan sebesar 25 mm.

- **Metode Meyerhoff**

Salah satu cara untuk menghitung daya dukung tiang dapat dipakai rumus Meyerhof yang dimodifikasi oleh A.I.J. (Architectural Institute of Japan).

(Sardjono, Pondasi Tiang Pancang Jilid II, hal 39)

$R = R_t + R_S$ .....(II. 2)

$R_{ijin} = \frac{Rt}{3} + \frac{Rs}{5}$ .....(II. 3)

$R_t = m \times N \times A_t$ .....(II. 4)

$R_s = n \times Nr \times As \times D$ .....(II. 5)

m = koefisien perlawanan ujung.

n = koefisien perlawanan gesek tiang

N = nilai N-SPT pada ujung tiang

N_r = nilai N-SPT rata–rata sepanjang kedalaman tiang yang ditinjau

A_t = luas penampang tiang

A_S = luas selimut pada kedalaman yang ditinjua

D = kedalaman tiang pancang yang ditinjau

- **Metode Luciano Dacourt**

Banyak metode untuk perhitungan daya dukung pondasi tersebut, namun salah satunya yang dapat berlaku umum untuk jenis tanah apapun adalah Luciano Decourt (1982). Besarnya daya dukung tiang ultimate (Qu) adalah :

Qu = QP + QS = (qP . AP) + (qS . AS) .....(II.6)

= (NP . K . AP) + [(NS/3 + 1) . AS] .....(II.7)

Q(ijin) = Qu / sf .....(II.8)

dengan :

NP = harga rata-rata SPT.

B = Diameter pondasi = 400 mm,500 mm,600 mm,700 mm

K = koefisien karakteristik tanah untuk :

a. Lempung, *K* = 12 t/m2

b. Lanau berlempung, *K* = 20 t/m2

c. Lanau berpasir, *K* = 25 t/m2

d. Pasir, *K* = 40 t/m2

AP = luas penampang dasar tiang (m2)

NS = harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam (D), dengan batasan 3 ≤ N ≤ 50.

AS = luas selimut tertanam = keliling x panjang tiang yang terbenam (m2)

Sf = safety factor, diambil 3 (Suyono Sosrodarsono).

1. Tahanan ujung batas (end bearing pile)

Tiang pancang yang tertanam pada ujungnya. Tiang pancang yang dihitung berdasrkan pada tahanan ujung **(end bearing pile)** ini dpancang sampai pada lapisan tanah keras, yang mampu memikul beban yang diterima oleh tiang pancang tersebut. Lapisan tanah keras ini dapat merupakan lempung keras sampai pada batu-batuan tetap yang sangat keras.

1. Bila lapisan tanah keras tersebut terdiri dari batuan keras maka kemampuan daya dukung tiang tidak akan menjadi soal. Dalam hal ini daya dukung tiang akan tergantung kepada kekuatan bahan tiang itu sendiri.
2. Bila lapisan tanah keras tersebut akan terdiri dari lapisan pasair maka daya dukung tiang tersebut akan sangat tergantung pada sifat-sifat lapisan pasir tersebut, terutama mengenai kepadatan lapisan pasir ini. Untuk menaksir gaya perlawanan lapisan tanah keras tersebut terhada ujung tiang cara yang banyak dilakukan di indonesia, negara Belanda maupun di Eropa adalah dengan alat sondir. Dengan alat sondir kita dapat menentukan sampai berapa dalam tiang harus dipancangkan dan berapa daya dukung lapisan keras tersebut terhadap ujung tiang.

2. Friction pile

Bila lapisan tanah keras letaknya sangat dalam sehingga pembuatan dan pemancangan tiang sampai lapisan tanah keras sangat sukar dilaksanakan, maka dalam hal ini kita ergunakan tiang pancang yang daya dukungnya berdasarkan pelekatan antara tiang ddengan tanah (cleef). Hal ini sering terjadi bial kita memancangkan tiang dalam lapisan lempung, maka perlawanan pada ujung tiang akan jauh lebih kecil daripada perlawanan akibat pelekatan antar ting dengan tanah (kleef), karena itu untk menghitung daya dukung tiang yang kita pancangkan dalam lempung kita harus dapat menentukan besarnyan gaya pelekatan antar tiang dengan tanah. Besarnya gaya pelekatan antara tiang dengan tanah dapat diukut dengan percobaan sondir dengan memakai alat " bikonus ". Bikonus ini selain dapat mengukur perlawanan ujung dapat pula mengukur gaya pelekatan antar konus dengan tanah. Gaya ini disebut hambatan pelekatan dan dalam grafik biasanya angk-angkanya dijumlahkan sehingga kita dapat " jumlah hambatan pelekat ". Yaitu jumlah pelekatan dari permukaan tanah sampai pada kedalaman yang bersangkutan.

2.9 PDA Test

Kerusakan pada pondasi tiang dapat terjadi karena beberapa hal antara lain pada saat pengangkatan tiang atau selama pemancangan tiang. Untuk tiang bor, pengecilan penampang dan longsornya tanah adalah kerusakan yang paling umum dijumpai. Kerusakan ini dapat dideteksi dengan PDA berdasarkan "F" (gaya) dan "V" (kecepatan) yang terekam dari gelombang selama perambatannya sepanjang tiang. Lokasi dari kerusakan dapat dideteksi dan luas penampang sisa dari tiang dapat diperkirakan.

Untuk mengetahui keutuhan dari sebuah tiang, sebuah sub sistem dari PDA yang disebut " *Pile integrity Tester*" lebih ekonomis untuk digunakan daripada PDA. PDA mengukur energi pemancangan actual yang yang ditransfer selama pengujian karena berat palu pancang dapat diketahui, maka efesiensi energi yang ditranfer dapat dihitung.

1. Peralatan tes PDA

Peralatan untuk pengujian "PDA" terdiri dari:

a. pile Driving Analyzer (PDA),

b. dua (2) Strain Traducer,

c. dua (2) Accelerometer, dan

d. kabel Penghubung

Peralatan dapat dimasukkan dalam kotak perjalanan yang cukup kuat. Setiap set "PDA" dan perlengkapannya membutuhkan satu atau dua kotak yaitu berukuran 600mm x 500mm x 400mm dengan berta sekitar 30 kg.

3. Prosedur Pengujian tes PDA

Pengujian dinamis tiang didasarkan pada analisis gelombang satu dimensi yang terjadi ketika tiang dipukul oleh palu. Regangan dan percepatan selama pemancangan diukur mengguanakan *strain traducer* dan *accelerometer*. Dua buah strain traducer dan dua buah accelerometer dipasang pada bagian atas dari tiang yang diuji (dengan jarak min>2D di bawah top level tiang). Pemasangan instrumen pada setiap pengukuran dimaksudkan untuk menjamin hasil rekaman yang baik dan pengukuran tambahan jika salah satu instrumen tidak bekerja dengan baik.

3. Pemasangan Instrumen

Pengujian dinamis dilaksanakan untuk memperkirakan daya dukung aksial tiang. Karena itu, pemasangan instrumen dilakukan sedemikian rupa sehingga pengaruh lentur selama pengujian dapat dihilangkan sebanyak mungkin, untuk itu harus dilakukan adalah:

a. strain Traducer harus dipasang pada garuis netral dan accelerometer pada lokasi berlawanan secara diametral, dan

b. posisi dari palu pancang harus tegak lurus terhadap garis strain traducer.

4. Persiapan pengujian tes PDA

Persiapan pengujian tes PDA terdiri dari :

a. Penggalian tanah permukaan sekeliling kepala tiang, apabila kepala tiang sama rata pada permukaan tanah.

b. Pengeboran lubang kecil pada tianguntuk pemasanga strain traducer dan accelerometer.

5. Informasi yang diperlukan dalam tes PDA

Informasi yang diperlukan dalam tes PDA terdiri dari:

a. Gambar yang menunjukkan lokasi dan identifikasi tiang.

b. Tanggal pemancangan

c. Panjang tiang dan luas penampang tiang

d. Panjang tiang tertanam

6. Waktu Pengujian Tes PDA

Pengujian PDA dapat dilakukan selama pemancangan untuk memonitori pemancangan atau memonitori tegangan pada saat pemancangan yang ekstrim. Tetapi pada umumnya PDA digunakan untuk menentukan daya dukung jangka panjang tiang pondasi. Untuk tujuan ini, pengujian PDA sebaiknya dilakukan beberapa hari setelah pemancangan, setelah lekatan tanah mulai bekerja.

UNIVERSITAS MEDAN AREA