

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

**Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu**

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode	Hasil
1	Raden Ridwan Pratama, Hikmad Lukman, Andi Rahma MT, (2016).	Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Data Kalendering Pada Proyek Icon City Delta Mas, Cikarang Pusat, Bekasi	Metode <i>Hiley</i> , <i>Olsen</i> dan <i>Flaate</i> , <i>Engineering News-Records</i> , <i>Sanders</i> , <i>janbu</i> , <i>WIKA</i> , rumus <i>Navy</i> , <i>dll</i>	Berdasarkan perhitungan daya dukung menggunakan metode <i>Hiley</i> , <i>Engineering News-Records</i> , dan <i>WIKA</i> ada beberapa tiang yang direncanakan, hal ini terjadi karena tiang eror.
2.	Sultan Ansyari Utama dan Roesyanto.	Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Switchyard Di Kawasan PLTU Pangkalan Susu-Sumatera Utara	Meode <i>Aoki</i> dan <i>De Alencar</i> , dan <i>Danish Formula</i>	Berdasarkan dari perhitungan daya dukung tiang pancang, lebih aman memakai perhitungan dari hasil data kalendering dan loading test dikarenakan mendapat hasil secara langsung.
3.	Redo Diana, Hendri Warman, Inda Farni.	Analisa Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Sinjunjung	Metode <i>Mayerhoff</i> , <i>Terzaghi</i> , dan <i>Tomlinson</i>	Ponasi tiang pancang pada pembangunan rumah sakit umum daerah Sinjunjung ini dapat dinyatakan aman dan mampu memikul pembebanan yang direncanakan.

## **2.2 Pondasi**

### **2.2.1 Pengertian Pondasi**

Ali Asroni (2010) menjelaskan bahwa secara garis besar, struktur bangunan dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu struktur bangunan di dalam tanah dan struktur bangunan di atas tanah. Struktur bangunan di dalam tanah sering disebut struktur bawah, sedangkan struktur bangunan di atas tanah disebut struktur atas.

Struktur bawah dari bangunan disebut fondasi, yang bertugas untuk memikul bangunan di atasnya. Seluruh beban dari bangunan, termasuk beban-beban yang bekerja pada bangunan dan berat fondasi sendiri, harus dipindahkan atau diteruskan oleh fondasi ke tanah dasar dengan sebaik-baiknya.

Pamungkas dan Harianti (2013) menjelaskan bahwa struktur bawah merupakan bagian bawah dari suatu struktur bangunan/gedung yang menahan beban dari struktur atas. Struktur bawah ini meliputi balok sloof dan pondasi.

Balok sloof adalah balok yang mengikat pondasi satu dengan pondasi yang lain, berfungsi juga sebagai pengikat dan juga untuk mengantisipasi penurunan pada pondasi agar tidak terjadi secara berlebihan.

Pondasi adalah bagian struktur paling bawah dari suatu konstruksi (gedung, jembatan, jalan raya, terowongan, dinding penahan, menara, tanggul,dll) yang berfungsi untuk menyalurkan beban vertikal di atasnya (kolom) maupun beban horizontal ke tanah pendukung.

### **2.2.2 Jenis-jenis Pondasi**

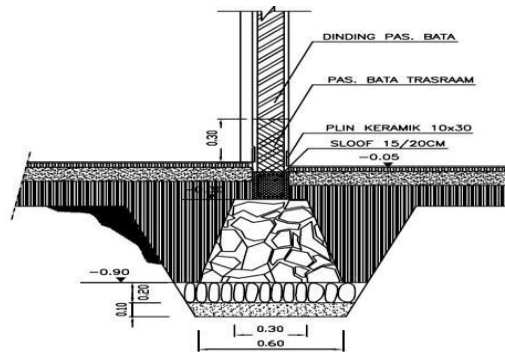
Edi Karnadi, dalam situs blognya menjelaskan tentang jenis-jenis pondasi dan membaginya dalam dua kelompok besar yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam, berikut ini akan diuraikan jenis-jenis pondasi tersebut.

#### **1. Pondasi dangkal terdiri dari:**

##### **a. Pondasi Menerus**

Pondasi menerus biasanya digunakan untuk mendukung beban memanjang atau beban garis, baik untuk mendukung beban dinding atau kolom dengan jarak yang dekat dan fungsional kolom tidak terlalu mendukung beban berat. Pondasi menerus dibuat dalam bentuk memanjang dengan potongan persegi ataupun trapesium. Penggunaan bahan pondasi ini biasanya sesuai dengan kondisi lingkungan atau bahan yang tersedia di daerah setempat. Bahan yang digunakan bisa dari batu kali, batubata atau beton kosong/tanpa tulangan dengan adukan 1 pc : 3 Psr.

Keuntungan memakai pondasi ini adalah beban bangunan dapat disalurkan secara merata, dengan catatan seluruh pondasi berdiri diatas tanah keras. Sementara kelemahan pondasi ini, biaya untuk pondasi cukup besar, memakan waktu agak lama dan memerlukan tenaga kerja yang banyak. Gambar 2.1 menunjukkan detail pondasi menerus.



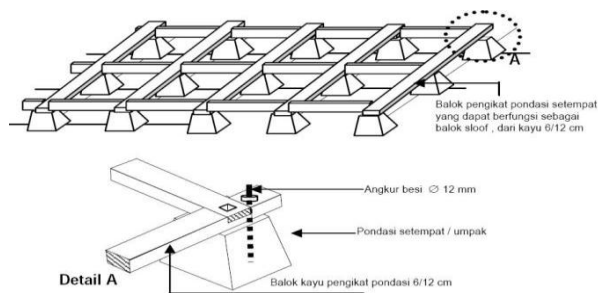
**Gambar 2.1 Pondasi Menerus**

Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

**b. Pondasi setempat**

Pondasi ini dilaksanakan untuk mendukung beban titik seperti kolom praktis, tiang kayu pada rumah sederhana atau pada titik kolom struktural. Contoh pondasi setempat:

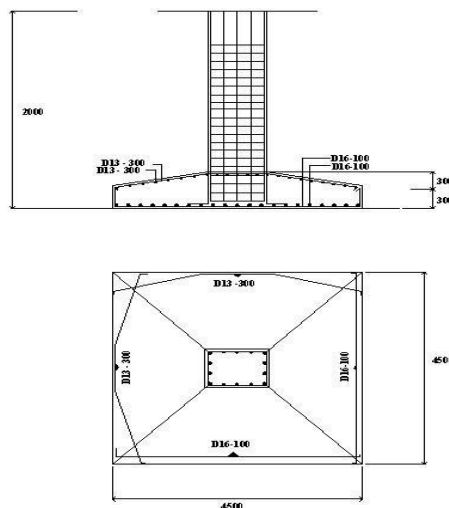
1. Pondasi ompak batu kali, digunakan untuk rumah sederhana.
2. Pondasi ompak beton, digunakan untuk rumah sederhana, rumah kayu pada rumah tradisional, dan lain-lain. Gambar 2.2 menunjukkan contoh pondasi ompak.



**Gambar 2.2 Pondasi Ompak**

Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

3. Pondasi plat setempat, jenis pondasi ini dapat juga dibuat dalam bentuk bertingkat jika pondasi ini dibutuhkan untuk menyebarkan beban dari kolom berat. Pondasi tapak disamping diterapkan dalam pondasi dangkal dapat juga digunakan untuk pondasi dalam. Dapat dilaksanakan pada bangunan hingga dua lantai, tentunya sesuai dengan perhitungan mekanika. Gambar 2.3 menunjukkan detail pondasi setempat.



**Gambar 2.3 Pondasi Setempat**

Sumber : [kontemporer2013.blogspot.com](http://kontemporer2013.blogspot.com)

#### **c. Pondasi konstruksi sarang laba-laba.**

Pondasi ini merupakan pondasi dangkal konvensional, kombinasi antara sistem pondasi plat beton pipih menerus dengan sistem perbaikan tanah. Pondasi ini memanfaatkan tanah sebagai bagian dari struktur pondasi itu sendiri. Pondasi Sarang Laba-Laba dapat dilaksanakan pada bangunan 2 hingga 8 lantai yang didirikan diatas tanah dengan daya dukung rendah. Sedangkan pada tanah dengan

daya dukung tinggi, bisa digunakan pada bangunan lebih dari 8 lantai. Plat beton tipis menerus itu di bagian bawahnya dikakukan oleh rib-rib tegak tipis yang relatif tinggi, sehingga secara menyeluruh berbentuk kotak terbalik. Ribrib tegak dan kaku tersebut diatur membentuk petak-petak segitiga dengan hubungan kaku (rigit). Rib-rib tersebut terbuat dari beton bertulang. Sementara rongga yang ada dibawah plat diantara rib-rib diisi dengan perbaikan tanah/pasir yang dipadatkan dengan baik, lapis demi lapis per 20 cm. Gambar 2.4 menunjukkan konstruksi pondasi sarang laba-laba



**Gambar 2.4 Konstruksi Pondasi Sarang Laba-laba**

Sumber : [kontemporer2013.blogspot.com](http://kontemporer2013.blogspot.com)

## **2. Pondasi Dalam**

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah. Pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat dijumpai dalam bentuk pondasi tiang pancang, dinding pancang dan caissons atau pondasi kompensasi .

Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok di dekat permukaan tanah dapat dihindari.

Berikut ini akan diuraikan jenis-jenis pondasi dalam yaitu :

#### **a. Pondasi Sumuran**

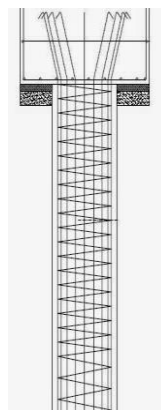
Pondasi sumuran adalah suatu bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi sumuran sangat tepat digunakan pada tanah kurang baik dan lapisan tanah kerasnya berada pada kedalaman lebih dari 3m. Diameter sumuran biasanya antara 0.80 - 1.00 m dan ada kemungkinan dalam satu bangunan diameternya berbeda-beda, ini dikarenakan masing-masing kolom berbeda bebannya.

Disebut pondasi sumuran, karena dalam pengerjaannya membuat lubanglubang berbentuk sumur. Lobang ini digali hingga mencapai tanah keras atau stabil. Sumur-sumur ini diberi buis beton dengan ketebalan kurang lebih 10 cm dengan pembesian. Dasar dari sumur dicor dengan ketebalan 40 cm sampai 1,00 m, diatas coran tersebut disusun batu kali sampai dibawah 1,00 m buis beton teratas. Ruang kosong paling atas dicor kembali dan diberi angker besi, yang gunanya untuk mengikat plat beton diatasnya. Plat beton ini mirip dengan pondasi plat setempat, yang fungsinya untuk mengikat antar





tanah dasar dibawahnya sampai kedalaman tanah yang dianggap kuat (memiliki daya dukung yang cukup). Untuk itu diperlukan kegiatan sondir sebelumnya, agar daya dukung tanah dibawah dapat diketahui pada kedalaman berapa meter yang dianggap memadai untuk mendukung konstruksi diatas yang akan dipikul nantinya. Jenis pondasi ini cocok digunakan untuk lokasi pekerjaan yang disekitarnya rapat dengan bangunan orang lain, karena proses pembuatan pondasi ini tidak menimbulkan efek getar yang besar, seperti pembuatan pondasi pile (tiang pancang) yang pemasangannya dilakukan dengan cara pukulan memakai beban/hammer. Gambar 2.6 menunjukkan pondasi bored pile.



**Gambar 2.6 Pondasi Bored Pile**

Sumber : [kontemporer2013.blogspot.com](http://kontemporer2013.blogspot.com)

### **c. Pondasi Tiang Pancang**

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya

dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja padanya Atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman lebih dari 8 meter.

Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang pancang adalah untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (super struktur) ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam.

Dalam pelaksanaan pemancangan pada umumnya dipancang tegak lurus dalam tanah, tetapi ada juga dipancang miring (*battle pile*) untuk dapat menahan gaya-gaya horizontal yang bekerja, Hal seperti ini sering terjadi pada dermaga dimana terdapat tekanan kesamping dari kapal dan perahu. Sudut kemiringan yang dapat dicapai oleh tiang tergantung dari alat yang dipergunakan serta disesuaikan pula dengan perencanaannya.

Tiang Pancang umumnya digunakan :

- a) Untuk mengangkat beban-beban konstruksi diatas tanah kedalam atau melalui sebuah stratum/lapisan tanah. Didalam hal ini beban vertikal dan beban lateral boleh jadi terlibat.
- b) Untuk menentang gaya desakan keatas, gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah dibawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki-kaki menara terhadap guling.

- c) Memampatkan endapan-endapan tak berkohesi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan getaran dorongan. Tiang pancang ini dapat ditarik keluar kemudian.
- d) Mengontrol lendutan/penurunan bila kaki-kaki yang tersebar atau telapak berada pada tanah tepi atau didasari oleh sebuah lapisan yang kemampatannya tinggi.
- e) Membuat tanah dibawah pondasi mesin menjadi kaku untuk mengontrol amplitudo getaran dan frekuensi alamiah dari sistem tersebut.
- f) Sebagai faktor keamanan tambahan dibawah tumpuan jembatan dan atau pir, khususnya jika erosi merupakan persoalan yang potensial.
- g) Dalam konstruksi lepas pantai untuk meneruskan beban-beban diatas permukaan air melalui air dan kedalam tanah yang mendasari air tersebut. Hal seperti ini adalah mengenai tiang pancang yang ditanamkan sebagian dan yang terpengaruh oleh baik beban vertikal (dan tekuk) maupun beban lateral.

### **2.3 Jenis-Jenis Pondasi Tiang Pancang**

Bambang Surendro (2014) menguraikan tentang jenis-jenis pondasi tiang pancang yang digolongkan berdasarkan bahan/material yang dipergunakan untuk pembuatan tiang dan cara pembuatannya.

Menurut bahan/material yang digunakan, tiang pancang dibedakan menjadi empat macam yaitu tiang pancang kayu, tiang pancang beton, tiang pancang

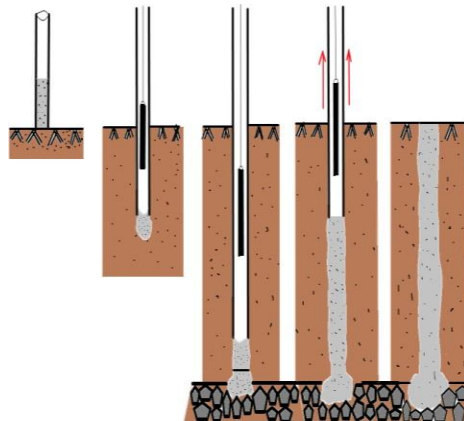
baja, dan tiang pancang komposit (kayu dengan beton atau baja dengan beton). Sedangkan menurut cara pembuatannya dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. Pondasi tiang dibuat ditempat pekerjaan (*cast in place pile*)
2. Pondasi tiang yang dibuat atau disiapkan ditempat lain, kemudian dibawa ke lokasi proyek untuk dimasukkan kedalam tanah dengan cara ditumbuk atau dipancang (*precast pile*).

### **2.3.1 Pondasi tiang dibuat ditempat pekerjaan**

Pondasi tiang pancang yang dibuat/di cor ditempat pada umumnya berupa tiang beton. Pembuatannya dilakukan dengan cara membuat lubang dengan cara mengebor ditempat yang telah ditentukan dengan ukuran sesuai dengan kebutuhan. Untuk menghindari tanah ditepi lubang berguguran maka perlu di pasang casing, yaitu pipa yang mempunyai ukuran diameter lubang bor. Setelah pengeboran selesai dan telah mencapai kedalaman yang telah mencukupi, maka pekerjaan selanjutnya adalah penempatan tulangan rebar, setelah pemasangan tulangan selesai, maka pekerjaan selanjutnya adalah pengecoran beton. Pekerjaan pengecoran merupakan bagian yang paling kritis yang menentukan berfungsi atau tidaknya suatu pondasi tiang, karena meskipun proses pekerjaan sebelumnya sudah benar, tetapi kalau tahapan pengecoran gagal maka bisa dikatakan proses pembuatan pondasi gagal secara keseluruhan. Pengecoran disebut gagal jika dalam pengecoran tidak merata dalam arti lubang pondasi tiang tidak terisi adukan beton secara merata, misalnya ada bagian yang belum terisi, bercampur dengan galian

tanah, segregasi dengan air, atau adanya tanah longsor sehingga adukan beton mengisi bagian yang tidak tepat. Di Indonesia jenis tiang yang dibuat ditempat ada dua macam yaitu tiang *Strauss* dan tiang *Frangky*. Gambar 2.7 menunjukkan contoh pondasi *frangky pile*.



**Gambar 2.7 Frangky Pile**

Sumber : [kontemporer2013.blogspot.com](http://kontemporer2013.blogspot.com)

### **2.3.2 Pondasi tiang dibuat ditempat lain**

Pondasi tiang pancang yang dibuat ditempat lain (*precast pile*), misal dibuat dipabrik atau lokasi lain, selain berbentuk tiang beton dapat juga berupa tiang kayu, ataupun tiang baja. Pondasi tiang yang dibuat ditempat dan pondasi dibuat di tempat lain, masing- masing mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri-sendiri. Untuk pondasi tiang yang dibuat ditempat (*cast in place pile*), kelebihanannya adalah sebagai berikut:

- a. Tidak menimbulkan getaran dan kegaduhan yang dapat mengganggu lingkungan sekitarnya.
- b. Cocok untuk pondasi yang berdiameter besar.

c. Pondasi dapat dicetak sesuai kebutuhan.

Adapun kekurangannya adalah sebagai berikut:

- a. Pekerjaan agak rumit karena pondasi dicetak di lapangan.
- b. Lebih banyak memerlukan alat bantu seperti mesin bor, casing, cleaning bucket dan alat bantu pengecoran sehingga mengeluarkan biaya yang lebih besar.
- c. Rentan terhadap pengaruh tanah dan lumpur di dalam lubang.
- d. Waktu pengerjaan lebih lama.

Untuk pondasi yang dibuat di tempat lain (*precast pile*) kelebihanannya adalah sebagai berikut:

- a. Pemeriksaan kualitas pondasi sangat ketat sesuai standar pabrik.
- b. Pemancangan lebih cepat, mudah dan praktis.
- c. Pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.
- d. Daya dukung dapat diperkirakan berdasarkan rumus tiang.
- e. Sangat cocok untuk mempertahankan daya dukung vertical.

Adapun kekurangannya adalah sebagai berikut:

- a. Pelaksanaannya menimbulkan getaran dan kegaduhan.
- b. Pemancangan sulit, bila diameter tiang terlalu besar.
- c. Kesalahan metode pemancangan dapat menimbulkan kerusakan pada pondasi.

d. Bila panjang tiang pancang kurang, maka untuk melakukan penyambungannya sulit dan memerlukan waktu yang lama.

Secara umum pemakaian pondasi tiang mempunyai keuntungan, dan kerugian sebagai berikut:

1. Keuntungannya adalah:

- a. Bila dipancang sampai lapisan tanah keras, maka akan mempunyai daya dukung tanah yang besar.
- b. Daya dukung tidak hanya dari ujung tiang, tetapi juga karena gesekan dan lekatan pada sekeliling tiang.
- c. Pada penggunaan tiang kelompok atau grup (satu beban tiang bisa ditahan oleh dua atau lebih tiang), daya dukungnya sangat kuat.
- d. Harga relatif murah bila dibandingkan dengan pondasi sumuran.

2. Kerugiannya adalah:

- a. Untuk daerah proyek yang masuk gang kecil, sulit dikerjakan karena faktor angkutan.
- b. Sistem ini baru ada di daerah kota dan sekitarnya.
- c. Untuk daerah yang penggunaan tiang sedikit, maka harganya menjadi jauh lebih mahal.
- d. Proses pemancangan menimbulkan getaran dan kebisingan.

### **2.3.3 Tiang Pancang Kayu**

Jenis tiang yang sudah lama digunakan adalah tiang yang dibuat dari kayu. Pada umumnya tiang kayu digunakan pada pekerjaan yang sifatnya sementara. Namun ada juga tiang kayu digunakan secara permanen.

Panjang tiang kayu pada umumnya berkisar antara 6 sampai dengan 8 meter dengan diameter antara 15 sampai dengan 20 centimeter. Bahan kayu dipergunakan harus cukup tua, berkualitas baik (sesuai dengan penggunaannya sebagai tiang pancang), tidak cacat, dan lurus yang setidaknya tidaknya garis sumbu yang menghubungkan antara pangkal dan ujung masih dalam kayu.

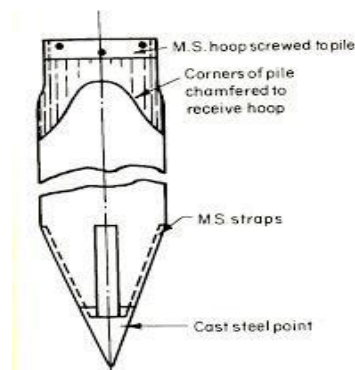
Tiang kayu harus diperiksa terlebih dahulu sebelum dipancang, yaitu untuk memastikan bahwa tiang pancang kayu tersebut betul-betul memenuhi ketentuan dari bahan dan toleransi yang diijinkan. Bila menyimpang dari ketentuan yang diijinkan, bisa menyebabkan kesulitan dalam pemancangan, ataupun tiang pancang kayu tidak bisa tahan lama.

Sebelum pemancangan, untuk mencegah terjadinya kerusakan pada saat pemancangan, maka kepala tiang pancang dipasang cincin baja atau besi yang kuat atau dengan metode lainnya yang jauh lebih efektif. Setelah pemancangan selesai, kepala tiang pancang dipotong tegak lurus terhadap panjangnya kemudian diberi bahan pengawet sebelum pur (pile cap) dipasang. Kepala tiang pancang harus tertanam dalam pur dengan kedalaman yang cukup sehingga dapat memindahkan gaya. Tebal beton di sekeliling tiang pancang paling sedikit 15 centimeter.

Tiang pancang harus dilengkapi dengan sepatu yang cocok untuk melindungi ujung tiang selama pemancangan, kecuali bilamana seluruh pemancangan dilakukan pada tanah yang lunak. Sepatu benar-benar konsentris (pusat sepatu sama dengan pusat tiang pancang). Dan dipasang



dengan kuat pad ujung tiang. Bidang kontak antara sepatu dan kayu harus cukup untuk menghindari tekanan yang berlebihan selama pemancangan. Gambar 2.8 menunjukkan contoh pondasi tiang pancang kayu.



**Gambar 2.8 Tiang pancang kayu**  
Sumber : kontemporer2013.blogspot.com

#### **2.3.4 Tiang Pancang Baja**

Pondasi tiang pancang baja biasanya berbentuk profil H ataupun berbentuk pipa atau kotak baja. Pada tiang pancang baja pipa, dapat dipilih dengan ujung terbuka bebas ataupun tertutup. Bilamana tiang pancang pipa atau kotak digunakan, dan akan diisi dengan beton, mutu beton tersebut minimal harus K250.

Tiang pancang baja mempunyai potensi kerawanan terhadap korosi. Berkaitan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian sebelumnya pada bagian mana yang mungkin terjadi korosi. Untuk menghindarinya ruas-ruas yang mungkin terkena korosi harus dilindungi dengan pengecatan menggunakan lapisan pelindung yang telah disetujui dan/atau digunakan logam yang lebih tebal. Apabila tiang dipancang pada tanah asli yang kadar

oksigenya rendah, maka umur tiang bias tahan lama. Akan tetapi jika ada bagian tiang pancang yang berhubungan langsung dengan air, maka harus diberi perlindungan dengan melapisi beton agar besi dapat tahan terhadap karat. Sebelum tiang baja di pancang, pad kepala tiang harus dipasang topi pemancang (driving cap), yang berfungsi untuk menjaga rusaknya kepala tiang akibat pukulan dan untuk mempertahankan sumbu tiang pancang segaris dengan sumbu palu. Setelah selesai pemancangan, tiang pancang dengan panjang yang cukup harus ditanamkan ke dalam pur (pile cap). Gambar 2.9 menunjukkan tiang pancang baja profil h.



**Gambar 2.9 Tiang pancang baja profil H**

Sumber : [kontemporer2013.blogspot.com](http://kontemporer2013.blogspot.com)

Apabila panjang tiang yang dibutuhkan lebih panjang dari panjang tiang yang tersedia, maka diperlukan perpanjangan. Perpanjangan tiang baja dilakukan dengan penyambungan dengan cara pengelasan.

Pondasi tiang pancang baja pada umumnya ringan, kuat dan mampu menahan beban yang berat. Penyambungan tiangpun dapat dilakukan dengan mudah. Namun pondasi tiang pancang baja mempunyai kelemahan, yaitu dapat terjadinya korosi pada tiang baja, yaitu akibat pengaruh dari asam maupun air. Namun penelitian menunjukkan, bahwa pemancangan

terhadap tanah alamiah tak terganggu, maka korosi menjadi tidak masalah. Namun, jika pemancangan dilakukan terhadap tanah urugkan, maka besar kemungkinannya terjadinya korosi pada tiang pancang baja.

### 2.3.5 Tiang Pancang Beton

Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, bahwa tiang pancang beton bila ditinjau dari segi pembuatannya dibedakan menjadi dua macam yaitu tiang pancang beton yang dibuat di lokasi pekerjaan (*cast in place pile*) dan tiang beton yang dibuat di tempat lain (*precast pile*).

Tiang pancang beton, baru dapat dipancang minimal setelah beton berumur 28 hari, karena beton akan mencapai tingkat pengerasan secara sempurna setelah 28 hari, sehingga sebelum mencapai 28 hari beton akan mempunyai kuat tekan yang berbeda. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton berkaitan dengan umur, dapat menggunakan tabel konversi beton untuk umur 3,7,14,21 dan 28 hari, lihat Tabel 2.2

**Tabel 2.2 Konversi kuat tekan beton berdasarkan umur**

Umur Beton (Hari)	Capai Kuat Tekan Beton (%)
3	46
7	70
14	88
21	96
28	100

Sumber : Surendro, 2013

Karena tegangan tarik beton adalah kecil, sedangkan berat sendiri beton adalah besar, maka tiang pancang beton ini haruslah diberi tulangan yang

cukup memadai, sehingga dapat menahan momen lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan dan pemancangan.

Penampang tiang pancang beton banyak dijumpai di lapangan pada umumnya berbentuk bulat pejal, bulat berongga, bujur sangkar pejal, segitiga pejal, bujur sangkar berongga, segidelapan pejal, dan segidelapan berongga.

Teknologi bidang rancang beton bertulang telah menghasilkan pondasi tiang pancang dengan beberapa variasi ukuran penampang dan panjang tiang pancang yang dibuat dalam pabrik dengan sistem beton Pra-Tekan. Salah satu bentuk variasi ukuran tiang pancang beton bulat dan pancang persegi yang diproduksi dalam salah satu pabrik di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4 Tiang pancang segitiga yang ditemui di lapangan antara lain, ukuran sisi 22cm, 28cm, dan 32cm, dengan panjang 3m, 6m, 9m, 12m. Tiang pancang berbentuk penampang segitiga berukuran sisi 28cm mampu menopang beban 25 – 30 ton, tiang pancang berbentuk penampang segitiga berukuran sisi 32cm mampu menopang beban 35 – 40 ton.

**Tabel 2.3 Berbagai ukuran tiang pancang beton bulat**

<b>Diameter luar (mm)</b>	<b>Tebal beton (T=mm)</b>	<b>Luas Penampang Beton (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Berat (kg/m')</b>	<b>Panjang (L=m)</b>	<b>Beban Aksial yang diperbolehkan (ton)</b>
300	60	452	113	6 sd 13	65,40 - 72,60
350	65	582	145	6 sd 15	85 - 93,10
400	75	766	191	6 sd 16	111,50 - 121,10
450	80	930	232	6 sd 16	134,90 - 149,50
500	90	1159	290	6 sd 16	169 - 185,30
600	100	1571	393	6 sd 16	229,50 - 252,70
800	120	2564	641	6 sd 24	367,60 – 415
1000	140	3872	946	6 sd 24	552,90 – 614
1200	150	4948	1237	6 sd 24	721,10 1 - 802,40

Sumber: PT. WIKA Boyolali

**Tabel 2.4 Berbagai ukuran tiang pancang beton persegi**

<b>Ukuran Tiang (cm)</b>	<b>Luas Penampang (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Momen Inersia (cm<sup>4</sup>)</b>	<b>Beban Aksial Maksimum (ton)</b>	<b>Beban Per Meter (Kg/m)</b>
20 x 20	400	13333	54	96
25 x 25	625	32552	84,3	150
30 x 30	900	67500	121,5	216
35 x 35	1225	125052	165,3	294
40 x 40	1600	213333	216	384
45 x 45	2025	341718	273,3	485
50 x 50	2500	520833	337,6	600
55 x 55	3025	762552	408,3	726
60 x 60	3600	1080000	486	884

Sumber: <http://bj-pile.blogspot.com>.

## **2.4 Alat Pancang Tiang**

Bambang Surendro, 2013 menjelaskan dalam pemasangan tiang kedalam tanah, tiang dipancang dengan alat pemukul yang dapat berupa pemukul (hammer mesin uap, pemukul getar atau pemukul yang hanya dijatuhkan. Berikut ini akan diuraikan jenis alat pancang tiang.

### ***2.4.1 Drop Hammer***

Pemukul jatuh terdiri dari blok pemberat yang dijatuhkan dari atas. Pemberat ditarik dengan tinggi jatuh tertentu kemudian dilepas dan menumbuk tiang. Penumbuk (hammer) ditarik keatas dengan kabel dengan kerekan sampai mencapai tinggi jatuh tertentu, kemudian penumbuk tersebut jatuh bebas menimpa kepala tiang pancang. Untuk menghindari terjadi kerusakan akibat tumbukan ini, pada kepala tiang dipasangkan semacam topi atau cap sebagai penahan energi atau shock absorber. Tenaga tarik drop hammer dapat berupa manusia atau mesin uap. Drop hammer dengan tenaga tarik manusia, tinggi jatuh 1 sampai dengan 1,5 meter, frekuensi pukulan 4 kali per menit, kalending setelah 30 kali pukulan. Sama dengan tenaga manusia drop hammer dengan tenaga tarik mesin uap, tinggi jatuh 1 sampai 1,5 meter. Gambar 2.10 menunjukkan alat pancang *drop hammer*.



**Gambar 2.10 Drop Hammer**

Sumber : [kontemporer2013.blogspot.com](http://kontemporer2013.blogspot.com)

Keuntungan dari alat ini adalah:

- a. Investasi yang rendah
- b. Mudah dalam pengoperasian
- c. Mudah dalam mengatur energi per blow dengan mengatur tinggi.

Kekurangan dari alat ini adalah:

- a. Kecepatan pemancangan yang kecil
- b. Kemungkinan rusaknya tiang akibat tinggi jatuh yang besar
- c. Kemungkinan rusaknya bangunan disekitar lokasi akibat getaran pada permukaan tanah
- d. Tidak dapat digunakan untuk pekerjaan dibawah air

#### ***2.4.2 Diesel Hammer***

Pemukul diesel terdiri dari silinder, ram, balok anvil dan sistem injeksi bahan bakar. Pemukul tipe ini umumnya kecil, ringan dan digerakkan dengan menggunakan bahan bakar minyak. Energi pemancangan total yang

dihasilkan adalah jumlah benturan dari ram ditambah energi hasil dari ledakan.

*Diesel hammer* merupakan pengembangan dari *steam hammer*, sebagai penggerak hammer adalah campuran gas dan udara. *Special diesel hammer* adalah:

- a. Berat hammer 1,5 sampai dengan 2,5 ton
- b. Tinggi jatuh 0.9 sampai dengan 1 meter
- c. Frekuensi pukulan 40 sampai dengan 50 kali per menit
- d. Kalendering setiap 10 kali pukulan.

Kelebihan Diesel Hammer yaitu:

- a. Ekonomis dalam pemakaian
- b. Mudah dipakai di daerah terpencil
- c. Berfungsi sangat baik di daerah dingin
- d. Mudah perawatannya

Kekurangan *Diesel Hammer*:

- a. Kesulitan dalam menentukan energi / blow
- b. Sukar dalam pengerjaan pada tanah lunak. Gambar 2.11 menunjukkan alat pancang *diesel hammer*.





**Gambar 2.11 Diesel Hammer**

Sumber : [kontemporer2013.blogspot.com](http://kontemporer2013.blogspot.com)

### ***2.4.3 Hydraulic static pile driver (HSPD)***

Secara garis besar pemancangan dengan *Hydraulic static pile driver* untuk operasinya menggunakan system jepit kemudian menekan tiang tersebut. HSPD memiliki 4 buah kaki, 2 kaki pada bagian luar (rel besi berisi air) dan 2 kaki pada bagian dalam yang semuanya digerakan secara hidrolis. Kaki-kaki ini disebut sebagai *support sleeper* yang digunakan untuk bergerak menuju ke titik-titik yang sudah ditentukan sebelumnya dan diberi tanda. HSPD memiliki kemampuan mobilisasi dan mampu untuk memancang tiang pancang berdiameter besar. Alat lain yang digunakan untuk mendukung kinerja alat ini adalah *mobile crane* yang berfungsi untuk mengangkat tiang pancang ke dekat alat pancang. Gambar 2.12 menunjukkan alat pancang *hydraulic static pile driver*.



**Gambar 2.12 Hydraulic static pile driver**

Sumber : [kontemporer2013.blogspot.com](http://kontemporer2013.blogspot.com)

Cara kerja alat ini secara garis besar adalah sebagai berikut:

- a. Tiang pancang diangkat dan dimasukkan perlahan ke dalam lubang tiang yang disebut grip, kemudian sistem jack-in akan naik dan mengikat atau memegang tiang tersebut. Ketika tiang sudah dipegang erat oleh grip, maka tiang mulai ditekan.
- b. Alat ini memiliki ruang kontrol/kabin yang dilengkapi dengan *oil pressure* atau *hydraulic* yang menunjukkan *pile pressure* yang kemudian akan dikonversikan ke *pressure force* dengan menggunakan table yang sudah ada.
- c. Jika grip hanya mampu menekan tiang pancang sampai bagian pangkal lubang mesin saja, maka penekanan dihentikan dan grip bergerak naik keatas untuk mengambil tiang pancang sambungan yang telah disiapkan. Tiang pancang sambungan kemudian diangkat dan dimasukkan kedalam grip. Setelah itu sistem jack-in akan naik dan mengikat atau memegang tiang tersebut. Ketika tiang sudah dipegang erat oleh grip, maka tiang mulai ditekan mendekati tiang pancang dibawah. Penekanan dihentikan sejenak saat ke dua tiang sudah bersentuhan. Hal ini dilakukan guna

mempersiapkan penyambungan ke dua tiang pancang dengan cara pengelasan.

- d. Untuk menyambung tiang pertama dan tiang kedua digunakan sistem pengelasan. Agar proses pengelasan berlangsung dengan baik dan sempurna, maka ke dua ujung tiang pancang diberi plat harus benar-benar tanpa rongga. Pengelasan harus dilakukan dengan teliti karena kecerobohan dapat berakibat fatal, yaitu beban tidak tersalur sempurna. Apabila sudah penekanan tiang pancang dapat di lanjutkan, demikian seterusnya.

#### ***2.4.4 Vibratory Pile Driver***

Cara kerja alat ini menggunakan getaran yang ditimbulkan oleh motor, biasanya digunakan pada tanah granuler. Pemilihan alat ini yaitu untuk meminimalisir getaran yang terjadi pada saat pemancangan. Getaran yang dibangkitkan untuk pemancangan suatu tiang berkisar antara 1200 VPM s.d 2400 VPM (*vibration per minutes*). Gambar 2.13 menunjukkan alat pancang *vibratory pile driver*.



**Gambar 2.13 Vibratory Pile Driver**  
Sumber : [kontemporer2013.blogspot.com](http://kontemporer2013.blogspot.com)

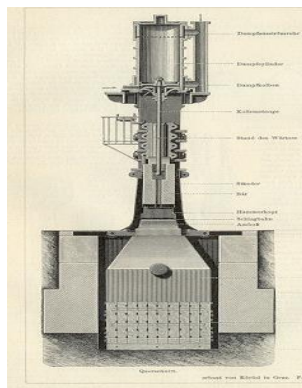
### 2.4.5 Steam Hammer

Ada dua macam *steam hammer* yaitu *single acting* dan *double acting* :

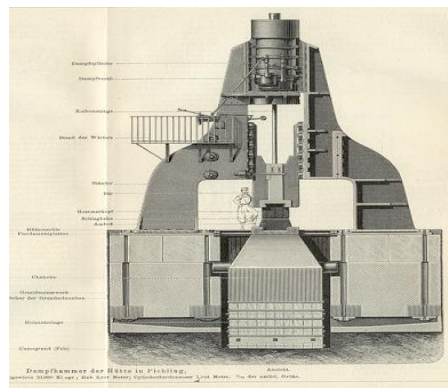
a. Pemukul Aksi Tiang (*Single Acting Hammer*)

Pemukul aksi tunggal berbentuk memanjang dengan ram yang bergerak naik oleh udara atau uap yang terkompresi, sedangkan gerakan turun ram disebabkan oleh beratnya sendiri. Energi pemukul aksi tunggal adalah sama dengan berat ram dikalikan tinggi jatuh

b. Pemukul Aksi Double (*double-acting hammer*) Pemukul aksi double menggunakan uap atau udara untuk mengangkat ram dan untuk mempercepat gerakan ke bawahnya. Kecepatan pukulan dan energi output biasanya lebih tinggi daripada pemukul aksi tunggal. Gambar 2.14 (a) dan (b) menunjukkan contoh alat *pancang single acting hammer* dan *double-acting hammer*.



(a)



(b)

**Gambar 2.14 (a) *Single Acting Hammer* (b) *double-acting hammer***

Sumber : [kontemporer2013.blogspot.com](http://kontemporer2013.blogspot.com)

## 2.5 Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

### 2.5.1 Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir

Pengujian sondir yang cepat, sederhana, ekonomis dan dapat dipercaya dilapangan melalui pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah. Hasil pengujian diperoleh klasifikasi lapisan tanah, kekuatan dan karakteristik tanah yang diperlukan untuk menentukan kapasitas daya dukung. Jenis alat sondir terbagi 2 (dua), yaitu: sondir ringan (2ton, digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai 150 kg/cm<sup>2</sup>, atau kedalaman maksimum 30 m, untuk uji tanah yang terdiri dari lempung, lanau, dan pasir halus) dan sondir berat (10 ton, mengukur tekanan konus sampai 500 kg/cm<sup>2</sup> atau kedalaman maks 50 m, untuk pengujian tanah terdiri lempung padat, lanau padat dan pasir kasar).

Perhitungan daya dukung tiang pancang dapat menggunakan metode berikut:

- Menurut *Meyerhof*

Data hasil pengujian sondir dapat digunakan untuk menghitung daya dukung tiang. Perencanaan pondasi tiang pancang dengan menggunakan data sondir ini dilakukan dengan metode *Meyerhof* (1976) sebagai berikut:

$$Q_u = (q_c + A_c) + (JHL \times K_{11}) \quad (1)$$

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_c}{3} + \frac{JHL \times K_{11}}{5} \quad (2)$$

Dimana:

$Q_u$  = daya dukung ultimit tiang pancang tunggal (ton)

$q_c$  = tahanan ujung sondir terkoreksi (Kg/cm<sup>2</sup>)

JHL = jumlah hambatan lekat (TSF) (Kg/cm<sup>2</sup>)

$K_{11}$  = keliling tiang (cm)

$A_p$  = luas penampang tiang (cm<sup>2</sup>)

3 dan 5 = faktor keamanan

- Metode Aoki Dan De Alencar

Dalam menentukan kapasitas daya dukung aksial ultimit ( $Q_u$ ) dipakai Metode Aoki dan De Alencar. Aoki dan Alencar mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data Sondir. Kapasitas dukung ujung persatuan luas ( $q_b$ ) diperoleh sebagai berikut :

$$q_b = \frac{q_{ca} (base)}{F_b} \quad (3)$$

dimana :

$q_{ca} (base)$  = Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D dibawah ujung tiang dan  $F_b$  adalah faktor empirik tahanan

Tahanan kulit persatuan luas ( $f$ ) persamaan sebagai berikut :

$$f = q_c (side) \frac{\alpha_s}{F_s} \quad (4)$$

dimana :

$q_c (side)$  = Perlawanan konus rata-rata pada masinglapisan sepanjang tiang.

$F_s$  = Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang

$F_b$  = Faktor empirik tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tiang

Faktor  $F_b$  dan  $F_s$  diberikan pada Tabel 2.5 dan nilai-nilai faktor empiric  $\alpha_s$  diberikan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.5 Faktor empirik  $F_b$  dan  $F_s$  untuk jenis atau tipe tiang pancang

Tipe Tiang Pancang	$F_b$	$F_s$
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

Sumber : Titi & Farsakh, 1999

Tabel 2.6 Nilai empiric untuk tipe tanah

Tipe Tanah	$\alpha_s$ (%)	Tipe Tanah	$\alpha_s$ (%)	Tipe Tanah	$\alpha_s$ (%)
Pasir	1,4	Pasir berlanau	2,2	Lempung berpasir	2,4
Pasir kelanauan	2,0	Pasir berlanau dengan lempung	2,8	Lempung berpasir dengan lanau	2,8
Pasir kelanauan dengan lempung	2,4	Lanau	3,0	Lempung berlanau dengan pasir	3,0
Pasir berlempung dengan lanau	2,8	Lanau berlempung dengan pasir	3,0	Lempung Berlanau	4,0
Pasir berlempung	3,0	Lanau berlempung	3,4	Lempung	6,0

Sumber : Titi & Farsakh, 1999

Pada umumnya nilai  $\alpha_s$  untuk pasir = 1,4 persen, nilai  $\alpha_s$  untuk lanau = 3,0 persen dan nilai  $\alpha_s$  untuk lempung = 1,4 persen

Faktor Aman :

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF} \quad (5)$$

Dimana :

$Q_a$  = Kapasitas tiang ijin

$Q_u$  = Kapasitas Ultimit

SF = Faktor aman

## 2.5.2 Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data

### Kalendering

Untuk perencanaan daya dukung tiang pancang dari hasil kalendering menggunakan metode Danish Formula.

Formula Danish banyak digunakan untuk menentukan apakah suatu tiang pancang tunggal telah mencapai daya dukung yang cukup pada kedalaman tertentu, walaupun pada prakteknya kedalaman dan daya dukung tiang telah ditentukan sebelumnya. Kapasitas daya dukung tiang berdasarkan metode Danish Formula adalah :

$$P_u = \frac{\eta x E}{s + \left( \frac{\eta x E x L}{2 x A x E_p} \right)^{0.5}} \quad (6)$$

Dimana :

$P_u$  = Kapasitas daya dukung ultimate tiang.

$\eta$  = Effisiensi alat pancang.

E = Energi alat pancang yang digunakan.

S = Banyaknya penetrasi pukulan diambil dari kalendering dilapangan.

A = Luas penampang tiang pancang.

$E_p$  = Modulus elastis tiang



Tabel 2.7 Effisiensi jenis alat pancang

Jenis Alat Pancang	Effisiensi
Pemukul jatuh (drop hammer)	0,75 – 1,00
Pemukul aksi tunggal (single acting hammer)	0,75 – 0,85
Pemukul aksi double (double acting hammer)	0,85
Pemuku l diesel (diesel hammer)	0,85 – 1,00

Sumber : Teknik Pondasi 2, Hardiyatmo, Hary Christady, 2003

Tabel 2.8 Karakteristik alat pancang Diesel Hammer

Type	Tenaga Hammer			Jmlh Pukulan per menit	Berat Balok Besi Panjang		
	kN-m	Kip-ft	Kg-cm		kN-m	Kip-ft	Kg-cm
K 150	379,9	280	3872940	45-60	147,2	33,11	15014,4
K 60	143,2	105,6	1460640	42-60	58,7	13,2	5987,4
K 45	123,5	91,1	1259700	39-60	44	9,9	4480
K 35	96	70,8	979200	39-60	34,3	7,7	3498,6
K 25	68,8	50,7	701760	39-60	24,5	5,5	2499

Sumber : Buku Katalog KOBE Diesel Hammer

Tabel 2.9 Nilai Efisiensi eh (Bowles, 1977)

Type	Effisiensi (Ep)
Pemukul jatuh (drop hammer)	0,75 – 1,00
Pemukul aksi tunggal (single acting hammer)	0,75 – 0,85
Pemukul aksi double (double acting hammer)	0,85
Pemuku l diesel (diesel hammer)	0,85 – 1,00

### 2.5.3 Perhitungan Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang Pancang

Beberapa persamaan efisiensi tiang telah diusulkan untuk menghitung kapasitas kelompok tiang, namun semuanya hanya bersifat pendekatan.

Persamaan-persamaan yang diusulkan didasarkan pada susunan tiang, dengan mengabaikan panjang tiang, variasi bentuk tiang yang meruncing, variasi sifat tanah dengan kedalaman dan pengaruh muka air tanah. Salah satu dari persamaan-persamaan efisiensi tiang tersebut, yang disarankan oleh Converse-Labarre Formula, sebagai berikut :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 m n'} \quad (7)$$

Dimana :

$E_g$  = efisiensi grup pile

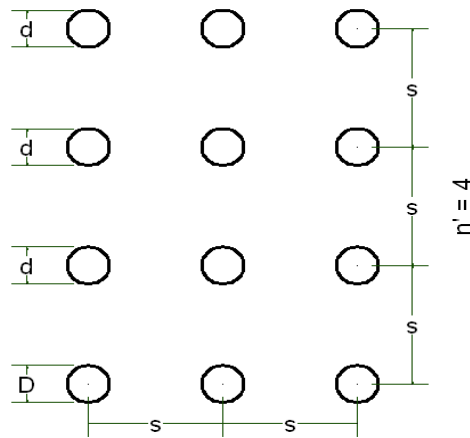
$\theta$  = arc tan d/s dalam derajat

$n'$  = banyak baris

$m$  = banyaknya kolom

$d$  = diameter dari tiang

$s$  = spacing (jarak antar tiang)



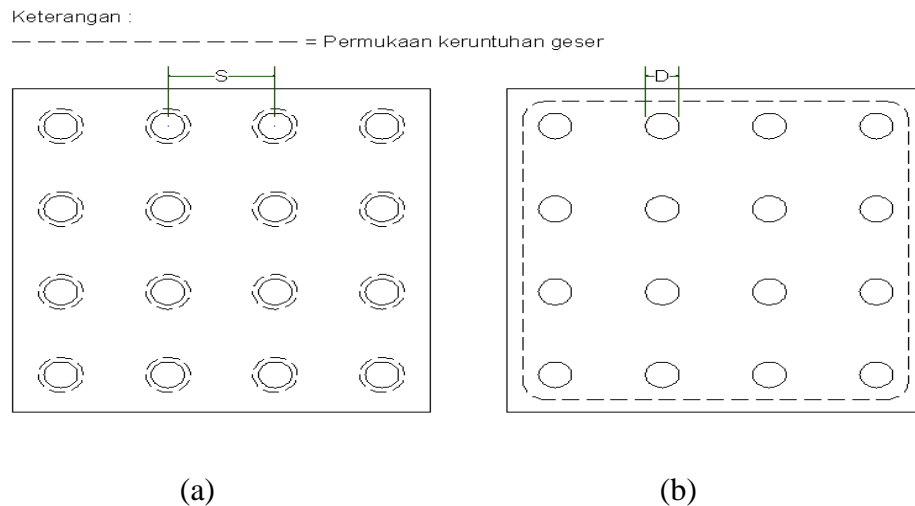
Gambar 2.15 Definisi jarak  $s$  dalam hitungan efisiensi tiang

Sumber : Hardiyatmo, 2002

Jika kelompok tiang dipancang dalam tanah lempung lunak, pasir tidak padat, atau timbunan, dengan dasar tiang yang bertumpu pada lapisan kaku, maka kelompok tiang tersebut tidak mempunyai resiko akan mengalami keruntuhan geser umum, asalkan diberikan faktor aman yang cukup terhadap bahaya keruntuhan tiang tunggalnya. Akan tetapi, penurunan kelompok tiang masih tetap harus dipancang secara keseluruhan ke dalam tanah lempung lunak.

Pada kelompok tiang yang dasarnya bertumpu pada lapisan lempung lunak, faktor aman terhadap keruntuhan blok harus diperhitungkan, terutama untuk jarak tiang-tiang yang dekat. Pada tiang yang dipasang pada jarak yang besar, tanah diantara tiang-tiang bergerak sama sekali ketika tiang bergerak kebawah oleh akibat beban yang bekerja (Gambar 2.12a). Tetapi, jika jarak tiang-tiang terlalu dekat, saat tiang turun oleh akibat beban, tanah diantara tiang-tiang juga ikut bergerak turun. Pada kondisi ini, kelompok tiang dapat dianggap sebagai satu tiang besar dengan lebar yang sama dengan lebar kelompok tiang. Saat tanah yang mendukung beban kelompok tiang ini mengalami keruntuhan, maka model keruntuhannya disebut keruntuhan blok (Gambar 2.12b). Jadi, pada keruntuhan blok, tanah yang terletak diantara tiang bergerak kebawah bersama-sama dengan tiangnya.

Mekanisme keruntuhan yang demikian dapat terjadi pada tipe-tipe tiang pancang maupun tiang bor.



Gambar 2.16 Tipe keruntuhan dalam kelompok tiang : (a) Tiang tunggal, (b) Kelompok tiang

Sumber : Hardiyatmo, 2002

Umumnya model keruntuhan blok terjadi bila rasio jarak tiang dibagi diameter ( $S/D$ ) sekitar kurang dari 2 (dua). Whiteker (1957) memperlihatkan bahwa keruntuhan blok terjadi pada jarak  $1,5d$  untuk kelompok tiang yang berjumlah  $3 \times 3$ , dan lebih kecil dari  $2,25d$  untuk tiang yang berjumlah  $9 \times 9$ . Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a \quad (8)$$

Dimana :

$Q_g$  = Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang

$n$  = Jumlah tiang dalam kelompok

$Q_a$  = Beban maksimum tiang tunggal