

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan jaman, pembangunan disemua aspek kehidupan bidang masyarakat diseluruh wilayah Indonesia dapat merata. Sesuai dengan perkembangan salah satu daerah, pembangunan infrastruktur merupakan salah satu sarana dan prasarana yang sangat menentukan untuk menunjang kelancaran dan meningkatkan aktifitas perekonomian di daerah yang mulai berkembang. Kota Medan sebagai ibukota Provinsi Sumatera Utara berusaha untuk meeningkatkan dan memaksimalkan pembangunan daerah.

Seiring dengan meningkatnya pembangunan daerah, pembangunan dalam berbagai sector untuk menunjang kemajuan kota Medan meliputi pembangunan Perumahan, Rumah Sakit, Perkantoran, Tempat Hiburan, Pusat Perbelanjaan, Transportasi Jembatan, Jalan Raya dan sarana-sarana lainnya. Sebuah proyek adalah usaha yang kompleks, tidak rutin yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber, dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (bangunan/konstruksi) dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. Proyek konstruksi selalu memerlukan *resources* (sumber daya) yaitu *man* (manusia), material (bahan bangunan), *machine* (peralatan), *methode* (metode pelaksanaan), *money* (uang), *information* (informasi), dan *time* (waktu). Metode konstruksi adalah penjabaran tata cara dan teknik-teknik pelaksanaan pekerjaan yang merupakan inti dari seluruh kegiatan dalam system manajemen konstruksi.

Metode juga merupakan kunci untuk dapat mewujudkan seluruh perencanaan menjadi bentuk bangunan fisik. Dalam pelaksanaan pembangunan yang menerapkan metode konstruksi dengan inovasi teknologi, meliputi rangkaian kegiatan dan urutan kegiatan pembangunan yang dipadukan dengan persyaratan kontrak (gambar, spesifikasi jadwal penyelesaian), ketersediaan sumber daya (tenaga kerja, material, peralatan) dan kondisi lingkungan seperti cuaca, kondisi tanah, dan lainnya.

Pertama-tama yang dilaksanakan pada kegiatan pembangunan struktur di lapangan adalah pekerjaan struktur bawah yaitu pekerjaan pondasi. Cara penerusan beban oleh pondasi ketanah

ada yang berdasarkan daya dukung tanah. Kegagalan dipekerjaan pondasi akan menyebabkan kegagalan diseluruh konstruksi bangunan. Untuk ini diperlukan pemahaman gambar dan spesifikasi dengan baik. Pekerjaan pondasi pada umumnya merupakan pekerjaan awal dari suatu proyek konstruksi. Pada proses ini sebaiknya dilakukan dengan hati-hati karena sangat menentukan struktur atas nantinya.

Untuk ini penulisan Tugas Akhir ini difokuskan pada Metode Pelaksanaan Pondasi *Bore Pile* pada Proyek Pembangunan Jalur Layang Kereta Api Medan-Binjai Paket 3. Pondasi *bore pile* merupakan salah satu jenis pondasi yang kedalamannya kurang lebih dari 20 meter dan biasa digunakan pada konstruksi bangunan-bangunan tinggi. Pemakaian pondasi *bore pile* adalah merupakan alternatif lain, apabila dalam pelaksanaan pembangunan beerada pada suatu lokasi yang sangat sulit atau beresiko tinggi apabila menggunakan pondasi tiang pancang (*spoon pile*).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian adalah bagaimana proses metode pelaksanaan pondasi *bore pile* pada Proyek pembangunan Jalur Layang Kereta Api Medan-Binjai Paket 3.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah dalam melakukan penelitian, terhadap permasalahan yang ada perlu dilakukan batasan masalah. Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian dan pengambilan data hanya ada pada Proyek Pembangunan Jalur Layang Kereta Api Medan-Binjai Paket 3.
2. Tidak memperhitungkan biaya konstruksi.
3. Data yang dipakai merupakan data sekunder.
4. Pengambilan dan pengamatan pada proyek yang berlangsung dilakukan secara kuantitatif.

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam melakukan penelitian, terdapat tujuan untuk mengatasi permasalahan yang ada. Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat memberikan penjelasan tentang bagaimana proses metode pelaksanaan pondasi *bore pile* pada Proyek Pembangunan Jalur Layang Kereta Api Medan-Binjai Paket 3.
2. Dapat memberikan penjelasan tentang peralatan yang digunakan dalam pekerjaan pelaksanaan pondasi *bore pile*.

3. Menghitung produktivitas alat berat yang digunakan dalam pekerjaan pelaksanaan pondasi *bore pile*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam melakukan penelitian, adapun manfaat untuk mengatasi permasalahan yang ada. Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat memberikan pengetahuan dan informasi pengembangan terhadap ilmu pengetahuan terkhususnya pada bidang teknik sipil mengenai metode pelaksanaan pondasi *bore pile*.
2. Meningkatkan pemahaman tentang penerapan teori pelaksanaan pondasi *bore pile* pada Proyek Pembangunan Jalur Layang Kereta Api Medan-Binjai Paket
3. Mengetahui alat berat yang digunakan pada proses pekerjaan yang dilaksanakan sesuai dengan rencana kerja yang dibuat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan konstruksi pada hakekatnya adalah penjabaran tata cara dan teknik-teknik pelaksanaan pekerjaan, merupakan inti dari seluruh kegiatan dalam system manajemen konstruksi.

Metode pelaksanaan konstruksi merupakan kunci untuk dapat mewujudkan seluruh perencanaan menjadi bentuk bangunan fisik. Pada dasarnya metode pelaksanaan konstruksi merupakan penerapan konsep rekayasa berpijak pada keterkaitan antara persyaratan dalam dokumen pelelangan (dokumen pengadaan), keadaan teknis dan ekonomis yang ada dilapangan, dan seluruh sumber daya termasuk pengalaman kontraktor.

Kombinasi dan keterkaitan ketiga elemen secara interaktif membentuk kerangka gagasan dan konsep metode optimal yang diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi. Konsep metode pelaksanaan mencakup pemilihan dan penetapan yang berkaitan dengan keseluruhan segi pekerjaan termasuk kebutuhan sarana dan prasarana yang bersifat sementara sekalipun (Istimawan Dipohusudo, 1996).

Metode pelaksanaan pekerjaan atau yang bisa disingkat 'CM' (*Construction Method*), merupakan urutan pelaksanaan pekerjaan yang logis dan teknik sehubungan dengan tersedianya sumber daya yang dibutuhkan dan kondisi medan kerja, guna memperoleh cara pelaksanaan yang efektif dan efisien. Metode pelaksanaan pekerjaan tersebut, sebenarnya sudah dibuat oleh kontraktor yang bersangkutan pada waktu membuat ataupun mengajukan penawaran pekerjaan. Dengan demikian 'CM' (*Construction Method*) tersebut minimal telah 'teruji' saat dilakukan 'klarifikasi' atas dokumen tendernya atau terutama *Construction Method* (CM)-nya. Namaun demikian, tidak menutup kemungkinan, bahwa pada waktu menjelang pelaksanaan atau selama pelaksanaan pekerjaan ada ketidaksesuaian. Jika demikian *Construction Method* (CM) tersebut perlu atau harus dirubah.

Metode pelaksanaan pekerjaan yang ditampilkan dan diterapkan merupakan cerminan dari profesionalitas sang pelaksana proyek tersebut, atau profesionalitas dari tim pelaksana proyek, yaitu manajer proyek dan perusahaan yang bersangkutan.

2.2 Metode Pelaksanaan Konstruksi

Metode pelaksanaan pekerjaan yang ditampilkan dan diterapkan merupakan cerminan dari profesionalitas sang pelaksana proyek tersebut, atau profesionalitas dari tim pelaksana proyek, yaitu Manajer Proyek dan perusahaan yang bersangkutan.

Karena itu dalam penilaian untuk menentukan pemenang tender, penyajian metode pelaksanaan pekerjaan mempunyai "bobot" penilaian yang tinggi. Yang diperhatikan bukan rendahnya nilai penawaran harga, meskipun kita akui bahwa rendahnya nilai penawaran merupakan jalan untuk memperoleh peluang ditunjuk menjadi pemenang tender/pelelangan (Mahebdra Sultan Syah, 2004).

Pada waktu proyek memasuki tahap pelaksanaan (*construction*), maka pekerjaan pada tahap ini adalah mewujudkan bangunan yang dibutuhkan oleh pemilik proyek yang sudah dirancang oleh konsultan perencana sehingga memenuhi variabel Biaya-Mutu-Waktu-Safety,

yang telah di syaratkan. Sebagaimana diketahui secara tradisional bahwa variabel tersebut saling berkaitan dan saling mempengaruhi. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah :

1. Perencanaan penyusunan Jabaran Kegiatan/*Work Breakdown Structure* (WBS).
2. Perencanaan penyusunan Tabel Analisis Organisasi Proyek/*Organization Analisi Table* (OAT).
3. Perencanaan dan pengendalian jadwal waktu pelaksanaan.
4. Perencanaan dan pengendalian tenaga kerja.
5. Perencanaan dan pengendalian material.
6. Perencanaan dan pengendalian alat.
7. Perencanaan dan pengendalian biaya.

Tujuan dari pada tahap pelaksanaan (*construction*), adalah untuk mewujudkan bangunan yang dibutuhkan oleh pemilik proyek yang sudah dirancang oleh konsultan perencana dalam batasan biaya dan waktu yang telah disepakati, serta dengan mutu yang disyaratkan.

2.2.1 Dokumen Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Dokumen metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi (Mahendra Sultan Syah, 2004), pada umumnya terdiri dari :

1. Project plant, dimana dokumen ini memuat antara lain :
 - a. Denah fasilitas proyek (jalan kerja, bangunan fasilitas, dan lain-lain).
 - b. Lokasi pekerjaan.
 - c. Jarak angkut.
 - d. Komposisi alat.
 - e. Kata-kata singkat (bukan kalimat panjang), dan jelas mengenai urutan pekerjaan.
2. Sket atau gambar bantu, merupakan penjelasan pelaksanaan pekerjaan.
3. Uraian pelaksanaan pekerjaan, yang meliputi :
 - a. Urutan pelaksanaan seluruh pekerjaan dalam rangka penyelesaian proyek (urutan secara global).
 - b. Urutan pelaksanaan pekerjaan atau perkelompok pekerjaan, yang perlu penjelasan lebih detail. Biasanya yang ditampilkan adalah pekerjaan penting atau pekerjaan yang jarang ada, atau pekerjaan yang mempunyai nilai besar, pekerjaan dominan (volume kerja besar). Pekerjaan yang ringan atau umum dilaksanakan biasanya cukup diberi uraian

singkat mengenai cara pelaksanaannya saja. Tapi perhitungan kebutuhan alat dan tanpa gambar/sket penjelasan cara pelaksanaan pekerjaan.

4. Perhitungan kebutuhan tenaga kerja dan jadwal kebutuhan tenaga kerja (Mandor, Pekerja, Tukang, Kepala tukang).
5. Perhitungan kebutuhan material/bahan dan jadwal kebutuhan material/bahan.
6. Perhitungan kebutuhan peralatan konstruksi dan jadwal kebutuhan peralatan.
7. Dokumen lainnya sebagai penjelasan dan pendukung perhitungan kelengkapan yang lain.

Apabila metode pelaksanaan pekerjaan merupakan dokumen yang terpisah (tersendiri), maka harus dilengkapi dengan jadwal pelaksanaan pekerjaan.

2.2.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Yang Baik

Metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi yang baik apabila memenuhi persyaratan (Mahendra Sultan Syah, 2004), yaitu :

1. Memenuhi persyaratan teknis, yang memuat antara lain :
 - a. Dokumen metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi lengkap dan jelas memenuhi informasi yang dibutuhkan.
 - b. Bisa dilaksanakan dan efektif.
 - c. Aman dilaksanakan, terhadap bangunan yang dibangun, para tenaga kerja, bangunan lainnya, dan lingkungan sekitarnya.
2. Memenuhi persyaratan ekonomis, biaya murah, wajar dan efisien.
3. Memenuhi pertimbangan nonteknis lainnya, yang memuat antara lain :
 - a. Dimungkinkan untuk diterapkan di lokasi proyek dan disetujui atau tidak ditentang oleh lingkungan setempat.
 - b. Rekomendasi dari pemilik proyek.
 - c. Disetujui oleh sponsor proyek atau direksi perusahaan, apabila hal itu merupakan alternatif pelaksanaan yang istimewa atau riskan.
4. Merupakan alternatif/pilihan terbaik dari beberapa alternatif yang telah diperhitungkan dan dipertimbangkan. Masalah metode pelaksanaan banyak sekali variasinya, sebab tidak ada keputusan engineer. Jadi pilihan terbaik yang merupakan tanggung jawab manajemen, dengan tetap mempertimbangkan *engineering economies*.

5. Manfaat positif *Construction Method* antara lain :
 - a. Memberikan arahan dan pedoman yang jelas atas urutan dan fasilitas penyelesaian pekerjaan.
 - b. Merupakan acuan/dasar pola pelaksanaan pekerjaan dan menjadi satu kesatuan dokumen prosedur pelaksanaan pekerjaan di proyek.

2.2.3 Hal – Hal Yang Mempengaruhi Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Dalam melaksanakan pekerjaan, biasanya dimungkinkan dengan berbagai metode. Beberapa alternatif metode pelaksanaan yang ada, tentunya akan menghasilkan beberapa alternatif biaya juga. Dalam hal ini, alternatif metode pelaksanaan yang harus dipilih tentunya yang menghasilkan biaya yang paling rendah. Pemilihan ini dilakukan oleh pihak Owner selaku pengguna jasa maupun pihak Kontraktor selaku penyedia jasa, dengan maksud yang sama, yaitu menurunkan biaya, hanya tujuannya saja yang berbeda. Bagi owner selaku pengguna jasa tujuannya agar nilai kontrak proyek, yang akan merupakan investasi menjadi rendah, sedangkan bagi pihak kontraktor selaku penyedia jasa, bukan untuk menurunkan nilai kontrak, tetapi untuk menurunkan biaya pelaksanaan.

Dimana metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi, dalam pengembangan alternatifnya, dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Design bangunan.
2. Medan/lokasi pekerjaan.
3. Ketersediaan tenaga kerja, bahan, dan peralatan.

2.2.4 Peranan Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Peranan metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi adalah untuk menyusun cara-cara kerja dalam melaksanakan suatu pekerjaan dan suatu cara untuk memenuhi, menentukan sarana-sarana pekerjaan yang mendukung terlaksananya suatu pekerjaan misalnya : menetapkan, memilih peralatan yang akan digunakan dalam pekerjaan yang sesuai dengan jenis pekerjaan yang efektif dan efisien dalam biaya operasi. Cara kerja juga dapat membantu dalam menentukan urutan pekerjaan, menyusun jadwalnya sehingga dapat menentukan penyelesaian suatu pekerjaan.

Peranan metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi akan mempengaruhi perencanaan konstruksi (Nono Tisnawardono, 2002), antara lain :

1. Jadwal pelaksanaan.
2. Kebutuhan dan jadwal tenaga kerja.
3. Kebutuhan dan jadwal material/bahan.
4. Kebutuhan dan jadwal alat.
5. Penjadwalan anggaran (*Arus kas/cash-flow*).
6. Jadwal prestasi dengan metode kurva-S (*S-curve*).
7. Cara-cara pelaksanaan pekerjaan.

Dalam penyusunan metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi, perlu pembahasan/diskusi. Oleh karena itu dianjurkan pada perusahaan kontraktor yang telah mempunyai banyak tenaga kerja dari berbagai disiplin dan agar pembuatan metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi, dengan melibatkan berbagai pihak yang ahli dibidangnya, missal :

1. Menguasai peralatan konstruksi.
2. Mengetahui sumber-sumber material/bahan.
3. Mengerti masalah angkutan.
4. Mengerti masalah jenis-jenis pekerjaan.
5. Menguasai bahasa perbankan.

2.2.5 Penentuan Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Tahap pertama sebelum memulai pelaksanaan proyek konstruksi, harus ditentukan terlebih dahulu suatu metode untuk melaksanakannya. Dalam skala organisasi suatu proses perencanaan pelaksanaan proyek konstruksi, sangatlah penting untuk menentukan metode konstruksi terlebih dahulu, karena setiap jenis metode konstruksi akan memberikan karakteristik pekerjaan berbeda. Penentuan jenis metode konstruksi yang dipilih akan sangat membantu menentukan jadwal proyek.

Metode konstruksi yang berbeda akan ruang lingkup pekerjaan dan durasi yang berbeda pula, yang sudah barang tentu juga mempunyai pertimbangan finansial dalam bentuk biaya. Ada faktor-faktor yang mempengaruhi jenis ruang lingkup pekerjaan yang dilakukan, sehingga perlu diperhatikan dan dipertimbangkan, yaitu :

1. Sumber daya manusia dengan skill yang cukup untuk melaksanakan suatu metode pelaksanaan konstruksi.
2. Tersedianya peralatan penunjang pelaksanaan metode konstruksi yang dipilih.
3. Material cukup tersedia.

4. Waktu pelaksanaan yang maksimum disbanding pilihan metode konstruksi lainnya.
5. Biaya yang bersaing.

Oleh karena factor-faktor yang mempengaruhi metode pelaksanaan seperti : Design bangunan, Medan/lokasi pekerjaan, dan ketersediaan dari tenaga kerja, bahan, dan peralatan, maka kadang-kadang metode pelaksanaan hanya memiliki alternatif yang terbatas.

2.3 Pondasi

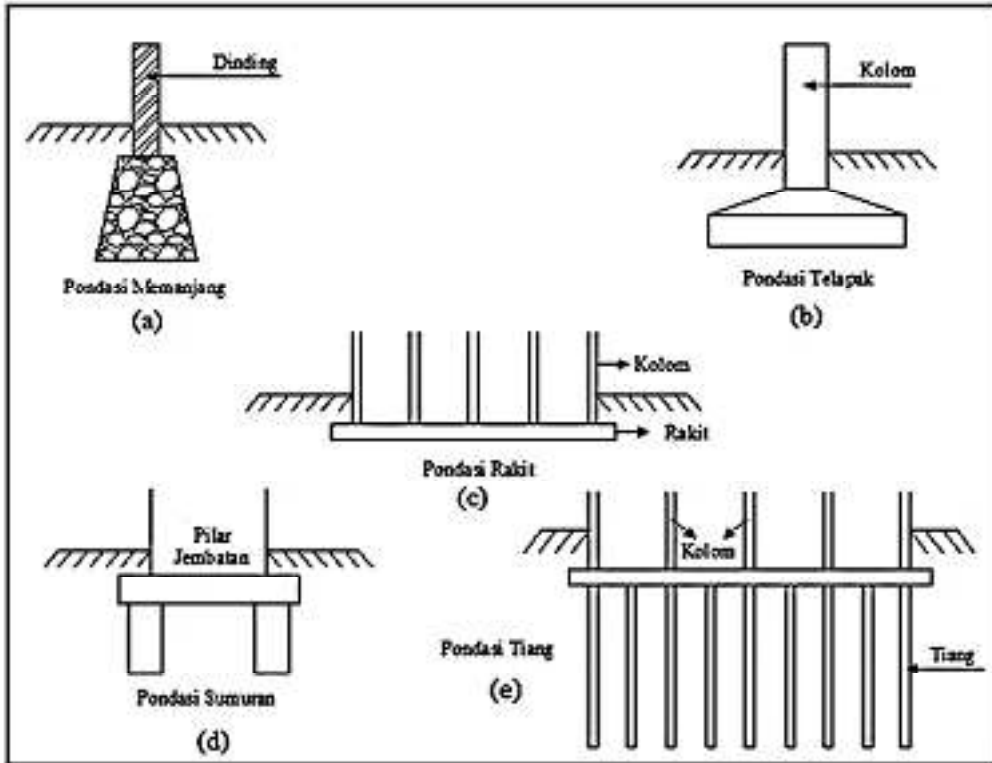
Dalam metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi pertama-tama yang dilaksanakan pada kegiatan pembangunan struktur di lapangan adalah pekerjaan struktur bawah yaitu pekerjaan pondasi. Pekerjaan pondasi pada umumnya merupakan pekerjaan awal dari suatu proyek konstruksi. Pada proses ini sebaiknya dilakukan dengan hati-hati karena sangat menentukan struktur atas nantinya.

Pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang ada di bawahnya. Terdapat dua klasifikasi pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung seperti : pondasi telapak, pondasi memanjang, dan pondasi rakit. Pondasi dalam dapat didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang terletak relatif jauh dari permukaan, contohnya pondasi sumuran dan pondasi tiang (Hardiyatmo, 2011).

Pondasi merupakan bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah, yang menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban berguna, dan gaya-gaya luar terhadap bangunan seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain. Pondasi berfungsi :

- a. Sebagai kaki bangunan atau alas bangunan.
- b. Sebagai penahan bangunan dan meneruskan beban dari atas ke tanah yang cukup kuat.
- c. Sebagai penjaga agar kedudukan bangunan stabil/tetap.

Untuk mengetahui jenis – jenis pondasi maka dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1

Jenis-jenis Pondasi

(Sumber: H.C.Hardiyatmo, 1998)

2.3.1 Pemilihan Pondasi

Pemilihan jenis pondasi bergantung pada beban yang harus didukung, kondisi tanah pondasi dan biaya pembuatan pondasi yang dibandingkan terhadap biaya struktur atasnya (Hardiyatmo,2011).

Langkah-langkah perencanaan pondasi, adalah sebagai berikut :

1. Menentukan jumlah beban efektif yang akan ditransfer ke tanah di bawah pondasi. Untuk perancangan tulangan, perlu ditentukan besarnya beban mati dan beban hidup dan beban-beban tersebut harus dikalikan faktor-faktor pengali tertentu menurut peraturan yang berlaku.
2. Menentukan nilai kapasitas dukung uji. Luas dasar pondasi, secara pendekatan ditentukan dari membagi jumlah beban efektif dengan kapasitas dukung uji.
3. Didasarkan pada tekanan yang terjadi pada dasr pondasi, dapat dilakukan perancangan struktur dari pondasinya, yaitu dengan menghitung momen-momen lentur dan gaya-gaya geser yang terjadi pada pelat pondasi.

Secara umum, pondasi tiang adalah elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban kepada tanah, baik beban dalam arah vertikal maupun horizontal. Namun demikian fungsi pondasi tiang lebih dari itu dan penerapannya untuk masalah-masalah lain cukup banyak, diantaranya :

- a. Untuk memikul beban-beban dari struktur atas.
- b. Untuk menahan gaya angkat (*up-lift force*) pada pondasi atau dok di bawah muka air.
- c. Untuk memadatkan tanah pasiran dengan cara penggetaran. Tiang ini kemudian di tarik lagi.
- d. Untuk mengurangi penurunan.
- e. Untuk memperkaku tanah di bawah pondasi mesin, mengurangi amplitude getaran dan frekuensi alamiah dari sistem.
- f. Untuk memberikan tambahan faktor keamanan, khususnya pada kaki jembatan yang dikhawatirkan mengalami erosi.
- g. Untuk menahan longsor atau sebagai *soldier piles* (Raharjo, 2000).

2.3.2 Klasifikasi Pondasi Tiang

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

1. Tiang Pancang

Sebuah tiang yang dipancang kedalam tanah sampai kedalaman yang cukup untuk menimbulkan tahanan gesek pada selimutnya atau tahanan ujungnya disebut pondasi tiang pancang. Pемancangan tiang dapat dilakukan dengan memukul kepala tiang dengan palu atau getaran atau dengan penekanan secara hidrolis.

2. Tiang Bor

Sebuah tiang bor dikonstruksikan dengan cara penggalian sebuah lubang bor yang kemudian diisi dengan material beton dengan memberikan penulangan terlebih dahulu.

Kedua jenis tiang diatas dibedakan karena mekanisme pemikulan beban yang relatif tidak sama dengan konsekuensinya secara empirik menghasilkan daya dukug yang berbeda dan cara evaluasi yang tersendiri untuk masing-masing jenis tiang tersebut (Raharjo, 2000).

2.3.3 Persyaratan Pondasi Tiang

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh suatu pondasi tiang yaitu :

1. Beban yang diterima oleh pondasi tidak melebihi daya dukung tanah untuk menjamin keamanan bangunan.
2. Pembatasan penurunan yang terjadi pada bangunan pada nilai yang dapat diterima yang tidak merusak struktur.
3. Pengendalian atau pencegahan efek dari pelaksanaan konstruksi pondasi atau galian atau pekerjaan pondasi yang lain untuk membatasi pergerakan bangunan atau struktur lain disekitarnya (Rahardjo, 2000).

2.3.4 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah di maksudkan untuk mengetahui letak/kedalaman lapisan tanah padat dan kapasitas daya dukung tanah (*bearing capacity*) yang diizinkan, guna merancang pondasi bangunan. Penyelidikan tanah banyak jenisnya seperti : *Standar Penetration Test* atau SPT, *Cone Penetration Test* atau CPT.

Penyelidikan tanah diperlukan untuk menentukan pilihan jenis pondasi, daya dukungnya, dan untuk menentukan metode konstruksi yang efisien. Karakteristik tanah amat bervariasi dan dapat berubah drastic hanya dalam jarak beberapa meter. Tujuan langsung dari penyelidikan tanah adalah untuk menentukan stratigrafi atau pelapisan tanah, menentukan sifat-sifat fisis dan teknis tanah, khususnya kuat geser dan sifat kemampatannya. Secara umum tujuan yang ingin dicapai adalah :

1. Memberikan pandangan-pandangan tentang kelayakan suatu lokasi untuk proyek dari aspek kondisi tanah.
2. Menentukan karakteristik tanah dan kemungkinan perilakunya akibat pembebanan, menafsirkan data tersebut dan digunakan untuk merekomendasikan perancangan, metode konstruksi dan cara pengamatan (Rahardjo, 2000).

2.4 Pondasi *Bore Pile*

Pondasi *bore pile* adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan

pondasi. Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi jenis ini dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat yang dipengaruhi gaya-gaya penggulingan akibat beban angin. Pondasi tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan dermaga. Pada bangunan ini, pondasi tiang dipengaruhi oleh gaya-gaya benturan kapal dan gelombang air.

Daya dukung pondasi bore pile diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara *bore pile* dan tanah disekelilingnya. *Bore pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas.

Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Ada dua metode yang biasa digunakan dalam penentuan kapasitas daya dukung *bore pile* yaitu dengan metode statis dan metode dinamis. Pondasi tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik keatas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan daya dukung ujung tiang.

Jika tiang pancang dipasang dengan cara dipukul kedalam tanah, tiang bor dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian dimasukkan tulangan yang telah dirangkai ke dalam lubang bor dan kemudian di cor beton (Hardiyatmo, 2015).

Pondasi tiang bor memiliki karakteristik khusus karena cara pelaksanaannya yang dapat mengakibatkan perbedaan perilaku di bawah pembebanan dibandingkan dengan tiang pancang. Hal-hal yang mengakibatkan perbedaan tersebut adalah :

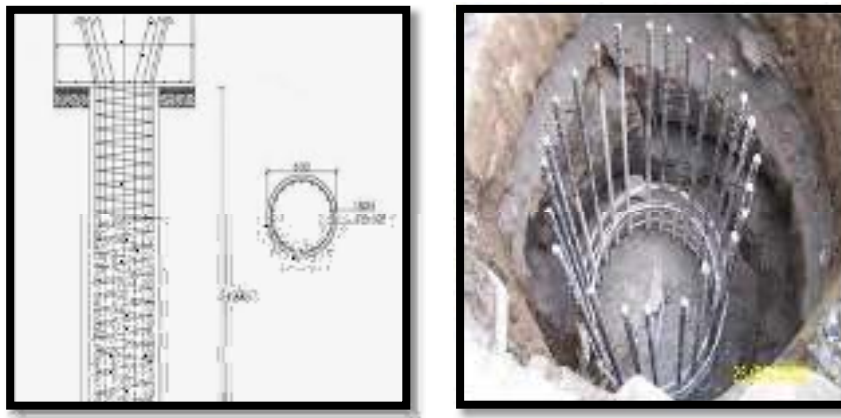
- a. Tiang bor dilaksanakan dengan menggali lubang bor dan mengisinya dengan material beton, sedangkan tiang pancang dimasukkan ke tanah dengan mendesak tanah disekitarnya (*displacement pile*).
- b. Beton di cor dalam keadaan basah dan mengalami masa curing dibawah tanah.
- c. Kadang-kadang digunakan casing untuk kestabilan dinding lubang bor dan dapat pula casing tersebut tidak dicabut karena kesulitan lapangan.

- d. Kadang-kadang digunakan slurry untuk kestabilan lubang bor yang dapat membentuk lapisan lumpur pada dinding galian yang mempengaruhi mekanisme gesekan tiang dengan tanah.
- e. Cara penggalan lubang bor disesuaikan dengan kondisi tanah (Rahardjo, 2000).

Pondasi *bore pile* digunakan untuk beberapa maksud, antara lain :

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak, ke tanah pendukung yang kuat.
2. Untuk meneruskan beban tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu, sehingga bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan dinding tiang dengan tanah disekitarnya.
3. Untuk menganker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat keatas akibat tekanan hidrostatik atau momen penggulingan.
4. Untuk menahan gaya-gaya horizontal dan gaya yang arahnya miring.
5. Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah.

Pada kesempatan kali ini penulis akan memfokuskan pembahasan topik mengenai pondasi tiang bor (*bore pile*) yang merupakan salah satu bagian dari jenis pondasi dalam (*deep foundation*). Pondasi tiang bor dibuat dengan cara mengebor tanah pada kedalaman tertentu dan sesudah itu diisi dengan beton, prosedur tersebut dikenal dengan nama *Cast In Place Pile*. Untuk mengetahui lebih jelas bagaimana pondasi *bore pile* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Pondasi *Bore Pile*

(Sumber : <https://proyeksipil.blogspot.com/2012/11/sekilas-tentang-pondasi-bor-pile.html>)

2.4.1 Keuntungan dan Kelemahan Pondasi *Bore Pile*

Keuntungan dalam pemakaian pondasi *bore pile* dalam konstruksi dibandingkan tiang pancang adalah :

1. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya.
2. Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan dowel pada pelat penutup tiang (*pile cap*). Kolom dapat secara langsung diletakkan di puncak tiang bor.
3. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
4. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
5. Tiang bor dapat dipasang menembus batuan, sedangkan tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batu.
6. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
7. Tidak ada risiko kenaikan muka tanah.
8. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.
9. Peralatan pengeboran mudah dipindah-pindah sehingga waktu pelaksanaan relatif cepat.
10. Ketahanannya terhadap korosi dapat lebih baik dari pada tiang pancang karena ketebalan selimut betonnya mudah disesuaikan.
11. Dari contoh tanah selama pengeboran dapat dipelajari apakah kondisi tanah yang dijumpai sesuai dengan keadaan tanah dari hasil boring yang dilakukan pada waktu penyelidikan tanah.

Sedangkan, kelemahan dari penggunaan pondasi *bore pile* adalah :

1. Pengecoran tiang bor dipengaruhi kondisi cuaca.
2. Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
3. Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan tiang bor mengurangi kapasitas dukung tiang bor, terutama bila tiang bor cukup dalam.
4. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.

5. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang.
6. Makin besar diameter bore pile makin besar pula daya dukungnya, sehingga biaya untuk keperluan loading test lebih tinggi.
7. Sebagai *Cast In Place Pile*, maka pelaksanaannya memerlukan lebih banyak peralatan berat maupun peralatan ringan sebagai penunjang.
8. Kurang dapat diandalkan untuk daya dukung tahanan geser karena proses pelaksanaannya tidak sekaligus memadatkan tanah tetapi justru mengurangi massa tanah.
9. Kondisi lapangan lebih kotor atau berlumpur dibandingkan dengan pondasi tiang pancang, sehingga harus dipersiapkan cara-cara untuk menangani tanah galian agar tidak menghambat pekerjaan dan mengurangi mutu (Hardiyatmo, 2015).

Sebagai konsekuensi dari keandalan yang ditawarkan oleh pondasi tiang bor, perhatian yang lebih besar harus dicurahkan pada detail pelaksanaannya dan pengaruh yang potensial terhadap perilaku serta biayanya. Hal ini dapat menuntut investasi lanjut misalnya untuk memperoleh data penyelidikan tanah yang lebih akurat dan engineer yang berpengalaman untuk pekerjaan inspeksi (Rahardjo, 2000).

2.4.2 Penggunaan Pondasi *Bore Pile*

Karena kedalaman dan diameter dari tiang bor dapat divariasikan dengan mudah, maka jenis pondasi ini baik untuk beban ringan maupun untuk struktur berat seperti bangunan tingkat tinggi dan jembatan.

Dalam dekade terakhir ini pemakaian pondasi tiang bor semakin banyak seperti diantaranya :

- a. Pondasi jembatan
- b. Menara transmisi listrik
- c. Fasilitas dok
- d. Soldier pile
- e. Kestabilan lereng
- f. Dinding penahan tanah
- g. Pondasi bangunan ringan pada tanah lunak

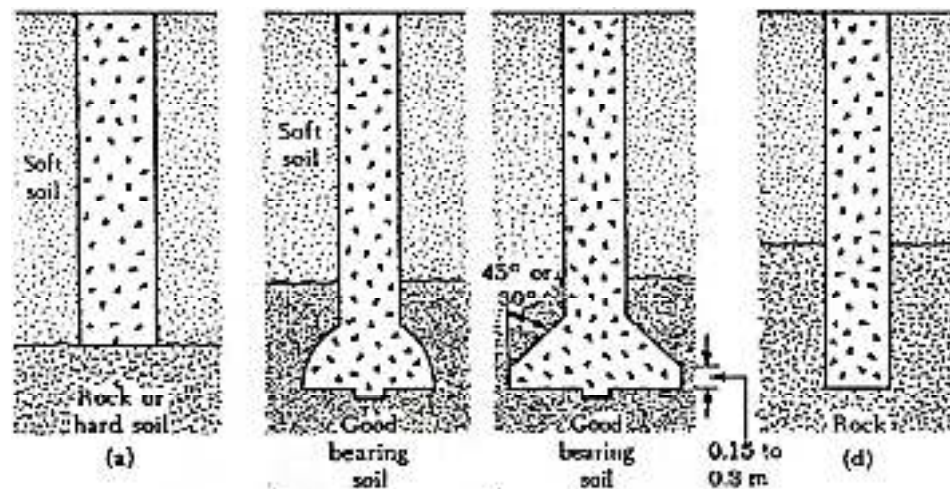
- h. Pondasi bangunan tinggi
- i. Struktur yang membutuhkan gaya lateral yang cukup besar, dan lain-lain (Rahardjo, 2000).

2.4.3 Jenis-jenis Pondasi *Bore Pile*

Ada berbagai jenis pondasi *bore pile* yaitu :

- a. Bore pile lurus untuk tanah keras.
- b. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk bel.
- c. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium.
- d. Bore pile lurus untuk tanah berbatu-batuan.

Ada berbagai macam jenis pondasi *bore pile* yang dapat digunakan, untuk mengetahui jenis – jenis pondasi *bore pile* dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Jenis-jenis Pondasi *Bore Pile*

(Sumber: Braja M.Das. 1995)

Ada beberapa jenis alat dan metode pengerjaan pondasi bore pole, namun pada dasarnya sama diantaranya :

1. *Bore Pile Mini Crane*

Dengan alat bore pile mesin ini biasa dilaksanakan pengeboran dengan pilihan diameter 30 cm, 40 cm, 60 cm, hingga 80 cm. Metode bore pile menggunakan system wet boring (bor basah), dibutuhkan air yang cukup untuk mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan

sehingga sumber air harus diperhatikan jika menggunakan alat bore pile ini. Pembuatan *bore pile mini crane* dapat dilihat pada gambar 2.4.

Gambar 2. 4 Pembuatan *Bore Pile Mini Crane*

(Sumber : <http://www.mandiriboredpile.com/2012/10/pondasi-bored-pile.html>)

2. *Bore Pile* Gawangan

Alat bore pile ini memiliki sistem kerja yang mirip dengan bore pile mini crane, perbedaannya hanya pada desain sasis dan tiang tempat gearbox, kemudian juga diperlukan tambang pada kanan dan kiri alat yang dikaitkan ketempat lain agar menjaga keseimbangan alat selama pengeboran. Penggunaan bore pile gawangan dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Bore Pile Gawangan

(Sumber: <http://www.mandiriboredpile.com/2012/10/pondasi-bored-pile.html>)

3. Bore Pile Manual/ Strauss Pile

Alat strauss pile ini menggunakan tenaga manual untuk memutar mata bornya, menggunakan metode bore pile kering (*dry boring*). Alat bore pile manual yang simpel, ringkas dan mudah dioperasikan serta tidak bising saat pengerjaan, menjadikan cara ini banyak digunakan diberbagai proyek seperti perumahan, pabrik, gudang, pagar dan lain-lain. Kekurangannya terbatasnya pilihan diameter yakni hanya 20 cm, 25 cm, 30 cm, dan 40 cm. Tentu saja karena ini berhubungan dengan tenaga penggeraknya yang hanya tenaga manusia. Jadi cara ini kebanyakan digunakan untuk bangunan yang tidak begitu berat.

Proses pekerjaan pengeboran dengan menggunakan bore pile manual dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Bore Pile Manual

(Sumber: <http://www.mandiriboredpile.com/2012/10/pondasi-bored-pile.html>)

Prinsip-prinsip pelaksanaan tiang bor pada tanah yang tidak mudah longsor adalah sebagai berikut :

- a. Tanah digali dengan mesin bor sampai kedalaman yang dikehendaki.
- b. Dasar lubang bor dibersihkan.
- c. Tulangan yang telah dirakit dimasukkan ke dalam lubang bor.

d. Lubang bor diisi/ dicor beton.

2.4.4 Metode Pelaksanaan Pembuatan Pondasi *Bore Pile*

Terdapat tiga (3) cara metode pelaksanaan pembuatan pondasi *bore pile* yaitu :

1. Metode Kering

Metode kering cocok digunakan pada tanah diatas muka air tanah yang ketika dibor dinding lubangnya tidak longsor, seperti lempung kaku homogeny. Tanah pasir yang mempunyai sedikit kohesi, juga lubangnya tidak mudah longsor jika dibor.

Metode kering juga dapat dilakukan pada tanah-tanah di bawah muka air tanah, jika tanahnya mempunyai permeabilitas rendah, sehingga ketika dilakukan pengeboran, air tidak masuk ke dalam lubang bor saat lubang masih terbuka. Pada metode kering, lubang dibuat menggunakan mesin bor tanpa pipa pelindung (*casing*). Setelah itu dasar lubang bor yang kotor oleh rontokan tanah dibersihkan. Tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor dan kemudian di cor (Hardiyatmo, 2015).

Pelaksanaan Pembuatan Pondasi Bore Pile Dengan Metode Kering :

a. Pekerjaan persiapan lokasi (*Site Preparation*)

Pelajari *Lay-Out* pondasi dan titik *bored pile*, membersihkan lokasi pekerjaan dari gangguan yang ada seperti bangunan-bangunan, tanaman atau pohon-pohon, tiang listrik atau telepon, kabel dan lain-lainnya.

b. Rute / Alur Pengeboran

Merencanakan alur / urutan pengeboran sehingga setiap pergerakan mesin RCD, *Excavator*, *Crane* dan *Truck Mixer* dapat termobilisasi tanpa halangan.

c. Survey Lapangan dan Penentuan Titik Pondasi

Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat bore pile dengan bantuan alat *Theodolite/Total Station*.

d. Pembuatan Drainase dan Kolam Air

Kolam air berfungsi untuk tempat penampungan air bersih yang akan digunakan untuk pekerjaan pengeboran sekaligus untuk tempat penampungan air bercampur lumpur hasil dari pengeboran. Ukuran kolam air di sesuaikan dengan kebutuhan di lapangan. Jarak kolam air tidak boleh terlalu dekat dengan lubang pengeboran, sehingga lumpur dalam air hasil pengeboran mengendap dulu sebelum airnya mengalir kembali kedalam lubang

pengeboran. Lumpur hasil pengeboran yang mengendap didalam kolam diambil (dibersihkan) dengan bantuan *Excavator*.

e. Setting Mesin RCD (*RCD Machine Instalation*)

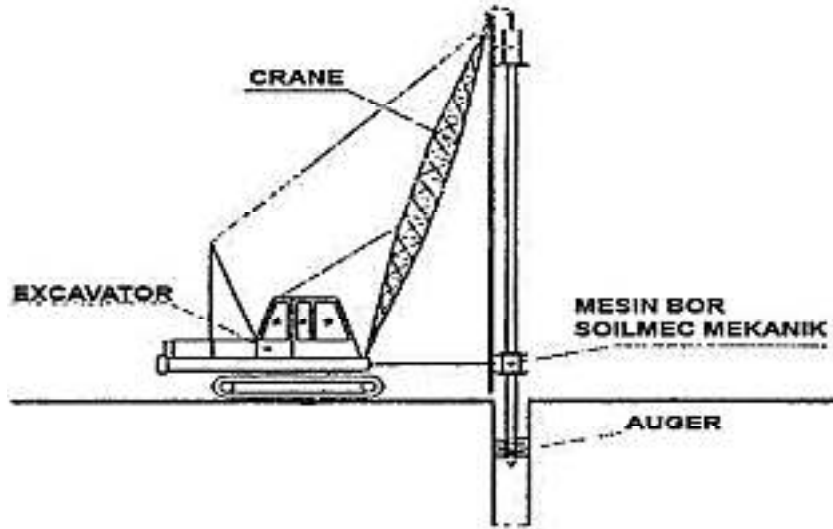
Pemasangan mesin bor di awali dengan memilih mata bor yang sesuai dengan diameter yang sudah ditentukan. Kemudian beberapa buah pelat dipasang untuk memperkuat tanah dasar dudukan mesin RCD (*Rotary Circle Dumper*), kemudian mesin RCD diposisikan dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Mata bor disambung dengan stang pemutar, kemudian mata bor diperiksa apakah sudah benar-benar berada pada pusat/as *stand pipe* (titik pondasi).
- 2) Posisi mesin RCD harus tegak lurus terhadap lubang yang akan dibor (yang sudah terpasang *stand pipe*), hal ini dapat dicek dengan alat waterpass.

f. Proses Pengeboran (*Drilling Work*)

Tahapan Pekerjaan pengeboran pondasi *bored pile* :

- 1) Pemasangan mata bor auger pada mesin bor dilakukan pada awal tahapan pekerjaan berfungsi sebagai pembuka proses pengeboran karena bentuk mata bor auger yang runcing mampu membor lapisan tanah mulai dari bagian atas tanah permukaan berbeda dengan mata bor bucket dan cleaning. Dan pengeboran dengan mata bor auger dilakukan sampai kedalam yang di tentukan, jika mata bor auger tidak mampu membawa bongkahan tanah yang berada didalam tanah yang berada dalam lubang maka mata bor di ganti dengan mata bor bucket.
- 2) Proses pengeboran dengan mata bor *cleanning* dilakukan apabila lubang bor sudah di pasang pipa tremi dan tulangan dan siap untuk di cor. Gambaran pengeboran secara skematik dengan alat-alat yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Gambaran secara skematik alat-alat yang digunakan untuk mengebor

(Sumber : <https://www.boredpile.co.id/pelaksanaan-pekerjaan-pondasi-bor-pile>)

g. Pemasangan Tulangan *Bored Pile*

Pemasangan tulangan *bore pile* dan pipa tremi dilakukan menggunakan crane untuk mengangkat tulangan *bored pile* lalu di masukkan ke dalam lubang *bored*. Setelah itu pipa tremi di letakkan di atas tulangan.

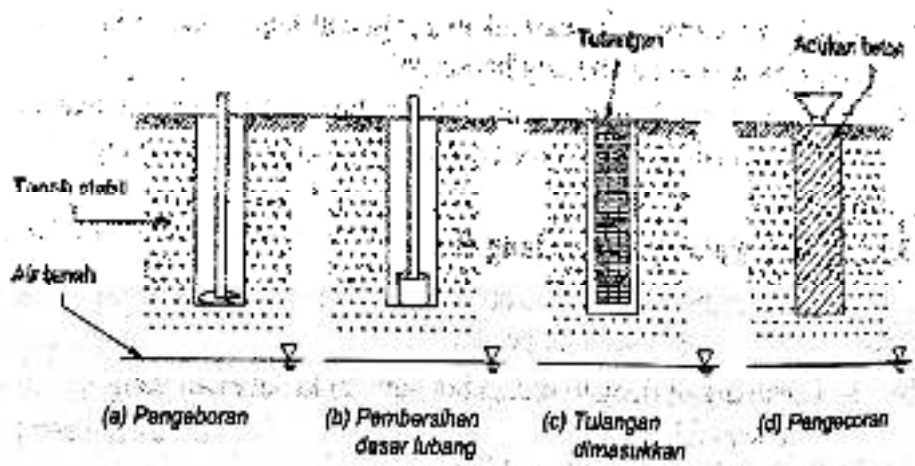
h. Pengecoran Pondasi *Bored Pile*

Pengecoran pondasi *bore pile* harus segera dilakukan setelah tulangan dan pipa tremi selesai dipasang, guna menghindari kemungkinan terjadinya kelongsoran pada dinding lubang bor. Oleh karena itu pemesanan *ready mix concrete* harus dapat diperkirakan waktunya dengan waktu pengecoran. Proses pengecoran dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Pipa tremie dinaikkan setinggi 25-50 cm di atas dasar lubang bor, air dalam pipa tremie dibiarkan dulu stabil, kemudian dimasukkan bola karet yang diameternya sama dengan diameter dalam pipa tremie , yang berfungsi untuk menekan air campur lumpur ke dasar lubang sewaktu beton dituang pertama sekali, sehingga beton tidak bercampur dengan lumpur.
- 2) Pada awal pengecoran, penuangan dilakukan lebih cepat, hal ini dilakukan supaya bola karet dapat benar-benar menekan air bercampur lumpur di dalam pipa tremie, setelah itu penuangan distabilkan sehingga beton tidak tumpah dari corong.

- 3) Jika beton dalam corong penuh, pipa tremi dapat digerakkan naik turun dengan syarat pipa tremi yang tertanam dalam beton minimal 1 meter pada saat pipa tremi dinaikkan. Jika pipa tremie yang tertanam dalam beton terlalu panjang, hal ini dapat memperlambat proses syarat bahwa pipa tremi yang masih tertanam dalam beton minimal 1 meter.
- 4) Proses pengecoran dilakukan dengan mengandalkan gaya gravitasi bumi (gerak jatuh bebas), posisi pipa tremi harus berada pada pusat lubang bor, sehingga tidak merusak tulangan atau tidak menyebabkan tulangan terangkat pada saat pipa tremi digerakkan naik turun.
- 5) Pengecoran dihentikan 0,5-1 meter diatas batas beton bersih, sehingga kualitas beton pada batas beton bersih benar-benar terjamin (bebas dari lumpur).
- 6) Setelah pengecoran selesai dilakukan, pipa tremi diangkat dan dibuka, serta dibersihkan. Batas pengecoran diukur dengan meteran kedalaman.

Metode pelaksanaan pembuatan pondasi *bore pile* serta Langkah-langkah pelaksanaannya *bore pile* dengan metode kering dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Langkah-langkah pelaksanaan tiang bor dalam metode kering

(Sumber : Hardiyatmo, 2015)

2. Metode Basah

Metode basah umumnya dilakukan bila pengeboran melewati muka air tanah, sehingga lubang bor selalu longsor bila dindingnya tidak ditahan. Agar lubang tidak longsor, di dalam lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung/ bentonite atau larutan polimer. Jadi, pengeboran dilakukan di dalam larutan. Jika kedalaman yang diinginkan telah tercapai,

lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi cairan bentonite. Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang bor dengan pipa tremie. Larutan bentonite akan terdesak dan terangkat ke atas oleh adukan beton. Larutan yang keluar dari lubang bor, ditampung dan dapat digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya (Hardiyatmo, 2015).

Pelaksanaan Pembuatan Pondasi *Bore Pile* Dengan Metode Basah :

a. Pekerjaan persiapan lokasi (*Site Preparation*)

Pelajari *Lay-Out* pondasi dan titik *bored pile*, membersihkan lokasi pekerjaan dari gangguan yang ada seperti bangunan-bangunan, tanaman atau pohon-pohon, tiang listrik atau telepon, kabel dan lain-lainnya.

b. *Rute* / Alur Pengeboran

Merencanakan alur / urutan pengeboran sehingga setiap pergerakan mesin RCD, *Excavator*, *Crane* dan *Truck Mixer* dapat termobilisasi tanpa halangan.

c. Survey Lapangan dan Penentuan Titik Pondasi

Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat *bore pile* dengan bantuan alat *Theodolite/Total Station*.

d. Pembuatan Drainase dan Kolam Air

Kolam air berfungsi untuk tempat penampungan air bersih yang akan digunakan untuk pekerjaan pengeboran sekaligus untuk tempat penampungan air bercampur lumpur hasil dari pengeboran. Ukuran kolam air di sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Jarak kolam air tidak boleh terlalu dekat dengan lubang pengeboran, sehingga lumpur dalam air hasil pengeboran mengendap dulu sebelum airnya mengalir kembali kedalam lubang pengeboran. Lumpur hasil pengeboran yang mengendap didalam kolam diambil (dibersihkan) dengan bantuan *Excavator*.

e. Setting Mesin RCD (*RCD Machine Instalation*)

Pemasangan mesin bor diawali dengan memilih mata bor yang sesuai dengan diameter yang sudah ditentukan. kemudian beberapa buah pelat dipasang untuk memperkuat tanah dasar dudukan mesin RCD (*Rotary Circle Dumper*), kemudian mesin RCD diposisikan dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Mata bor disambung dengan stang pemutar, kemudian mata bor diperiksa apakah sudah benar-benar berada pada pusat/as *stand pipe* (titik pondasi).

- 2) Posisi mesin RCD harus tegak lurus terhadap lubang yang akan dibor (yang sudah terpasang *stand pipe*), hal ini dapat dicek dengan alat *waterpass*.

f. Proses Pengeboran (*Drilling Work*)

Tahapan Pekerjaan pengeboran pondasi *bored pile* :

- 1) Pemasangan mata bor auger pada mesin bor dilakukan pada awal tahapan pekerjaan berfungsi sebagai pembuka proses pengeboran karena bentuk mata bor auger yang runcing mampu membor lapisan tanah mulai dari bagian atas tanah permukaan berbeda dengan mata bor *bucket* dan *cleaning*. Dan pengeboran dengan mata bor auger dilakukan sampai kedalam yang di tentukan, jika mata bor auger tidak mampu membawa bongkahan tanah yang berada didalam tanah yang berada dalam lubang maka mata bor di ganti dengan mata bor bucket.
- 2) Proses pengeboran dengan mata bor *cleaning* dilakukan apabila lubang bor sudah di pasang pipa tremi dan tulangan dan siap untuk di cor.

g. Pemasangan Tulangan *Bore Pile*

Pemasangan tulangan *bored pile* dan pipa tremi dilakukan menggunakan crane untuk mengangkat tulangan *bored pile* lalu di masukkan ke dalam lubang bored. Setelah itu pipa tremi di letakkan di atas tulangan.

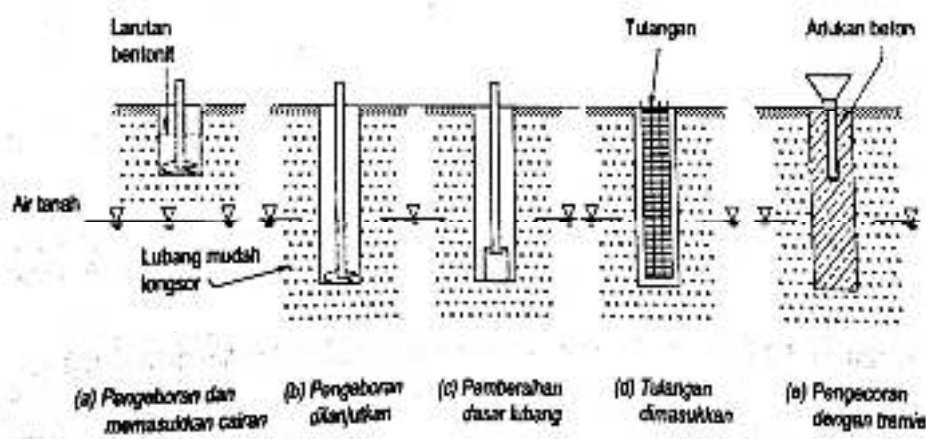
h. Pengecoran Pondasi *Bore Pile*

Pengecoran pondasi *bored pile* harus segera dilakukan setelah tulangan dan pipa tremi selesai dipasang, guna menghindari kemungkinan terjadinya kelongsoran pada dinding lubang bor. Oleh karena itu pemesanan *ready mix concrete* harus dapat diperkirakan waktunya dengan waktu pengecoran. Proses pengecoran dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Pipa tremie dinaikkan setinggi 25-50 cm di atas dasar lubang bor, air dalam pipa tremie dibiarkan dulu stabil, kemudian dimasukkan bola karet yang diameternya sama dengan diameter dalam pipa tremie , yang berfungsi untuk menekan air campur lumpur ke dasar lubang sewaktu beton dituang pertama sekali, sehingga beton tidak bercampur dengan lumpur.

- 2) Pada awal pengecoran, penuangan dilakukan lebih cepat, hal ini dilakukan supaya bola karet dapat benar-benar menekan air bercampur lumpur di dalam pipa tremi, setelah itu penuangan distabilkan sehingga beton tidak tumpah dari corong.
- 3) Jika beton dalam corong penuh, pipa tremi dapat digerakkan naik turun dengan syarat pipa tremi yang tertanam dalam beton minimal 1 meter pada saat pipa tremi dinaikkan. Jika pipa tremi yang tertanam dalam beton terlalu panjang, hal ini dapat memperlambat proses syarat bahwa pipa tremi yang masih tertanam dalam beton minimal 1 meter.
- 4) Proses pengecoran dilakukan dengan mengandalkan gaya gravitasi bumi (gerak jatuh bebas), posisi pipa tremi harus berada pada pusat lubang bor, sehingga tidak merusak tulangan atau tidak menyebabkan tulangan terangkat pada saat pipa tremi digerakkan naik turun.
- 5) Pengecoran dihentikan 0,5-1 meter di atas batas beton bersih, sehingga kualitas beton pada batas beton bersih benar-benar terjamin (bebas dari lumpur).
- 6) Setelah pengecoran selesai dilakukan, pipa tremi diangkat dan dibuka, serta dibersihkan. Batas pengecoran diukur dengan meteran kedalaman.

Proses pembuatan pondasi *bore pile* serta Langkah-langkah pelaksanaan pondasi *bore pile* dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Langkah-langkah pelaksanaan tiang bor dalam metode basah

(Sumber : Hardiyatmo, 2015)

3. Metode Casing

Metode ini digunakan bila lubang bor sangat mudah longsor, misalnya tanah dilokasi adalah pasir bersih di bawah muka air tanah. Untuk menahan agar lubang tidak longsor digunakan pipa selubung baja (*casing*). Pemasangan pipa selubung ke dalam lubang bor dilakukan dengan cara memancang, menggetarkan atau menekan pipa baja sampai kedalaman yang ditentukan. Sebelum sampai menembus muka air tanah, pipa selubung dimasukkan. Tanah di dalam pipa selubung dikeluarkan saat penggalian atau setelah pipa selubung sampai kedalaman yang diinginkan.

Larutan *bentonite* kadang-kadang digunakan untuk menahan longsornya dinding lubang, bila penggalian sampai di bawah muka air tanah. Setelah pipa selubung sampai pada kedalaman yang diinginkan, lubang bor lalu dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam pipa selubung. Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang (bila pembuatan lubang digunakan larutan, maka untuk pengecoran digunakan pipa tremie), dan pipa selubung di tarik ke atas, namun kadang-kadang pipa selubung ditinggalkan di tempat (Hardiyatmo, 2015).

Pelaksanaan Pembuatan Pondasi *Bore Pile* Dengan Metode Casing :

a. Pekerjaan persiapan lokasi (*Site Preparation*)

Pelajari *Lay-Out* pondasi dan titik *bored pile*, membersihkan lokasi pekerjaan dari gangguan yang ada seperti bangunan-bangunan, tanaman atau pohon-pohon, tiang listrik atau telepon, kabel dan lain-lainnya.

b. Rute / Alur Pengeboran

Merencanakan alur / urutan pengeboran sehingga setiap pergerakan mesin RCD, *Excavator*, *Crane* dan *Truck Mixer* dapat termobilisasi tanpa halangan.

c. Survey Lapangan dan Penentuan Titik Pondasi

Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat bore pile dengan bantuan alat *Theodolite/Total Station*.

d. Pembuatan Drainase dan Kolam Air

Kolam air berfungsi untuk tempat penampungan air bersih yang akan digunakan untuk pekerjaan pengeboran sekaligus untuk tempat penampungan air bercampur lumpur hasil dari pengeboran. Ukuran kolam air di sesuaikan dengan kebutuhan di lapangan. Jarak kolam air tidak boleh terlalu dekat dengan lubang pengeboran, sehingga lumpur dalam air hasil pengeboran mengendap dulu sebelum airnya mengalir kembali ke dalam lubang

pengeboran. Lumpur hasil pengeboran yang mengendap didalam kolam diambil (dibersihkan) dengan bantuan *Excavator*.

e. Setting Mesin RCD (*RCD Machine Instalation*)

Pemasangan mesin bor diawali dengan memilih mata bor yang sesuai dengan diameter yang sudah ditentukan. kemudian beberapa buah pelat dipasang untuk memperkuat tanah dasar dudukan mesin RCD (*Rotary Circle Dumper*), kemudian mesin RCD diposisikan dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Mata bor disambung dengan stang pemutar, kemudian mata bor diperiksa apakah sudah benar-benar berada pada pusat/as stand pipe (titik pondasi).
- 2) Posisi mesin RCD harus tegak lurus terhadap lubang yang akan dibor (yang sudah terpasang *stand pipe*), hal ini dapat dicek dengan alat *waterpass*.

f. Proses Pengeboran (*Drilling Work*)

Tahapan Pekerjaan pengeboran pondasi *bored pile* :

- 1) Pemasangan mata bor auger pada mesin bor dilakukan pada awal tahapan pekerjaan berfungsi sebagai pembuka proses pengeboran karena bentuk mata bor auger yang runcing mampu membor lapisan tanah mulai dari bagian atas tanah permukaan, berbeda dengan mata bor *bucket* dan *cleaning*. Dan pengeboran dengan mata bor auger dilakukan sampai kedalam yang ditentukan, jika mata bor auger tidak mampu membawa bongkahan tanah yang berada didalam tanah yang berada dalam lubang maka mata bor di ganti dengan mata bor bucket.
- 2) Pemasangan chasing pada lubang bor untuk mencegah kelongsoran pada lubang bor. Pemasangan chasing dilakukan bersamaan dengan penggantian mata bor dari auger ke mata bor bucket.
- 3) Setelah chasing terpasang pada lubang bor, pengeboran di lanjutkan menggunakan mata bor bucket untuk mengeluarkan tanah/lumpur di dalam lubang bor.
- 4) Proses pengeboran dengan mata bor cleaning dilakukan apabila lubang bor sudah di pasang pipa tremi dan tulangan dan siap untuk di cor.

g. Pemasangan Tulangan *Bore Pile*

Pemasangan tulangan *bored pile* dan pipa tremi dilakukan menggunakan crane untuk mengangkat tulangan *bored pile* lalu di masukkan ke dalam lubang bored. Setelah itu pipa tremi di letakkan di atas tulangan.

h. Pengecoran Pondasi *Bore pile*

Pengecoran pondasi *bored pile* harus segera dilakukan setelah tulangan dan pipa tremi selesai dipasang, guna menghindari kemungkinan terjadinya kelongsoran pada dinding lubang bor. Oleh karena itu pemesanan *ready mix concrete* harus dapat diperkirakan waktunya dengan waktu pengecoran. Proses pengecoran dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

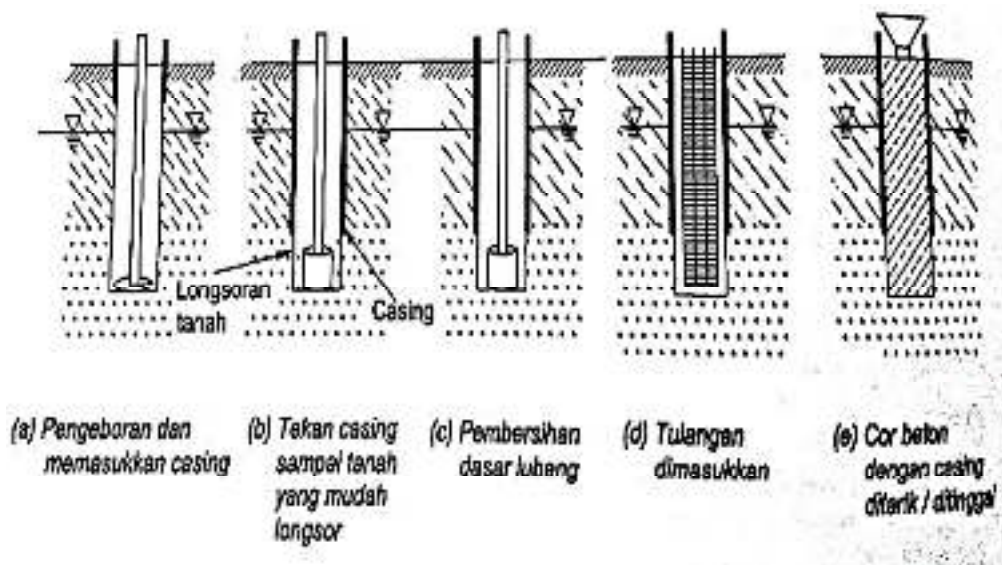
- 1) Pipa tremie dinaikkan setinggi 25-50 cm di atas dasar lubang bor, air dalam pipa tremie dibiarkan dulu stabil, kemudian dimasukkan bola karet yang diameternya sama dengan diameter dalam pipa tremie , yang berfungsi untuk menekan air campur lumpur ke dasar lubang sewaktu beton dituang pertama sekali, sehingga beton tidak bercampur dengan lumpur.
- 2) Pada awal pengecoran, penuangan dilakukan lebih cepat, hal ini dilakukan supaya bola karet dapat benar-benar menekan air bercampur lumpur di dalam pipa tremie, setelah itu penuangan distabilkan sehingga beton tidak tumpah dari corong.
- 3) Jika beton dalam corong penuh, pipa tremie dapat digerakkan naik turun dengan syarat pipa tremie yang tertanam dalam beton minimal 1 meter pada saat pipa tremie dinaikkan. Jika pipa tremie yang tertanam dalam beton terlalu panjang, hal ini dapat memperlambat proses syarat bahwa pipa tremie yang masih tertanam dalam beton minimal 1 meter.
- 4) Proses pengecoran dilakukan dengan mengandalkan gaya gravitasi bumi (gerak jatuh bebas), posisi pipa tremie harus berada pada pusat lubang bor, sehingga tidak merusak tulangan atau tidak menyebabkan tulangan terangkat pada saat pipa tremie digerakkan naik turun.
- 5) Pengecoran dihentikan 0,5-1 meter diatas batas beton bersih, sehingga kualitas beton pada batas beton bersih benar-benar terjamin (bebas dari lumpur).
- 6) Setelah pengecoran selesai dilakukan, pipa tremie diangkat dan dibuka, serta dibersihkan. Batas pengecoran diukur dengan meteran kedalaman.

i. Proses Pengangkatan Casing

Proses pengangkatan casing dilakukan setelah pengeboran telah selesai dilakukan sesuai dengan kedalaman yang diinginkan. Pengangkatan casing dilakukan dengan bantuan alat berat *crane* dan *excavator*, tahap pengangkatannya casing dengan mengkaitkan sling dari

crane ke bagian telinga casing, kemudian bagian bawah telinga casing diangkat dengan bucket excavator yang berfungsi membantu pengangkatan casing yang dilakukan oleh crane. Setelah casing mulai terangkat, *bucket excavator* yang mengangkat dari bawah telinga casing dilepaskan dan pengangkatan casing di lanjutkan oleh crane sampai casing terangkat sepenuhnya dari lubang bor.

Proses pembuatan pondasi *bore pile* serta Langkah-langkah pelaksanaan pondasi *bore pile* dengan metode casing dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Langkah-langkah pelaksanaan tiang bor dengan metode casing

(Sumber : Hardiyatmo, 2015)

2.5 Pengaruh Pemasangan Tiang Bor

1. Tiang Bor Dalam Tanah Granuler

Pada waktu pengeboran, biasanya dibutuhkan tabung luar (*casing*) sebagai pelindung terhadap longsoran dinding galian dan larutan tertentu kadang-kadang juga digunakan dengan maksud yang sama untuk melindungi dinding lubang tersebut. Gangguan kepadatan tanah, terjadi saat tabung pelindung di tarik keatas saat pengecoran. Karena itu dalam hitungan kapasitas dukung tiang bor di dalam tanah pasir, Tomlinson (1977) menyarankan untuk menggunakan sudut gesek dalam ultimit dari contoh terganggu, kecuali jika tiang diletakkan pada kerikil padat dimana dinding lubang yang bergelombang tidak terjadi.

Jika pemadatan yang baik dapat dilakukan pada saat pengecoran beton yang berada di dasar tiang, maka gangguan kepadatan tanah dapat dieleminasi sehingga sudut gesek dalam pada kondisi padat dapat digunakan. Akan tetapi pemadatan tersebut mungkin sulit dikerjakan karena terhalang oleh tulangan beton.

2. Tiang Bor Dalam Tanah Kohesif

Penelitian pada pengaruh pekerjaan pemasangan tiang bor pada adhesi antara sisi tiang dan tanah disekitarnya, menunjukkan bahwa nilai adhesi lebih kecil dari pada nilai kohesi tak terdrainase (*undrained cohesion*) tanah sebelum pemasangan tiang. Hal ini adalah akibat dari pelunakan lempung di sekitar dinding lubang bor. Pelunakan tersebut adalah pengaruh dari bertambahnya kadar air lempung oleh pengaruh-pengaruh air pada pengecoran beton, pengaliran air tanah ke zona yang bertekanan lebih rendah di sekitar lubang bor, dan air yang dipakai untuk pelaksanaan pembuatan lubang bor. Pelunakan pada lempung dapat dikurangi, jika pengeboran dan pengecoran dilaksanakan dalam waktu 1 atau 2 jam.

Pelaksanaan pengeboran juga mempengaruhi kondisi dasar lubang yang dibuat. Pengeboran mengakibatkan pelunakan dan gangguan tanah lempung di dasar lubang, yang berakibat menambah besarnya penurunan. Pengaruh gangguan ini sangat besar, terutama bila diameter ujung tiang diperbesar. Pada ujung tiang yang diperbesar ini kapasitas dukungnya sebagian besar bergantung pada tahanan dasar lubang. Gangguan yang lain dapat pula terjadi akibat pemasangan tiang yang tidak baik, seperti : pengeboran yang melengkung, pemisahan

campuran beton saat pengecoran dan pelengkungan tulangan beton saat pemasangan (Hardiyatmo, 2015).

2.6 Alat Berat

Penggunaan alat berat pada pekerjaan proyek pembangunan Jalur Layang Kereta Api Medan-Binjai merupakan factor penting. Untuk mengoptimalkan proses pengeerjaan diperlukan alat berat yang bekerja dengan baik agar mencapai target pembangunan yang tepat. Berikut alat berat yang digunakan pada proses pembangunan pondasi Jalur Layang Kereta Api Medan-Binjai.

2.6.1 Rotary Drilling Rig

Rotary drilling rig merupakan suatu alat yang sering digunakan pada bidang konstruksi untuk pembuatan lubang pondasi. *Rotary drilling rig* adalah alat pengeboran yang menggunakan penetrasi terhadap tanah dan batuan. Pada mesin bor putar lubang bor dibentuk dari pemboran dengan mekanisme putar dan disertai pembebanan.

Fungsi utama *Rotary drilling rig* adalah untuk melakukan pengeboran tanah atau membuat lubang pada tanah dengan kedalaman yang sangat dalam bisa mencapai sekitar 60m. Faktor efisiensi alar *rotary drilling rig* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Faktor Efisiensi Alat *Rotary Drilling Rig* dan *Crawler Crane*

Kondisi Operasi	Pemeliharaan Mesin				
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk sekali
Baik sekali	0.83	0.81	0.76	0.70	0.63
Baik	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
Sedang	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
Buruk sekali	0.53	0.50	0.47	0.42	0.32

(Sumber : Permen PUPR No 1 Tahun 2022)

Untuk menghitung produktivitas *Rotary Drilling Rig* aktual dilapangan digunakan persamaan 2.1 berikut.

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{Ts} \quad 2.1$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

V = Kapasitas alat atau volume pekerjaan (titik)

Fa= Faktor efisiensi alat (Tabel 2.1)

Ts= Waktu siklus pengeboran (menit).

Menghitung produktivitas *Rotary drilling rig* berdasarkan Permen PUPR No 1 Tahun 2022 digunakan persamaan 2.2 berikut.

$$Q = \frac{V \times p \times Fa \times 60}{Ts} \quad 2.2$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

V = Kapasitas alat atau volume pekerjaan (titik)

P = Kedalaman pemboran (m)

Fa= Faktor efisiensi alat

Ts= Waktu siklus pengeboran (menit)

Alat *rotary drilling rig* yang digunakan untuk pengeboran pondasi *bore pile* dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2. 11 *Rotary Drilling Rig*

(Sumber : *google.com*)

2.6.2 *Excavator*

Excavator adalah jenis alat berat yang biasanya digunakan pada konstruksi dengan fungsinya untuk menggali atau memuat tanah keatas truk pengangkut. *Excavator* memiliki kecepatan, efisiensi, dan daya untuk aplikasi tugas berat yang memerlukan produktivitas maksimum. Faktor efisiensi alat *excavator* dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Faktor Efisiensi Kerja (FaEXC) *Excavator*

Kondisi Operasi	Faktor Efisiensi
Baik	0.83
Sedang	0.75
Agak kurang	0.67
Kurang	0.58

(Sumber : *Permen PUPR No 1 Tahun 2022*)

Untuk menghitung produktivitas *excavator* aktual dilapangan digunakan persamaan 2.3 berikut.

$$P = \frac{q \times 3600 \times E}{cm} \quad 2.3$$

Dimana :

P = Produksi per jam (m³/jam)

q = Produktivitas per siklus (m³)

E = Efisiensi kerja alat (Tabel 2.2)

C_m = Waktu siklus backhoe

Untuk menghitung kapasitas produksi per siklus aktual dilapangan digunakan persamaan 2.4 berikut.

$$q = q_l \times k \quad 2.4$$

Dimana :

q = produktivitas per siklus

q_l = Kapasitas bucket

k = Faktor bucket

Untuk menghitung produktivitas *Excavator* berdasarkan Permen PUPR No 1 Tahun 2022 digunakan persamaan 2.5 berikut.

$$Q = \frac{V \times FaEXC \times Fb \times 60}{Ts \times Fv} \quad 2.5$$

Dimana :

V = Kapasitas bucket (m³)

F_b = Faktor bucket

F_{aEXC} = Faktor efisiensi alat (Tabel 2.2)

F_v = Faktor konverensi galian alat

T_s = Waktu siklus

Alat berat *excavator* yang digunakan untuk menggali dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2. 12 *Excavator*
(Sumber : google.com)

2.6.3 *Crawler Crane*

Crawler crane adalah salah satu jenis mobile crane yang memungkinkan fungsi pengangkatan sekaligus transportasi beban karena tidak menggunakan perangkat outrigger. Fungsi utamanya yang sekaligus menjadi kelebihan *crawler crane* adalah kemampuannya dalam mengangkat beban dengan kapasitas besar, dan sekaligus bergerak di area konstruksi yang sulit dan ekstrim. Maka dari itu, *crawler crane* juga sering digolongkan sebagai *heavy duty crane* karena kemampuannya.

Faktor efisiensi alat berat *crawler crane* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Untuk menghitung produktivitas *Crawler Crane* aktual dilapangan digunakan persamaan 2.6 berikut.

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{Ts} \quad 2.6$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

V = Kapasitas alat atau volume pekerjaan

Fa= Faktor efisiensi alat (Tabel 2.1)

Ts= Waktu siklus alat

Untuk menghitung produktivitas *Crawler crane* berdasarkan Permen PUPR No 1 Tahun 2022 digunakan persamaan 2.7 berikut.

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{Ts} \quad 2.7$$

Alat berat *crawler crane* digunakan untuk memindahkan material-material yang berbobot berat dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2. 13 *Crawler Crane*

(Sumber : goole.com)

2.6.4 *Dump Truck*

Dump truck adalah suatu alat pengangkut yang digunakan untuk memindahkan material dari suatu lokasi ke lokasi lainnya. Muatannya diisi oleh alat pemuat, sedangkan untuk membongkar alat ini bekerja sendiri. Material-material tersebut diantaranya batu bara, tanah, pasir, batu split, nikel, biji besi, bahkan sampai sampah.

Sebuah *dump truck* memiliki ciri yang khas dilengkapi dengan piranti pembantu hidrolik yang terpasang dibawah bak dump truck dalam posisi tidur dengan bagian belakang berengsel memungkinkan isi yang dibawa dalam bak *dump truck* dapat dengan mudah diturunkan

dibelakang truck di lokasi pengiriman. Faktor efisiensi alat berat *dump truck* dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Faktor Efisiensi Alat *Dump Truck*

Kondisi Kerja	Efisiensi Kerja
Baik	0.83
Sedang	0.80
Kurang Baik	0.75
Buruk	0.70

(Sumber : Permen PUPR No 1 Tahun 2022)

Untuk menghitung produktivitas *Dump truck* aktual dilapangan digunakan persamaan 2.8 berikut.

$$\text{Produktivitas} = V \times \frac{60}{CT} \times \text{efisiensi} \quad 2.8$$

Dimana :

V = Kapasitas bak (m3)

CT= Waktu siklus

Efisiensi (Tabel 2.3)

Untuk menghitung produktivitas *Dump truck* berdasarkan Permen PUPR No 1 Tahun 2022 digunakan persamaan 2.9 berikut

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{BiL \times Ts} \quad 2.9$$

Dimana :

Q = Kapasitas produksi (m3/jam)

V = Kapasitas bak

Fa = Faktor efisiensi alat (Tabel 2.3)

BiL = Berat isi material

Ts = Waktu siklus

Alat berat dump truck digunakan untuk memindahkan material-material yang digunakan serta digunakan untuk membuang tanah bekas galian alat berat dump truck dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2. 14 *Dump Truck*

(Sumber : *google.com*)

2.6.5 Mixer Truck

Mixer truck adalah komponen dalam *batching plant* yang berfungsi untuk mengangkut hasil produksi *batching plant* yakni *ready mix concrete* ataupun *shotcrete* kelokasi pengecoran atau penyemprotan. Perlu diingat ada beberapa *batchig plant* yang melakukan *mixing* dilokasi dan melakukan *mixing* di perjalanan *concrete mixer truck*. Ini tergantung pada kondisi dan situasi di lapangan. *Mixer truck* yang melakukan *mixing* diperjalanan ini didalamnya diisi dengan bahan material kering dan air dan *mixing* dilakukan di *mixer bowl*. Untuk menjaga stabilitas serta tekstur beton cor yang berada dalam *mixer bowl* ini, *mixer truck* ini melakukan proses agitasi atau memutar drum yang di area dalam drum tersebut terdapat spiral pisau satu arah rotasi putaran yang berfungsi sebagai pengaduk material beton cor selama waktu transfortasi ke lokasi pengecoran (Wior, 2015).

Dalam pengangkutan beton, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan salah satunya yaitu segregasi. Untuk menghindari segregasi kita harus menyesuaikan tinggi jatuh beton saat dikeluarkan melalui *chute concrete* dan dimasukkan kedalam *mixer bowl* harus lebih kecil dari 1.5 m, kecuali jika menggunakan pipa. Faktor efisiensi alat berat *truck mixer* dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Faktor Efisiensi Alat *Mixer Truck*

Kondisi Operasi	Pemeliharaan Mesin				
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk sekali
Baik sekali	0.83	0.81	0.76	0.70	0.63
Baik	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
Sedang	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
Buruk sekali	0.53	0.50	0.47	0.42	0.32

(Sumber : Permen PUPR No 1 Tahun 2022)

Untuk menghitung produksi per jam total dari beberapa *Truck mixer* yang mengerjakan pekerjaan aktual dilapangan digunakan persamaan 2.10 berikut.

$$P = \{(60 \times Et)/Cmt\} \times M \quad 2.10$$

Dimana :

P = Produksi

Et = Efisiensi kerja *truck mixer* (Tabel 2.4)

Cmt = Waktu siklus *truck mixer*

M = Jumlah *truck mixer* yang bekerja

Untuk menghitung produktivitas *Mixer truck* berdasarkan Permen PUPR No 1 Tahun 2022 digunakan persamaan 2.11 berikut.

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{Ts} \quad 2.11$$

Dimana :

V = Kapasitas drum pencampur

Fa = Faktor efisiensi alat (Tabel 2.4)

Ts = Waktu siklus

Alat berat *truck mixer* digunakan untuk mengantar beton *ready mix* ke tempat pengecoran. Alat berat *truck mixer* dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2. 15 *Truck Mixer*

(Sumber : google.com)

2.7 Penelitian Terdahulu

Dalam menentukan keaslian penelitian ini, maka dirangkum beberapa penelitian sejenis terdahulu untuk mengetahui perbedaan yang ada dalam penelitian ini dengan penelitian – penelitian sebelumnya. Rangkuman beberapa penelitian sejenis terdahulu dijabarkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul Jurnal/Skripsi	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Ilma Fahrunnisa.	Metode Pelaksanaan, Durasi Dan Produktivitas Pengeboran Pekerjaan Pondasi <i>Bore Pile</i> Pada Proyek Pembangunan Jalan Layang Khusus Busway Kapten Tendean Blok M Ciledug Paket Trunojoyo	Mengetahui metode pelaksanaan <i>bore pile</i> , mengetahui durasi yang dibutuhkan selama pekerjaan, dan untuk mengetahui produktivitas alat berat yang digunakan selama pekerjaan pondasi <i>bore pile</i> .	Metode pelaksanaan <i>bore pile</i> dilapangan, durasi yang dibutuhkan selama pekerjaan <i>bore pile</i> , serta produktivitas alat yang digunakan pada pekerjaan pengeboran pondasi <i>bore pile</i> .

No	Nama	Judul Jurnal/Skripsi	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
2.	Taurina Jemmy Irwanto, Nurul Lia Suryani, Bernessa Veda Ramdha, Abd Rahman.	Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi <i>Bore Pile</i> Pada proyek Gedung Baru Instalasi Pelayanan Utama Rumah Sakit Dr Saiful Anwar Malang	Mendapatkan wawasan tentang fungsi dari pondasi, dapat mengenal bagaimana pengaruh tanah terhadap pondasi, dapat melihat dan mengawasi secara langsung pekerjaan struktur pondasi.	Mengetahui bahwa, metode pelaksanaan pondasi <i>bore pile</i> dilapangan sesuai dengan yang sudah direncanakan, mengetahui diameter serta kedalaman <i>bore pile</i> dan jumlah <i>bore pile</i> yang digunakan.
3.	I Wayan Jawat, Putu Panji Tresna Gita, dan I Made Satria Dharmayoga.	Kajian Metoda Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi <i>Bored Pile</i> Pada Tahap Perencanaan Pelaksanaan	Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengkaji metode pelaksanaan pondasi pada tahap perencanaan pelaksanaan.	Kegiatan proyek hendaknya menerapkan strategi terhadap metode yang terpilih agar senantiasa mempertimbangkan efisiensi dan efektifitas dari segi waktu, mutu biaya dan sehingga tujuan proyek tercapai sesuai harapan.

(Sumber : Hasil penelitian, 2022)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Umum Proyek

Data umum dari proyek Pembangunan Jalur Layang Kereta Api Medan-Binjai Paket 3 sebagai berikut :

Nama Proyek : Pembangunan Jalur Layang Kereta Api Medan-Binjai Paket 3

Lokasi Proyek : Lintas Medan-Binjai, Kota Medan dan Kabupaten Deli Serdang

Pemilik Proyek : Kementerian Perhubungan

Konsultan Pengawas : PT. Nindya Karya (per sero) dan PT. Usaha Multi Guna

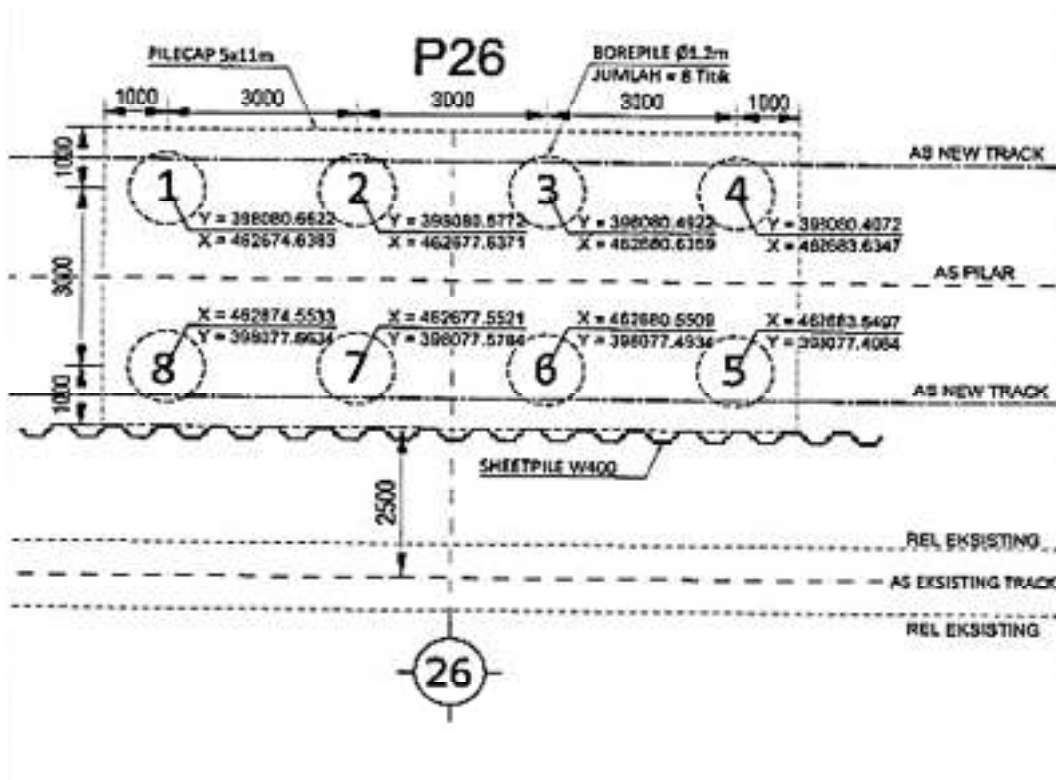
Peta lokasi tempat penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Peta lokasi proyek

(Sumber : Google Earth, 2022)

Layout titik pondasi *bore pile* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 *Layout pondasi bore pile*

(Sumber : Hasil penelitian)

3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan adalah :

1. Metode Observasi

Data yang berhubungan dengan data teknis bangunan dan pondasi diperoleh langsung dari lokasi Proyek Pembangunan Jalan Layang Kereta Api Medan-Binjai Paket 3 dengan cara pengamatan survey langsung ke lapangan.

2. Pengambilan Data

Data yang berhubungan dengan data teknis bangunan dan pondasi diperoleh langsung dari lokasi Proyek Pembangunan Jalur Layang Kereta Api Medan-Binjai Paket 3.

Adapun data yang diambil meliputi :

- a. Gambar (Denah Bangunan).
- b. Denah Pondasi dan Detail Pondasi
- c. Metode Pelaksanaan

3. Membaca Studi Kepustakaan

Membaca dan mengutip isi buku yang berhubungan dengan permasalahan yang ditinjau untuk melengkapi dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

3.2.2 Sumber Data

Adapun sumber data penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Data Primer

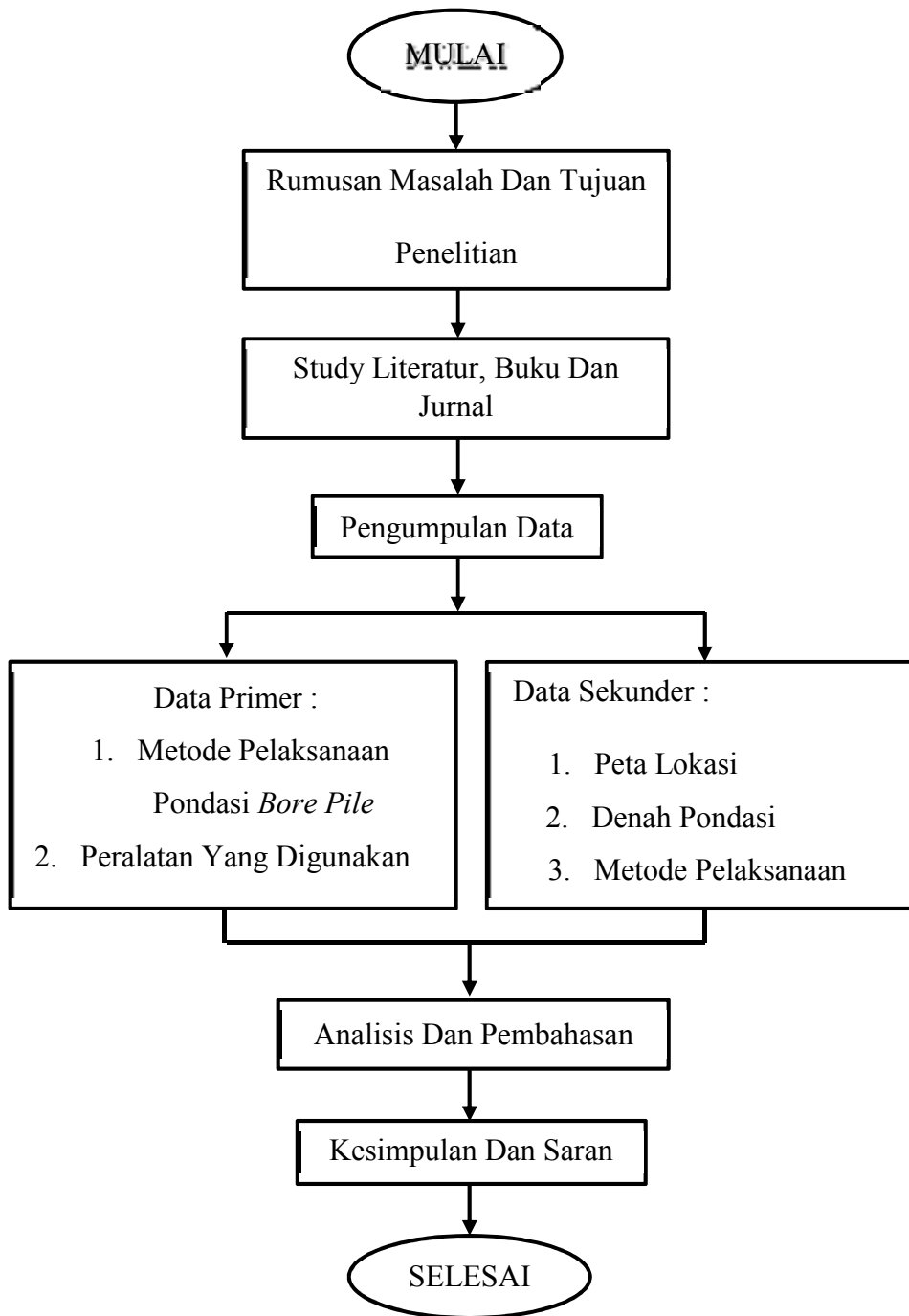
Data yang diperoleh langsung dari lapangan untuk dijadikan data dasar maupun dapat pula dijadikan pengontrol data yang sudah tersedia pada data sekunder. Data-data yang berhubungan dengan data data primer meliputi data hasil survey wawancara kepada pihak owner, kontraktor maupun konsultan.

b. Data Sekunder

Data yang diperoleh penulis berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan rencana proyek seperti deskripsi bangunan, desain bangunan, dan data-data lainnya.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Untuk memudahkan pengerjaan analisis maka dibuat *flow chart* tentang urutan hal-hal yang harus dikerjakan seperti berikut :



Gambar 3. 3 Diagram Alir

