

PEMILIHAN STRUKTUR PONDASI PADA GEDUNG PABRIK BAHAN BAKAR NUKLIR

Hasriyasti Saptowati, Utomo
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir

ABSTRAK

PEMILIHAN STRUKTUR PONDASI PADA GEDUNG PABRIK ELEMEN BAHAN BAKAR NUKLIR. Struktur bangunan pabrik elemen bahan bakar nuklir mempunyai beban yang cukup besar. Untuk itu diperlukan analisa pemilihan jenis pondasi yang tepat sebagai penopang bangunan untuk berbagai kondisi tanah berbeda yang terdapat di dua lokasi, lokasi pertama didekat PLTN Jepara dan lokasi kedua di kawasan BATAN Serpong. Diharapkan dengan mengetahui kondisi tanah lokasi, kita dapat menentukan jenis pondasi yang akan digunakan berdasarkan criteria persyaratan bangunan gedung.

Kata kunci : gedung elemen bahan bakar nuklir, pondasi, lokasi.

ABSTRACT

ELECTORAL STRUCTURE OF BUILDING FOUNDATIONS IN NUCLEAR FUEL ELEMENT PLANT. Plant structures of nuclear fuel elements have a substantial burden. This requires analysis of the selection of the proper foundation for building support for a variety of different soil conditions found in two locations, first at a location near the nuclear power plant in Jepara and the second location BATAN Serpong area. Expected to know the location of soil conditions, we can determined the type of foundation that will be used based on the criteria requirements of the building.

Key words: nuclear fuel element building, foundation, location

1. PENDAHULUAN

Untuk memenuhi kebutuhan PLTN direncanakan akan dibangun pabrik elemen bahan bakar nuklir. Alternatif lokasi yang akan digunakan untuk pembangunan gedung tersebut ada 2 yaitu di Serpong atau Jepara.

Klasifikasi bangunan gedung instalasi nuklir dikategorikan dalam beberapa kelas berdasarkan kriteria dan spesifikasi menurut fungsi/kegunaannya dan tingkat keselamatan dari instalasi tersebut. Untuk kategori bangunan nuklir kelas satu disyaratkan bahwa factor keselamatan bangunan gedung sangat mutlak dengan spesifikasi khusus tahan gempa untuk menjaga kesetabilan gedung agar tidak terjadi kecelakaan bahaya radiasi nuklir, seperti PLTN.

Pada tulisan ini akan dibahas beberapa jenis pondasi yang dapat digunakan untuk masing-masing lokasi dilihat dari untung dan ruginya.

2. TEORI

Gedung pabrik elemen bahan bakar nuklir ini dibangun dengan 3 lantai dengan luas setiap lantainya 48 m x 106 m. Gedung ini termasuk dalam katagori bangunan nuklir kelas satu.

Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban langsung dari struktur bangunan tersebut ke lapisan tanah dibawahnya. Ada beberapa jenis pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

A. Pondasi Dangkal.

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung. Contoh pondasi dangkal :

- Pondasi tapak
- Pondasi menerus
- Pondasi rakit

B. Pondasi Dalam.

Adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau lapisan batu.

- *Pier Foundation* (Pondasi sumur)

- *Pile Foundation* (Tiang Pancang)
- *Bored Pile*

Karena beban yang ditanggung cukup berat dan kondisi tanah yang tidak memungkinkan menggunakan pondasi dangkal, maka pada makalah ini selanjutnya hanya akan membahas tentang jenis jenis pondasi dalam.

2.1. Tiang Pancang

Beton bertulang atau *reinforced concrete* terdiri dari beton dan baja yang mempunyai ikatan kuat sehingga membentuk komposit. Dimana beton mempunyai kekuatan yang besar dalam menahan gaya tekan (*compression*) namun lemah dalam menahan gaya tarik. Bagian beton yang menahan gaya tarik akan diperkuat atau ditahan oleh baja tulangan.

2.1.1. Tiang Pancang Beton

Precast Reinforced Concrete Pile

Adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam bekisting. Setelah cukup kuat dipancangkan ke dalam tanah. Karena tegangan tarik beton kecil dan dianggap nol, sedangkan berat sendiri besar, maka tiang pancang beton ini haruslah diberi penulangan yang cukup kuat untuk menahan momen lentur yang timbul pada saat pemancangan.

A. Keuntungannya

- *Precast reinforced concrete pile* mempunyai tegangan tekan yang besar.
- Tiang pancang dapat dihitung baik sebagai *end bearing pile* maupun *friction pile*.
- Karena tiang pancang beton ini tidak berpengaruh oleh tinggi muka air tanah seperti tiang pancang kayu tetapi disini tidak memerlukan galian tanah yang banyak untuk poernya.
- Tiang pancang beton dapat tahan lama serta tahan terhadap pengaruh air maupun bahan-bahan yang *corrosive* dimana beton dekkingnya cukup tebal untuk melindungi tulangnya.

B. Kerugiannya

- Karena berat sendirinya cukup besar maka *Precast reinforced concrete pile* dibuat dilokasi

pekerjaan sehingga tidak memerlukan biaya transportasi yang sangat mahal.

- Tiang pancang ini dapat dipancangkan setelah tiang cukup keras jadi memerlukan waktu yang cukup lama.
- Bila memerlukan pemotongan maka dalam pelaksanaannya akan sulit dan memerlukan waktu yang lama.
- Panjang tiang pancang ini tergantung dari alat pancang (*pile driving*) yang tersedia maka untuk melakukan penyambungan memerlukan alat penyambung khusus.

2.1.2. *Precast Prestress Concrete Pile*

Precast prestress concrete pile adalah tiang pancang dari beton prategang yang menggunakan baja penguat dan kabel kawat sebagai gaya prategang.

A. Keuntungannya.

- Kapasitas beban pondasi yang dapat dipikul cukup besar.
- Tiang pancang tahan terhadap karat.
- Kemungkinan terjadinya pemancangan keras dapat terwujud.

B. Kerugiannya

- Pondasi tiang pancang ini cukup sulit pengerjaannya.
- Biaya pembuatannya cukup tinggi.
- Pergeserannya cukup besar sehingga prategang sukar untuk disambung.

2.1.3. *Cast in Place Pile*

Pondasi tiang pancang tipe ini adalah pondasi yang dicetak ditempat dengan membuat lubang atau mengebor tanah terlebih dahulu.

A. Keuntungannya.

- Pembuatan pile tidak menghambat pekerjaan.
- Tiang pancang ini tidak perlu diangkat jadi tidak ada resiko rusak dalam pengangkutan.
- Panjang pile dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan.

B. Kerugiannya

- Pada saat penggalian lubang kondisi sekeliling galian menjadi

kotor akibat tanah yang terangkat dari hasil pengeboran..

- Pelaksanaannya memerlukan peralatan yang khusus.
- Banyaknya beton yang dicor tidak dapat dikontrol/ diduga sebelumnya, karena disesuaikan dengan kedalaman hasil pengeboran dan kondisi lapangan.

2.1.4. Tiang Pancang Baja

Jenis tiang baja yang digunakan biasanya menggunakan baja profil H. Kekuatan tiang baja sangat besar sehingga tidak menimbulkan bahaya patah seperti jika menggunakan tiang beton. Tiang pancang ini sangat bermanfaat jika dibutuhkan tiang pancang yang panjang dengan tahanan ujung yang besar.

A. Keuntungannya

- Tiang pancang baja mudah dalam hal penyambungan.
- Tiang pancang baja mempunyai kapasitas daya dukung yang tinggi.
- Dalam pengangkutan dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah.

B. Kerugiannya

- Tiang baja ini mudah mengalami korosi.
- Pada saat tiang menembus lapisan tanah keras atau lapisan tanah yang mengandung batuan akan mengalami kerusakan yang cukup besar, sehingga diperlukan perkuatan pada ujung tiang.

2.1.5. Tiang Pancang Komposit

Adalah tiang pancang yang terdiri dari 2 jenis bahan yang berbeda bekerja bersama-sama sehingga merupakan satu kesatuan. Ada beberapa macam tiang pancang komposit misalkan:

- *Water Proofed Steel and Wood Pile.*
Pile ini pada bagian bawahnya yang berada di bawah muka air tanah terdiri dari bahan kayu sedangkan bagian atasnya terbuat dari beton.
- *Compisite Dropped in Shell and Wood Pile.*
Tipe pile ini hampir sama dengan diatas hanya pada pile ini

menggunakan shell yang terbuat dari bahan logam tipis.

- *Composite Ungased Concrete and Wood Pile.*

Pile ini digunakan jika tanah keras sangat dalam sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan cast in place concrete pile juga jika menggunakan precast concrete pile akan terlalu panjang sehingga akan sulit dalam pengangkutan dan biayanya juga akan lebih besar. Atau jika kondisi muka air tanah terendah sangat dalam sehingga apabila kita menggunakan tiang pancang kayu akan memerlukan galian yang sangat dalam agar tiang pancang tersebut selalu di bawah muka air terendah.

- *Composite Dropped shell and Pipe Pile.*

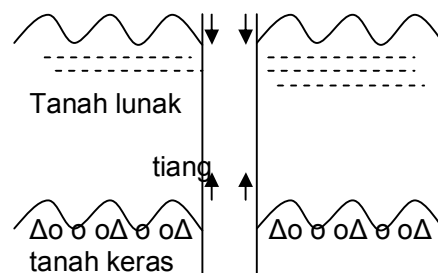
Pile ini digunakan jika lapisan tanah keras terlalu dalam letaknya untuk cast in place concrete pile atau apabila letak muka air terendah sangat dalam bila menggunakan tiang komposit yang bagian bawahnya dari kayu.

2.1.6. Tiang Pancang berdasarkan cara penyaluran beban yang diterima

A. End Bearing

Pondasi Tiang dengan Tahanan ujung

Tiang ini akan meneruskan beban pile melalui tahanan ujung tiang ke lapisan tanah pendukung.



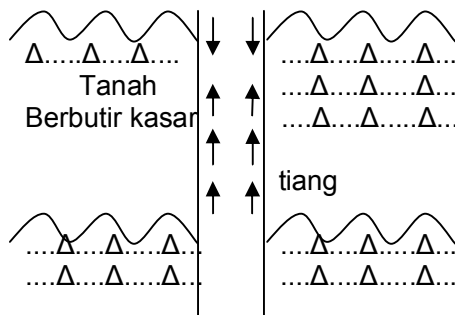
Gambar 1: Gambar End Bearing

B. Friction Pile

Tiang Pancang dengan Tahanan Gesekan

Jenis tiang pancang ini akan meneruskan beban ke tanah melalui gesekan antara tiang dengan tanah disekelilingnya. Bila butiran tanah

sangat halus tidak menyebabkan tanah diantara tiang-tiang menjadi padat, sedangkan bila butiran tanah kasar maka tanah diantara tiang semakin padat.

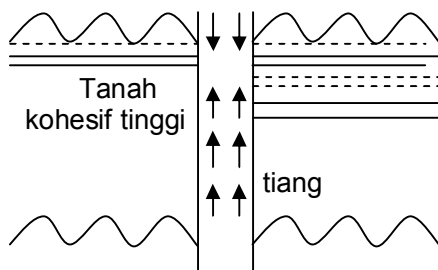


Gambar 2: Gambar Friction Pile

C. Adhesive Pile

Tiang Pancang dengan Tahanan Lekatan.

Tiang ini dipancang pada dasar tanah yang memiliki nilai kohesi tinggi. Beban yang diterima oleh tiang akan ditahan oleh lekatan antara tanah disekitar tiang dan permukaan tiang.



Gambar 3: Gambar Adhesive pile

2.2. Bored Pile

2.2.1. Material bored pile terdiri dari :

a. Beton :

- *Cement Portland* type 1.
- Aggregate kasar dari batu pecah / crushed stone ukuran 1 - 2 cm dan 2 - 3 cm^[2].
- Aggregate halus / pasir ukuran 0,1 - 4 mm dan bergradasi baik^[2].

Pencampurannya diaduk memakai mixer dengan perbandingan volume 1:2:3 atau disesuaikan dengan hasil trial mix dari laboratorium disarankan memakai beton readymix^[3].

b. Baja Tulangan :

- Untuk tulangan pokok biasanya digunakan besi ulir BJTD 30 – 40.
- Untuk spiral / sengkang biasanya digunakan besi polos BJTD 24 atau tergantung kebutuhan struktur bangunan di atasnya.

c. Air :

- Air yang digunakan adalah air bersih sesuai ketentuan Peraturan Beton Indonesia^[1].

d. Alat Pengaduk Beton :

- Untuk beton digunakan beton ready mix atau beton site mix. Pengadukan beton, site mix menggunakan mixer beton kapasitas minimal 0,125 M3 sekali aduk yang digerakkan dengan mesin diesel / elektromotor^[3].
- Alat takar campuran beton dibuat dari kotak kayu / besi plat dengan volume sesuai kebutuhan untuk campuran 1 zak semen^[3].
- Adukan dari mixer beton dituangkan kedalam bak penampung beton yang terbuat dari papan yang kedap air dengan ukuran 1 x 2 x 0,30 cm. Dari bak penampung beton ini, adukan beton diisikan ke corong tremi dengan menggunakan sekop / ember cor^[3].

2.2.2. Pengeboran :

- Sistem *dry drilling* : tanah dibor dengan menggunakan mata bor spiral dan diangkat setiap interval kedalaman 0,5 meter. Hal ini dilakukan berulang-ulang sampai kedalaman yang ditentukan.
- Sistem *wash boring* : tanah dikikis dengan menggunakan mata bor cross bit yang mempunyai kecepatan putar 375 rpm dan tekanan +/- 200 kg. Pengikisan tanah dibantu dengan tiupan air lewat lubang stang bor yang dihasilkan pompa sentrifugal 3". Hal ini menyebabkan tanah yang terkikis terdorong keluar dari lubang bor.

Setelah mencapai kedalaman rencana, pengeboran dihentikan, sementara mata bor dibiarkan berputar tetapi beban penekanan dihentikan dan air sirkulasi tetap berlangsung terus sampai cutting atau serpihan tanah

betul-betul terangkat seluruhnya. Selama pembersihan ini berlangsung, baja tulangan dan pipa tremi sudah disiapkan di dekat lubang bor.

Setelah cukup bersih, stang bor diangkat dari lubang bor. Dengan bersihnya lubang bor diharapkan hasil pengecoran akan baik hasilnya.

2.2.3. Pemasangan kerangka Baja Tulangan dan Pipa Tremie.

- Kerangka baja tulangan yang telah dirakit diangkat dengan bantuan diesel winch dalam posisi tegak lurus terhadap lubang bor dan diturunkan dengan hati-hati agar tidak terjadi banyak singgungan dengan lubang bor.
- Baja tulangan yang telah dimasukkan dalam lubang bor ditahan dengan potongan tulangan melintang lubang bor. Apabila kebutuhan baja tulangan lebih dari 12 meter bisa dilakukan penyambungan dengan diikat kawat beton dengan panjang overlap 30 - 40 D atau dengan cara las.
- Setelah rangka baja tulangan terpasang, pipa tremi disambung dan dimasukkan ke dalam lubang dengan panjang sesuai kedalaman lubang bor.
- Apabila pada waktu pemasangan baja tulangan terjadi singgungan dan terjadi keruntuhan di dalam lubang bor, maka diperlukan pembersihan ulang dengan memasang head kombinasi diameter 6" ke diameter 2". Dengan memompakan air ke dalam stang bor dan pipa tremi, maka runtuh-runtuhan dan tanah yang menempel pada besi tulangan dapat dibersihkan kembali.

3. METODOLOGI

3.1. Metode Pemilihan Pondasi

Untuk menahan beban bangunan yang berat (lebih dari satu lantai) dan beban gempa yang ditahan dengan klasifikasi bangunan kelas satu seperti pabrik Elemen Bahan Bakar Nuklir tentunya diperlukan pondasi yang kokoh.

Apabila kondisi tanah di permukaan tidak mampu menahan bangunan tersebut, maka beban

bangunan harus diteruskan ke lapisan tanah keras di bawahnya. Untuk itu sering dipakai konstruksi pondasi dalam berupa tiang pancang atau bored pile.

Pondasi tiang pancang sering dipakai pada lahan yang masih luas dan kosong, dimana getaran yang ditimbulkan pada saat aktifitas pemancangan berlangsung tidak mengganggu lingkungan sekitarnya. Namun jika bangunan tersebut didirikan di lokasi yang telah padat penduduknya, maka getaran yang ditimbulkan akan menimbulkan masalah karena sangat mengganggu dan dapat merusak bangunan di sekitarnya. Dalam hal ini pemakaian pondasi bored pile merupakan pilihan pondasi yang tepat.

3.2. Metode Persiapan

Tahapan perhitungan pondasi dimulai dengan perhitungan pembebanan, penentuan dimensi tiang, perhitungan daya dukung tiang, perhitungan jumlah tiang pondasi, penentuan dimensi dan penulangan pile cap^[4].

Dalam menentukan perencanaan pondasi suatu bangunan ada 2 hal yang harus diperhatikan:

- Daya dukung tanah
- Besarnya penurunan pondasi

Kedua faktor ini menentukan stabilitas bangunan^[5].

Tegangan akibat adanya bangunan di atas harus mampu dipikul oleh lapisan tanah di bawah pondasi dan harus aman dari keruntuhan. Besarnya penurunan pondasi bangunan tidak boleh melebihi yang diizinkan.

3.2.1. Daya Dukung Tanah

Daya dukung pondasi merupakan penggabungan dua kekuatan daya dukung, ujung tiang (q_c) dan lekatan (q_s)^[5].

A. Rumus Daya Dukung Ujung Tiang

$$P = \frac{q_c \cdot A}{3} + \frac{JHF \cdot O}{5} \dots\dots (1)$$

dimana :

P = Daya Dukung Tiang

q_c = Nilai Konus

A = Luas Penampang Tiang

JHF = Nilai Hambatan Lekat per pias

O = Keliling Tiang
3 & 5 = Koefisien Keamanan
 $q_e = q_c \cdot K_c \cdot A_p \dots\dots\dots (2)$

dimana :
 q_e = Daya Dukung ujung tiang
 q_c = Nilai Konus
 K_c = Faktor Nilai Konus
 A_p = Luas penampang ujung tiang

B. Rumus Daya Dukung Lekatan (q_s)

$q_s = JHP \cdot A_s \dots\dots\dots (3)$
dimana :
 q_s = Daya Dukung lekatan
JHP = Nilai Hambatan Pelekat
(dari uji Sondir)
 A_s = Selimut tiang

C. Rumus Daya Dukung Batas dan Daya dukung ijin

$q_{ult} = q_e + q_s \dots\dots\dots (4)$

Dimana :
 q_{ult} = Daya Dukung Tanah Ultimit
 q_e = Daya Dukung Ujung Tiang
 q_s = Daya Dukung Lekatan
 $q = q_{ult} / S_f \dots\dots\dots (5)$
Dimana :
 q = Daya Dukung ijin tanah
 S_f = Faktor Keamanan biasanya nilainya diambil 3^[5].

3.3. Metode Pelaksanaan Lapangan

A. Pekerjaan Persiapan

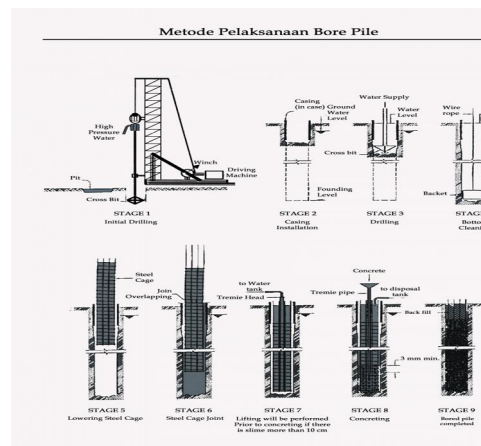
1. Persiapan lahan untuk merakit dan mendirikan mesin bor pada titik yang akan di bor.
2. Pembuatan sumur air bila di dekat lokasi tersebut tidak terdapat air (untuk pengeboran dengan sistem wash boring).
3. Pengadaan bak sirkulasi (untuk pengeboran dengan sistem wash boring).
4. Pengadaan material
5. Perakitan baja tulangan.

B. Pekerjaan Pengeboran

- Proses pekerjaan pengeboran yaitu:
1. Setting alat di titik pertama dan pembuatan bak sirkulasi.
 2. Setelah hal tersebut sudah siap maka pengeboran di lakukan dengan rotary drilling mata bor sesuai besar lubang yang di inginkan.
 3. Proses pengeboran di lakukan dengan memasukkan air dari bak

sirkulasi yang di pompa dengan menggunakan pompa sedot ke dalam watersifel yang di alirkan ke dalam pipa bor kemudian air akan ke luar pada ujung mata bor, air di gunakan untuk mempermudah proses pengeboran sebagai pelunak tanah.

4. Bila lapisan tanah yang di bor adalah pasir, maka air di ganti dengan cairan bentonite.
5. Setelah lubang di bor sesuai dengan design atau mencapai tanah keras maka lubang bor di bersihkan dari lumpur pekat atau gumpalan – gumpalan tanah dengan menggunakan tabung pembersih.
6. Setelah lubang bersih maka besi tulangan dapat di masukkan ke dalam lubang dengan hati -hati dan di beri cetakan semen pada setiap sisi tulangan untuk menjaga posisi tulangan tidak bersentuhan pada dinding tanah.
7. Kemudian proses pengecoran beton slump 16–18 cm (sesuai dengan prosedur pengecoran bored pile) dapat di lakukan dengan terlebih dahulu memasukkan pipa tremi.



Gambar 4: Cara Pengecoran Bor Pile

C. Pekerjaan Pengecoran :

Setelah pembersihan lubang bagian akhir selesai, head kombinasi dibuka dan diganti corong cor yang disambung dengan pipa tremi.

Pengecoran adalah bagian akhir dari pekerjaan *bored pile* dimana

langkah pengecoran awal adalah bagian terpenting dari pekerjaan ini.

1. Untuk memisahkan adukan beton dari lumpur bor pada pengecoran awal, digunakan kantong plastik yang telah diisi adukan beton dan diikat dengan kawat beton yang digantung di bagian dalam lubang tremi.
2. Setelah tenaga cor siap, beton ditampung di dalam corong cor dan ditahan oleh bola-bola beton pada kantong plastik. Setelah cukup penuh, bola kantong plastik dilepas sehingga terdorong beton yang ada di dalam lubang tremi. Selanjutnya penuangan beton dilakukan dengan cepat sehingga cukup untuk mendorong air lumpur bor yang ada di dalam lubang tremi. Slump adukan beton untuk bored pile tidak boleh terlalu rendah (minimal 16 cm) sehingga mudah mengalir dan mendorong lumpur yang ada di dalam lubang bor.
3. Pengecoran selanjutnya dilakukan secara kontinyu dan tidak terputus lebih dari 10 menit. Dengan sistem tremi ini pengecoran dimulai dari dasar lubang dengan mendorong air / lumpur dari bawah keluar lubang.
4. Setelah pipa tremi penuh dan ujung pipa tremie tertanam beton biasanya beton tidak dapat mengalir karena ada tekanan dari bawah. Untuk memperlancar adukan beton didalam pipa tremi, dilakukan hentakan hentakan pada pipa tremi. Pipa tremi harus selalu terbenam dalam adukan beton dan pengisian di dalam corong harus dijaga terus menerus agar corong tidak kosong.
5. Pipa tremi dilepas setiap 2 meter dan dilakukan setelah pipa tremi naik ke permukaan lubang lebih dari 2 meter.
6. Pengecoran dihentikan setelah adukan beton yang naik ke permukaan telah bersih dari lumpur. Bila pengecoran dihentikan di bawah permukaan tanah (karena perhitungan adanya galian tanah), maka tinggi pengecoran minimal

harus 0,5 meter di atas level rencana bagian atas *bored pile* (sampai beton pada rencana bagian atas tidak tercampur Lumpur lagi)^[1].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. HASIL

1. *Bored Pile* tunggal dapat digunakan pada tiang kelompok atau tunggal.
2. Kedalaman tiang dapat bervariasi.
3. Pada saat pemancangan dilakukan, getaran dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan disekitarnya.
4. Proses pemancangan pada tanah lempung akan membuat tanah bergelombang yang menyebabkan tiang pancang sebelumnya bergeser ke samping, hal ini tidak terjadi jika menggunakan *bored pile*.
5. Dapat melakukan pengeboran mulai dari diameter 30 cm sampai dengan 100 cm.
6. Kecepatan pelaksanaan pekerjaan tergantung pada faktor-faktor sebagai berikut :
 - Kondisi lapisan tanah setempat
 - Lokasi kerja
 - Kelancaran pasokan material
 - Cuaca dll.

4.2. PEMBAHASAN

1. Pondasi *bored pile* lebih ringkas dan praktis dibanding tiang pancang, sehingga mudah dan murah dalam mobilisasinya.
2. Mudah dioperasikan pada medan-medan yang sulit seperti :
 - Daerah rawa-rawa.
 - Di atas sungai dan laut.
 - Daerah yang berbukit atau pegunungan.
3. *Bored pile* tidak menimbulkan getaran. Hal ini sangat penting, terutama untuk pembuatan pondasi di daerah perkotaan yang bangunannya cukup rapat dan tidak memungkinkan dipakainya tiang pancang.
4. Karena dasar dari pondasi *bored pile* dapat diperbesar maka hal ini dapat memperbesar gaya tahan atau gaya ke atas.

5. *Bored pile* mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral.
6. Pada saat pengeboran dilakukan air tanah akan keluar memenuhi lubang/sumur sehingga mengurangi daya dukung tanah terhadap tiang, untuk itu air tersebut harus segera dipompa keluar sumur.

5. KESIMPULAN

1. Jika gedung pabrik elemen bahan bakar di bangun di jepara dan pembangunannya bersamaan dengan PLTN kedua jenis pondasi yaitu *bored pile* dan tiang pancang tersebut dapat digunakan.
2. Jika di serpong maka jenis pondasi *bored pile* yang paling cocok karena berada berdekatan dengan gedung RSGLP Serpong karena kalau menggunakan tiang pancang, getaran dari pemancangan dapat

membuat gangguan bahkan keretakan pada bangunan.

3. Jika pada lokasi Jepara yang lahannya berawa atau lempung maka sangat disarankan menggunakan pondasi *bored pile* karena kedalaman pondasi dapat bervariasi mengikuti kondisi lapangan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. NI-2 (1971) Peraturan Beton Bertulang Indonesia, Indonesia.
- [2]. NI-3 (1970) Peraturan Umum untuk Bahan Bangunan di Indonesia.
- [3]. NI-8 (1974) Peraturan Semen Portland Indonesia.
- [4]. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SKSNI T-03-2874-2002), Indonesia.
- [5] Mekanika Tanah, Ir. Trenggono, Jakarta-Indonesia