

PRODUKTIVITAS PEMANCANGAN MENGGUNAKAN ALAT *HYDRAULIC STATIC PILE DRIVER* PADA BANGUNAN BERTINGKAT DI MADURA

Titin Listiani¹, Fabilla Razya Meiliana² dan Zetta Rasullia Kamandang³

¹Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya

²Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya

³Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya

E-mail: 19035010031@student.upnjatim.ac.id, 19035010006@student.upnjatim.ac.id, zerasullia.ts@upnjatim.ac.id.

ABSTRAK: Pembangunan bangunan bertingkat memiliki kompleksitas struktur yang harus diperhatikan dalam proses pengerjaannya. Struktur yang menjadi perhatian lebih adalah pemancangan pondasi yang memerlukan alat berat sebagai elemen penting. Alat berat untuk pemancangan yang digunakan pada proyek bangunan bertingkat di madura adalah *Hydraulic Static Pile Driver*. Untuk mengetahui kemampuan alat HSPD dalam melakukan pemancangan dilakukan perhitungan produktivitas yang terbagi menjadi produktivitas tiap segmen dan tiap titik. Pekerjaan tiap segmen terbagi menjadi *lifting, clamping, inject, welding, cutting, crushing*, dan *royong pile*. Hasil analisis pada penelitian ini diketahui bahwa produksi alat HSPD terendah adalah 0,48 m/menit atau setara 28,616 m/jam. Sementara produksi tertinggi adalah 1,11 m/menit atau setara 66,401 m/jam.

Kata Kunci: Bangunan bertingkat, Alat berat, Pemancangan, *Hydraulic Static Pile Driver*, Produktivitas

1. PENDAHULUAN

Pemerataan pembangunan yang terus dikembangkan menjadikan lokasi bangunan bertingkat tidak dikhususkan pada daerah kota besar saja namun juga di berbagai daerah termasuk kabupaten di Pulau Madura. Bangunan bertingkat memiliki ketinggian yang bervariasi bergantung pada jumlah lantai yang direncanakan. Semakin tinggi bangunan yang direncanakan berpengaruh terhadap kompleksitas strukturnya. Hal tersebut menjadi poin penting yang di pertimbangkan dalam pelaksanaan konstruksi bangunan bertingkat. Salah satu struktur yang perlu diperhatikan adalah struktur bawah yang berperan sebagai penopang dan perantara dalam meneruskan segala beban yang diterima dari struktur atas bangunan ke lapisan tanah pendukung. Struktur bawah terdiri dari pondasi dan *pile cap* yang direncanakan berdasarkan data kedalaman tanah keras.

Pada pekerjaan pondasi diperlukan berbagai elemen yang mendukung termasuk alat berat. Salah satu penggunaan alat berat pada pelaksanaan bangunan bertingkat di Madura terdapat pada pekerjaan pemancangan. Pekerjaan pemancangan merupakan pekerjaan struktur bawah yang mengawali pekerjaan lain. Ketepatan dalam pengendalian pekerjaan pemancangan diharuskan supaya pekerjaan lainnya segera terlaksana. Dalam memilih alat berat yang sesuai kebutuhan, diperlukan kecermatan agar manajemen pelaksanaan proyek tercapai dengan tepat waktu, biaya sesuai, dan mutu terjamin.

Alat berat yang digunakan dalam pekerjaan pemancangan adalah HSPD. Alat HSPD memiliki sistem kerja dengan cara menekan tiang pancang menggunakan pompa hidrolik. Selain itu, alat HSPD dilengkapi oleh mesin crane yang berfungsi pada pengangkatan tiang pancang. Alat HSPD memiliki beberapa kelebihan yaitu tidak bising, tidak menimbulkan getaran, dan pengerjaannya lebih cepat dibandingkan drop hammer. Selain itu, alat HSPD juga memiliki kelemahan yaitu rawan terjadi patah pada kaki alat, sulit untuk bergerak/melakukan perpindahan, kondisi medan harus rata, kurang mendukung pada tanah yang lembek dan sistem kerjanya sangat bergantung pada cuaca.

Analisis produktivitas alat berat menjadi sangat penting dalam pelaksanaan proyek, hal tersebut sesuai dengan produktivitas sebagai perbandingan output yang merupakan hasil produksi dan input yang mencakup komponen produksi seperti tenaga kerja, material, peralatan, dan waktu [1]. Produktivitas diperlukan tidak hanya bertujuan sebagai perencanaan proyek tetapi sebagai tolak ukur yang harus dicapai selama pelaksanaan konstruksi sehingga tim pelaksana dapat memperbaiki perencanaan apabila produktivitas pelaksanaan tidak sesuai rencana yang mempengaruhi durasi dan hal-hal lainnya [2].

Beberapa faktor dalam pelaksanaan bangunan bertingkat tersebut perlu diperhatikan sehingga analisis produktivitas menjadi suatu hal yang dirasa penting untuk mengetahui produktivitas atau kemampuan alat yang digunakan. Produktivitas alat yang diperoleh dapat menjadi informasi dalam penentuan kendala pada schedule yang direncanakan dan sebagai sumber pertimbangan dalam pengambilan keputusan ketika terjadi perubahan di lapangan.

2. METODE PENELITIAN

Metode Analisis

Pengumpulan data merupakan kegiatan utama dalam penelitian ini. Data yang didapatkan berasal dari observasi langsung di lapangan ketika pekerjaan pemancangan menggunakan alat *Hydraulic Static Pile Driver*. Data yang terkumpul juga bersumber dari wawancara langsung kepada pihak pelaksana yang bertanggung jawab.

Metode yang digunakan dalam pengolahan data adalah analisis perhitungan produktivitas dan analisis perhitungan rata-rata. Produktivitas didapatkan dari membandingkan durasi pemancangan dengan total panjang tiang pancang yang tertanam. Perhitungan rata-rata dihitung guna mendapatkan rata-rata kemampuan alat HSPD dalam melakukan pemancangan.

Bahan



Gambar 1. Tiang pancang

Pekerjaan pemancangan yang dilaksanakan menggunakan tiang pancang silinder yang berdiameter 40 cm dengan mutu K-500 (Gambar 1) untuk pondasi Area Bar pada Proyek Pembangunan Bangunan Bertingkat. Tiang pancang yang digunakan dalam penelitian ini memiliki perincian Tabel 1 dan alat yang digunakan pada Gambar 2..

Tabel 1. Perincian Tiang Pancang

Produksi	Adhimix	Wika Beton
Bottom	10 m	10,7 m
Middle	11 m	11,7 m
Upper	11 m	11,7 m



Gambar 2. Hydraulic Static Pile Driver

Pemancangan menggunakan Hydraulic Static Pile Driver memiliki spesifikasi berikut :
T.WORKS ZYC Series Hydraulic and Static Pile-driving Machine

- Model : ZYC240B-B1
- No : 201311180512
- Rated Power (kW) : 82 kW
- Rated Flow (L/min) : 321
- Maximum Travel For One Press-in (m) : 2 m
- Up and Down Travel (m) : 1 m
- Maximum Rotary Angle (°) : 15°
- Vertical Travel (m) : 3,3 m
- Horizontal Travel (m) : 0,6 m
- Side Pile Distance (m) : 0,95 m
- Rated Press in Force (kN) : 2400 kN
- Corner Pile Distance (m) : 1,9 m
- Dimensions Long : 10.3 m
- Wide : 5,9 m
- High : 20 m
- Total Weight (t) : 240 t
- Manufacture : 201311
- Maker Rainwei Engineering Machinery Company LTD, Changsha, China

3. HASIL PENELITIAN

Metode kerja alat hydraulic static pile driver

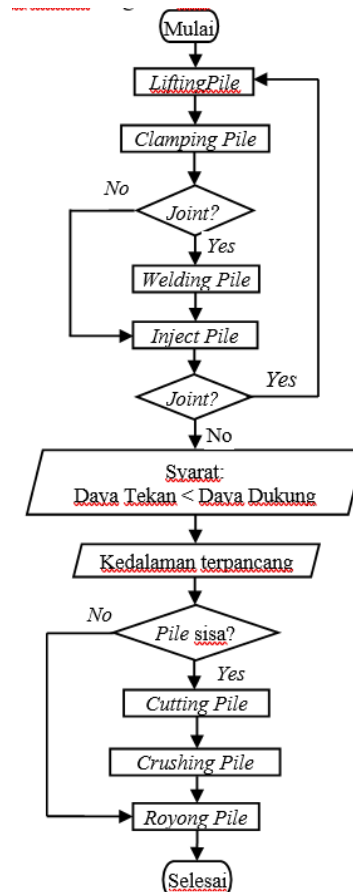
Hydraulic Static Pile Driver memiliki fungsi utama untuk melakukan pemancangan. Dalam proses pemancangan terbagi menjadi beberapa siklus pekerjaan sehingga menjadi sebuah metode pelaksanaan pemancangan.

Siklus pemancangan tersebut terdiri dari:

1. *Liftingpile* (pengangkatan dan pemindahan pancang)
2. *Clampingpile* (menjepit pancang dalam *clamping box*)

3. *Injectpile* (menekan pancang masuk ke dalam tanah)
4. *Weldingpile* (pengelasan pancang antar segmen)
5. *Cuttingpile* (pemotongan sisa pancang)
6. *Crushing pile* (penghancuran sisa pancang)
7. *Royong pile* (menekan pancang hingga menyentuh tanah keras)

Untuk memudahkan pemahaman mengenai tahapan pemancangan menggunakan alat *Hydraulic Static Pile Driver* maka dibuat diagram alir pada Gambar 3. .



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Liftingpile (pengangkatan dan pemindahan pancang)

Liftingpile (Gambar 4) menjadi siklus pertama dalam pemancangan yang memiliki fungsi untuk melakukan pengangkatan dan pemindahan pancang kedalam *clamping box* sesuai dengan titik yang sudah ditentukan oleh surveyor. Pemindahan pancang dilakukan dengan mengikat ujung tiang pancang menggunakan tali dan dikaitkan pada *crane* yang merupakan bagian dari alat HSPD.



Gambar 4. *Liftingpile*

Clampingpile (menjepit pancang dalam *clamping box*)

Clampingpile (Gambar 5) merupakan proses menjepit pancang oleh *clamping box* sebelum pancang mengalami

proses *inject*. *Clamping box* menjadi tempat berdirinya *pile cap* selama proses pemancangan berlangsung.



Gambar 5. *Clampingpile*

***Injectpile* (menekan pancang masuk ke dalam tanah)**

Injectpile (Gambar 6) merupakan proses menekan pancang hingga masuk ke dalam tanah. Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi kecepatan dan tekanan untuk menekan pancang, seperti jenis tanah, kapasitas mesin yang digunakan, operator, dan sebagainya. Proses *injectpile* selesai ketika pancang telah menemui tanah keras.



Gambar 6. *InjectPile*

***Weldingpile* (pengelasan pancang antar segmen)**

Weldingpile (Gambar 7) merupakan proses pengelasan 1 hingga 2 lapis yang berfungsi untuk menyambung tiang pancang dimana tanah kerasnya terletak jauh sehingga memerlukan lebih dari satu segmen pancang.



Gambar 7. *Weldingpile*

***Cuttingpile* (pemotongan sisa pancang)**

Apabila pancang sudah menyentuh tanah keras dan masih memiliki sisa maka dilakukan *cuttingpile* pada Gambar 8 atau pemotongan sisa pancang menggunakan alat HSPD.



Gambar 8. *Cuttingpile*

***Crushing pile* (penghancuran sisa pancang)**

Pancang yang telah terpotong melalui proses *cuttingpile* memiliki panjang sisa yang bervariasi. Sebagian sisa pancang akan dihancurkan menggunakan *clamping box* dan kemudian diangkat menggunakan *crane*.

***Royong pile* (menekan pancang hingga menyentuh tanah keras)**

Royong (Gambar 9) merupakan alat bantu yang berbentuk seperti silinder besi dan berfungsi untuk pemberat dan mendorong pancang agar lebih masuk lagi ke dalam tanah keras.



Gambar 3. *Royong pile*

Analisis data lapangan

Terdapat beberapa faktor dalam menganalisis produktivitas pekerjaan pemancangan yang dilaksanakan pada proyek tersebut, yaitu:

1. Spesifikasi alat yang digunakan, alat merupakan komponen utama dalam melaksanakan pekerjaan pemancangan.
2. Tiang pancang yang digunakan, tiang pancang merupakan objek pada pekerjaan tersebut yang berarti pentingnya ketersediaan tiang pancang yang cukup umur agar dapat melakukan pekerjaan pemancangan.
3. Jenis tanah, jenis tanah mempengaruhi pada tingkat kesulitan pekerjaan pemancangan.
4. Rencana kedalaman tanah, kedalaman tanah yang direncanakan tentunya sesuai dengan kedalaman tanah keras yang diperoleh dan menjadi sasaran dalam pekerjaan pemancangan.
5. Tenaga kerja, tenaga kerja merupakan otak pada bagian pekerjaan yang dilakukan oleh alat ataupun yang dibutuhkan oleh alat.

Data yang didapat berupa pemancangan pada 5 titik yaitu PC4-A, PC4-B, PC4-C, PC4-D, dan PC4-E. Data lapangan yang didapatkan tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Durasi Pemancangan Tiap Titik

		<i>LiftingPile</i>	<i>ClampingPile</i>	<i>WeldingPile</i>	<i>InjectPile</i>	<i>CuttingPile</i>	<i>Crushing Pile</i>	<i>Royong Pile</i>							
PC4-A	<i>Bottom (B)</i>	01:29	89	00:22	22		04:01	241							
	<i>Middle (M)</i>	01:52	112	00:22	22	00:52	52	10:21	621						
	<i>Upper (U)</i>	05:43	343	00:35	35	03:46	226	06:47	407	00:03	3	02:32	152	01:15	75
PC4-B	<i>Bottom (B)</i>	01:24	84	00:43	43		12:30	750							
	<i>Middle (M)</i>	01:50	110	00:51	51	00:51	51	07:25	445	00:00	0	00:00	0	22:25	1345
	<i>Upper (U)</i>														
PC4-C	<i>Bottom (B)</i>	02:58	178	00:33	33		08:03	483							
	<i>Middle (M)</i>	01:31	91	00:17	17	01:12	72	12:04	724						
	<i>Upper (U)</i>	02:59	179	00:19	19	03:33	213	04:08	248	00:09	9	01:23	83	06:43	403
PC4-D	<i>Bottom (B)</i>	01:50	110	00:36	36		05:44	344							
	<i>Middle (M)</i>	01:56	116	00:10	10	00:16	16	10:00	600						

	Upper (U)	03:38	218	00:27	27	00:35	35	08:45	525	00:05	5	01:35	95	00:56	56
	Bottom (B)	01:35	95	00:08	8			08:12	492						
PC4-E	Middle (M)	02:45	165	00:10	10	02:05	125	08:44	524						
	Upper (U)	06:51	411	00:45	45	03:34	214	07:28	448	00:05	5	00:37	37	00:50	50

Pekerjaan per segmen

Pekerjaan segmen yang dianalisis adalah titik **PC4-A** dengan 3 segmen yaitu segmen *bottom*, segmen *middle* dan segmen *upper*.

a. Bottom

Perhitungan produktivitas pekerjaan *liftingpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *liftingpile* memerlukan durasi 89 detik untuk segmen *bottom* dengan panjang 10 meter. Maka produktivitas pekerjaan *lifting* sebagai berikut :

Diketahui :
Durasi : 89 detik
Panjang Tiang : 10 m = 1000 cm
Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
89 detik = $\frac{1000 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan = $\frac{1000 \text{ cm}}{89 \text{ detik}}$
Produktivitas = 11,24 cm/detik = 674,2 cm/menit

Perhitungan produktivitas pekerjaan *clampingpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *clampingpile* memerlukan durasi 22 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm. Maka produktivitas pekerjaan *clampingpile* sebagai berikut :

Diketahui :
Durasi : 22 detik
Diameter Tiang : 40 cm
Keliling Tiang : $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$

Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
22 detik = $\frac{125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan = $\frac{125,664 \text{ cm}}{22 \text{ detik}}$
Produktivitas = 5,71 cm/detik = 342,7 cm/menit

Perhitungan produktivitas pekerjaan *injectpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *injectpile* untuk segmen *bottom* memerlukan durasi 241 detik dengan panjang 10 meter. Maka produktivitas pekerjaan *injectpile* sebagai berikut :

Diketahui :
Durasi : 241 detik
Panjang Tiang : 10 m = 1000 cm
Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
241 detik = $\frac{1000 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan = $\frac{1000 \text{ cm}}{241 \text{ detik}}$
Produktivitas = 4,15 cm/detik = 249 cm/menit

b. Middle

Perhitungan produktivitas pekerjaan *liftingpile*

Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *liftingpile* memerlukan durasi 112 detik untuk segmen *middle* dengan panjang 11 meter. Maka produktivitas pekerjaan *lifting* sebagai berikut :

Diketahui :
Durasi : 112 detik
Panjang Tiang : 11 m = 1100 cm
Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
112 detik = $\frac{1100 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan = $\frac{1100 \text{ cm}}{112 \text{ detik}}$
Produktivitas = 9,82 cm/detik = 589,3 cm/menit

Perhitungan produktivitas pekerjaan *clampingpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *clampingpile* memerlukan durasi 22 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm. Maka produktivitas pekerjaan *clampingpile* sebagai berikut :

Diketahui :
Durasi : 22 detik
Diameter Tiang : 40 cm
Keliling Tiang : $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$

Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
22 detik = $\frac{125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan = $\frac{125,664 \text{ cm}}{22 \text{ detik}}$
Produktivitas = 5,712 cm/detik = 342,7 cm/menit

Perhitungan produktivitas pekerjaan *weldingpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *weldingpile* memerlukan durasi 52 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm dengan pengerjaan *weldingpile* 2 lapis. Maka produktivitas pekerjaan *weldingpile* sebagai berikut :

Diketahui :
Durasi : 52 detik
Diameter Tiang : 40 cm
Keliling Tiang : $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$

Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
52 detik = $\frac{2 \times 125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan = $\frac{2 \times 125,664 \text{ cm}}{52 \text{ detik}}$
Produktivitas = 4,83 cm/detik = 290 cm/menit

Perhitungan produktivitas pekerjaan *injectpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *injectpile* untuk segmen *middle* memerlukan durasi 621 detik dengan panjang 11 meter. Maka produktivitas pekerjaan *injectpile* sebagai berikut :

Diketahui :

Durasi : 621 detik
Panjang Tiang : 11 m = 1100 cm
Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
 $621 \text{ detik} = \frac{1100 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
Produktivitas pekerjaan = $\frac{1100 \text{ cm}}{621 \text{ detik}}$
Produktivitas = 1,77 cm/detik = 106,3 cm/menit.

c. Upper

- Perhitungan produktivitas pekerjaan *liftingpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *liftingpile* memerlukan durasi 343 detik untuk segmen *upper* dengan panjang 11 meter. Maka produktivitas pekerjaan *lifting* sebagai berikut :
Diketahui :
Durasi : 343 detik
Panjang Tiang : 11 m = 1100 cm
Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
 $343 \text{ detik} = \frac{1100 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
Produktivitas pekerjaan = $\frac{1100 \text{ cm}}{343 \text{ detik}}$
Produktivitas = 2,04 cm/detik = 122,4 cm/menit
- Perhitungan produktivitas pekerjaan *clampingpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *clampingpile* memerlukan durasi 35 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm. Maka produktivitas pekerjaan *clampingpile* sebagai berikut :
Diketahui :
Durasi : 35 detik
Diameter Tiang : 40 cm
Keliling Tiang : $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$
Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
 $35 \text{ detik} = \frac{125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
Produktivitas pekerjaan = $\frac{125,664 \text{ cm}}{35 \text{ detik}}$
Produktivitas = 3,59 cm/detik = 215,4 cm/menit
- Perhitungan produktivitas pekerjaan *weldingpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *weldingpile* memerlukan durasi 226 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm dengan pengerjaan *weldingpile* 2 lapis. Maka produktivitas pekerjaan *weldingpile* sebagai berikut :
Diketahui :
Durasi : 226 detik
Diameter Tiang : 40 cm
Keliling Tiang : $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$
Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
 $226 \text{ detik} = \frac{2 \times 125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

- Perhitungan produktivitas pekerjaan *injectpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *injectpile* untuk segmen *upper* memerlukan durasi 407 detik dengan panjang tiang 11 meter dan tersisa 4 meter. Maka produktivitas pekerjaan *injectpile* sebagai berikut :
Diketahui :
Durasi : 407 detik
Panjang Tiang tertanam : 11 m - 4 m = 7 m = 700 cm
Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
 $407 \text{ detik} = \frac{700 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
Produktivitas pekerjaan = $\frac{700 \text{ cm}}{407 \text{ detik}}$
Produktivitas = 1,72 cm/detik = 103,2 cm/menit
- Perhitungan produktivitas pekerjaan *cuttingpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *cutting* memerlukan durasi 3 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm. Maka produktivitas pekerjaan *cuttingpile* sebagai berikut :
Diketahui :
Durasi : 3 detik
Diameter Tiang : 40 cm
Keliling Tiang : $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$
Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
 $3 \text{ detik} = \frac{125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
Produktivitas pekerjaan = $\frac{125,664 \text{ cm}}{3 \text{ detik}}$
Produktivitas = 41,89 cm/detik = 2513,3 cm/menit
- Perhitungan produktivitas pekerjaan *crushingpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *crushing* memerlukan durasi 152 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm. Maka produktivitas pekerjaan penghancuran *pile* sebagai berikut :
Diketahui :
Durasi : 152 detik
Diameter Tiang : 40 cm
Keliling Tiang : $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$
Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
 $152 \text{ detik} = \frac{125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$
Produktivitas pekerjaan = $\frac{125,664 \text{ cm}}{152 \text{ detik}}$
Produktivitas = 0,83 cm/detik = 49,6 cm/menit
- Perhitungan produktivitas pekerjaan *royongpile*
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *royong* pada segmen *upper* memerlukan durasi 75 detik dengan kedalaman 1 meter. Maka produktivitas pekerjaan *royong* sebagai berikut :
Diketahui :

Durasi : 75 detik
 Panjang Tiang tertanam : 1m = 100 cm

$$\text{Durasi pekerjaan} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$$

$$75 \text{ detik} = \frac{100 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$$

$$\text{Produktivitas pekerjaan} = \frac{100 \text{ cm}}{75 \text{ detik}}$$
 Produktivitas = 1,33 cm/detik = 80 cm/menit

Panjang *bottom* : 10 m
 Panjang *upper* : 11 m
 Panjang *middle* : 11 m
 Sisa panjang *middle* : 4 m
 Kedalaman tertanam : 10 + 11 + 11 - 4 = 28 m

$$\text{Durasi pekerjaan} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$$

$$26,83 \text{ menit} = \frac{28 \text{ meter}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$$

$$\text{Produktivitas pekerjaan} = \frac{28 \text{ meter}}{26,83 \text{ menit}}$$

Pekerjaan per titik

Untuk pekerjaan pertitik diperlukan durasi total seluruh pekerjaan yang berlangsung dan kedalaman total yang tertanam. Durasi total dapat diperoleh dengan menjumlahkan durasi *liftingpile*, *clampingpile*, dan *injectpile* untuk segmen *bottom*. Sedangkan segmen *middle* hanya menjumlahkan durasi *injectpile*. Untuk segmen *upper* dengan menjumlahkan durasi *inject*, *cutting*, penghancuran, dan *royong*. Hal tersebut karena pekerjaan *lifting*, *clamping*, dan *welding* untuk segmen *middle* dan *upper* berlangsung ketika pekerjaan *injectpile* berlangsung.

Diketahui :

- Durasi *liftingpile* (*bottom*) : 89 detik
- Durasi *clampingpile* (*bottom*) : 22 detik
- Durasi *injectpile* (*bottom*) : 241 detik
- Durasi *injectpile* (*middle*) : 621 detik
- Durasi *injectpile* (*upper*) : 407 detik
- Durasi *cuttingpile* (*upper*) : 3 detik
- Durasi penghancuran (*upper*) : 152 detik
- Durasi *royong* (*upper*) : 75 detik
- Durasi total : 89 + 22 + 241 + 621 + 407 + 3 + 152 + 75 = 1610 dtk = 26,83 menit

Produktivitas = 1,04 m/menit = 62,609 m/jam.

Dari kelima titik yang diamati, diperoleh produktivitas rata-rata untuk pekerjaan pemancangan pertitik sebagai berikut :

Diketahui :

P1 = 1,04 m/menit = 62,609 m/jam
 P2 = 0,48 m/menit = 28,616 m/jam
 P3 = 0,81 m/menit = 48,311 m/jam
 P4 = 1,05 m/menit = 63,219 m/jam
 P5 = 1,11 m/menit = 66,401 m/jam
 Jumlah Produktivitas $\sum Xi = 269,156 \text{ m/jam}$
 Banyak titik (n) = 5

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{269,156}{5} = 53,831 \text{ m/jam}$$

Rekapitulasi Produktivitas Pemancangan

Rekapitulasi pekerjaan pemancangan didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Rekapitulasi pekerjaan per segmen dihitung dan ditampilkan pada Tabel 3. Rekapitulasi pekerjaan per titik dihitung dan ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Pekerjaan Pemancangan Per Segmen

No	Nama Titik	Segmen	Siklus Sub-Pekerjaan																	
			Panjang	SisaTiang Pancang	Panjang Tertanam	Keliling Pile	Lifting Pile		Clamping Pile		Welding Pile		Inject Pile		Cutting Pile		Crushing Pile		Royong Pile	
							t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
							detik	m/menit	detik	m/menit	detik	m/menit	detik	m/menit	detik	m/menit	detik	m/menit	detik	m/menit
1	PC4-A	B	1000	0	1000	125.664	89	674.2	22	342.7			241	249.0						
		M	1100	0	1100	125.664	112	589.3	22	342.7	52	290.0	621	106.3						
		U	1100	400	700	125.664	343	122.4	35	215.4	226	66.7	407	103.2	3	2513.3	152	49.6	75	80.0
2	PC4-B	B	1000	0	1000	125.664	84	714.3	43	175.3			750	80.0						
		M	1170	50	1120	125.664	110	610.9	51	147.8	51	295.7	445	151.0	0	0	0	0	1345	4.461
		U																		
3	PC4-C	B	1000	0	1000	125.664	178	337.1	33	228.5			483	124.2						
		M	1100	0	1100	125.664	91	725.3	17	443.5	72	209.4	724	91.2						
		U	1100	300	800	125.664	179	268.2	19	396.8	213	70.8	248	193.5	9	837.8	83	90.8	403	14.9
4	PC4-D	B	1070	0	1070	125.664	110	583.6	36	209.4			344	186.6						
		M	1170	0	1170	125.664	116	605.2	10	754.0	16	942.5	600	117.0						
		U	1170	300	870	125.664	218	239.4	27	279.3	35	430.8	525	99.4	5	1508.0	95	79.4	56	107.1
5	PC4-E	B	1070	0	1070	125.664	95	675.8	8	942.5			492	130.5						
		M	1170	0	1170	125.664	165	425.5	10	754.0	125	120.6	524	134.0						
		U	1170	350	820	125.664	411	119.7	45	167.6	214	70.5	448	109.8	5	1508.0	37	203.8	50	120.0
Rata-rata produktivitas tiap siklus sub-pekerjaan							447.9	385.7	277.5	134.0	1273	85	65							

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Pekerjaan Pemancangan Per Titik

N o Titik	Nama Titik	Segmen	LiftingPile	ClampingPile	WeldingPile	InjectPile	CuttingPile	Crushing Pile	Royong Pile	Durasi Total	Durasi detik	Produktivitas m/mn	Produktivitas m/jam
-----------	------------	--------	-------------	--------------	-------------	------------	-------------	---------------	-------------	--------------	--------------	--------------------	---------------------

1	PC4 -A	B	89	22			241			352			
		M	112	22	52			621			621		
		U	343	35	226	407	3	152	75	637	161 0	1.04	62.609
2	PC4 -B	B	84	43			750			877			
		M	110	51	51	445	0	0	1345	179 0			
		U	0	0	0	0	0	0	0	0	266 7	0.48	28.616
3	PC4 -C	B	178	33			483			694			
		M	91	17	72	724			724				
		U	179	19	213	248	9	83	403	743	216 1	0.81	48.311
4	PC4 -D	B	110	36			344			490			
		M	116	10	16	600			600				
		U	218	27	35	525	5	95	56	681	177 1	1.05	63.219
5	PC4 -E	B	95	8			492			595			
		M	165	10	125	524			524				
		U	411	45	214	448	5	37	50	540	165 9	1.11	66.401
Rata-rata produktivitas pekerjaan pemancangan per titik										0.90	53.831		

Keterangan:

- B = *Bottompile*
- M = *Middlepile*
- U = *Upperpile*
- t = *Time*
- p = *Produktivitas*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan dan analisis yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil analisis pemancangan diketahui bahwa hasil produktivitas setiap siklus berbeda bergantung pada panjang segmen, diameter tiang pancang, dan durasi pemancangan.
- Dari 7 siklus sub-pekerjaan didapatkan nilai rata-rata produktivitas pekerjaan pemancangan tiap segmen. Pekerjaan *lifting pile* sebesar 447,9 m/menit. Pekerjaan *clamping pile* 385.7 m/menit. Pekerjaan *welding pile* 277.5 m/menit. Pekerjaan *inject pile* 134.0 m/menit. Pekerjaan *cutting pile* 1273 m/menit. Pekerjaan *crushing pile* 85 m/menit. Pekerjaan *royong pile* 65 m/menit.
- Hasil analisis pemancangan per titik diketahui bahwa produksi alat HSPD terendah adalah 0,48 m/menit atau setara 28,616 m/jam. Sementara produksi tertinggi adalah 1,11 m/menit atau setara 66,401 m/jam.
- Berdasarkan 5 titik yang telah dianalisis diperoleh produktivitas rata-rata sebesar 0,90 m/menit atau setara 53,831 m/jam.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian PUPR, “Bagian 1: Analisis Harga Satuan Pekerjaan (Ahsp) Bidang Umum,” 2016.
- I. Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge Fifth Edition*. 2013.

Halaman ini sengaja dikosongkan