



Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan *Diesel Hammer* Pada Pembangunan Stasiun Pompa Suplesi Proyek Peningkatan Kapasitas Saluran Tarum Barat Tahap I

Wensy N. I. Rindorindo^{#a}, Jantje B. Mangare^{#b}, Febrina P. Y. Sumanti^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^awensyrindorindo021@unsrat.ac.id, ^bmangarejantje01@gmail.com, ^cfebrina.sumanti@unsrat.ac.id

Abstrak

Pondasi tiang pancang merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang digunakan untuk menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah dengan daya dukung yang lebih baik. Salah satu metode pemancangan yang umum digunakan adalah *diesel hammer*, yang bekerja dengan prinsip gaya pukul dari beban jatuh untuk menanamkan tiang ke dalam tanah. Metode pemancangan menggunakan *diesel hammer* dipilih karena efisiensi biaya, fleksibilitas, dan efektifitas pada kondisi tanah yang tidak stabil. Pemilihan metode pelaksanaan yang tepat, terutama dalam penggunaan alat pemancangan seperti *diesel hammer*, sangat penting untuk memastikan kualitas, keamanan, dan efisiensi pekerjaan konstruksi. *Diesel hammer* dipilih sebagai alat pemancangan karena kemampuannya untuk menghasilkan energi tumbukan yang besar, sehingga cocok untuk berbagai jenis tanah, termasuk tanah keras dan padat. Penelitian ini bertujuan untuk memahami secara mendalam pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang pada proyek tersebut. Analisis mendalam terhadap perancangan dan pelaksanaan di lapangan akan memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai penerapan metode ini dalam kondisi spesifik proyek.

Kata kunci: pondasi tiang pancang, diesel hammer, metode pelaksanaan, stasiun pompa suplesi, proyek saluran induk tarum barat

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Permasalahan krisis air bersih di perkotaan, khususnya di wilayah Kab. Karawang, Kab. Bekasi, dan DKI Jakarta, telah menjadi isu yang semakin mendesak. Menanggapi isu ini, Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat (PUPR) membuat suatu proyek untuk mengatasi permasalahan ini. Proyek peningkatan kapasitas saluran tarum barat tahap 1 merupakan jawabannya. Stasiun pompa suplesi dapat beroperasi secara optimal dan berkelanjutan, dibutuhkan pondasi yang kuat dan tahan lama. Pemilihan jenis pondasi yang tepat merupakan langkah krusial dalam pembangunan stasiun pompa suplesi. Salah satu jenis pondasi yang sering digunakan adalah pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang dipilih karena kemampuannya mentransmisikan beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih keras di bawah permukaan tanah sangat baik.

Pemilihan metode pemancangan menggunakan *diesel hammer* dalam proyek konstruksi pondasi tiang pancang dapat didasarkan pada sejumlah pertimbangan teknis dan praktis. Beberapa alasan utama mengapa metode ini sering digunakan yakni efisiensi biaya, portabilitas dan fleksibilitas, sederhana dan mudah dioprasiakan, dan efektivitas pada kondisi tanah tidak stabil.

Penelitian ini akan menggali lebih dalam tentang metode pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang yang diterapkan pada pembangunan stasiun pompa suplesi proyek peningkatan

kapasitas saluran tarum barat tahap 1. Tujuan utama adalah untuk memahami bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan tersebut dirancang dan diterapkan dilapangan

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bagaimana tahapan-tahapan pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang dengan metode *diesel hammer* pada proyek ini secara detail?
- Apa saja kendala yang ditemui dan solusi yang diterapkan disetiap tahapan pelaksanaan pekerjaan pondasi?

1.3. Batasan Penelitian

Adapun pembatasan masalah yang dipakai dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

- Metode kerja yang digunakan adalah metode pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang menggunakan *diesel hammer* pembangunan stasiun pompa suplesi proyek peningkatan kapasitas saluran tarum barat tahap 1.
- Tidak menghitung kapasitas daya dukung tanah.
- Tidak menghitung kuat tarik dan kuat tekan beton tiang pancang.
- Tidak menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang.
- Tidak menghitung jarak antar tiang pancang.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah diuraikan maka yang menjadi tujuan dari penelitian ini yakni sebagai berikut :

- Untuk mendeskripsikan tahapan pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang menggunakan *diesel hammer* yang diterapkan pada Pembangunan Stasiun Pompa Suplesi pada Proyek ini.
- Menganalisis kendala serta solusi yang diterapkan disetiap tahapan pelaksanaan pekerjaan pondasi.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini terbagi menjadi 2 yakni sebagai berikut :

- Manfaat Teoritis :**
 - Pengembangan Ilmu Pengetahuan : Penelitian ini akan menambah literatur ilmiah tentang metode pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang, khususnya yang menggunakan *Diesel Hammer*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi akademisi dan peneliti lainnya yang tertarik mempelajari teknik pondasi dalam pada proyek konstruksi.
 - Pemahaman Lebih Mendalam : Penelitian ini juga dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor teknis dan non-teknis yang mempengaruhi efektivitas pelaksanaan pondasi tiang pancang dengan *Diesel Hammer*, serta dampaknya terhadap keseluruhan proyek konstruksi.
- Manfaat Praktis :**
 - Peningkatan Efisiensi Pelaksanaan Proyek : Melalui identifikasi kendala dan tantangan dalam penerapan *Diesel Hammer* pada pekerjaan pondasi tiang pancang, hasil penelitian ini dapat memberikan solusi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas metode pelaksanaan di lapangan, khususnya untuk proyek-proyek yang serupa.
 - Pedoman Bagi Praktisi Konstruksi : Penelitian ini dapat menjadi pedoman bagi kontraktor, konsultan, dan praktisi konstruksi dalam merencanakan dan melaksanakan pekerjaan pondasi tiang pancang dengan *Diesel Hammer*, sehingga dapat meminimalkan risiko kegagalan dan meningkatkan kualitas hasil pekerjaan.

2. Metodelogi Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi Pembangunan Stasiun Pompa Suplesi Proyek Peningkatan Kapasitas Saluran Tarum Barat Tahap I terletak di Desa Mulya Sejati, Kecamatan Ciampel, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat. Lokasi Penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2. Pengumpulan Data

Dengan mengumpulkan data sekunder antara lain data sondir lahan, gambar denah titik pemancangan, gambar kerja stasiun pompa, dan data spesifikasi material pondasi.

2.3. Prosedur Penelitian

- Observasi Langsung: Melakukan observasi langsung ke lokasi proyek pembangunan stasiun pompa suplesi proyek peningkatan kapasitas saluran Tarum Barat tahap 1.
- Wawancara: Melakukan wawancara mendalam dengan pengawas lapangan.
- Dokumentasi: Mengumpulkan data dokumentasi berupa gambar, video, dan dokumen proyek lainnya.

2.4. Bagan Alir



Gambar 2. Bagan Alir

3. Kajian Literatur

3.1. Manajemen Proyek

Manajemen adalah suatu ilmu pengetahuan tentang seni memimpin organisasi yang terdiri atas kegiatan perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian terhadap sumber-sumber daya yang terbatas dalam usaha mencapai tujuan dan sasaran yang efektif dan efisien. Tujuannya untuk mendapatkan metode atau cara teknis yang paling baik agar dengan sumber-sumber daya yang terbatas diperoleh hasil maksimal dalam hal ketetapan, kecepatan, penghemat dan keselamatan kerja secara komprehensif. (Manajemen Proyek, Agus B. Siswanto & M. Afif Salim. 2019).

3.2. Pondasi

Pondasi didefinisikan sebagai bagian dari struktur yang menopang berat struktur dan menyalurkan beban ke tanah atau batuan di bawahnya. Secara umum, teknik pondasi menerapkan pengetahuan geologi, mekanika tanah, mekanika batuan, dan teknik struktur untuk desain dan konstruksi fondasi untuk bangunan dan struktur lainnya. Aspek yang paling mendasar dari teknik pondasi berhubungan dengan pemilihan jenis pondasi, seperti menggunakan pondasi dangkal atau pondasi dalam. (*Foundation engineering handbook design and construction with the international building code* / Robert W. Day, 2006).

3.3. Pondasi Dalam

Pondasi dalam merupakan jenis pondasi yang dirancang untuk menopang beban bangunan secara efisien, terutama pada kondisi tanah yang lunak atau ketika beban bangunan sangat besar. Berbeda dengan pondasi dangkal yang hanya mendistribusikan beban ke lapisan tanah permukaan, pondasi dalam menembus lapisan tanah yang lebih dalam untuk mencapai lapisan tanah yang lebih keras dan lebih stabil. (Bowles, J.E. (1996). *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill).

3.4. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang (pile foundation) adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer (menyalurkan) beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Tiang pancang bentuknya panjang dan langsing yang menyalurkan beban ke tanah yang lebih dalam. Bahan utama dari tiang adalah kayu, baja (steel) dan beton. (Marcelino Kenvin Mawira, Jantje B. Mangare, Jermias Tjakra, 2019).

3.5. Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang

Menurut penelitian terdahulu oleh Marcelino Kenvin Mawira, Jantje B. Mangare, Jermias Tjakra, (2019) Tiang pancang harus dirancang, dicor dan dirawat untuk memperoleh kekuatan yang diperlukan sehingga tahan terhadap pengangkutan, penanganan, dan tekan akibat pemancangan tanpa kerusakan.

3.6. Penelitian Terdahulu

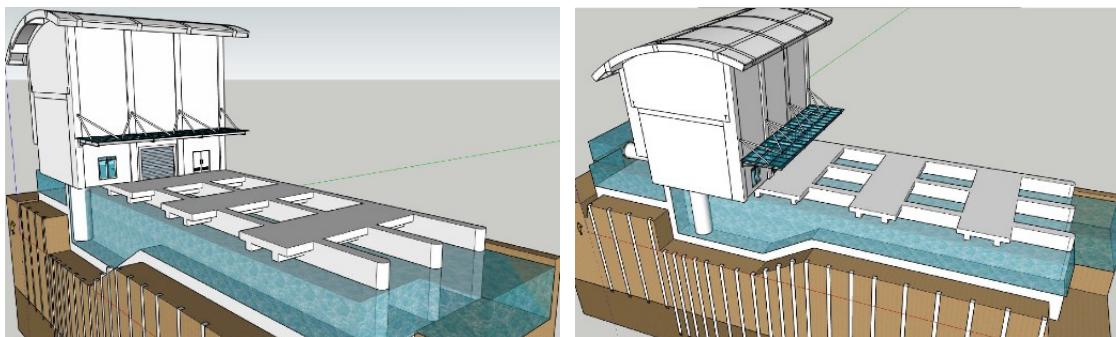
Penelitian oleh Marcelino Kenvin Mawira, Jantje B. Mangare, Jermias Tjakra dengan judul penelitian “Metode kerja pemasangan tiang pancang pada jembatan (study kasus : jembatan jambu sarang bolaang mongondow utara)”. Berikut ini penjelasan proses pemancangan tiang pancang pada jembatan yang akan dilakukan.

- a. Penyelidikan Tanah
- b. Pengalihan aliran air
- c. Penentuan titik-titik yang akan dipancang
- d. Mobilisasi tiang pancang
- e. Penerunan tiang pancang
- f. Proses pengecatan tiang pancang
- g. Mobilisasi alat pancang
- h. Penurunan alat pancang
- i. Persettingan alat pancang
- j. Pemancangan

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Gambaran umum stasiun pompa suplesi

Stasiun Pompa Suplesi adalah fasilitas yang berfungsi sebagai penghubung untuk melimpahkan aliran air ke saluran yang sudah ada, guna memastikan distribusi air yang efektif dan memadai. fasilitas ini terdiri dari pompa yang dirancang khusus untuk mengalirkan air dari sumber atau sistem yang baru ke dalam saluran utama yang telah ada.

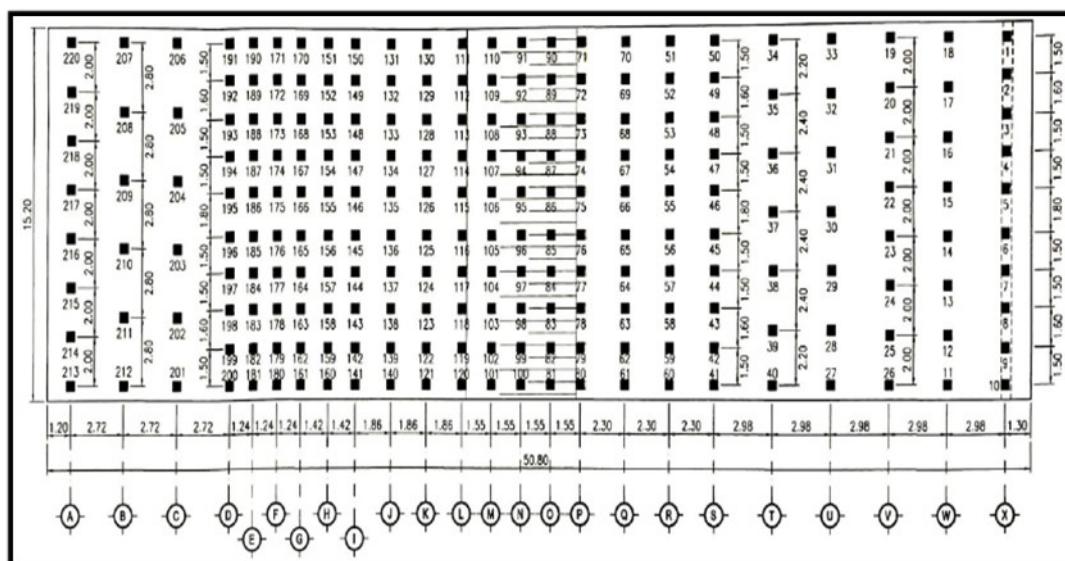


Gambar 3. Rencana Bentuk Stasiun Pompa Suplesi

4.2. Data Proyek

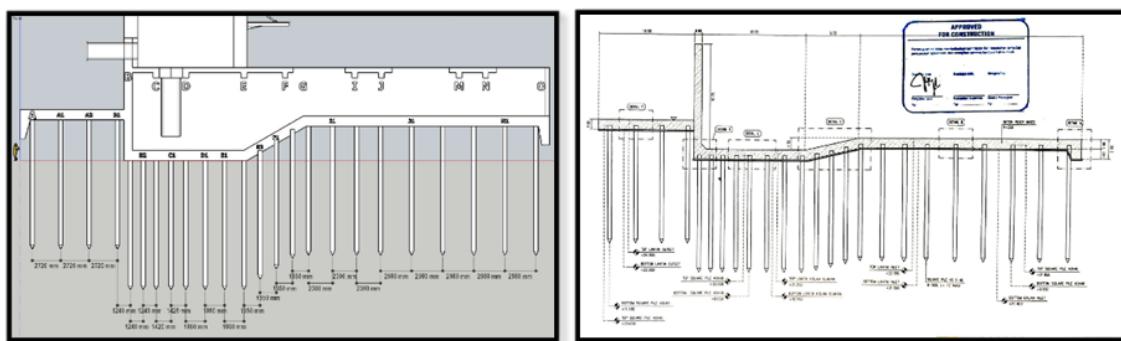
Nama Pekerjaan	: Peningkatan Kapasitas Saluran Tarum Barat Tahap I
Satuan Kerja	: SNVT Air Tanah dan Air Baku BBWS Citarum
Tanggal Kontrak	: 06 November 2023
Nilai Kontrak	: Rp. 161.472.992.304,-
Waktu Pelaksanaan	: 340 (Tiga Ratus Empat Puluh) Hari Kalender
Pelaksana	: PT. BASUKI RAHMANTA PUTRA
Konsultan pengawas	: PT. DAYA CIPTA DIAN RENCANA
	: PT. WINAGUNA SARANA TEKNIK

Gambar di bawah ini menunjukkan gambar rencana denah pemancangan yang digunakan untuk pekerjaan pondasi tiang pancang pada pembangunan stasiun pompa suplesi.



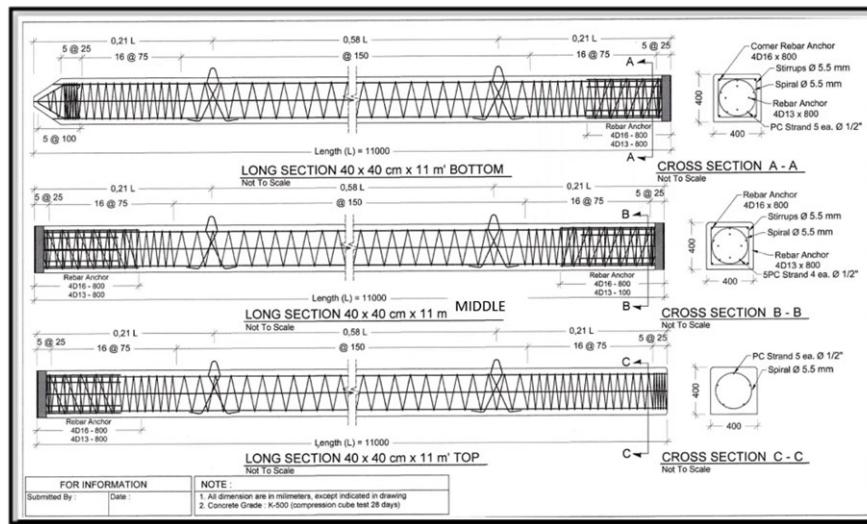
Gambar 4. Denah Titik Pemancangan

Berikut adalah detail tampak samping pemancangan yang digunakan pada Pembangunan Stasiun Pompa Suplesi Proyek Peningkatan Kapasitas Saluran Tarum Barat Tahap I.

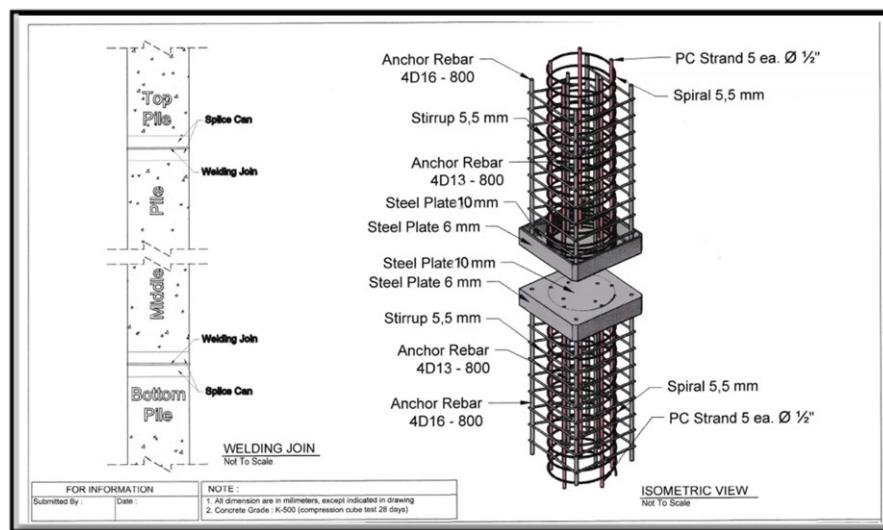


Gambar 5. Tampak Samping Pemancangan

Gambar dibawah ini adalah detail penulangan tiang pancang tipe *Square Pile* yang digunakan sebagai pondasi Stasiun Pompa Suplesi.



Gambar 6. Detail Tulangan *Square Pile*



Gambar 7. Isometric View Square Pile

4.3. Analisis Proses Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang

Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan *Diesel Hammer* Pada Pembangunan Stasiun Pompa Suplesi Proyek Peningkatan Kapasitas Saluran Tarum Barat Tahap I dibagi menjadi 2 tahapan yakni tahapan persiapan dan tahapan pemancangan.

4.3.1. Tahapan Persiapan

1) Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah adalah kegiatan untuk mengetahui daya dukung dan karakteristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui susunan lapisan tanah/sifat tanah dan kekuatan tanah disetiap lapisannya. Penyelidikan tanah dilakukan untuk menentukan jenis pondasi dan kedalamannya. Penyelidikan tanah diproyek ini menggunakan metode Sondir (CPT = *Cone Penetration Test*).



Gambar 8. Sondir Lahan Stasiun Pompa Suplesi

2) Mobilisasi Alat Penggalian

Mobilisasi alat penggalian adalah proses perjalanan alat penggalian dari lokasi awal yaitu dari garasi alat berat kontraktor yang ada di Jakarta, sampai ke tujuan akhir yaitu tempat proyek di desa mulya sejati, kecamatan ciampel, kabupaten karawang, jawa barat dengan menggunakan truk *self loader* atau truk *trailer dolly*. dan untuk alat yang dikirim berupa excavator dan dozzer.



Gambar 9. Mobilisasi Alat Penggalian

3) Penggantian Tanah Permukaan Lahan Pemancangan

Salah satu kendala pekerjaan pemancangan yakni karena lahan pembangunan stasiun pompa suplesi merupakan tanah rawa sehingga alat pemancangan yakni crane produktivitasnya akan berkurang dan nanti akan mempengaruhi efektivitas proses pemancangan, sehingga kontraktor memutuskan untuk melaksanakan penggantian tanah permukaan lahan terlebih dahulu sebelum proses pemancangan dimulai. Alasan mengapa dilaksanakan penggantian tanah permukaan yakni agar alat pemancangan dapat berdiri diatas tanah yang lebih stabil dibandingkan alat berdiri diatas tanah rawa.



Gambar 10. Penggantian Tanah Permukaan Lahan Pemancangan

4) Mobilisasi dan Penurunan Tiang Pancang

Mobilisasi tiang pancang adalah proses perjalanan tiang pancang dari lokasi awal yaitu dari pabrik *Precast* PT. Tonggak Ampuh, Jakarta selatan ke tujuan akhir yakni lokasi proyek pembangunan stasiun pompa suplesi dikabupaten karawang dengan menggunakan mobil truk tronton. Penurunan tiang pancang menggunakan alat excavator dengan mengaitkan tiang pancang dengan kawat strand kemudian excavator akan mengangkat tiang pancang dari mobil truk tronton dan diletakkan dilahan kosong yang dekat dengan lokasi rencana tempat pemancangan.



Gambar 11. Mobilisasi dan Penurunan Tiang Pancang

5) Mobilisasi dan Penurunan Alat Pancang

Mobilisasi alat pancang adalah proses perjalanan alat pancang dari lokasi awal yaitu dari garasi alat berat milik PT. BRP (kontraktor) yang ada dijakarta sampai ke tujuan akhir yaitu lokasi proyek ini dengan menggunakan mobil truk tronton dan mobil truk dolly. Dan untuk alat pancang yang dilakukan mobilisasi yaitu *Crawler crane*, *Leader*, *Diesel hammer* dan *Dolly pancang*. Setelah alat pancang sampai ke lokasi tujuan, alat pancang tersebut segera diturunkan agar supaya menghemat waktu. Untuk penurunan alat pancang seperti *diesel hammer*, *leader* serta *dolly* akan diangkat dengan menggunakan excavator dari truk dolly dan diletakkan dilokasi dekat lahan pemancangan.



Gambar 12. Mobilisasi dan Penurunan Tiang Pancang

6) Setting Alat pancang

Setelah alat pancang diturunkan ke tempat atau lahan yang akan dilakukan pemancangan tiang pancang, alat tersebut langsung di *setting* agar proses pemancangan siap dilakukan.



Gambar 13. Persettingan Alat Pancang

7) Penetuan Titik-Titik Pemancangan

Penentuan titik-titik pemancangan dilaksanakan oleh tim surveyor dengan menggunakan alat *total station*, tentunya dengan berpedoman pada perencanaan gambar kerja denah titik pemancangan. Tahapan pekerjaan ini sangat penting karena akan memastikan hasil pekerjaan sesuai dengan perencanaan.



Gambar 14. Penentuan Titik-Titik Pemancangan

4.3.2. Tahapan Pemancangan

- 1) Alat pancang yang selesai *disetting* harus didirikan atau ditaruh di titik-titik yang akan dilakukan pemancangan.



Gambar 15. Alat Pancang Di Lokasi Pemancangan

- 2) Mengangkat atau mengambil Square pile (tiang pancang) dengan menggunakan bantuan excavator untuk didekatkan ke alat pancang crane.



Gambar 16. Excavator Mendekatkan Tiang Pancang Ke Crane Pancang

- 3) Bagian top tiang pancang diikat dengan kawat crane, pastikan posisi top tiang dan bottom tiang tidak terbalik.



Gambar 17. Tiang Pancang Diikat Dengan Kawat Crane

- 4) *Diesel hammer* dan tiang pancang diangkat secara bersamaan sampai ketinggian *diesel hammer* memiliki *space* yang cukup untuk tiang pancang dapat berdiri tegak dibawahnya dengan ketinggian 12 m sesuai dengan panjang tiang pancang.



Gambar 18. Diesel hammer dan Tiang Pancang Diangkat

- 5) *Top* tiang pancang dimasukan dengan presisi ke dalam topi *diesel hammer* dan tiang pancang berdiri sejajar dengan *leader*.



Gambar 19. Kepala Tiang Pancang Masuk Presisi

- 6) *Bottom* tiang pancang diturunkan sampai menyentuh permukaan tanah sesuai titik rencana pemancangan yang telah ditentukan oleh surveyor.



Gambar 20. Kepala Tiang Pancang Masuk Presisi

- 7) Melakukan *centring* terlebih dahulu menggunakan penggaris *waterpass* untuk menentukan tegak lurusnya tiang sebelum *hammer* dioprasiakan.



Gambar 21. Centring Tiang Pancang

- 8) Pengait laba-laba akan mengangkat *hammer* lalu melepaskannya sembari operator *diesel hammer* menarik branstop sehingga *diesel hammer* dapat naik turun secara berulang-ulang.



Gambar 22. Pengoprasiian Diesel Hammer

- 9) *Diesel hammer* akan berhenti dioprasiakan sampai topi *diesel hammer* sudah hampir menyentuh permukaan tanah. Saat *diesel Hammer* diberhentikan, *diesel hammer* kemudian diangkat.



Gambar 23. Topi Diesel Hammer Hampir Menyentuh Tanah

- 10) Selanjutnya pemancangan akan dilanjutkan dengan menambahkan alat *dolly* dengan ukuran panjang 6 m untuk membantu memancangkan tiang sampai *top* tiang berada dibawah permukaan tanah untuk mengejar kedalaman lapisan yang memiliki daya dukung tanah yang optimal. *Dolly* diikat dengan kawat labrang crane kemudian diangkat sampai kepala dari *dolly* masuk kedalam topi *diesel hammer*. Setelah *dolly* telah terhubung dengan *diesel hammer* selanjutnya *top* tiang pancang dimasukan dibagian *bottom dolly*, dan setelah itu pemancangan kembali dilanjutkan.



Gambar 24. Setting Dolly Pancang

- 11) Setelah diamati laju penurunan tiang terhadap pukul *hammer* mulai melambat maka pada saat itu segera dilakukan pembacaan kalendering. Proses pembacaan kalendering dilakukan dalam 10 pukulan. Jika dari bacaan sudah bernilai 2,5 cm atau lebih kecil, maka pemancangan sudah siap dihentikan. Itu berarti tiang sudah mencapai titik lapisan tanah dengan penetrasi atau daya dukung tanah yang optimal. Tetapi jika nilai kalendering menunjukkan lebih dari 2,5 cm maka tiang pancang dipastikan belum mencapai kedalaman lapisan tanah dengan daya dukung yang optimal sehingga disarankan untuk pemancangan terus dilanjutkan.



Gambar 25. Proses Kalendering

- 12) Setelah tiang pancang dinyatakan telah mencapai lapisan tanah dengan daya dukung yang optimal, pengoprasian *diesel hammer* berhenti selanjutnya *dolly pancang* ditarik dari dalam tanah. Dan proses pemancangan ini dilakukan sampai ke titik 220.



Gambar 26. Menarik dolly pancang Keluar dari Dalam Tanah

4.4. Analisis Kendala dan Solusi Proses Pekerjaan Pondasi

Dalam proses pekerjaan pemancangan tidak dapat dipungkiri adanya kendala yang mempengaruhi proses pekerjaan baik kendala teknis maupun nonteknis. Berikut merupakan beberapa kendala yang ditemui dan solusi yang diterapkan dalam proses pelaksanaan pekerjaan tiang pancang pada pembagunan stasiun pompa suplesi :

- 1) Lahan pembangunan stasiun pompa merupakan tanah rawa yang berlumpur.
 - Solusi : Penggatian tanah permukaan dengan menggali lumpur dan melakukan penimbunan dengan tanah pilihan.
- 2) Kerusakan alat diesel hammer.
 - Solusi : Menyediakan diesel hammer cadangan dan kerusakan diesel hammer diperbaiki.
- 3) Curah hujan yang tinggi.
 - Solusi : Pekerjaan pemancangan harus diberhentikan dan akan kembali bisa dilanjutkan ketika hujan telah redah.
- 4) Kerusakan alat crawler crane.
 - Solusi : Tersedianya alat crawler crane pengganti dan perbaikan alat yang rusak.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Tahapan pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang terbagi menjadi 2 tahapan utama yakni tahapan persiapan dan tahapan pemancangan. Tahapan persiapan terdiri dari : penyelidikan tanah, mobilisasi alat penggalian, pekerjaan penggantian tanah permukaan lahan pemancangan, mobilisasi dan penurunan tiang pancang, mobilisasi dan penurunan alat pancang, setting alat pancang, dan penentuan titik-titik pemancangan. Kemudian tahapan kedua yakni pelaksanaan pemancangan. Selanjutnya dari analisis yang dilakukan mengenai kendala yang ditemui serta solusi yang diterapkan disetiap tahapan pelaksanaan pekerjaan pondasi sudah memenuhi standar sehingga dari kendala yang ada dapat diatasi dengan baik.

5.2. Saran

Sebaiknya dalam pekerjaan pemancangan tiang pancang alat yang digunakan selalu dilakukan pengecekan disetiap pagi sebelum pekerjaan dimulai, maintenance dan servis berkala agar supaya meminimalisir terjadinya kerusakan alat yang bisa mempengaruhi efektifitas waktu pekerjaan.

Referensi

- Agus B. Siswanto & M. Afif Salim. (2019). *Manajemen Proyek*.
 Austen dan Neale (1994) dalam Suyanto (2010), *Tahapan Utama Proyek*.
 Bowles, J.E & McGraw-Hill (1996). *Foundation Analysis and Design*.
 Dr. Ir. Wulfram Ervianto, (2023). *Manajemen Proyek Konstruksi*.
 Harry C. Hardiyatmo (2008), *Teknik Fondasi, Edisi ke-4*.
 Ida Ayu Putu Sri Mahapatni, 2019, *Metode Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi*.
 Jessica S. S. Kussoy, Pingkan A. K. Pratasih, Jermias Tjakra, (2023). *Metode Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Pada Proyek Pembangunan RSUD DR Sam Ratulangi Tondano*.
 Marcelino Kenvin Mawira, Jantje B. Mangare, Jermias Tjakra, (2019). *Metode kerja pemasangan tiang pancang Pada jembatan (study kasus: jembatan jambu sarang bolaang mongondow utara)*.
 Muhammad Naquib (2015). *Diesel-hammer*.
 Nina Nurdiani,2013. *Pekerjaan pondasi tiang pancang: Cara pemancangan, kendala dan teknologi terbaru*.
 Poulos, H. G., Davies, E. H., 1980, *Pile Foundation Analysis and Design*, New York.
 Poulos, H. G., Davies, E. H., 1980. *Pile Foundation Analysis And Design*.
 R. M. K. Y. (*Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2008*) *Fundamentals of Pile Driving Using Diesel Hammers*.

Robert W. Day, (2006). *Foundation engineering handbook design and construction with the international building code.*

SNI 8460:2017. *Persyaratan perancangan geoteknik*