

## PRODUKTIVITAS *HYDRAULIC STATIC PILE DRIVER* PADA PROYEK PEMBANGUNAN WORKSHOP DI SEMARANG

Oleh: Gitaning Primaswari<sup>1</sup>, Agung Bhakti Utama<sup>2</sup>, Galih Adya Taurano<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Teknologi Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Pekerjaan Umum

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung, Politeknik Pekerjaan Umum

Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang Semarang

E-mail: <sup>1</sup>gita.primaswari@pu.go.id, <sup>2</sup>agung.bhakti.utama@pu.go.id, <sup>3</sup>galih.taurano@pu.go.id

### Abstrak

*Basis data produktivitas sumber daya memegang peranan penting dalam keberhasilan suatu proyek konstruksi. Tingkat akurasi data produktivitas akan menentukan keandalan estimasi biaya dan penjadwalan proyek. Data tersebut juga dapat dipakai sebagai tolok ukur terhadap realisasi pelaksanaan di lapangan. Salah satu data produktivitas yang penting untuk dikumpulkan adalah produktivitas alat berat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) yang sering digunakan dalam pekerjaan pondasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis produktivitas HSPD. Pancangan menggunakan 1 unit HSPD berkapasitas 120 ton. Dalam pengukuran produktivitas digunakan gabungan dari metode work sampling dan work process chart. Analisis mean dilakukan setelah uji Kolmogorov menyatakan bahwa data sampel terdistribusi normal. Hasil analisis menunjukkan bahwa produktivitas tertinggi 1.337 meter/menit, produktivitas terendah 0.990 meter/menit, dan produktivitas rata-rata 1.143 meter/menit*

**Kata kunci:** produktivitas, alat berat konstruksi, HSPD

### Abstract

*The database of resources' productivity plays an important role in the success of a construction project. The accuracy of productivity data will determine the reliability of project's cost estimation and scheduling. The data can also be utilized as a benchmark towards project's implementation in the field. One of important productivity data that needs to be collected is the productivity of heavy equipment Hydraulic Static Pile Driver (HSPD), which is often used in foundation work. This research aims at analyzing the productivity of HSPD. The piling uses 1 unit of HSPD with 120 ton capacity. The productivity measurement combines the method of work sampling and work process chart. Mean analysis is undertaken after Kolmogorov test's result states that the sample data is normally distributed. The analysis shows that the highest productivity is 1.337 meter/minute, the lowest is 0.990 meter/minute, and average productivity is 1.143 meter/minute.*

**Keywords:** productivity, construction heavy equipment, HSPD

### 1. Pendahuluan

Keberhasilan suatu proyek konstruksi diukur dari 3 (tiga) aspek utama yaitu ketepatan mutu, biaya, dan waktu. Pengetahuan mengenai produktivitas memegang peranan penting dalam pencapaian keberhasilan tersebut. Data produktivitas dibutuhkan dalam perencanaan dan pengendalian proyek.

Dalam perencanaan proyek, produktivitas sumber daya menjadi dasar untuk menentukan koefisien dalam penyusunan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP). Data produktivitas yang tepat akan menentukan seberapa kompetitif

Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang disusun dalam rangka memenangi tender. Nilai produktivitas yang akurat juga akan menentukan keandalan jadwal proyek yang disusun. Sementara itu, dalam pengendalian proyek konstruksi, nilai produktivitas rencana dipakai sebagai tolok ukur realisasi di lapangan sehingga tim proyek dapat mengambil langkah antisipatif ketika terjadi penyimpangan dari rencana.

Pada suatu pekerjaan konstruksi bangunan terdapat pekerjaan pondasi. Pondasi berfungsi meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar

tanah yang cukup kuat mendukungnya (Gunawan, 1983). Pada umumnya, pekerjaan pondasi ini menjadi *predecessor* aktivitas-aktivitas pada bangunan atas dengan hubungan *Finish to Start (FS)* yang bermakna pelaksanaan konstruksi komponen-komponen bangunan atas baru dapat dimulai apabila pekerjaan pondasi telah selesai. Hal tersebut mengakibatkan seringkali jadwal pekerjaan pondasi berada di jalur kritis (*critical path*) sehingga keberhasilan atau kegagalannya berdampak signifikan terhadap keberhasilan proyek konstruksi secara keseluruhan.

Salah satu jenis peralatan konstruksi yang sering digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan pondasi khususnya pondasi dalam adalah *Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)*. HSPD adalah alat pemancangan pondasi dengan sistem *jack-in pile* dimana tiang pancang ditekan ke dalam tanah dengan menggunakan dongkrak hidrolis yang diberi *counter weight* agar alat pancang tidak terangkat dan membantu memancang tiang hingga tercapai daya dukung desainnya. Sistem *jack-in pile* sangat cocok digunakan pada proyek dengan lokasi padat penduduk karena tidak menimbulkan getaran dan kebisingan.

Beberapa peneliti telah melaksanakan penelitian produktivitas HSPD. Rahmat dkk. (2020) menyimpulkan produktivitas HSPD adalah sebesar 0.210 meter/menit. Dwiretnani dan Daulay (2019) meneliti dua tipe HSPD yaitu kapasitas 320 ton (0.95 m/menit) dan kapasitas 420 ton (1.32 m/menit). Hadi dan Suryanto HS (2018) meneliti dua tipe HSPD untuk memancang spun pile diameter 500 mm yaitu kapasitas 460 ton (0.757 m/menit) dan kapasitas 1000 ton (1.004 m/menit). Hakim dan Akbar (2018) meneliti HSPD kapasitas 320 ton yang memancang pile berdimensi 400 x 400 mm dengan produktivitas tertinggi sebesar 1.364 m/menit. Limanto (2009) meneliti HSPD berkapasitas 320 ton yang memancang spun pile diameter 500 mm dengan produktivitas sebesar 0.482 meter/menit.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis produktivitas HSPD pada Proyek Pembangunan Workshop di Semarang. Hasilnya diharapkan dapat melengkapi hasil penelitian-penelitian sebelumnya serta berkontribusi dalam upaya mencapai saturasi data serta pemodelan produktivitas HSPD pada proyek konstruksi di Indonesia. Bagi praktisi, hasil penelitian ini dapat menjadi tambahan referensi yang berguna dalam perencanaan dan pengendalian proyek konstruksi, khususnya pada proyek dengan situasi yang mirip. Bagi peneliti dan institusi PPU, penelitian ini menambah wawasan tentang perhitungan produktivitas HSPD yang kemudian dapat diintegrasikan ke dalam bahan ajar perkuliahan di PPU, khususnya pada mata kuliah peralatan konstruksi.

## **2. Tinjauan Pustaka**

### **2.1. Produktivitas**

Produktivitas adalah tingkat dimana suatu pekerjaan dihasilkan oleh individu atau gugus tugas per satuan waktu (Del Pico, 2012). Menurut Kementerian PUPR (2016), produktivitas didefinisikan sebagai perbandingan atau rasio antara output (hasil produksi) dan input (komponen produksi: tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu). Rumus umum produktivitas dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Produktivitas = \frac{Output}{Input} \dots\dots\dots (1)$$

Satuan output merupakan satuan dari pekerjaan terkait. Contohnya, untuk kegiatan penggalian tanah maka satuannya  $m^3$ . Sementara itu, satuan input merupakan satuan yang melambangkan komponen produksi seperti Orang-Jam (OJ), Orang-Hari (OH), atau cukup satuan waktu seperti jam atau hari. Sebagai contoh, produktivitas pemasangan dinding bata oleh tukang batu dinyatakan  $m^2$  per orang per hari ( $m^2/OH$ ), dan produktivitas penggalian tanah oleh *excavator* dinyatakan dalam  $m^3/jam$ .

Asumsi tingkat produktivitas digunakan sebagai dasar untuk

memperkirakan biaya pekerja dan peralatan suatu pekerjaan (Dagostino dan Peterson, 2015). AHSP adalah perhitungan kebutuhan biaya tenaga kerja, bahan dan peralatan untuk mendapatkan harga satuan atau satu jenis pekerjaan tertentu (Kementerian PUPR, 2016). Dalam AHSP, tingkat produktivitas dinyatakan dalam bentuk koefisien yang menggambarkan seberapa banyak sumber daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan pekerjaan. Sebagai contoh, apabila diketahui produktivitas seorang tukang batu dalam melaksanakan pekerjaan plesteran dinding tebal 15 mm adalah 6.67 m<sup>2</sup>/hari, maka di dalam AHSP koefisien tukang batu adalah 0.15 sebagaimana yang ditunjukkan Gambar 1.

A.4.4.2.4. Pemasangan 1 m<sup>2</sup> plesteran 1SP : 4PP tebal 15 mm

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,300		
	Tukang batu	L.03	OH	0,150		
	Kepala tukang	L.03	OH	0,015		
	Mandor	L.04	OH	0,015		
				JUMLAH TENAGA KERJA		
B	BAHAN					
	PC		Kg	6,210		
	PP		m <sup>3</sup>	0,024		
				JUMLAH HARGA BAHAN		
C	PERALATAN					
				JUMLAH HARGA ALAT		
D	Jumlah (A+B+C)					
E	Overhead & Profit (Contoh: 15%)					
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					

Gambar 1. AHSP Pemasangan 1 m<sup>2</sup> Plesteran 1SP:4PP tebal 15 mm (Kementerian PUPR, 2016)

Koefisien tukang batu 0.15 OH bermakna bahwa untuk menghasilkan 1 m<sup>2</sup> plesteran setebal 15 mm dibutuhkan 1 orang tukang batu yang bekerja selama 0.15 hari, sehingga upahnya dibayar sebesar 0.15 OH dikali harga satuannya, yang dalam hal ini adalah upah tukang batu per hari. Hubungan antara koefisien dan produktivitas dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$Koefisien = \frac{1}{Produktivitas} \dots\dots\dots (2)$$

Pratt (2011) menyebutkan bahwa salah satu faktor yang menyebabkan pemborosan biaya proyek adalah produktivitas realisasi tidak sesuai (lebih rendah-red) dibandingkan dengan yang telah

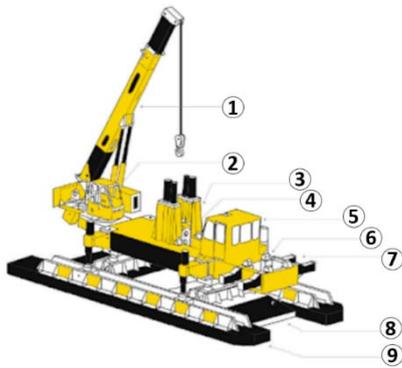
direncanakan. Semakin rendah produktivitas, semakin tinggi koefisien, dan semakin tinggi pula biaya pekerjaan. Oleh sebab itu penting bagi seorang estimator memiliki basis data historis produktivitas sebelum mengolahnya menjadi estimasi biaya proyek (Dagostino dan Peterson, 2015). Tidak hanya untuk keperluan estimasi/perencanaan proyek, basis data produktivitas juga diperlukan sebagai tolok ukur realisasi sepanjang pelaksanaan proyek sehingga tim dapat memperbarui rencana dan *baseline* dalam hal terjadi ketidaksesuaian produktivitas, durasi, serta hal-hal mendadak lainnya (*Project Management Institute*, 2013).

**2.2. Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)**

HSPD adalah alat pemancangan pondasi dengan sistem *jack-in pile* dimana tiang pancang ditekan ke dalam tanah dengan menggunakan dongkrak hidrolis yang diberi *counter weight* agar alat pancang tidak terangkat dan membantu memancang tiang hingga tercapai daya dukung desainnya. Rahmat dkk. (2020) mengidentifikasi keunggulan pemancangan sistem *jack-in pile* antara lain: (i) mengurangi kebisingan; (ii) lebih sedikit polusi asap dibanding alat *diesel hammer*; (iii) lebih aman untuk bangunan sekitar karena tidak menimbulkan getaran; (iv) menghindari *necking* (lekukan pondasi) seperti pada sistem *bored pile*; (v) keberadaan *pressure gauge* yang memungkinkan untuk mendapatkan data estimasi daya dukung tiang pancang. Hakim dan Akbar (2018) menyatakan bahwa HSPD memungkinkan pelaksanaan konstruksi yang lebih cepat dan efisien dibanding sistem lainnya. HSPD juga mampu beroperasi pada lahan dengan ruang gerak terbatas meskipun di sisi lain membutuhkan pemadatan permukaan lahan agar alat tidak miring, operator yang berpengalaman, serta perhatian terhadap

rute transportasi alat (Warsito dan Hatmoko, 2016).

Gambar 2 merupakan ilustrasi *HSPD*. Secara umum *HSPD* terdiri dari: (1) *Crane*; (2) Mekanisme momen vertikal; (3) Landasan pemancangan; (4) Kotak pencengkraman tiang pancang; (5) Kabin utama; (6) Perangkat pemancangan samping; (7) Kantilever pembantu; (8) *Short base* untuk pergerakan melintang dan mekanisme memutar; (9) *Long base* untuk pergerakan membujur dan mekanisme memutar.



Gambar 2. Ilustrasi alat berat *HSPD* (sumber: [www.rumahmaterial.com](http://www.rumahmaterial.com))

Proses pemancangan tiang pondasi menggunakan *HSPD* dijelaskan sebagai berikut:

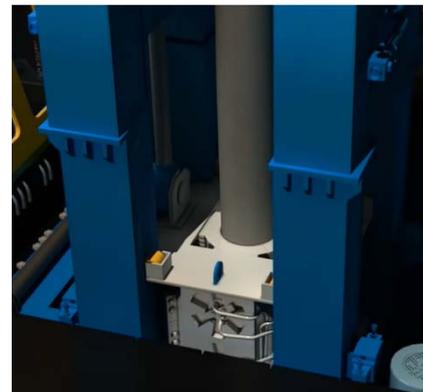
- a. Periksa lahan pemancangan. Lahan harus memiliki permukaan padat, rata, bersih dari sisa pondasi lama, dan memiliki daya dukung yang mencukupi terhadap beban operasi alat *HSPD*.
- b. Periksa umur beton tiang pancang. Umur beton minimal sudah berusia 14 hari dan kuat tekan beton mencapai 80% dari kuat tekan rencana.
- c. Periksa berat total. Berat total alat *HSPD* ditambah beban *counter* saat pemancangan minimal memiliki bobot 2 kali (200%) dari beban penekanan tiang rencana.
- d. Periksa posisi alat *HSPD*. Alat *HSPD* harus berada pada posisi rata horisontal. Pengaturan level sesuai dengan level indikator pada kabin

operator dan pemeriksaan menggunakan *waterpass* yang diletakan pada posisi chasis panjang (*long boat*) alat *HSPD*.

- e. Angkat tiang pancang. Tiang pancang diangkat dan di-setting pada alat *HSPD* dengan cara mengikat sling angkat pada posisi *marking* untuk penegakan pada tiang pancang.



Gambar 3. Ilustrasi Pengangkatan Tiang Pancang (Jack Xie (T-Works), 2013)



Gambar 4. Ilustrasi Setting Tiang Pancang (Jack Xie (T-Works), 2013)

- f. Tekan tiang pancang. Tiang pancang ditekan pada titik rencana pondasi secara menerus sampai kriteria penekanan tiang terpenuhi.
- g. Periksa vertikalitas tiang pancang. Untuk memastikan ketegakan tiang pancang dilakukan pemeriksaan vertikalitas setiap 50 cm penekanan tiang dengan *waterpass* sampai ke kedalaman 2 m.

- h. Sambung tiang pancang. Tiang disambung dengan pengelasan penuh pada celah antar pelat sambung.



Gambar 5. Ilustrasi Penekanan Tiang Pancang Pancang (Jack Xie (T-Works), 2013)



Gambar 6. Ilustrasi Pemeriksaan Vertikalitas (Jack Xie (T-Works), 2013)



Gambar 7. Ilustrasi Penyambungan Tiang Pancang (Jack Xie (T-Works), 2013)

- i. Periksa kondisi tiang pancang sambungan. Tiang pancang sambungan harus cosentris terhadap tiang yang akan disambung.

- j. Hentikan penekanan tiang pancang. Penekanan dihentikan saat nilai penurunan tiang (*pile set*) akibat penekanan tiang sebesar 200% dari beban rencana selama 30-60 detik sebanyak 2 (dua) kali penekanan harus  $\leq 20$  mm, atau mengacu pada persyaratan yang telah ditetapkan; Untuk tiang pancang yang didesain sebagai pondasi tiang friksi, maka pemancangan harus mencapai kedalaman rencana.
- k. Potong kelebihan tiang. Pemotongan kelebihan tiang yang tidak tertanam harus rata dengan permukaan tanah agar alat tidak membentur kepala tiang saat proses perpindahan alat HSPD.

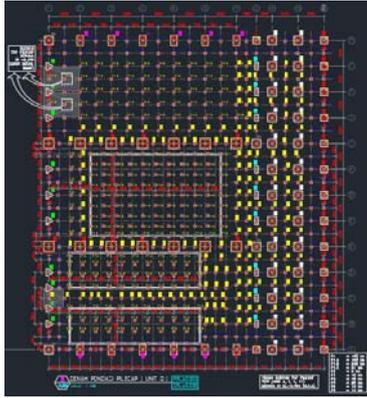
### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1. Sumber Data Penelitian

Proyek Pembangunan Workshop ini berlokasi di Semarang. Bangunan tersebut terdiri dari 4 (empat) gedung yaitu Gedung A, B, C, dan D, dan 1 (satu) GWT. Objek penelitian ini adalah Gedung D. Gedung D memiliki tapak bangunan seluas 3,493.75 m<sup>2</sup> serta terdiri dari 10 (sepuluh) tipe *pile cap* dengan total 948 (sembilan ratus empat puluh delapan) titik pancang sebagaimana ditunjukkan Tabel 1 dan Gambar 8. Jenis tiang pancang adalah *minipile square* berdimensi 250 x 250 mm. Kedalaman rencana pemancangan bervariasi antara 6 m, 9 m, 12 m, dan 18 m.

Tabel 1. Tipe *Pile Cap*

No.	Tipe PC	Jumlah (Buah)	Jumlah Titik Pancang (Titik)	Sub Jumlah Titik Pancang (Titik)
1	P1	163	1	163
2	P1.A	103	1	103
3	P1.B	243	1	243
4	P1.C	21	1	21
5	P2	9	2	18
6	P3	10	3	30
7	P4	15	4	60
8	P5	28	5	140
9	P6	12	6	72
10	P9	14	9	98
<b>Jumlah Titik Pancang</b>				<b>948</b>



Gambar 8. Denah Titik Pondasi

Dari laporan hasil penyelidikan tanah (tes pengeboran), diketahui bahwa jenis tanah pada lokasi proyek ini pada umumnya lempung berlanau. Hasil pengeboran pada salah satu titik disampaikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penyelidikan Tanah (Tes Pengeboran)

No.	Kedalaman Tanah	Deskripsi
1	0.00 m – 4.00 m	Tanah berupa lempung kelanauan coklat gelap, lunak
2	4.00 m – 6.00 m	Tanah lempung kelanauan coklat terang sedikit abu-abu, lunak;
3	6.00 m – 8.00 m	Tanah berupa lanau kepasiran hitam keabuan terdapat kulit kerang lunak
4	8.00 m – 12.00 m	Tanah berupa pasir kelanauan hitam keabuan terdapat kulit kerang, lunak
5	12.00 m – 23.00 m	Tanah berupa lempung kelanauan abu - abu terang terdapat kulit kerang, lunak
6	23.00 m – 28.00 m	Tanah berupa lempung liat abu - abu gelap terdapat kulit kerang, lunak
7	28.00 m – 32.00 m	Tanah berupa lempung liat abu - abu gelap kehitaman sedikit coklat, agak lunak
8	32.00 m – 38.00 m	Tanah berupa lempung padat abu - abu gelap kehitaman, agak keras
9	38.00 m – 42.00 m	Tanah berupa lempung padat abu - abu sedikit coklat, agak keras
10	42.00 m – 45.00 m	Tanah berupa lempung padat coklat keabuan sedikit kuning, keras
11	-	Terdapat muka air tanah sampai kedalaman 5.00 m

HSPD yang digunakan bertipe ZYC120B-B1 *Pile Driving Machine* berkapasitas 120 ton, pabrikan Tianwei Engineering Machinery Manufacturing Limited, dengan spesifikasi teknis sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Teknis HSPD

No.	Uraian	Spesifikasi Teknis
1	Maximum pile driving force	1200 KN
2	Maximum speed of pile driving	3 m/minute
3	Maximum depth of each pile driving	1.6 m
4	Size of Piles	Pipe pile: maximum Ø 300 mm Square pile: maximum □ 350 mm
5	Pressure on land	Long boat: 95 KN/m <sup>2</sup> ; Short boat: 114 KN/m <sup>2</sup>
6	Dimensions when working	For center pile driving: 6.3 m x 4 m x 13 m For side pile driving: 7.3 m x 4 m x 11 m (length x width x height)

### 3.2. Pengukuran Produktivitas HSPD

Mengingat pentingnya basis data produktivitas konstruksi, berbagai metode pengukurannya telah dikembangkan. Beberapa diantaranya adalah metode *work sampling*, *field ratings*, *5-minute ratings*, *work process flow diagrams*, dan *crew balance chart* (Yates, 2014).

Metode *work sampling* digunakan untuk memperkirakan banyaknya waktu yang digunakan sumber daya untuk aktivitas produktif. Metode *field ratings* membagi aktivitas kerja ke dalam 2 kategori: waktu bekerja dan waktu tidak bekerja (menganggur). Kondisi menganggur terindikasi dari sumber daya yang tidak berkontribusi terhadap sasaran kerja. Metode *5-minutes ratings* bertujuan untuk: (1) menyediakan informasi waktu tunda (*delays*) dan mengindikasikan besar dampaknya; (2) mengukur efektivitas suatu gugus kerja; (3) mengindikasikan dimana pos-pos yang dapat menghemat biaya (Oglesby dkk., 1989, dikutip oleh Yates, 2014). Metode *work process chart* digunakan untuk merekam operasi tertentu, tugas-tugas yang dikerjakan sumber daya, dan operasi peralatan dalam rentang waktu tertentu. Metode ini juga digunakan untuk merekam waktu tunda yang terjadi selama operasi dan jumlah sumber daya yang terlibat dalam setiap tugas. Metode *crew balance charts* digunakan untuk merekam kegiatan setiap anggota gugus tugas dalam jangka waktu yang dirancang. Sementara itu Kementerian PUPR (2016) menyusun AHSP berdasarkan produktivitas kerja yang diukur dengan metode *time and motion study* dimana gerak para pekerja dan produknya diamati pada setiap menitnya.

Pengukuran produktivitas HSPD dalam penelitian ini mengadopsi beberapa metode. Metode *work sampling* dan *work process chart* digunakan untuk merekam banyaknya waktu yang digunakan HSPD untuk pemancangan pondasi. Kombinasi metode terjadi dimana pengukuran durasi tidak hanya dilakukan terhadap satu siklus pemancangan tetapi juga terhadap setiap aktivitas di dalam satu siklus tersebut.

Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan cara kerja HSPD. Identifikasi awal aktivitas-aktivitas dalam satu siklus pemancangan adalah sebagai berikut: (1) pengangkatan tiang pancang; (2) penekanan tiang pancang; (3) penyambungan tiang pancang; dan (4) pemotongan kelebihan tiang pancang. Untuk memastikan, dilakukan pengamatan awal di lapangan sebelum penyusunan instrumen dan pengambilan data dilakukan.

### 3.3. Uji Normalitas Data Sampel

Santoso (2010) menjelaskan bahwa statistik inferensi berkaitan dengan kegiatan pengambilan kesimpulan yang menggunakan data dari sampel untuk menggambarkan ciri sebuah populasi (generalisasi). Statistik inferensi terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu statistik parametrik dan nonparametrik. Statistik parametrik mensyaratkan salah satu asumsi berikut (Santoso, 2010):

- a. Populasi dianggap mempunyai distribusi normal.
- b. Dua sampel atau lebih diambil dari dua populasi yang mempunyai varians sama (syarat penerapan uji t dan uji F).
- c. Data yang diuji harus data bertipe interval atau rasio.
- d. Jumlah sampel data sangat kecil, sedangkan distribusi data populasi tidak diketahui kenormalannya.

Analisis data pada penelitian ini menggunakan statistik nonparametrik karena sampel datanya tidak memenuhi asumsi-asumsi tersebut di atas. Untuk populasinya sendiri belum diketahui jenis distribusinya.

Selanjutnya, statistik nonparametrik uji satu sampel (*one sample test*) digunakan untuk mengetahui karakteristik populasi berdasarkan informasi yang didapatkan dari data sampel. Dalam penelitian ini, ingin diketahui apakah data sampel terdistribusi normal atau tidak.

Apabila data terdistribusi normal, maka penelitian dapat dilanjutkan ke tahap analisis mean, peringkat, serta perhitungan produktivitas. Untuk itu diterapkan jenis uji

Kolmogorov. Pada prinsipnya uji Kolmogorov membandingkan karakteristik suatu data sampel terhadap data lain yang terdistribusi normal (Limanto, 2009).

Pertama ditetapkan dahulu hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ) sebagai berikut:

- a.  $H_0$  = data sampel berdistribusi normal
- b.  $H_a$  = data sampel tidak berdistribusi normal

Signifikansi ( $\alpha$ ) adalah kemungkinan terjadinya kesalahan berupa penolakan hipotesis yang ternyata benar (Santoso, 2010). Nilai  $\alpha$  ditetapkan 5% sesuai standar piranti lunak SPSS. Apabila  $\alpha < 5\%$  maka  $H_0$  ditolak dan sebaliknya. Proses selanjutnya data durasi setiap aktivitas pemancangan hasil pengamatan lapangan ditabulasi menggunakan piranti lunak Microsoft Excel, kemudian dilakukan uji Kolmogorov menggunakan piranti lunak SPSS.

### 3.4. Analisis Mean

Dalam ilmu statistik, satu nilai yang disebut rerata numerik (*mean*) dapat mewakili sekumpulan data numerik (Reksoatmodjo, 2009). Rerata numerik dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

$X_i$  = data

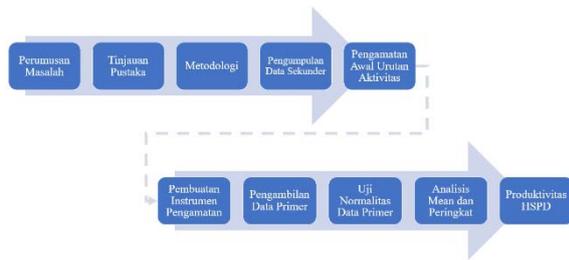
$\bar{X}$  = rata – rata (mean) data

N = jumlah data

Analisis *mean* digunakan untuk menjelaskan durasi rata-rata setiap aktivitas pemancangan yang kemudian dijadikan dasar pengurutan peringkat aktivitas.

### 3.5. Bagan Alir Penelitian

Metodologi penelitian ini dapat digambarkan dalam bagan alir sebagaimana disajikan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Bagan Alir Penelitian

## 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 4.1. Pengamatan Langsung Durasi Setiap Aktivitas dalam Satu Siklus Pemancangan

Pengamatan produktivitas menggunakan alat bantu berupa lembar kerja pencatatan dan *stopwatch*. Lembar kerja pencatatan digunakan untuk mencatat kedalaman dan durasi pemancangan, sesuai metode *work sampling*. Pencatatan dilakukan untuk setiap aktivitas di dalam satu siklus pemancangan, sesuai metode *work process chart*. Sebelum membuat lembar kerja tersebut perlu diidentifikasi dahulu aktivitas-aktivitas yang dilaksanakan dalam satu siklus pemancangan pada proyek ini. Dari pengamatan di lapangan, terdapat 7 aktivitas yang berurutan dalam 1 siklus pemancangan sebagai berikut:

- Mobilisasi alat ke titik pondasi yang dituju.
- Penekanan tiang pancang 1.
- Pengambilan tiang pancang 2.
- Pengelasan tiang pancang 2.
- Penekanan tiang pancang 2.
- Pengambilan ruyung (sekali mengambil tiang pancang untuk titik pondasi berikutnya).
- Penekanan ruyung.

Proyek ini berdurasi selama 8 (delapan) bulan mulai dari Bulan Mei sampai Desember 2021. Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 24, 25, dan 27 Mei 2021. Dalam 3 hari tersebut didapatkan data pemancangan 55 titik sebagaimana ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 4. Pelaksanaan Pengamatan Langsung

No.	Tanggal Pengamatan	Sub Jumlah Titik Pengamatan
1	24 Mei 2021	9
2	25 Mei 2021	22
3	27 Mei 2021	24
<b>Jumlah Titik Pengamatan</b>		<b>55</b>

Dari hasil pengamatan langsung didapatkan data durasi setiap aktivitas sebagaimana disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Data Durasi Setiap Aktivitas Pemancangan

No.	Tang-gal	Ti-Tik	Keda-laman (m)	Durasi Aktivitas ke- (menit)							Total
				1	2	3	4	5	6	7	
1	24/5/2021	9	12	3.33	2.53	1.34	2.39	1.91	1.41	1.17	14.09
2	24/5/2021	8	12	1.89	2.09	0.93	1.98	1.77	0.87	1.83	11.36
3	24/5/2021	7	12	2.28	1.61	1.04	2.02	1.76	0.70	1.66	11.06
4	24/5/2021	6	12	3.21	1.88	0.67	1.78	2.19	0.36	1.82	11.91
5	24/5/2021	5	12	1.66	1.49	1.17	2.15	1.64	0.72	1.73	10.56
6	24/5/2021	4	12	6.30	1.23	0.74	2.41	2.57	0.74	2.01	16.01
7	24/5/2021	3	12	1.58	1.42	0.65	1.81	1.90	2.50	1.61	11.47
8	24/5/2021	2	12	2.00	1.99	0.17	3.73	1.90	0.61	0.98	11.39
9	24/5/2021	1	12	0.61	1.45	1.25	3.53	2.07	0.44	1.93	11.27
10	25/5/2021	13	18	2.16	1.65	0.70	1.81	2.25	0.49	0.61	9.66
11	25/5/2021	12	18	3.73	1.79	0.71	1.98	1.76	0.58	0.60	11.16
12	25/5/2021	17	18	2.20	2.85	1.75	1.82	2.17	0.51	0.51	11.80
13	25/5/2021	21	18	0.65	1.27	1.08	1.42	1.64	0.96	1.27	8.28
14	25/5/2021	20	18	2.13	2.89	1.28	1.64	1.81	0.88	2.04	12.67
15	25/5/2021	22	6	2.65	1.75	Tidak ada tiang pancang ke-2		0.53	1.00	5.92	
16	25/5/2021	23	18	7.05	2.68	1.51	2.09	2.56	1.03	2.09	19.01
17	25/5/2021	28	18	0.41	3.65	1.70	1.53	3.02	0.53	1.06	11.89
18	25/5/2021	24	18	2.04	2.86	0.94	1.86	2.84	0.45	1.06	12.05
19	25/5/2021	25	18	1.81	2.72	0.94	1.87	3.17	0.74	0.62	11.87
20	25/5/2021	26	18	1.21	1.84	2.19	1.82	2.65	0.46	0.69	10.86
21	25/5/2021	29	9	2.56	3.60	Tidak ada tiang pancang ke-2		0.11	0.95	7.21	
22	25/5/2021	30	6	2.58	1.31	Tidak ada tiang pancang ke-2		1.15	1.09	6.13	
23	25/5/2021	31	18	2.37	2.41	1.05	1.90	5.32	0.95	0.29	14.28
24	25/5/2021	36	18	2.80	3.52	0.95	2.46	4.22	0.59	0.31	14.85
25	25/5/2021	38	6	6.65	0.78	Tidak ada tiang pancang ke-2		0.59	0.39	8.41	
26	25/5/2021	37	6	5.23	2.54	Tidak ada tiang pancang ke-2		0.94	0.49	9.21	
27	25/5/2021	98	6	2.62	2.01	Tidak ada tiang pancang ke-2		1.57	0.47	6.67	
28	25/5/2021	97	6	1.56	1.61	Tidak ada tiang pancang ke-2		1.75	0.42	5.33	
29	25/5/2021	41	18	1.94	3.80	1.32	2.07	2.91	0.74	0.26	13.05
30	25/5/2021	42	18	2.15	2.43	0.65	2.23	3.14	0.57	0.26	11.43
31	25/5/2021	43	18	2.40	3.29	0.83	2.46	3.28	0.98	0.63	13.87
32	27/5/2021	106	6	5.41	1.56	Tidak ada tiang pancang ke-2		0.79	0.25	8.00	
33	27/5/2021	107	6	1.56	1.76	Tidak ada tiang pancang ke-2		0.72	0.41	4.45	
34	27/5/2021	108	6	3.22	1.79	Tidak ada tiang pancang ke-2		0.51	0.68	6.19	
35	27/5/2021	109	6	1.82	1.42	Tidak ada tiang pancang ke-2		0.35	0.56	4.15	
36	27/5/2021	110	6	2.12	1.76	Tidak ada tiang pancang ke-2		1.49	6.98	12.36	
37	27/5/2021	111	12	10.91	2.67	0.39	1.62	1.90	0.88	0.70	19.07
38	27/5/2021	114	12	0.39	1.95	0.81	3.13	0.85	0.27	0.38	7.79
39	27/5/2021	112	12	3.25	2.21	0.96	1.88	2.35	0.59	0.44	11.67
40	27/5/2021	113	12	0.90	1.42	1.80	2.48	2.93	2.30	0.59	12.42
41	27/5/2021	176	6	7.78	1.75	Tidak ada tiang pancang ke-2		0.31	0.46	10.30	
42	27/5/2021	179	12	4.42	1.87	0.87	1.63	2.14	0.55	0.48	11.95
43	27/5/2021	180	12	1.59	1.56	1.55	2.13	2.02	0.60	0.59	10.03
44	27/5/2021	178	12	2.02	1.97	1.56	1.13	2.48	0.28	0.31	9.75
45	27/5/2021	177	12	0.63	1.45	1.30	2.22	1.50	1.44	0.07	8.61
46	27/5/2021	241	6	2.79	1.48	Tidak ada tiang pancang ke-2		0.60	0.51	5.38	
47	27/5/2021	245	12	3.14	1.44	1.27	1.83	2.03	1.15	0.28	11.14
48	27/5/2021	244	12	3.50	1.56	4.56	1.85	1.83	0.15	0.44	13.88
49	27/5/2021	243	12	2.02	1.59	0.78	1.55	2.09	0.46	1.09	9.58
50	27/5/2021	242	12	1.66	1.67	0.83	1.50	1.99	0.68	0.37	8.70
51	27/5/2021	305	12	2.03	2.69	1.06	1.28	2.18	1.28	0.62	11.15
52	27/5/2021	304	12	0.54	3.32	0.48	1.40	2.65	1.38	0.53	10.30
53	27/5/2021	433	6	2.49	2.16	Tidak ada tiang pancang ke-2		0.43	0.27	5.35	
54	27/5/2021	437	12	5.11	3.01	0.28	2.18	1.72	0.62	1.03	13.96
55	27/5/2021	436	12	0.83	1.61	1.07	2.33	2.25	0.59	0.58	9.25

Sementara itu, data sekunder yang didapatkan adalah sebagai berikut: (i) laporan hasil investigasi tanah; (ii) set gambar rancangan struktur bawah; (iii) Rencana Kerja dan Syarat (RKS) dan spesifikasi teknis; dan (iv) Brosur spesifikasi teknis peralatan HSPD.

### 4.2. Pengujian Satu Sampel Setiap Aktivitas Pemancangan

Data durasi setiap aktivitas pemancangan hasil pengamatan lapangan

ditabulasi menggunakan piranti lunak Microsoft Excel, kemudian dilakukan uji Kolmogorov menggunakan piranti lunak SPSS. Hasil pengolahan data ditunjukkan pada Gambar 10. Terlihat bahwa data sampel terdistribusi normal.

Keterangan	Mobilisasi	Tekan P1	Ambil P2	Las P2	Tekan P2	Ambil Ruyung	Tekan Ruyung
N	55	55	40	40	40	55	55
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	1,571	1,424	1,025	1,412	1,510	0,858
	Std. Deviation	0,546	0,240	0,283	0,179	0,238	0,250
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,250	0,270	0,569	0,679	0,398	0,266
a. Test distribution is ...	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
b. Calculated from data.							

Gambar 10. Hasil Analisis Uji Satu Sampel pada Setiap Aktivitas Pemancangan

### 4.3. Analisis Mean dan Peringkat Setiap Aktivitas Pemancangan

Analisis *mean* digunakan untuk menjelaskan durasi rata-rata setiap aktivitas pemancangan yang kemudian dijadikan dasar pemeringkatan aktivitas. Analisis mean dapat dilaksanakan setelah data sampel dinyatakan terdistribusi normal. Hasil analisis mean dan peringkat disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Analisis Mean dan Peringkat Setiap Aktivitas Pemancangan

No.	Aktivitas	Peringkat	Mean
1	Mobilisasi alat ke titik pondasi yang dituju	7	01:34,3
2	Penekanan tiang pancang 1	5	01:25,4
3	Pengambilan tiang pancang 2	3	01:01,5
4	Pengelasan tiang pancang 2	4	01:24,7
5	Penekanan tiang pancang 2	6	01:30,6
6	Pengambilan ruyung (sekaligus mengambil tiang pancang untuk titik pondasi berikutnya)	1	00:51,5
7	Penekanan ruyung	2	00:52,9

### 4.4. Analisis Produktivitas HSPD

Analisis ini digunakan untuk mendapatkan nilai produktivitas HSPD pada Proyek Pembangunan Workshop di Semarang. Produktivitas HSPD diukur dalam satuan meter per menit yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisis Produktivitas HSPD

No.	Tanggal Pengamatan	Jumlah Titik Pengamatan	Total Panjang Tiang Pancang (m)	Total Durasi (jam: menit: detik)	Produktivitas (m/menit)
1	24 Mei 2021	9	108,00	1:49:07,5	0,990
2	25 Mei 2021	22	315,00	3:55:38,2	1,337
3	27 Mei 2021	24	240,00	3:55:26,9	1,019
Total			663,00	9:40:12,5	
Produktivitas rata-rata				1.143 meter/menit	

### 4.5. Pembahasan

Dari hasil pengamatan awal di lapangan, dalam 1 siklus pemancangan terdapat 7 aktivitas. Aktivitas diawali dengan mobilisasi dan diakhiri dengan penekanan ruyung. Perlu dicatat bahwa memang seolah-olah tidak terdapat aktivitas pengambilan tiang pancang pertama. Hal tersebut dikarenakan tiang pancang pertama sudah diambil pada siklus sebelumnya dimana tiang tersebut difungsikan sebagai ruyung. Hal ini merupakan strategi tim proyek untuk mempersingkat waktu pekerjaan. Hasil identifikasi aktivitas-aktivitas ini kemudian dituangkan dalam lembar pengamatan.

Pengamatan dilakukan selama 3 hari terhadap pemancangan 55 titik pondasi. Dari data terlihat bahwa kedalaman pemancangan bervariasi antara 6 m, 9 m, 12 m, dan 18 m. Untuk pemancangan dengan kedalaman 6 m dan 9 m hanya terdiri dari 1 tiang pancang dan tidak terdapat penyambungan ke tiang pancang berikutnya (P2). Dari 55 titik pengamatan, 40 titik mengalami proses penyambungan tiang, 15 titik tidak. Selain itu, dalam praktiknya, dua aktivitas dapat terjadi dalam waktu bersamaan. Meski demikian, pencatatan durasi tidak dilakukan secara overlap. Durasi kegiatan berikutnya baru mulai dihitung setelah kegiatan sebelumnya selesai. Hasilnya didapatkan set data sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 5.

Selanjutnya dengan menggunakan SPSS dilakukan uji Kolmogorov terhadap data hasil pengamatan durasi 55 titik pemancangan. Pengujian pertama menunjukkan terdapat data yang terdistribusi tidak normal, yaitu pada aktivitas mobilisasi, pengambilan ruyung, dan penekanan ruyung. Untuk mengatasi situasi ini dapat dilakukan transformasi data (Arena Statistics, 2020). Jenis transformasi yang digunakan adalah transformasi akar, dimana dihitung nilai akar dari data awal sampel. Terhadap akar data sampel tersebut kemudian dilakukan lagi Uji Kolmogorov

sehingga menghasilkan kesimpulan bahwa data sampel terdistribusi normal.

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis mean dan peringkat. Dari analisis mean dan peringkat diketahui bahwa aktivitas 6 (pengambilan ruyung) memiliki durasi paling sebentar yaitu 51,5 detik. Sementara itu aktivitas 1 (mobilisasi) memiliki durasi paling lama yaitu 1 menit 34,3 detik. Hal ini menunjukkan bahwa pada proyek ini aktivitas mobilisasi merupakan aktivitas yang paling berpengaruh dalam 1 siklus pemancangan.

Terakhir, dilakukan analisis produktivitas HSPD. Dari Tabel 7 terlihat bahwa produktivitas tertinggi adalah sebesar 1.337 meter/menit dan produktivitas terendah adalah sebesar 0.990 meter/menit. Adapun produktivitas HSPD rata-rata adalah sebesar 1.143 meter/menit.

## **5. Kesimpulan Dan Saran**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan pada kajian penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Produktivitas HSPD tertinggi adalah sebesar 1.337 meter/menit atau 80.22 meter/jam.
- b. Produktivitas HSPD terendah adalah sebesar 0.990 meter/menit atau 59.4 meter/jam.
- c. Produktivitas HSPD rata-rata adalah sebesar 1.143 meter/menit atau 68.58 meter/jam.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan dari kesimpulan kajian penelitian ini, maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

- a. Hasil penelitian ini didapat dari pengamatan titik per titik proses pemancangan pondasi yang berarti belum memasukkan faktor efisiensi alat ( $F_a$ ). Dalam hal pemilik proyek, konsultan, atau kontraktor akan menggunakan hasil penelitian ini, disarankan untuk mengalikannya terhadap  $F_a$ .

- b. Data penelitian ini dapat digunakan untuk mengembangkan model produktivitas HSPD pada tanah lempung berlanau, sebagaimana yang telah dilakukan oleh Warsito dan Hatmoko (2016) terhadap pemancangan oleh HSPD pada tanah berlanau.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Arena Statistics. (2020, September 1). Materi Statistika: Transformasi Data [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=eZvuj7D5sZU>
- Del Pico, W. J. (2012). *Estimating Building Costs Second Edition*. John Willey & Sons, Inc.
- 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). pp. 67-81. <http://dx.doi.org/10.33087/talantasipil.v2i2.20>
- Gunawan, R. (1985). *Pengantar Teknik Pondasi*. Penerbit Kanisius.
- Hadi, B. W., & Suryanto HS, M. (2018). Analisis Produktivitas Pemancangan dengan Alat Jack-In Pile Jenis Hydrolic Static Pile Driver pada Proyek Apartemen Graha Golf Surabaya. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*. 1(1). pp. 65-72. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/22196>
- Hakim, A. R., & Akbar, A. (2018). Analisis Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver pada Pembangunan Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten. *Jurnal Teknik Sipil*. 25(2). pp. 103-112. <https://pdfs.semanticscholar.org/ca5b/de044566efa6972752f7e9697412e5e8c20c.pdf>
- Indonesia. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor*

- 28/PRT/M/2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Bidang Pekerjaan Umum. <https://jdih.pu.go.id/detail-dokumen/2201/1>
- Jack Xie (T-Works). (2013, Maret 29). Hydraulic Static Pile Driver [Video]. [https://www.youtube.com/watch?v=pwII4wC\\_m5w](https://www.youtube.com/watch?v=pwII4wC_m5w)
- Limanto, S. (2009, Agustus 15). Analisis Produktivitas Pemancangan Tiang Pancang pada Bangunan Tinggi Apartemen [presentasi makalah]. Seminar Nasional 2009 Jurusan Teknik Sipil FT-UKM. <http://repository.petra.ac.id/15172/>
- Peterson, S. J., & Dagostino, F. R. (2015). Estimating in Building Construction Eight Edition. Pearson Education, Inc.
- Pratt, D. (2011). Estimating For Residential Construction. Delmar, Cengage Learning.
- Project Management Institute, Inc. (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge Fifth Edition. Project Management Institute, Inc.
- Rahmat, Utomo, G., & Al Qurina, E. (2020). Analisis Produktivitas Tiang Pancang dengan Jack-In Pile pada Konstruksi Workshop. Jurnal Transukma. 3(1). pp. 17-24. <http://transukma.uniba-bpn.ac.id/index.php/transukma/article/view/67>
- Reksoatmodjo, T. N. (2009). Statistika Teknik. PT. Refika Aditama.
- Rochmanhadi. (1985). Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan dengan Menggunakan Alat-Alat Berat. Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Santoso, S. (2010). Statistik Nonparametrik. PT. Elex Media Komputindo.
- Warsito, J. Y. E., Hatmoko, J. U. D. (2016). Pemodelan Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver Menggunakan Model Analitis pada Tanah Berlanau. Journal of Engineering and Management in Industrial System. 4(2). pp. 175-184. <https://doi.org/10.21776/ub.jemis.2016.004.02.9>
- Yates, J.K. (2014). Productivity Improvement for Construction and Engineering. American Society of Civil Engineers.