

PRODUKTIVITAS DAN BIAYA ALAT BERAT *HYDRAULIC STATIC PILE DRIVER* PADA PEKERJAAN FONDASI TIANG PANCANG

Muhammad Reza Syahputra¹ dan Ida Farida²

¹Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Garut, Jl. Mayor Syamsu No.1 Jayaraga Garut
1911030@itg.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Garut, Jl. Mayor Syamsu No.1 Jayaraga Garut
idafarida@itg.ac.id

Masuk: 09-10-2023, revisi: 23-10-2023, diterima untuk diterbitkan: 03-11-2023

ABSTRACT

The pile foundation is a deep foundation, and can only be done with the help of heavy equipment Hydraulic Static Pile Driver or Diesel Hammer. The research location is in the Banten Islamic Center Building construction project. The selection of piling tools for the project is using Hydraulic Static Pile Driver, because the construction site is close to residential areas so that the right tools are needed for the piling process effectively and according to applicable standards. Therefore, this study aims to determine the productivity value and cost value incurred by the tool. The method used is using the Pile Driver - Hammer equation and the work unit price equation in the PUPR Ministerial Regulation No.28 of 2016. The piling work reviewed was 326 points with depths ranging from 7.5 meters to 35 meters and with a time of 25 minutes to 125 minutes. Based on variations in the use of length and dimensions of poles, the average productivity of piling is 13.98 m / hour. The results of the cost calculation based on the unit price of work for the "30×30" cm pole dimension amounted to Rp2,439,386.17 and the "25×25" cm dimension amounted to Rp2,382,736.17. As well as the total cost based on the coordinate point of the pile with variations in the use of the length and dimensions of the pile amounted to Rp2,581,897,723.00. The suggestion of this research is to conduct research with the same case for the type of Diesel Hammer tool.

Keywords: cost; Hydraulic Static Pile Driver; pile foundation; piling; productivity

ABSTRAK

Fondasi tiang pancang merupakan fondasi dalam yang hanya bisa dikerjakan dengan bantuan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* atau *Diesel Hammer*. Lokasi penelitian berada pada proyek pembangunan Gedung Banten Islamic Center. Jenis Pemilihan alat pancang untuk proyek tersebut adalah menggunakan *Hydraulic Static Pile Driver*, dikarenakan lokasi pembangunan tersebut berdekatan dengan pemukiman penduduk sehingga diperlukan alat yang tepat untuk proses pemancangan dengan efektif dan sesuai standar yang berlaku. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai produktivitas dan nilai biaya yang dikeluarkan. Metode yang digunakan yaitu menggunakan persamaan *Pile Driver – Hammer* dan persamaan harga satuan pekerjaan pada Permen PUPR No.28 tahun 2016. Pekerjaan pemancangan yang ditinjau sebanyak 326 titik dengan kedalaman mulai dari 7,5 meter sampai 35 meter serta dengan waktu selama 25 menit sampai 125 menit. Berdasarkan variasi pemakaian panjang dan dimensi tiang didapatkan rata – rata produktivitas pemancangan sebesar 13,98 m/jam. Hasil perhitungan biaya berdasarkan HSP untuk dimensi tiang 30×30 cm sebesar Rp2.439.386,17 dan dimensi 25×25 cm sebesar Rp2.382.736,17. Serta total biaya berdasarkan titik koordinat tiang pancang dengan variasi pemakaian panjang dan dimensi tiang sebesar Rp2.581.897.723,00. Adapun saran dari penelitian ini yaitu melakukan penelitian dengan kasus yang sama untuk jenis alat berat pancang yang berbeda.

Kata kunci: biaya; fondasi tiang pancang; *Hydraulic Static Pile Driver*; pemancangan; produktivitas

1. PENDAHULUAN

Fondasi tiang pancang hanya bisa dikerjakan dengan menggunakan bantuan alat berat, diantaranya menggunakan *Diesel Hammer* atau *Hydraulic Static Pile Driver*. Cara penggunaan *Diesel Hammer* adalah dengan cara memukul tiang hingga terpancang kedalam tanah, tetapi alat tersebut dapat menimbulkan kebisingan. Sedangkan cara penggunaan *Hydraulic Static Pile Driver* dengan cara menjepit dan mendorong atau memberi tekanan pada tiang hingga tiang masuk kedalam tanah, sehingga alat ini tidak menimbulkan kebisingan (Zukri, 2022).

Berdasarkan perencanaan pembangunan gedung Banten Islamic Center, alat berat yang digunakan untuk pekerjaan fondasi tiang pancang adalah *Hydraulic Static Pile Driver* tipe 120 ton. Pemilihan alat ini dikarenakan lokasi pembangunan tersebut berdekatan dengan pemukiman penduduk sehingga diperlukan alat yang tepat untuk proses pemancangan dengan efektif dan sesuai standar yang berlaku. Keefektifitasan penggunaan alat berat akan selaras dengan biaya yang dibutuhkan. Oleh sebab itu, dibutuhkan manajemen waktu dan biaya yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas pengelolaan proyek khususnya dalam pekerjaan pemancangan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui produktivitas alat dan nilai biaya yang dikeluarkan oleh alat *Hydraulic Static Pile Driver* berdasarkan harga satuan pekerjaan dan biaya per titik koordinat tiang pancang. Penelitian ini hanya dilakukan pada pekerjaan pemancangan Gedung Banten Islamic Center pada periode Juli 2022 sampai September 2022.

Manajemen proyek

Manajemen proyek adalah bidang yang mempelajari bagaimana merencanakan, mengorganisasikan, dan mengelola proyek pembangunan sehingga proyek dapat diselesaikan sesuai anggaran dan tercapai secara efisien dan efektif (Siswanto & Salim, 2019). Proyek tidak akan berjalan sesuai rencana, kualitas, waktu dan biaya tanpa adanya manajemen proyek. Tujuan dari manajemen proyek (Yusuf, 2022), antara lain:

- Agar semua rangkaian proyek selesai dengan tepat waktu, yang berarti tidak ada keterlambatan dalam penyelesaiannya.
- Biaya proyek tetap rendah, yang berarti tidak ada biaya tambahan di luar biaya proyek yang telah direncanakan sebelumnya.
- Kualitas proyek sesuai persyaratan.
- Proses proyek berjalan sesuai prosedur.

Untuk memastikan bahwa proyek dinyatakan selesai dengan tepat waktu dan sesuai terhadap biaya dan kualitas, sistem manajemen waktu akan berfokus pada seberapa baik perencanaan dan penjadwalan proyek berjalan dan memberikan pedoman khusus untuk menyelesaikan proyek dengan lebih cepat dan efektif (Widiasanti & Lenggogeni, 2013).

Perencanaan sumber daya, estimasi biaya, penganggaran, dan pengendalian biaya adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam manajemen biaya untuk memastikan bahwa proyek berjalan sesuai dengan anggaran yang telah disetujui (Rani, 2016).

Fondasi

Secara umum, fondasi didefinisikan sebagai struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah dan memikul beban bagian bangunan lain. Untuk menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban hidup, dan gaya luar seperti angin dan gempa bumi, fondasi harus dipertimbangkan. Fondasi dibagi menjadi 2 macam (Zukri, 2022), yaitu :

- Fondasi dangkal, biasanya digunakan apabila posisi tanah keras berada pada kedalaman kurang dari 3 m karena fondasi ini hanya mampu menerima beban relatif kecil dan biasanya menerima beban bangunan kecil.
- Fondasi dalam, digunakan apabila posisi tanah keras berada pada kedalaman lebih dari 3 m dan fondasi tersebut mampu menahan beban bangunan yang besar dan meneruskan beban tersebut kedalam tanah keras atau batuan yang sangat dalam. Contoh fondasi dalam adalah fondasi tiang pancang.

Jika posisi tanah keras berada sangat dalam, fondasi tiang pancang cocok digunakan untuk menopang bangunan. Selain itu, fondasi ini cocok untuk bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya guling karena beban horizontal, juga dapat mendukung bangunan dalam menahan gaya *uplift*. Proses pekerjaan fondasi tiang pancang hanya bisa dilakukan dengan bantuan alat berat diantaranya yaitu *Diesel Hammer* dan *Hydraulic Static Pile Driver*.

Hydraulic Static Pile Driver

Hydraulic Static Pile Driver adalah jenis alat pancang yang digunakan terutama di proyek yang terletak di daerah padat penduduk atau tengah kota. Alat ini bekerja menggunakan energi listrik yang dihasilkan oleh generator pembangkit yang terpisah dari rangka alat. Alat ini memiliki kemampuan untuk bergerak maju, mundur, dan menyamping, dan pengendaliannya berada di tangan operator. Alat ini memiliki lima pekerja, terdiri dari dua operator (*crane* dan *Hydraulic Static Pile Driver*), satu tukang las, dan dua pekerja yang bertanggung jawab untuk mengikat tiang pancang agar dapat ditarik oleh crane dan diposisikan pada *grip Hydraulic Static Pile Driver*. Operator *crane* bertanggung jawab untuk menyiapkan tiang pancang dari lokasi penyusunan tiang sampai tiang pancang masuk grip, sedangkan operator *Hydraulic Static Pile Driver* bertanggung jawab untuk mengikat tiang pancang. Tukang las bertugas melakukan penyambungan tiang pancang (Dwiretnani & Daulay, 2019).

Hydraulic Static Pile Driver memiliki keunggulan tidak bising, sedikit getaran, polusi yang dihasilkan sedikit, tidak menimbulkan limbah serta cocok untuk kondisi tanah lempung atau pasir. Selain itu, alat ini cocok untuk lokasi proyek yang sensitif seperti daerah padat penduduk dan tempat dengan banyak bangunan (Primaswari et al., 2022).

Pemilihan alat untuk suatu proyek pembangunan harus sesuai dengan kondisi di lapangan, agar dapat berproduksi dengan cepat dan efektif. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan alat (Sopa et al., 2014), yaitu:

- Spesifikasi alat disesuaikan dengan jenis pekerjaannya, misalnya pemindahan tanah, penggalian, produksi agregat, dan penempatan beton.
- Kondisi lapangan, seperti kondisi tanah dan keterbatasan lahan.
- Lokasi dan cuaca, suhu, dan topografi.
- Jadwal rencana pelaksanaan yang digunakan.
- Kemampuan alat untuk digunakan bersama dengan alat lain.
- Cara peralatan bergerak, termasuk mobilisasi dan demobilisasi.
- Kemampuan satu alat untuk melakukan berbagai jenis pekerjaan.

Produktivitas alat berat *Hydraulic Static Pile Driver*

Salah satu ukuran keberhasilan suatu pekerjaan adalah produktivitas. Perencanaan dan kontrol proyek konstruksi memerlukan prediksi produktivitas yang akurat, karena proyek dapat dianggap berhasil apabila diselesaikan dengan biaya dan waktu yang minimum. (Sasanti et al., 2017).

Pada penelitian ini, pemahaman tentang produktivitas dari penggunaan alat *Hydraulic Static Pile Driver* berfokus pada produktivitas konstruksi, yaitu kedalaman pemancangan dibagi waktu yang digunakan alat, dengan satuan meter/jam menggunakan persamaan *Pile Driver – Hammer* pada Permen PUPR No.28 tahun 2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum (Kementerian PUPR, 2016), tertunjuk pada Persamaan 1.

$$Q = \frac{V \times P \times Fa \times 60}{TS} \quad (1)$$

dengan Q= Produktivitas (m/jam), V= Kapasitas alat *Hydraulic Static Pile Driver* (1 titik), Fa= Faktor efisiensi alat *Hydraulic Static Pile Driver*, P= Panjang tiang tertanam (m), TS= Waktu pemancangan (menit)

Cara umum untuk menentukan efisiensi alat adalah Jika alat bekerja selama 45 menit dalam satu jam, maka efisiensi alat tersebut adalah $\frac{45}{60}$ atau 0,75. Efisiensi alat dapat juga ditentukan dengan melihat kondisi operasi alat tersebut. Selain itu, ada juga faktor – faktor yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi alat yaitu faktor alat, faktor administrator (operator), faktor material, faktor manajemen dan sifat manusia, faktor iklim serta faktor kondisi lapangan. Sebagai acuan, dapat ditinjau pada Tabel 1.

Tabel 1. Efisiensi kerja alat (Kementerian PUPR, 2016)

Kondisi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Sangat Baik	0,83	0,81	0,76	0,7	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,6
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,6	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Sangat Buruk	0,52	0,5	0,47	0,42	0,32

Pembiayaan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver*

Biaya dapat didefinisikan sebagai pengeluaran sumber ekonomi, baik yang berwujud maupun tidak berwujud, baik yang sudah terjadi atau yang akan terjadi untuk mencapai suatu tujuan. Sumber ekonomi ini dapat diukur dalam satuan uang. Selama proses konstruksi, berbagai jenis sumber daya diperlukan, termasuk tenaga kerja, material, metode, dan peralatan (Savira & Suharsono, 2013).

Analisa harga satuan pekerjaan adalah cara untuk menghitung biaya satuan pekerjaan konstruksi . Dengan menghitung biaya material, upah pekerja, dan peralatan, dikalikan dengan biaya material, dan biaya penyewaan atau pembelian peralatan. Dikalikan dengan koefisien yang telah ditentukan. Kemudian hasil perhitungan tersebut dikalikan dengan biaya ekstra yang harus kita keluarkan dalam pelaksanaan konstruksi, umumnya biaya ekstra tersebut berkisar 5% sampai 10% dari total nilai pekerjaan. sehingga didapatkan Persamaan 2, 3, 4 dan 5.

$$\text{Upah} = \text{harga satuan upah} \times \text{koefisien} \quad (2)$$

$$\text{Bahan} = \text{harga satuan bahan} \times \text{koefisien} \quad (3)$$

$$\text{Alat} = \text{harga satuan alat} \times \text{koefisien} \quad (4)$$

$$\text{Overhead \& Profit} = \text{total nilai pekerjaan} \times 10\% \quad (5)$$

Untuk mendapatkan koefisien dari upah, bahan dan peralatan dapat ditinjau pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien upah, bahan dan alat (Kementerian PUPR, 2016)

No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
1	Jam kerja efektif per hari	Tk	7,00	jam	
2	Kapasitas per-jam	V1	45,00	m/jam	Spesifikasi pabrik Pemeliharaan masih baik
3	Faktor efisien alat	Fa	0,75		
4	Waktu bongkar dan reseting alat pada posisi pancang	T1	15,00	menit	
5	Memasang tiang	T2	20,00	menit	Asumsi
6	Lain-lain	T3	8,00	menit	Asumsi
	Jumlah	Ts1	43,00	Menit	
7	Kap. Produksi/jam: $\left(\frac{V1 \times Fa \times T2}{Ts1} \right)$	Q1	15,70	m/jam	
8	Koefisien alat berat		0,0637	jam	
9	Produksi / hari: $(Tk \div Q1)$	Q1'	109,88	m ² /hari	
10	Pekerja	P	4	Orang	Asumsi
11	Tukang las	T	1	Orang	Asumsi
12	Operator alat	O	2	Orang	Asumsi
13	Koefisien pekerja: $(Tk \times P) \div Q1'$		0,2548	Jam	
14	Koefisien tukang las: $(Tk \times M) \div Q1'$		0,0637	jam	
15	Koefisien operator alat: $(Tk \times O) \div Q1'$		0,1274	Jam	
16	Tiang Pancang beton		1,03		

Setelah menghitung upah, bahan, dan peralatan, persamaan harga satuan pekerjaan (HSP) dari Permen PUPR No.28 tahun 2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum (Kementerian PUPR, 2016) digunakan untuk menjumlahkan nilai harga satuan pekerjaan. tertunjuk pada Persamaan 6.

$$\text{HSP} = \text{Upah} + \text{Bahan} + \text{Peralatan} + \text{Overhead \& Profit} \quad (6)$$

Selanjutnya untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan pertitik koordinat pada pekerjaan pemancangan menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* adalah dengan melakukan perhitungan menggunakan Persamaan 7, 8 dan 9.

$$\text{Upah} = \text{harga satuan upah} \times \text{koefisien} \times \text{waktu pemancangan} \quad (7)$$

$$\text{Bahan} = \text{harga satuan bahan} \times \text{koefisien} \times \text{kedalaman tiang tertanam} \quad (8)$$

$$\text{Alat} = \text{harga satuan alat} \times \text{koefisien} \quad (9)$$

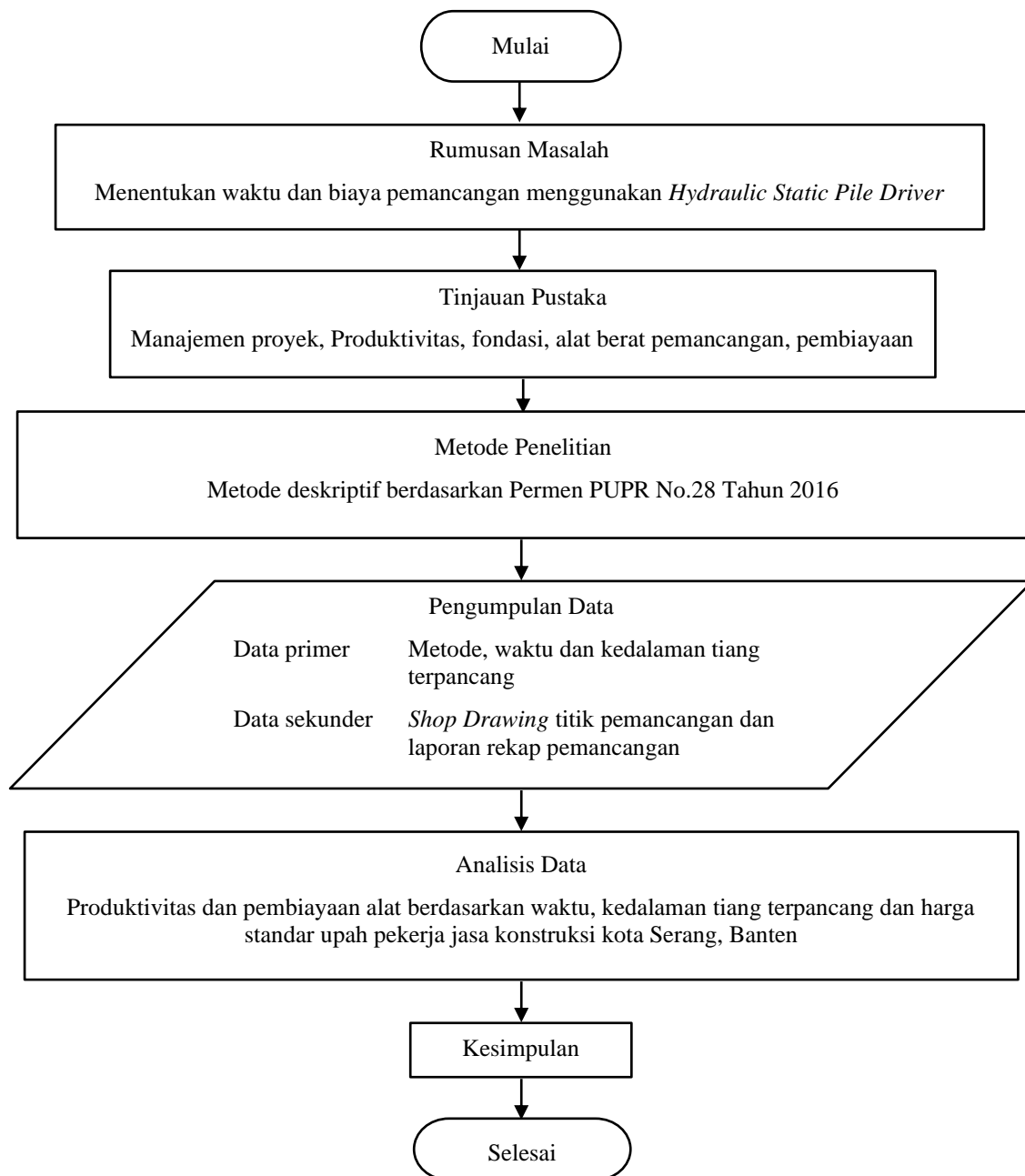
Setelah melakukan perhitungan tersebut, nilai biaya pertitik koordinat untuk pekerjaan fondasi tiang pancang dengan alat *Hydraulic Static Pile Driver* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 10.

$$\text{Biaya Pertitik Koordinat} = \text{Upah} + \text{Bahan} + \text{Peralatan} \quad (10)$$

2. METODE PENELITIAN

Bagan alir penelitian

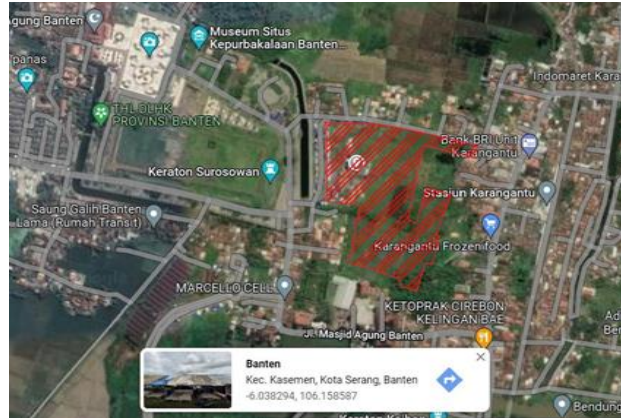
Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa proses, dapat ditinjau pada Gambar 1



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Informasi lokasi penelitian

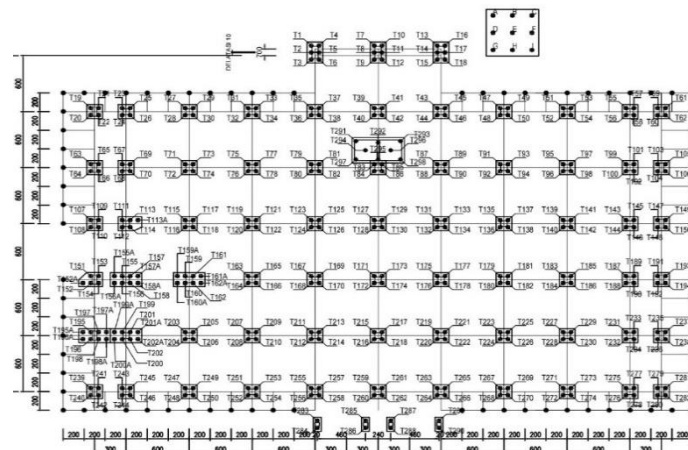
Proyek yang dijadikan lokasi penelitian adalah proyek pembangunan Gedung Banten Islamic Center yang terletak di kec. Kasemen kota Serang provinsi Banten dengan luas 6 ha. Lokasi penelitian dapat ditinjau pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi penelitian (Google maps,2023)

Proyek Pembangunan Banten Islamic Center merupakan salah satu proyek pembangunan yang dimiliki oleh DISPERKIM Provinsi Banten yang diharapkan dapat menjadi salah satu pusat penyelenggaraan kegiatan Islam di Indonesia. Pekerjaan yang ditinjau untuk dijadikan bahan penelitian adalah pekerjaan fondasi tiang pancang pada Gedung dan Towercrane menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver*, dengan jumlah titik koordinat pemancangan sebanyak 326 titik. Denah pekerjaan yang ditinjau dapat ditinjau pada Gambar 3.

Data spesifikasi teknis pekerjaan pemancangan gedung Banten Islamic Center sebagai berikut:



Gambar 3. Denah titik koordinat pemancangan

Zona pekerjaan	: Pemancangan tiang pancang
Alat berat	: <i>Hydraulic Static Pile Driver</i>
Jenis tiang	: Tiang pancang beton pracetak
Dimensi tiang	: 25×25 cm dan 30×30 cm
Mutu tiang	: K-500
Panjang tiang	: 6 meter dan 9 meter

Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan menggunakan penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang bertujuan untuk menyelesaikan rumusan masalah dengan menggunakan data secara menyeluruh, luas dan mendalam. Dengan mengacu pada Permen PUPR No.28 tahun 2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum, penulis berusaha untuk melakukan analisis tentang produktivitas dan biaya yang akan dikeluarkan oleh operator alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* pada pekerjaan fondasi tiang pancang Gedung Banten Islamic Center.

Metode pengumpulan data

Metode yang digunakan untuk memperoleh data primer dan data sekunder adalah dengan cara observasi, wawancara dan studi literatur. Didapatkanlah data berupa metode, waktu, kedalaman tiang terpancang, dan denah titik

pemancangan. Terdapat beberapa pertanyaan yang penulis ajukan kepada beberapa narasumber, dapat ditinjau pada Tabel 3.

Tabel 3. Daftar pertanyaan

No	Uraian Pertanyaan	Narasumber
1	Tipe alat <i>Hydraulic Static Pile Driver</i> yang digunakan?	Logistic & Staff
2	Dimensi dan spesifikasi tiang pancang yang dipakai?	Engineering
3	Bagaimana cara mengetahui bahwa tiang pancang telah tertanam pada kedalam tanah keras?	Supervisor
4	Cara menentukan titik koordinat pemancangan?	Surveyor
5	Bagaimana cara mengoperasikan alat <i>Hydraulic Static Pile Driver</i> ?	Operator
6	Bagaimana teknik pengangkatan tiang pancang?	Operator
7	Berapa tegangan listrik yang digunakan untuk menyambungkan tiang pancang?	Tukang Las
8	Bagaimana teknik pemotongan sisa tiang pancang?	Pekerja
9	Bagaimana cara membuat laporan rekapan pemancangan?	Site Manager

Tahapan pekerjaan pemancangan menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver*, antara lain:

- Menentukan titik koordinat tiang pancang dan membuat garis bantu untuk memudahkan alat untuk mengontrol perpindahan ke titik selanjutnya.
- Melakukan pemindahan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* ke area titik koordinat pemancangan dengan mengacu pada urutan titik yang telah di sepakati oleh suvervisor.
- Memindahkan stok tiang pancang dekat dengan area titik koordinat pemancangan dengan tujuan agar tiang pancang tidak dipindahkan berulang-ulang yang menyebabkan tiang menjadi rusak.
- Memasukan tiang pancang ke dalam grip.
- Memberikan tekanan sebesar 24Mpa kepada tiang pancang.
- Melakukan pengelasan jika tiang pancang habis sebelum menyentuh lapisan tanah keras.
- Melakukan pemotongan sisa tiang yang tidak masuk kedalam lapisan tanah keras.
- Membuat laporan rekap pemancangan

Metode analisis data

Analisis produktivitas pada penelitian ini, penulis menggunakan Persamaan 1 dari Permen PUPR No.28 tahun 2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum. Perhitungan produktivitas dilakukan dengan menggunakan satuan meter/jam.

Untuk menentukan nilai produktivitas alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* dibutuhkan nilai faktor efisiensi kerja alat. Cara yang dilakukan penulis untuk mendapatkan nilai faktor tersebut dengan cara menjumlahkan rata-rata waktu proses pemancangan untuk titik towecrane, gedung dan pitlift yang kemudian hasil penjumlahan tersebut dibagi dengan satuan jam.

Untuk menentukan biaya yang dikeluarkan oleh alat berat *Hydraulic Static Pile Driver*, penulis menganalisis data dalam *Bill Of Quantities* tentang pekerjaan pemancangan dan harga standar upah pekerja jasa konstruksi di daerah Serang, Banten tahun 2022 berdasarkan Peraturan Gubernur Banten No. 39 tahun 2021.

Untuk mengetahui harga satuan pekerjaan pemancangan menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver*, penulis melakukan perhitungan menggunakan Persamaan 6, serta untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan per titik koordinat pada pekerjaan fondasi tiang pancang menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* di proyek pembangunan Gedung Banten Islamic Center, penulis melakukan perhitungan menggunakan Persamaan 10.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produktivitas alat berat *Hydraulic Static Pile Driver*

Hasil perhitungan produktivitas setiap observasi diperoleh dari Persamaan 1, dihitung dengan analisa nilai Fa (Faktor efisiensi alat) didapatkan dengan menjumlahkan rata-rata waktu yang dihasilkan dari proses pemancangan tiang pancang untuk area *tower crane*, gedung serta *pitlift* sebagai berikut:

- Rata – rata waktu pemancangan untuk area *tower crane* selama 28,3 menit.
- Rata – rata waktu pemancangan untuk area gedung dengan kedalaman kurang dari 9 m selama 21,57 menit.
- Rata – rata waktu pemancangan untuk area gedung dengan kedalaman kurang dari 18 m selama 50,43 menit.

- d. Rata – rata waktu pemancangan untuk area gedung dengan kedalaman kurang dari 21 m selama 80,39 menit.
- e. Rata – rata waktu pemancangan untuk area gedung dengan kedalaman kurang dari 36 m selama 113, 57 menit.
- f. Rata – rata waktu pemancangan untuk area *pit lift* selama 31,87 menit.

Dengan demikian didapatkan nilai faktor efisiensi kerja alat berat *Hydraulic Static Pile Driver*, dapat ditinjau pada Persamaan 11.

$$Fa = \left(\frac{28,3 + 21,57 + 50,43 + 80,39 + 113,57 + 31,87}{6} \right) : 60 \quad (11)$$

$$Fa = \frac{54,36362793}{60}$$

$$Fa = 0,91$$

Contoh perhitungan produktivitas pada titik terdalam, dapat ditinjau pada Persamaan 1.

$$Q = \frac{V \times P \times Fa \times 60}{TS}$$

$$Q = \frac{1 \times 35 \times 0,91 \times 60}{116,25}$$

$$Q = 16,40 \text{ m/jam}$$

Selanjutnya untuk hasil perhitungan produktivitas pemancangan tiang pancang dapat ditinjau pada Tabel 4.

Tabel 4. Produktivitas pekerjaan pemancangan

Jumlah Tiang	Pemakaian Tiang (m)	Tiang Tertanam (m)	Waktu Mancang (menit)	Produktivitas (m/jam)
8	9	9,00	31,88	15,55
9	9	7,50 - 9,00	28,33	16,14
26	9	8,50 - 9,00	29,04	16,89
83	9 + 6	9,20 - 15,00	50,67	12,03
76	9 + 9	9,30 - 18,00	50,16	14,74
23	9 + 6 + 6	18,00 - 22,20	80,48	13,59
29	9 + 6 + 9	19,00 - 24,00	80,38	15,63
2	9 + 6 + 6 + 6	21,70	106	11,13
63	9 + 6 + 6 + 9	21,70 - 33,50	114,4	13,22
3	9 + 6 + 6 + 6 + 6	29,40 - 31,00	113	14,52
4	9 + 6 + 6 + 6 + 9	35,00	116,25	16,40

Didapatkan hasil perhitungan dimana rata – rata produktivitas pekerjaan fondasi tiang pancang menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* pada proyek pembangunan Gedung Banten Islamic Center berdasarkan variasi pemakaian panjang dan dimensi tiang pancang sebesar 13,98 m/jam.

Pada proses pemancangan yang diamati, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi produktivitas dari alat *Hydraulic Static Pile Driver* antara lain:

- a. Diskusi alur perpindahan alat
- b. Kerusakan pada genset
- c. Ketersediaan tiang pancang
- d. Penyusunan tiang pancang

Faktor yang sering terjadi adalah pada saat penyusunan letak tiang pancang, faktor tersebut disebabkan oleh penyimpanan persediaan tiang yang berada jauh dari titik koordinat yang akan dipancang. Faktor yang hanya terjadi 1 kali pada saat pemancangan adalah faktor kerusakan pada genset, faktor tersebut dapat menimbulkan dampak yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas alat, karena genset merupakan sumber tenaga alat berat *Hydraulic Static*

Pile Driver. Dengan demikian terdapat cara yang tepat untuk meminimalisir terjadinya faktor yang mempengaruhi produktivitas alat tersebut, diantara lain:

- Melakukan rapat, baik sebelum kegiatan pemancangan dimulai maupun setelah kegiatan pemancangan selesai.
- Melakukan pengecekan terhadap persediaan tiang.
- Melakukan pengecekan terhadap mesin alat berat.

Pembiayaan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver*

Hasil perhitungan pembiayaan harga satuan pekerjaan fondasi tiang pancang dengan menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* didapat dari Persamaan 6, dengan keterangan nilai upah didapatkan dengan Persamaan 2, nilai bahan didapatkan dengan Persamaan 3, nilai peralatan didapatkan dengan Persamaan 4 dan nilai overhead & profit didapatkan dengan Persamaan 5. Dimana harga satuan upah, bahan dan alat didapatkan pada data *Bill Of Quantities* pada pekerjaan fondasi tiang pancang serta data harga standar upah pekerja jasa konstruksi daerah Serang, Banten tahun 2022 berdasarkan Peraturan Gubernur Banten No. 39 tahun 2021. Untuk nilai koefisien upah, bahan dan alat didapatkan dengan rumus yang terdapat dari Tabel 2.

Contoh perhitungan untuk harga satuan pekerjaan fondasi tiang pancang, dapat ditinjau pada Persamaan 4.

$$\text{Alat} = \text{harga satuan alat} \times \text{koefisien}$$

$$\text{Alat} = \text{Rp}25.000.000,00 \times ((9 \times 1) \div 125,8316764)$$

$$\text{Alat} = \text{Rp}25.000.000,00 \times 0,0715241$$

$$\text{Alat} = \text{Rp}1.788.103,02$$

Untuk perhitungan HSP pemancangan tiang permeter dengan dimensi 30×30 cm dapat ditinjau pada Tabel 5.

Tabel 5. HSP pemancangan tiang 30×30 cm

No	Uraian	Harga (Rp)	Koefisien	Biaya (Rp)
1	Alat Berat	25.000.000,00	0,0715241	1.788.103,02
2	Tiang Pancang (30 x 30)	350.000,00	1,03	360.500,00
3	Operator	250.000,00	0,1430482	35.762,06
4	Pekerja	155.000,00	0,1430482	22.172,48
5	Tukang Las	155.000,00	0,0715241	11.086,24
				2.217.623,79
6	Overhead & Profit	10% Biaya	0,1	221.762,38
	Total Biaya			2.439.386,17

Selanjutnya untuk perhitungan HSP pemancangan tiang permeter dengan dimensi 25×25 cm dapat ditinjau pada Tabel 6.

Tabel 6. HSP pemancangan tiang 25×25 cm

No	Uraian	Harga (Rp)	Koefisien	Biaya (Rp)
1	Alat Berat	25.000.000,00	0,0715241	1.788.103,02
2	Tiang Pancang (25 x 25)	300.000,00	1,03	309.000,00
3	Operator	250.000,00	0,1430482	35.762,06
4	Pekerja	155.000,00	0,1430482	22.172,48
5	Tukang Las	155.000,00	0,0715241	11.086,24
				2.166.123,79
6	Overhead & Profit	10% Biaya	0,1	216.612,38
	Total Biaya			2.382.736,17

Kemudian untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan per titik koordinat pada pekerjaan pemancangan menggunakan Persamaan 10, dengan keterangan nilai upah didapatkan dengan Persamaan 7, nilai bahan didapatkan dengan Persamaan 8 dan nilai peralatan didapatkan dengan Persamaan 9.

Salah satu contoh perhitungan untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan pertitik koordinat dapat ditinjau pada Persamaan 12.

$$\text{Upah operator pertitik} = \text{upah} \times \text{koefisien} \times \text{waktu memancang} \quad (12)$$

$$\text{Upah operator pertitik} = \text{Rp}250.000,00 \times ((9 \times 2) \div 125,8316764 \times 0,43$$

$$\text{Upah operator pertitik} = \text{Rp}250.000,00 \times 0,143048241202597 \times 0,43$$

$$\text{Upah operator pertitik} = \text{Rp}15.496,89$$

Selanjutnya untuk perhitungan biaya yang dikeluarkan pertitik koordinat pada pekerjaan pemancangan menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* berdasarkan pemakaian tiang dapat ditinjau pada Tabel 7.

Tabel 7. Biaya pertitik koordinat tiang pancang

Jumlah Tiang	Pemakaian Tiang (m)	Tiang Tertanam (m)	Waktu Mancang (jam)	Biaya Alat Berat (Rp)	Biaya Bahan (Rp)	Upah Operator (Rp)	Upah Pekerja (Rp)	Upah Tukang Las (Rp)	Biaya Pertitik (Rp)
8	9	9,00	0,53	14.304.824,12	22.248.000,00	151.988,76	94.233,03	-	36.799.045,91
9	9	7,50 - 9,00	0,47	16.092.927,14	27.109.600,00	151.988,76	94.233,03	-	43.448.748,92
26	9	8,50 - 9,00	0,48	46.490.678,39	83.672.050,00	450.005,93	279.003,67	-	130.891.737,99
83	9 + 6	9,20 - 15,00	0,84	148.412.550,25	334.147.450,00	2.506.920,43	1.554.290,66	777.145,33	487.398.356,67
76	9 + 9	9,30 - 18,00	0,84	135.895.829,14	371.488.040,00	2.272.082,90	1.408.691,40	704.345,70	511.768.989,14
23	9 + 6 + 6	18,00 - 22,20	1,34	41.126.369,35	165.902.100,00	1.103.259,56	684.020,93	342.010,46	209.157.760,30
29	9 + 6 + 9	19,00 - 24,00	1,34	51.854.987,44	240.453.500,00	1.389.356,04	861.400,75	430.700,37	294.989.944,60
2	9 + 6 + 6 + 6	21,70	1,77	3.576.206,03	15.645.700,00	126.359,28	78.342,75	39.171,38	19.465.779,44
63	9 + 6 + 6 + 9	21,70 - 33,50	1,91	112.650.489,95	630.604.625,00	4.295.619,48	2.663.284,08	1.331.642,04	751.545.660,54
3	9 + 6 + 6 + 6 + 6	29,40 - 31,00	1,88	5.364.309,05	32.517.100,00	202.055,64	125.274,50	62.637,25	38.271.376,43
4	9 + 6 + 6 + 6 + 9	35,00	1,94	7.152.412,06	50.470.000,00	277.155,97	171.836,70	85.918,35	58.157.323,08

Didapatkan hasil perhitungan dimana total biaya yang harus dikeluarkan untuk pekerjaan fondasi tiang pancang dengan menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* pada proyek pembangunan Gedung Banten Islamic Center berdasarkan variasi pemakaian panjang tiang pancang dan dimensi tiang pancang adalah sebesar Rp2.581.897.723,00. Rata – rata biaya yang harus dikeluarkan pertitik koordinat pekerjaan fondasi tiang pancang adalah sebesar Rp7.919.922,46. Dengan rincian total biaya yang dikeluarkan untuk alat *Hydraulic Static Pile Driver* sebesar Rp582.921.582,90, total biaya yang dikeluarkan untuk bahan sebesar Rp1.974.258.165,00, total biaya yang dikeluarkan untuk upah 2 orang operator sebesar Rp12.926.792,73, total biaya yang dikeluarkan untuk upah 2 orang pekerja sebesar Rp8.014.611,49 dan total biaya yang dikeluarkan untuk 1 orang tukang las sebesar Rp3.773.570,88.

Pada proses perhitungan pembiayaan, terdapat faktor – faktor yang dapat mempengaruhi biaya yang dikeluarkan untuk pekerjaan pemancangan yaitu harga alat berat, harga tiang pancang, kedalaman tiang pancang yang tertanam, kerusakan alat berat, kerusakan tiang pancang, upah pekerja, waktu pemancangan. Faktor – faktor tersebut disebabkan oleh keadaan di lokasi pemancangan, kondisi alat berat, keamanan dalam penyimpanan persediaan tiang pancang, serta biaya yang telah direncanakan untuk alat berat, tiang pancang dan upah para pekerja.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang penulis lakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa rata – rata produktivitas pekerjaan pemancangan menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* pada proyek pembangunan Gedung Banten Islamic Center berdasarkan variasi pemakaian panjang dan dimensi tiang pancang sebesar 13,98 m/jam. Biaya yang harus dikeluarkan pada pekerjaan pemancangan dengan menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* berdasarkan HSP per meter untuk dimensi tiang pancang 30×30 cm sebesar Rp2.439.386,17 dan untuk dimensi tiang pancang 25×25 cm sebesar Rp2.382.736,17. Total biaya yang harus dikeluarkan pada pekerjaan pemancangan pertitik berdasarkan variasi pemakaian panjang dan dimensi tiang pancang adalah sebesar Rp2.581.897.723,00. serta rata – rata biaya yang harus dikeluarkan pada pekerjaan pemancangan pertitik koordinat pada pekerjaan fondasi tiang pancang menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* di proyek pembangunan Gedung Banten Islamic Center yaitu sebesar Rp7.919.922,46. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu melakukan penelitian mengenai produktivitas dan pembiayaan pada kasus yang sama dengan menggunakan alat berat pancang yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwiretnani, A., & Daulay, I. A. (2019). Kinerja Alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) Pada Proyek Perluasan Terminal Bandara Sultan Thaha Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, 2(2), 67. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v2i2.20>
- Kementerian PUPR Nomor 28. (2016). Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum. *Kementerian PUPR*, 122, 1–20.
- Primaswari, G., Utama, A. B., Taurano, G. A., Program, D., Teknologi, S., Jalan, K., Jembatan, D., Umum, P., Konstruksi, S. T., Gedung, B., Soedarto, J. H., & Semarang, S. T. (2022). Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver pada Proyek Pembangunan Workshop di Semarang. *ORBITH: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa Dan Sosial*, 18(1), 11–21.
- Rani, H. A. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi*. April, 99. https://www.researchgate.net/publication/316081639_Manajemen_Proyek_Konstruksi
- Sasanti, R., Saputri, M., & Putri, N. I. A. F. (2017). Perhitungan Rencana Anggaran Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pada Pembangunan Rusunawa Gunung Anyar Blok-A Surabaya. *Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1(1), 1–333.
- Savira, F., & Suharsono, Y. (2013). Biaya Konstruksi. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 01(01), 1–16.
- Siswanto, A. B., & Salim, M. A. (2019). *Manajemen proyek Manajemen proyek* (Issue November 2019).
- Sopa, R. M., Permana, S., & Farida, I. (2014). Perbandingan Biaya Dan Waktu Pemakaian Alat Berat Bulldozer Dan Excavator Dibandingkan Dengan Backhoe Loader Pada Pembangunan Peternakan Ayam Dayeuh Manggung. *Jurnal Konstruksi*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.11-1.72>
- Yusuf, M. (2022). *Analisis Produktivitas Biaya Dan Alat Hspd (Hydraulic Static Pile Driver) Pada Proyek Tank Farm Civil And Pipe Gantry For Dapl 1 + Project Dengan Metode Time Cost Trade Off di Kec. Medang Deras Kab. Batubara, Sumatera Utara (Studi Kasus)*.
- Widiasanti, I., & Lenggogeni. (2013). *Manajemen Konstruksi*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Zukri, A. N. (2022). *Analisis Produktivitas Dan Biaya Perbandingan Penggunaan Alat hydraulic Static Pile Driver(HSPD) Dengan Diesel Hammer(DH) Pada Pemancangan Tiang Pancang*. Lampung Selatan: Institut Teknologi Sumatera.

