

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Proyek Konstruksi

Ervianto dan Taufik (2023) menjelaskan bahwa proyek konstruksi merupakan kumpulan aktivitas yang dapat berlangsung secara bersamaan dan umumnya dikerjakan dalam waktu relatif singkat. Kegiatan ini memiliki ciri khas antara lain bersifat unik, memerlukan berbagai sumber daya, serta membutuhkan sistem organisasi. Rangkaian kegiatan yang saling berkaitan tersebut bertujuan untuk menghasilkan suatu bangunan atau konstruksi dengan batasan biaya, waktu, dan mutu tertentu. Menurut Adriadi dan Solihin (2021), pelaksanaan proyek konstruksi memerlukan dukungan sumber daya seperti tenaga kerja, bahan material, peralatan, metode pelaksanaan, dana, informasi, dan waktu.

Beberapa ahli juga memberikan definisi mengenai proyek konstruksi, di antaranya:

- a. Sucita (2011) mendefinisikan proyek konstruksi sebagai suatu kegiatan bersifat sementara dengan durasi terbatas, didukung alokasi sumber daya tertentu, dan diarahkan untuk menghasilkan mutu yang telah ditetapkan secara jelas.
- b. Ismail (2015) menyatakan bahwa proyek konstruksi adalah kegiatan sementara yang bertujuan menghasilkan jasa berupa karya konstruksi dengan nilai manfaat tertentu, melalui pemanfaatan sumber daya manusia, material, dan finansial secara efektif.
- c. Labombang (2011) memandang proyek konstruksi sebagai bidang yang dinamis serta mengandung risiko, yang dapat memengaruhi produktivitas, kinerja, kualitas, dan keterbatasan biaya proyek.
- d. Messah (2013) mendeskripsikan proyek konstruksi sebagai kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas dengan memanfaatkan sumber daya tertentu untuk menghasilkan bangunan atau infrastruktur.

- e. Situmorang (2015) menjelaskan bahwa proyek konstruksi adalah rangkaian kegiatan yang terkait dengan proses pembangunan suatu infrastruktur, di mana faktor ketidakpastian dan hal-hal tak terduga sering menjadi penyebab kegagalan pencapaian target proyek.

## 2.2 Manajemen Konstruksi Proyek

George R. Terry (1977) menyatakan bahwa manajemen merupakan rangkaian aktivitas umum yang mencakup proses perencanaan, pengaturan, penggerakan, dan pengawasan. Seluruh kegiatan ini bertujuan untuk memastikan tercapainya sasaran melalui pemanfaatan optimal semua sumber daya, baik manusia maupun non-manusia. Umumnya, manajemen dijalankan oleh sebuah organisasi atau tim guna meraih target tertentu dalam batas waktu yang telah ditentukan. Kegiatan operasional manajemen meliputi perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, penggerakan, serta pengendalian.

Manajemen proyek mengintegrasikan berbagai teknik untuk mengelola proyek konstruksi secara efektif dan efisien. Sistem ini bertujuan meningkatkan kinerja proyek di lapangan dengan menggabungkan pengelolaan waktu, biaya, dan kualitas. Menurut Larson (2006), proyek merupakan pekerjaan yang kompleks dan penuh tantangan, tidak mengikuti formula baku, namun harus diselesaikan sesuai batas waktu, menggunakan sumber daya yang telah dialokasikan, serta memenuhi kriteria kinerja yang telah ditentukan agar dapat memenuhi ekspektasi pelanggan.

Dipohusodo (1996) mendefinisikan manajemen sebagai usaha terpadu yang melibatkan kontribusi individu dalam organisasi untuk mempertahankan, meningkatkan, mengatur, dan melaksanakan program yang diarahkan pada tujuan tertentu secara berkesinambungan dalam jangka waktu panjang. Sedangkan proyek diartikan sebagai kegiatan terencana yang ditujukan untuk mencapai target dan sasaran penting, dengan memanfaatkan sumber daya keuangan serta aset yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam batas waktu yang telah ditetapkan.

Setiap proyek konstruksi mengandung berbagai risiko, di mana semakin besar skala perencanaan pembangunan, maka semakin tinggi pula risiko yang dihadapi. Banyaknya keputusan yang harus diambil selama pelaksanaan dapat memicu timbulnya hambatan di tengah jalannya proyek. Oleh karena itu, peran Manajemen Konstruksi (MK) menjadi sangat penting untuk mengantisipasi dan mempertimbangkan potensi masalah yang mungkin muncul.

### **2.2.1 Tujuan Manajemen Proyek**

Perencanaan yang akurat diperlukan untuk memastikan kelancaran pelaksanaan proyek serta tercapainya tujuan manajemen proyek. Dalam proses perencanaan tersebut, terdapat beberapa sasaran utama manajemen proyek menurut Handoko (1999), yaitu:

1. Tepat Anggaran (on budget), yakni penggunaan dana sesuai dengan jumlah yang telah direncanakan tanpa melebihi batas yang ditetapkan.
2. Tepat spesifikasi (on specification), yaitu pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditentukan sebelumnya.
3. Tepat waktu (on time), di mana proyek harus diselesaikan sesuai jadwal yang telah direncanakan. Keterlambatan dapat menimbulkan kerugian seperti kehilangan peluang, peningkatan biaya, dan tertundanya masuknya produk ke pasar.

### **2.3 Pengendalian Pelaksanaan Proyek**

Dalam menjalankan proyek, diperlukan pengendalian untuk memastikan kesesuaian antara pelaksanaan dan perencanaan. Perencanaan yang matang disertai pengendalian yang tepat dapat meminimalkan risiko keterlambatan jadwal yang dapat memicu pembengkakan biaya (Ervianto, 2004).

Husen (2011) menjelaskan bahwa pengendalian proyek adalah salah satu fungsi manajemen proyek yang bertujuan mengurangi penyimpangan dengan memantau kegiatan yang mempengaruhi hasil akhir. Menurut Santosa (2009), proses pengendalian proyek mencakup tiga langkah utama:

1. **Penetapan standar pekerjaan**, yang dapat meliputi anggaran biaya, spesifikasi teknis, jadwal, serta kebutuhan sumber daya. Mengevaluasi pekerjaan aktual dengan standar pekerjaan seperti pengeluaran yang telah dilakukan kemudian dibandingkan dengan spesifikasi, jadwal dan biaya yang direncanakan sebelumnya.
2. **Evaluasi pekerjaan aktual**, yakni membandingkan realisasi di lapangan, termasuk pengeluaran, dengan spesifikasi, jadwal, dan biaya yang telah direncanakan.
3. **Tindakan korektif**, yaitu melakukan perbaikan apabila ditemukan penyimpangan signifikan dari rencana, misalnya melalui revisi jadwal atau penambahan sumber daya.

### 2.3.1 Pengendalian Waktu

Pengendalian waktu merupakan proses pemeriksaan terhadap pekerjaan yang sedang berlangsung untuk memastikan kesesuaiannya dengan anggaran dan jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya. Kenaikan biaya dapat mempengaruhi durasi penyelesaian proyek, sehingga dibutuhkan laporan harian, mingguan, atau bulanan guna memantau kemajuan pekerjaan dan membandingkannya dengan jadwal yang telah dirancang (Santosa, 2009). Hasil dari evaluasi ini digunakan sebagai dasar pengambilan tindakan dalam mengatasi berbagai permasalahan selama pelaksanaan proyek. Dalam suatu proyek, sekitar 20% kegiatan difokuskan pada perencanaan, sedangkan sisanya pada pengendalian (Husen, 2011). Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengendalian jadwal antara lain (Santosa, 2009):

1. Mengidentifikasi faktor penyebab perubahan jadwal serta memastikan bahwa setiap perubahan telah mendapatkan persetujuan.
2. Menetapkan penyesuaian jadwal.
3. Melakukan tindakan apabila terdapat perbedaan antara pelaksanaan dengan rencana yang telah dibuat.

Pengendalian proyek memiliki fungsi untuk memantau dan mengawasi seluruh aktivitas agar tetap sesuai rencana, serta memberikan arahan kepada pekerja mengenai tugas yang akan dilakukan demi mencapai kinerja optimal. Dengan demikian, setiap individu mengetahui sejauh mana capaian pekerjaan. Hal ini penting mengingat proyek memiliki keterbatasan sumber daya, sehingga pengendalian menjadi aspek yang sangat krusial.

#### **2.4 Produktivitas**

Produktivitas adalah ukuran yang menggambarkan tingkat efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya untuk menghasilkan output tertentu. Hendrickson (2008) menjelaskan bahwa produktivitas dalam bidang konstruksi merupakan perbandingan antara hasil pekerjaan yang diperoleh dengan jumlah sumber daya yang digunakan, meliputi tenaga kerja, peralatan, dan material.

Pada pekerjaan pemancangan tiang pancang, produktivitas dapat dinilai melalui beberapa indikator, antara lain:

1. Jumlah tiang pancang yang berhasil dipancang setiap hari.
2. Panjang total tiang yang terpasang dalam periode waktu tertentu.
3. Waktu siklus pemancangan tiap tiang, mulai dari persiapan, proses pemancangan, hingga tahap penyelesaian.

Arditi & Mochtar (2000) menegaskan bahwa tingkat produktivitas dalam konstruksi dipengaruhi oleh efisiensi tenaga kerja, optimalisasi penggunaan alat berat, serta pengelolaan waktu kerja yang efektif.

Menurut Susy Fatena (2008), produktivitas alat berat ditentukan oleh kapasitas volume alat dan durasi siklus kerja pada setiap jenis pekerjaan. Pada *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD), produktivitas diukur berdasarkan jumlah pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam suatu periode. Secara umum, produktivitas suatu sistem dihitung dari rasio output yang dihasilkan dibandingkan total input sumber daya yang digunakan. Efisiensi pekerjaan konstruksi dapat dipengaruhi oleh lama waktu pelaksanaan, biaya tenaga kerja, metode kerja, ketersediaan material, dan peralatan (Ervianto, 2009).

Penggunaan alat berat pada proyek konstruksi, khususnya skala besar, bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan pekerjaan sehingga hasil dapat dicapai sesuai target sekaligus mempersingkat durasi pengerjaan. Efektivitas alat berat dipengaruhi oleh kemampuan alat, waktu penyelesaian satu siklus kerja, dan tingkat efisiensinya. Proses pemindahan material umumnya melibatkan serangkaian kegiatan berulang yang dilakukan secara berurutan (Rostiyanti, 2002). Adapun rumus perhitungan produktivitas alat berat adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

Keterangan:

*Output* = Kuantitas hasil pekerjaan (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)

*Input* = Jumlah Waktu

#### 2.4.1 Aspek-Aspek Dalam Produktivitas

Untuk meningkatkan produktivitas, diperlukan berbagai kegiatan yang mencakup beberapa aspek penting. Aspek-aspek tersebut mampu mendorong pekerja mencapai produktivitas yang lebih tinggi. Menurut Stefanus dan Suryotomo (2007), terdapat tiga aspek utama yang mempengaruhi produktivitas kerja, yaitu:

1. **Efektivitas**, yang mengukur sejauh mana target dapat dicapai baik dari sisi waktu maupun kualitas. Semakin tinggi persentase pencapaian sasaran, semakin tinggi pula tingkat efektivitasnya.
2. **Efisiensi**, yang membandingkan antara penggunaan input yang telah direncanakan dengan yang benar-benar digunakan dalam pelaksanaan. Efisiensi meningkat ketika penggunaan input yang sebenarnya lebih hemat dibanding perencanaan.
3. **Kualitas**, yang menunjukkan tingkat kesesuaian hasil pekerjaan dengan spesifikasi, standar, dan harapan pengguna. Kualitas merupakan bagian dari indikator produktivitas, meskipun sulit diukur secara matematis dengan rasio output terhadap input. Namun, kualitas input dan proses yang baik akan menghasilkan kualitas output yang lebih tinggi.

## 2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Lesmana dan Ratna (2015) menyebutkan lima faktor utama yang dapat memengaruhi tingkat produktivitas, yaitu:

### 1. Lingkungan (*Environment*)

Lingkungan proyek memegang peran penting dalam kelancaran pelaksanaan konstruksi karena setiap proyek pasti menimbulkan dampak terhadap area sekitarnya. Faktor-faktor seperti kerusakan bangunan sekitar, kerusakan jalan menuju lokasi, kebisingan, getaran, dan kemacetan lalu lintas dapat mengganggu pekerjaan. Oleh sebab itu, perhatian terhadap aspek lingkungan diperlukan agar produktivitas tidak terganggu dan masalah di masa mendatang dapat dihindari. Selain itu, kondisi di area proyek, seperti besarnya volume pekerjaan, kompleksitasnya, jenis tanah dan metode penanganannya, kemudahan akses, kondisi cuaca, serta faktor budaya lokal juga menjadi pertimbangan penting.

## 2. Peralatan (*Equipment*)

Alat berat memegang peran kunci dalam memperlancar pekerjaan konstruksi. Produktivitas dapat menurun drastis apabila peralatan tidak dirawat secara rutin, seperti penggantian oli mesin dan hidrolis secara terjadwal. Kerja sama antara operator dan asisten sangat dibutuhkan dalam menjaga performa alat. Usia peralatan juga berpengaruh—semakin tua alat, semakin rendah kinerjanya hingga akhirnya tidak layak digunakan.

## 3. Manajemen (*Management*)

Manajemen yang efektif mencakup perencanaan yang matang, penentuan lokasi yang strategis, serta pemantauan perkembangan proyek secara konsisten. Perencanaan yang kurang optimal, misalnya penataan site layout yang buruk, dapat mengurangi efisiensi kerja. Faktor-faktor yang berpengaruh di antaranya adalah kombinasi tenaga kerja dan peralatan, desain konstruksi yang memperhatikan aspek pelaksanaan, durasi jam kerja, pembagian shift, efisiensi peralatan, kontribusi tenaga kerja, tingkat pendidikan dan pelatihan, jumlah tim, serta peraturan lokal yang berlaku.

## 4. Material

Pengelolaan material, seperti beton siap pakai, tulangan baja, dan bahan pendukung lainnya, sangat mempengaruhi produktivitas. Kendala umum yang terjadi antara lain keterlambatan pengiriman material dan ketidaksesuaian spesifikasi. Keterlambatan ini menimbulkan waktu menganggur (*idle time*) yang menurunkan kinerja. Komunikasi yang efektif antara manajer proyek dan pemasok sangat penting untuk memastikan kelancaran suplai material.

## 5. Pekerja (*Labor*)

Tenaga kerja merupakan faktor paling berpengaruh terhadap produktivitas proyek. Pengelolaan pekerja yang efektif sangat kompleks karena melibatkan banyak variabel, seperti pemahaman prosedur kerja, kejelasan penugasan, pengalaman, usia produktif (15–60 tahun), kedisiplinan, pendidikan, latar belakang etnis, kondisi kesehatan, kemampuan memanfaatkan sumber daya, keterampilan analitis, kemampuan komunikasi, fleksibilitas, keterampilan mengoperasikan alat, serta kemampuan memprediksi dan mengambil keputusan dengan tepat.

Produktivitas pada pekerjaan pemancangan dipengaruhi oleh sejumlah faktor, baik yang berasal dari dalam maupun luar proyek. Menurut Thomas et al. (1999), terdapat beberapa aspek utama yang memengaruhi produktivitas di proyek konstruksi, yaitu:

1. **Aspek Sumber Daya Manusia**, meliputi keterampilan, pengalaman kerja, tingkat kelelahan pekerja, serta kinerja operator alat berat.
2. **Aspek Teknis**, mencakup jenis peralatan pemancangan yang dipakai (seperti drop hammer, diesel hammer, atau hydraulic hammer), metode pelaksanaan, dan kondisi peralatan.
3. **Aspek Eksternal**, meliputi keadaan tanah, faktor cuaca, serta potensi keterlambatan pasokan material.

### 2.5.1 Pengaruh Cuaca

Gould & Joyce (2009) menyatakan bahwa kondisi cuaca seperti hujan deras, tingkat kelembaban tanah yang tinggi, serta hembusan angin kencang dapat menurunkan produktivitas pekerjaan pemancangan. Hal ini disebabkan oleh potensi gangguan terhadap kestabilan peralatan pancang, yang pada akhirnya dapat memperpanjang durasi proses pemasangan.

### 2.5.2 Faktor Manajemen Proyek dan Tenaga Kerja

Horner & Duff (2001) menjelaskan bahwa efektivitas komunikasi antar anggota tim serta kualitas perencanaan yang baik dalam proyek berperan penting dalam meningkatkan produktivitas tenaga kerja. Sementara itu, Jarkas & Bitar (2012) menegaskan bahwa kurangnya keterampilan atau pelatihan pada pekerja dapat memicu kesalahan dalam pekerjaan pemancangan, yang pada gilirannya dapat menurunkan tingkat produktivitas.

### 2.6 Tiang Pancang

Menurut Bowles (1991), tiang pancang merupakan elemen konstruksi yang dapat terbuat dari kayu, baja, atau beton, dan berfungsi untuk menyalurkan beban dari permukaan ke lapisan tanah yang lebih dalam dan lebih keras. Fungsinya adalah mentransfer beban konstruksi di atasnya menuju tanah keras yang berada jauh di bawah permukaan.

Pemasangan tiang pancang biasanya dilakukan secara tegak lurus, namun pada kondisi tertentu dapat dipasang miring (*batter pile*) untuk menahan gaya horizontal. Besarnya kemiringan dipengaruhi oleh jenis peralatan yang digunakan serta kebutuhan perencanaan. Secara umum, penggunaan tiang pancang meliputi:

1. Menyalurkan beban konstruksi di atas permukaan tanah ke dalam atau melewati lapisan tanah, baik beban vertikal maupun lateral.
2. Menahan gaya guling dan gaya tekan ke atas, misalnya pada konstruksi bawah tanah di bawah muka air tanah, atau untuk menopang kaki menara agar tidak terguling.
3. Memadatkan endapan tanah tidak berkohesi melalui perpindahan material oleh tiang pancang dan getaran selama pemasangan, yang memungkinkan tiang tersebut ditarik kembali.
4. Mengendalikan penurunan atau deformasi ketika pondasi berada di tanah tepi atau lapisan berkemampatan tinggi.

5. Memberikan keamanan tambahan terhadap pergeseran pada pondasi jembatan atau pier, khususnya di area yang rawan erosi.
6. Pada konstruksi lepas pantai, digunakan untuk menyalurkan beban melalui kolom air hingga ke tanah dasar, yang dapat menerima beban vertikal dan lateral.

## **2.7 Alat Pancang**

Alat pancang memegang peran krusial dalam pembangunan pondasi, karena berfungsi menjaga stabilitas dan kekuatan struktur, khususnya pada area dengan tanah lunak atau kondisi tanah yang kurang stabil. Pemilihan jenis alat pancang harus mempertimbangkan tipe tiang pancang, karakteristik tanah, serta kebutuhan spesifik proyek.

Menurut Melati Puspitasari dan Afrizal Nursin (2021), peralatan pemancang tiang merupakan sumber daya vital dalam pekerjaan pemancangan. Dwiretnani (2008) menambahkan bahwa alat pancang adalah peralatan berat yang digunakan untuk menanamkan tiang pancang ke dalam tanah agar dapat menopang beban bangunan.

### **2.7.1 Drop Hammer**

Drop hammer merupakan alat yang terdiri dari palu berat yang ditempatkan pada ketinggian tertentu di atas tiang yang sudah diposisikan. Prinsip kerjanya adalah dengan melepaskan palu tersebut sehingga jatuh secara gravitasi dan menghantam bagian atas tiang, khususnya pada ujungnya. Untuk menjaga keutuhan tiang, titik tumbukan palu dilengkapi dengan terminal yang berfungsi menyerap serta meredam sebagian besar energi kinetik saat benturan terjadi. Umumnya, terminal terbuat dari kayu karena sifatnya yang mampu meredam dan menyalurkan energi secara efektif. Dengan sistem ini, risiko kerusakan tiang akibat benturan dapat ditekan seminimal mungkin.

### 2.7.2 Diessel Hammer

Diessel hammer dan drop hammer merupakan dua jenis alat yang bekerja dengan prinsip serupa, yaitu menggunakan palu berat yang diletakkan pada ketinggian tertentu lalu dijatuhkan secara gravitasi ke permukaan tiang. Meskipun cara kerjanya sama, keduanya memiliki perbedaan pada desain dan performa.

Kedua alat ini dapat dibedakan menjadi tipe terbuka dan tipe tertutup, berdasarkan rancangan kepala alatnya. Pada tipe terbuka, kecepatan pukulan berada di kisaran 40–55 kali per menit. Operasinya memanfaatkan berat silinder untuk menimbulkan tekanan yang mendorong udara masuk ke silinder, sehingga tercipta energi yang diperlukan untuk memancang tiang.

Sebaliknya, tipe tertutup khususnya pada diessel hammer mampu menghasilkan frekuensi pukulan yang lebih tinggi, yaitu sekitar 75–85 kali per menit. Walaupun mekanisme dasarnya tetap menjatuhkan palu berat, desain tertutup membuatnya lebih efisien dalam memanfaatkan energi, sehingga pukulan bisa dilakukan lebih cepat.

Dalam praktiknya, keberhasilan pemancangan dipengaruhi oleh kondisi tanah, kecepatan pelaksanaan, dan pengaturan peralatan yang tepat. Oleh karena itu, pemilihan antara diessel hammer dan drop hammer sebaiknya menyesuaikan dengan karakteristik proyek dan kebutuhan teknis. Pemahaman akan kelebihan dan kekurangan masing-masing akan membantu menentukan pilihan terbaik untuk kelancaran proses pemancangan tiang di proyek konstruksi.

### 2.7.3 Hydraulic Hammer

Hydraulic hammer merupakan alat pemancang yang dirancang khusus untuk pemasangan pondasi tiang baja tipe H. Untuk pondasi berbentuk lempengan baja, metode yang digunakan meliputi tahap mencengkeram, mendorong, dan menarik.

Prinsip kerjanya memanfaatkan perbedaan tekanan pada cairan hidrolik sebagai penggerak utama, yang mengatur seluruh mekanisme operasional. Tekanan pemancangan dapat mencapai hingga 140 ton, memberikan kemampuan tinggi dalam menembus tanah dengan presisi.

Keunggulan utama *hydraulic hammer* adalah kemampuannya mengurangi getaran dan kebisingan, sehingga dampak negatif terhadap pekerja, lingkungan, dan struktur di sekitar lokasi kerja menjadi lebih terkendali. Dengan teknologi hidrolik yang canggih, alat ini menawarkan proses pemancangan yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan sesuai untuk proyek yang memprioritaskan kenyamanan serta keberlanjutan.

#### **2.7.4 Vibratory Pile Driver**

*Vibratory Pile Driver* atau alat pemacu tiang vibrasi adalah peralatan yang efektif untuk pemancangan pada tanah dengan kelembaban tinggi. Keunggulannya terlihat jelas ketika kadar air tanah cukup untuk merespons getaran secara optimal. Sebaliknya, pada material pasir kering, alat ini kurang efektif karena pasir kering tidak mudah bereaksi terhadap getaran, sehingga pekerjaan menjadi lebih sulit.

Cara kerja alat ini memanfaatkan beban eksentrik yang dipasang pada beberapa palang. Saat dua batang berputar berlawanan arah, interaksi beban eksentrik menghasilkan getaran yang membantu proses pemancangan. Getaran tersebut membuat material di sekitar pondasi lebih mudah menyesuaikan diri terhadap gaya tekan.

Mekanisme ini memungkinkan *Vibratory Pile Driver* mengguncang dan melonggarkan material di sekitarnya, meningkatkan efektivitas pemancangan terutama pada tanah yang sulit dipancang dengan metode konvensional. Namun, penggunaan alat ini perlu memperhatikan dampak lingkungan dan kenyamanan pekerja.

Meskipun mampu mempercepat pekerjaan pada tanah lembab, getaran yang dihasilkan berpotensi memengaruhi struktur sekitar. Oleh karena itu, pemakaian *Vibratory Pile Driver* harus mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan lingkungan.

### **2.7.5 Hydraulic Static Pile Driver**

Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) merupakan peralatan yang bekerja dengan menekan tiang pancang ke dalam tanah menggunakan tenaga dari sistem hidrolik untuk memperoleh reaksi beban. Operasinya memanfaatkan fluida hidrolik sebagai penggerak utama. Keunggulan alat ini terletak pada kemampuannya melakukan pemancangan tanpa menghasilkan getaran maupun kebisingan. Selain itu, penggunaan HSPD memungkinkan pengukuran langsung gaya tekan pada tiang melalui pembacaan manometer. Dalam pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang dengan metode jack-in pile, terdapat beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, antara lain:

- a. Jalur akses menuju lokasi proyek minimal memiliki lebar 12 meter dan dapat dilalui truk tronton pengangkut tiang pancang dengan berat sekitar 20 ton.
- b. Lebar gerbang masuk minimal 4,5 meter untuk mempermudah mobilisasi alat pancang, crane hidrolik, serta truk.
- c. Jalur masuk harus bebas dari hambatan kabel listrik atau telepon, dengan tinggi bebas minimum 4,5 meter untuk mendukung akses alat.
- d. Apabila pemancangan dilakukan di dalam bangunan seperti gudang, tinggi bangunan minimal 9 meter, serta tersedia ruang setinggi 12 meter untuk menyesuaikan peralatan pancang.

## 2.8 Hydraulic Static Pile Driver

Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) adalah peralatan berat yang berfungsi menekan tiang pancang ke dalam tanah menggunakan tenaga hidraulik, tanpa menghasilkan getaran maupun kebisingan. Teknologi ini kerap dipilih untuk proyek yang berlokasi di area sensitif, seperti kawasan permukiman, dekat rumah sakit, atau wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi.

Menurut Rahmat (2020), metode jack-in pile yang digunakan HSPD memiliki sejumlah keunggulan, di antaranya: (i) menekan tingkat kebisingan; (ii) mengurangi polusi udara dibandingkan penggunaan diesel hammer; (iii) aman bagi bangunan di sekitarnya karena bebas getaran; (iv) mencegah terbentuknya lekukan pada pondasi sebagaimana dapat terjadi pada bored pile; serta (v) dilengkapi pressure gauge yang memungkinkan estimasi daya dukung tiang secara langsung.

Hakim dan Akbar (2018) menegaskan bahwa penggunaan HSPD dapat mempercepat serta meningkatkan efisiensi pekerjaan konstruksi dibanding metode konvensional. Hal ini juga diperkuat oleh Warsito dan Hatmoko (2016) yang menyatakan bahwa HSPD efektif digunakan di lokasi dengan keterbatasan ruang, meskipun memerlukan pemadatan permukaan tanah, operator berpengalaman, serta perencanaan jalur transportasi alat.

Tahapan pelaksanaan pemancangan tiang dengan HSPD meliputi:

- a. Menilai kondisi lokasi, memastikan permukaan tanah padat, rata, bebas sisa pondasi, dan memiliki daya dukung cukup.
- b. Memeriksa usia beton tiang, minimal 14 hari, dengan kekuatan tekan mencapai 80% dari target desain.
- c. Memastikan bobot gabungan HSPD dan beban konter setidaknya dua kali dari beban tekan rencana.
- d. Menyetel posisi alat agar horizontal sesuai indikator di kabin dan verifikasi menggunakan waterpass di chasis panjang.

- e. Mengangkat tiang pancang ke posisi dengan sling pada titik penanda khusus.
- f. Menekan tiang secara kontinu hingga mencapai beban tekan yang ditentukan.
- g. Memeriksa kelurusan vertikal tiang tiap 50 cm penekanan hingga kedalaman 2 meter dengan waterpass.
- h. Menyambung tiang menggunakan pengelasan penuh pada plat sambungan.
- i. Memastikan penyambungan sejajar dengan tiang sebelumnya.
- j. Menghentikan penekanan bila pile set mencapai 200% dari beban rencana selama 30–60 detik dan dua kali penekanan berikutnya tidak melebihi penurunan 20 mm, atau sesuai spesifikasi desain. Untuk tiang friksi, pemancangan dilakukan hingga kedalaman rencana.
- k. Memotong bagian tiang yang tersisa agar rata dengan permukaan tanah sehingga tidak mengganggu perpindahan alat.

Produktivitas HSPD menunjukkan kecepatan pemancangan dalam periode tertentu, biasanya diukur dalam meter per menit atau per jam. Faktor penentunya meliputi:

- Kondisi tanah – Tanah lunak memudahkan pemancangan, sedangkan tanah keras, berpasir, atau berbatu memerlukan tekanan dan waktu lebih besar.
- Dimensi dan material tiang – Tiang panjang memerlukan waktu lebih lama; perbedaan bahan memengaruhi tingkat kesulitan.
- Waktu siklus kerja – Termasuk tahap pengangkatan, penempatan, penekanan tiang, dan perpindahan alat.

## 2.9 Metode *Unit Completed*

Pengukuran produktivitas dapat menjadi sarana untuk mengawasi perkembangan pekerjaan dalam suatu proyek. Secara keseluruhan, pengukuran produktivitas melibatkan perbandingan antara volume hasil kerja dengan jumlah jam kerja yang diperlukan. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk melakukan evaluasi dan mencapai peningkatan berkelanjutan. Pengukuran produktivitas di lapangan ditekankan agar berjalan secara efektif dan efisien. Metode *Unit Completed* ini merupakan pilihan yang sesuai untuk menghitung produktivitas pekerjaan yang tidak terdiri dari sub pekerjaan atau yang memang memiliki sub pekerjaan yang mudah diukur dan memerlukan waktu relatif singkat untuk penyelesaiannya. Contohnya adalah pekerjaan galian.

Pada metode *unit completed* ini disimpulkan bahwa pekerjaan yang tidak memiliki sub pekerjaan atau outputnya mudah dihitung cocok menggunakan metode *unit completed*.

Maka dari itu metode ini juga cocok pada pekerjaan pemancangan, dikarenakan untuk pekerjaan pemancangan ini mudah didapat outputnya. Output dari pekerjaan pemancangan ditentukan oleh panjang tiang pancang yang ditekan, sedangkan input adalah jumlah group pemancangan dan durasi kerja dari group pemancangan tersebut. (Koentjoro dan Charendra, 2012).

Keterangan:

*Input*: Jumlah group pekerja pemancangan.

*Output*: Volume pekerjaan.

### 2.10 *Daily Productivity* (Produktivitas Harian)

Daily productivity merupakan ukuran hasil kerja harian yang dicapai oleh pekerja di lapangan. Pengukuran ini memiliki peranan penting dalam memantau dan menganalisis perubahan atau fluktuasi produktivitas dari suatu kelompok pekerja. Selain sebagai alat analisis, pengukuran daily productivity juga digunakan sebagai sarana pengendalian kinerja serta acuan dalam menentukan harga satuan tenaga kerja. Lesmana dan Ratna (2015) menjelaskan bahwa produktivitas pada dasarnya adalah rasio antara output dan input. Perhitungan daily productivity atau produktivitas harian dapat dilakukan dengan metode berikut:

$$\text{Daily Productivity} = \frac{\text{Total Output}}{\text{Total Input}}$$

Keterangan:

Total Output : Kedalaman per titik x jumlah titik

Total Input : Jam kerja per hari x jumlah alat

### 2.11 *Baseline Productivity* (Produktivitas Dasar)

Dalam proyek konstruksi, penurunan produktivitas dapat dipengaruhi oleh berbagai hambatan di lapangan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, kontraktor menetapkan produktivitas standar sebagai tolok ukur. Produktivitas standar ini dikenal sebagai *baseline productivity*, yaitu tingkat produktivitas yang dapat dicapai ketika kondisi di lapangan minim hambatan atau tanpa gangguan. *Baseline productivity* menggambarkan kondisi produktivitas optimal yang diharapkan, sehingga kontraktor berusaha membuat *daily productivity* mendekati nilai *baseline productivity* tersebut (Koentjoro & Charendra, 2012).

Sebelum menentukan *baseline productivity*, terlebih dahulu dilakukan perhitungan *daily productivity*. Proses perhitungannya meliputi:

- A. Menentukan *baseline subset* (n) dengan mengambil 10% dari total hari pengamatan.
- B. Memastikan jumlah *baseline subset* minimal 5 hari; jika hasil perhitungan kurang dari itu, gunakan 5 hari pengamatan.
- C. Memilih n hari dengan nilai output harian tertinggi dari seluruh data pengamatan.
- D. Menghitung *daily productivity* pada masing-masing hari terpilih.

Mengurutkan nilai produktivitas harian dari yang tertinggi hingga terendah. Nilai tengah dari n data produktivitas inilah yang ditetapkan sebagai *baseline productivity*.

#### **2.12 Model Coefficient, Expected Productivity, dan Disruption Index**

Menganalisis pengaruh faktor-faktor yang telah diuraikan sebelumnya bukanlah hal yang sederhana, karena banyaknya variabel yang dapat memengaruhi produktivitas harian dalam satu periode kerja.

Untuk mengatasi hal ini, digunakan metode *multiple regression* dengan variabel terikat berupa selisih antara produktivitas harian aktual dan produktivitas dasar, sedangkan variabel bebasnya adalah berbagai faktor yang terjadi di lapangan. Selisih tersebut berfungsi sebagai indikator untuk menilai adanya efek non-linear pada produktivitas.

Variabel bebas yang digunakan berbentuk data biner, di mana jika pada hari ke-n suatu faktor X terjadi, nilainya diberi angka 1, dan jika tidak terjadi, nilainya diberi angka 0. (Koentjoro & Charendra, 2012).

Adapun persamaan *multiple regression* yang digunakan sebagai berikut:

$$ADP - BP = a + \beta X_1 + \beta X_2 + \beta X_3 + \dots + \beta X_n$$

Keterangan:

- ADP = *Actual Daily Productivity*
- BP = *Baseline Productivity*
- $X_1, X_2, \dots, X_n$  = Bil. biner faktor-faktor yang diteliti di lapangan
- B = *Model Coefficient Factor*
- a = *Nilai Constant*

Model koefisien diperoleh melalui persamaan regresi, kemudian hasil koefisien tersebut digunakan untuk menghitung nilai *loss of productivity*. Dari perhitungan ini dapat ditentukan nilai *expected productivity* serta *disruption index*. Perhitungan *expected productivity* juga diperlukan untuk mengetahui tingkat produktivitas yang diharapkan ketika suatu faktor tertentu terjadi. Adapun langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Expected productivity} = \text{baseline productivity} - \text{loss productivity}$$

Indeks gangguan (*disruption index*) untuk setiap faktor ditentukan dengan membandingkan produktivitas yang diharapkan (*expected productivity*) terhadap produktivitas dasar (*baseline productivity*) pada hari terjadinya faktor tersebut. Perhitungan *expected productivity* dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

$$\text{Disruption Index} = \frac{\text{expeted productivity}}{\text{baseline productivity}}$$

### 2.13 *Loss of Productivity* dan *Workhours Lost*

Nilai *loss of productivity* diperoleh dengan cara mengalikan koefisien model (*model coefficient*) dengan angka biner yang menunjukkan keberadaan faktor pada setiap hari selama periode penelitian, mulai dari hari pertama hingga hari terakhir.

Sementara itu, *workhours lost* menggambarkan total jam kerja yang hilang akibat faktor yang muncul pada hari tertentu. Perhitungan nilainya dilakukan dengan metode berikut:

$$\text{Workhours Lost} = \frac{\text{expexted productivity}}{\text{baseline productivity}}$$

### 2.14 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi dan pembanding dalam studi ini, sekaligus untuk menghindari duplikasi kajian. Ringkasan beberapa penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut:

a. Melati Puspitasari dan Afrizal Nursin (2021)

Penelitian ini menganalisis produktivitas Hydraulic Static Pile Driver pada proyek Apartemen Apple 3 Condovilla, mengidentifikasi faktor penghambat, dan merumuskan strategi perbaikan. Penelitian dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara. Hasilnya menunjukkan produktivitas <1 pada hari ke-2 dan ke-4 akibat keterlambatan mulai, berhenti lebih awal, kerusakan alat, keterampilan pekerja, serta masalah produksi dan mobilisasi material. Perbaikan dilakukan dengan meningkatkan koordinasi, pengecekan rutin alat, dan perencanaan material yang matang.

b. Titin Listiani., et al (2022)

Studi ini mengevaluasi kinerja Hydraulic Static Pile Driver berdasarkan segmen dan titik pemancangan di Madura. Observasi lapangan menunjukkan bahwa produktivitas dipengaruhi oleh panjang segmen, diameter tiang, dan waktu pemancangan, dengan rentang produksi antara 0,48 m/menit (28,616 m/jam) hingga 1,11 m/menit (66,401 m/jam).

c. Dewo Mangngiri., et al (2022)

Penelitian di proyek Delft Apartemen Makassar ini bertujuan mengukur produktivitas Hydraulic Static Pile Driver serta dampaknya pada durasi pekerjaan. Observasi lapangan menunjukkan rata-rata produktivitas 15,732 m/jam, dengan capaian tertinggi 21,631 m/jam dan terendah 14,933 m/jam. Hasil membuktikan bahwa kinerja alat sangat berpengaruh pada lama pekerjaan pemancangan.

d. Lidya Birahmatika., et al (2022)

Studi ini menilai produktivitas pekerjaan pondasi tiang pancang di SMKN Kehutanan Pekanbaru serta membandingkannya dengan standar analisa harga satuan. Hasil observasi menunjukkan indeks lapangan 0,010–0,056, yang lebih rendah dari indeks nasional menurut PERMEN PUPR No.28/PRT/M/2016. Perbedaan ini dipengaruhi oleh cuaca, proses mobilisasi material, dan alokasi waktu.

e. Rahmat., et al (2020)

Penelitian ini mengkaji produktivitas jack in pile pada pekerjaan pemancangan konstruksi workshop, menggunakan metode survei kuesioner. Hasil menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan hanya 2 minggu, namun proyek mengalami keterlambatan 5 minggu. Hambatan utama adalah mobilisasi alat, kondisi lahan yang kurang mendukung, dan variasi jarak antar titik pemancangan.

## 2.15 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis variabel, yaitu variabel independen (bebas) dan variabel dependen (terikat), dengan uraian sebagai berikut:

### 1. Produktivitas Pemancangan Tiang Pancang

Produktivitas dihitung berdasarkan jumlah tiang pancang yang terpasang per hari, dengan data yang diperoleh dari hasil observasi langsung di lokasi proyek serta pencatatan jam kerja.

### 2. Kehilangan Jam Kerja

Kehilangan jam kerja diukur dari jumlah waktu kerja yang tidak dapat dimanfaatkan secara produktif akibat faktor tertentu. Informasi ini dikumpulkan melalui wawancara dengan pihak pelaksana dan pengamatan di lapangan.

### 3. Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Pemancangan

Faktor-faktor penentu diidentifikasi melalui kajian pustaka, wawancara dengan pekerja, serta pengamatan lapangan. Data yang dikumpulkan mencakup kondisi peralatan, situasi cuaca, dan ketersediaan material.

### 4. Faktor Penyebab Kehilangan Jam Kerja

Faktor penyebab diidentifikasi berdasarkan analisis kejadian yang mengakibatkan hilangnya jam kerja, seperti kondisi cuaca yang buruk, kerusakan peralatan, dan faktor lainnya.

**Tabel 2. 1** Tabel Variabel

Variabel	Jenis Variabel	Indikator
Tingkat Kehilangan Jam Kerja	Terikat	-Jumlah jam kerja yang hilang. -Penyebab kehilangan jam kerja.
Faktor yang Mempengaruhi Pemancangan	Bebas	-Keterampilan tenaga kerja. -Kondisi alat. -Cuaca. -Management
Faktor penyebab kehilangan jam kerja	Bebas	-Cuaca buruk. -Kerusakan alat. -Keterlambatan material.