

PRODUKTIVITAS *HYDRAULIC STATIC PILE DRIVER* PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN MAHASISWA POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM

Oleh: Agung Bhakti Utama¹, Gitaning Primaswari², Adityo Budi Utomo³

¹Dosen Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung, Politeknik Pekerjaan Umum

^{2,3}Dosen Program Studi Teknologi Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Pekerjaan Umum

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

E-mail: ¹agung.bhakti.utama@pu.go.id, ²gita.primaswari@pu.go.id, ³adityobudiutomo@gmail.com

Abstrak

Nilai produktivitas peralatan konstruksi berperan besar dalam menentukan ketercapaian tujuan suatu proyek konstruksi. Data produktivitas penting untuk dikumpulkan sehingga hasil perencanaan estimasi biaya serta jadwal proyek dapat diandalkan. Selain itu, tingkat realisasi pelaksanaan dapat dinilai berdasarkan basis data tersebut. Peralatan Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) populer digunakan dalam pelaksanaan konstruksi pondasi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai produktivitas HSPD. Pondasi dipancang menggunakan 1 unit HSPD dengan kemampuan beban 420 ton serta 1 unit service crane. Metode time study digunakan untuk mengukur produktivitas alat tersebut. Terhadap data yang diperoleh dilakukan uji normalitas data. Setelah data dinyatakan terdistribusi normal, dilakukan analisis rata-rata. Hasil menunjukkan bahwa produktivitas HSPD rata-rata adalah sebesar 0.690 meter/menit, dengan produktivitas tertinggi 0.729 meter/menit, dan terendah 0.632 meter/menit.

Kata kunci: produktivitas konstruksi, peralatan konstruksi, pondasi, HSPD

Abstract

The productivity rates of construction equipment play a significant role in achieving a construction project's objectives. A productivity database is important to be collected to produce reliable construction cost estimation and scheduling. Besides that, it is also useful for project monitoring and controlling. The equipment Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) is frequently utilized in foundation constructions. This research aims at obtaining the productivity rate of HSPD. The foundations are piled using 1 unit of HSPD with 420-ton capacity and 1 unit of service crane. The time and motion study methods are chosen to measure productivity. A normality test is then applied to the data. After the data is stated normally distributed, mean analysis is undertaken. The result shows that the average HSPD productivity is 0.690 meters/minute, the highest rate is 0.729 meters/minute, and the lowest is 0.632 meters/minute.

Keywords: construction productivity, construction equipment, foundation, HSPD

1. Pendahuluan

Suatu tim proyek konstruksi selalu memiliki tujuan untuk menyelesaikan proyeknya secara tepat mutu, tepat biaya, dan tepat waktu. Basis data produktivitas memiliki peran besar dalam upaya mencapai tujuan tersebut. Keandalan perencanaan proyek sangat tergantung dari lengkap atau tidaknya basis data produktivitas sumber daya.

Dalam estimasi biaya proyek konstruksi, Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) merupakan perhitungan

kebutuhan biaya tenaga, bahan, dan peralatan untuk mendapatkan harga satuan atau satu jenis pekerjaan tertentu (Kementerian PUPR, 2016). Harga satuan tenaga dan peralatan ditentukan oleh tingkat produktivitasnya. Keakuratan data produktivitas yang dimiliki suatu perusahaan penyedia jasa konstruksi membuat peluang mereka untuk memenangkan tender semakin besar karena penawaran harga yang dibuat akan kompetitif.

Selain itu, menurut *Project Management Institute* (2013) dalam *Project*

Management Body of Knowledge (PMBOK) Edisi ke-5, proses penjadwalan proyek juga sangat bergantung dari ketersediaan basis data produktivitas. Data produktivitas menjadi dasar dalam perkiraan durasi suatu pekerjaan serta banyaknya sumber daya yang dibutuhkan. Tenaga kerja dengan keterampilan yang lebih rendah, atau peralatan dengan tingkat perawatan yang kurang baik, memiliki produktivitas lebih rendah sehingga membutuhkan durasi yang lebih lama untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Pekerjaan pondasi merupakan bagian yang tak terpisahkan dalam suatu proyek konstruksi. Pada sebagian besar proyek, pekerjaan pondasi menjadi *predecessor* sebelum dapat dilaksanakannya pekerjaan-pekerjaan struktur atas. Hal tersebut menempatkan pekerjaan pondasi berada pada jalur kritis dimana keberhasilan pelaksanaannya sangat menentukan pencapaian target proyek secara keseluruhan.

Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) merupakan alat pancang pondasi yang menekan tiang pancang ke dalam tanah dengan sistem hidrolis yang diberi *counterweight*. Sistem tersebut memungkinkan pemancangan pondasi hingga tercapai daya dukung sesuai rancangan tanpa alat pancangnya terangkat. Selain itu HSPD tidak menyebabkan kebisingan dan getaran.

Mengingat pentingnya data produktivitas peralatan konstruksi, beberapa penulis telah meneliti produktivitas HSPD dengan berbagai spesifikasi, jenis tiang pancang, dan kondisi tanah yang berbeda-beda. Limanto (2009) menyimpulkan produktivitas sebesar 0.482 meter/menit untuk HSPD dengan kapasitas 320 ton yang memancang spun pile berdiameter 500 mm. Hakim dan Akbar (2018) meneliti HSPD 320 ton yang memiliki produktivitas 1.364 meter/menit ketika digunakan untuk memancang tiang pancang 400 x 400 mm. Hadi dan Suryanto (2018) meneliti dua tipe HSPD yang sama-sama memancang spun pile berdiameter

500 mm. Tipe pertama yaitu HSPD 460 ton yang memiliki produktivitas sebesar 0.757 meter/menit. Tipe kedua yaitu HSPD 1000 ton yang memiliki produktivitas 1.004 meter/menit. Dwiretnani dan Daulay (2019) juga meneliti dua tipe HSPD yaitu HSPD 320 ton (0.95 meter/menit) dan HSPD 420 ton (1.32 meter/menit) namun tidak diketahui jenis dan dimensi tiang pancangnya. Terakhir, Rahmat dkk (2020) menyatakan bahwa produktivitas HSPD adalah 0.210 meter/menit, meskipun tidak memberikan informasi mengenai spesifikasi HSPD dan jenis dan dimensi tiang yang dipancang.

Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui besar produktivitas HSPD pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa Politeknik Pekerjaan Umum (PPU). Hasilnya diharapkan dapat berkontribusi terhadap kelengkapan basis data produktivitas peralatan konstruksi serta upaya pemodelan produktivitas HSPD pada proyek konstruksi di Indonesia. Bagi praktisi yang sedang menjalani proyek dengan situasi mirip, hasil penelitian ini dapat melengkapi referensi serta membantu dalam merencanakan dan mengendalikan proyek.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Produktivitas

Del Pico (2012) menyatakan bahwa produktivitas adalah tingkat hasil suatu pekerjaan yang dilaksanakan oleh individu atau grup dalam satu satuan waktu. Sementara itu menurut Kementerian PUPR (2016), produktivitas adalah perbandingan antara hasil produksi (luaran) dan komponen produksi (masukan) yang terdiri dari tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu. Produktivitas dapat dinyatakan dalam Persamaan 1:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Luaran}}{\text{Masukan}} \dots\dots\dots (1)$$

Satuan dari masukan menggambarkan komponen produksi. Contohnya Orang-Hari (OH), Orang-Jam (OJ), atau jam dan

hari saja. Sementara itu satuan dari luaran menggambarkan hasil produksi. Contohnya, untuk pekerjaan pemindahan tanah mekanis satuannya m^3 , untuk pekerjaan pemancangan pondasi satuannya m. Dengan menerapkan persamaan 1, maka produktivitas untuk pekerjaan pemindahan tanah mekanis dapat dinyatakan dalam m^3/jam . Produktivitas pemancangan pondasi dinyatakan dalam m/jam, atau m/menit.

Data produktivitas mendasari estimasi biaya suatu pekerjaan (Dagostino dan Peterson, 2015), khususnya untuk komponen biaya tenaga kerja dan peralatan. Pada AHSP, tingkat produktivitas dinyatakan sebagai koefisien yang menunjukkan seberapa banyak suatu sumber daya diperlukan untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan. Oleh sebab itu, hubungan antara koefisien dengan produktivitas dapat dinyatakan dalam Persamaan 2:

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

b. Excavator Standard (kedalaman 0 - < 2 m)		E.11.b			
Kapasitas Bucket	V	0,80	m^3	Daya 120 HP, Berat Operasi 13 ton	
Faktor Bucket (Lihat Tabel 9)	Fb	1,00		Kondisi operasi sedang, tanah biasa	
Faktor Efisiensi Alat (Tabel 4)	Fa	0,75		Pemeliharaan mesan baik	
Waktu Siklus Menggali 0-2 m, swing + muat ke DT (Tabel 6.3)	Ts.1	0,48	menit	Agak sulit + swing	
Swing kembali dan lain - lain	T. 2	0,33	menit	Tabel 6.4, swing 90° + lain-lain 8s	
	Ts.1	0,82	menit		
Kap. Produksi/jam = $(V \times Fb \times Fa \times 60) / (Ts.1 \times Ft)$	Q.1	36,73	m^3/jam		
Koefisien Alat/ $m^3 = 1 / Q.1$		0,0272	jam		

Gambar 1. Contoh perhitungan produktivitas alat dan koefisien (Kementerian PUPR, 2016)

Gambar 1 menunjukkan contoh perhitungan koefisien dari nilai produktivitas. Nilai koefisien 0,0272 jam didapat dari 1 dibagi 36,73 m^3 per jam.

TM.04.a.1 Galian tanah kedalaman 0 - 2 m

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6	7
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	jam	0,1633	14.285,71	2.333,33
2	Mandor	L.04	jam	0,0163	7.142,86	116,67
Jumlah Harga Tenaga Kerja						2.450,00
B	Bahan					
Jumlah Harga Bahan						-
C	Peralatan					
1	Excavator (Standard)	E.11.b	jam	0,0272	451.545,66	12.292,08
Jumlah Harga Peralatan						12.292,08
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					14.742,08
E	Overhead + Profit (Contoh 15%) 15% x D					2.211,31
F	Harga Satuan Pekerjaan per - m^3 (D+E)					16.953,40

Gambar 2. Contoh penerapan koefisien dalam estimasi biaya pekerjaan konstruksi (Kementerian PUPR, 2016)

Gambar 2 menunjukkan bagaimana nilai koefisien digunakan dalam perhitungan perkiraan biaya konstruksi. Dari gambar 1 dan gambar 2 dapat disimpulkan bahwa basis data produktivitas sumber daya konstruksi memegang peranan penting dalam perencanaan proyek konstruksi, khususnya pada tahap estimasi biaya. Semakin akurat data produktivitas yang dimiliki, semakin kompetitif pula penawaran harga. Semakin tidak akurat data (produktivitas terlalu rendah), maka akan semakin besar koefisien dan semakin besar pula penawaran harga.

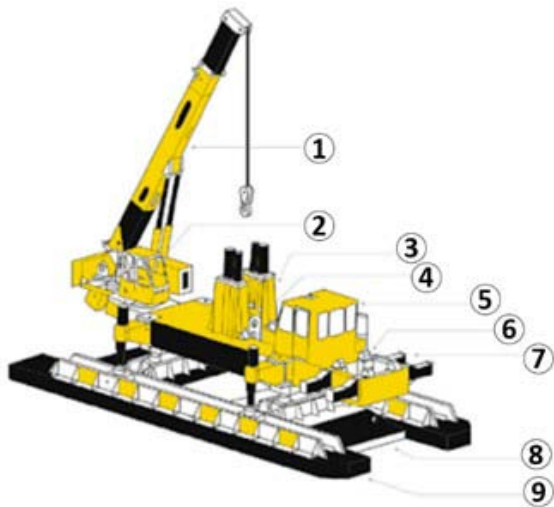
Pengukuran produktivitas sumber daya konstruksi tidak hanya bermanfaat dalam tahap perencanaan proyek, tetapi juga dalam tahap pengendalian proyek. Salah satu penyebab membengkaknya biaya proyek adalah produktivitas realisasi tidak sesuai dengan yang direncanakan (Pratt, 2011). Basis data produktivitas dapat menjadi tolok ukur di lapangan sehingga ketika terjadi ketidaksesuaian produktivitas, tim proyek senantiasa mendapatkan peringatan dini dan memperbarui rencana mereka (Project Management Institute, 2013).

2.2. Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)

Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) merupakan alat pancang pondasi yang menekan tiang pancang ke dalam tanah dengan sistem hidrolis yang diberi

counterweight. Beberapa keunggulan HSPD antara lain (Rahmat dkk, 2020; Hakim dan Akbar, 2018; Warsito dan Hatmoko, 2016):

- 1) Kebisingan dapat diminimalkan;
- 2) Polusi asap lebih sedikit dibandingkan dengan alat *diesel hammer*;
- 3) Tidak menghasilkan getaran sehingga lebih aman untuk bangunan di sekeliling proyek;
- 4) Lekukan pondasi (*necking*) yang kerap terjadi pada sistem *bored pile* dapat dihindari;
- 5) Daya dukung tiang pancang dapat diperkirakan melalui bacaan alat *pressure gauge* yang terdapat pada kabin HSPD;
- 6) Pelaksanaan konstruksi pondasi yang lebih efisien dan cepat;
- 7) Kemampuan HSPD bermanuver pada ruang gerak yang terbatas.



Gambar 3. Alat pancang HSPD
(Sumber: www.rumahmaterial.com)

Gambar 3 menunjukkan bagian-bagian dari HSPD. Pada umumnya HSPD terdiri dari: (1) derek; (2) mekanisme momen vertikal; (3) landasan pancang; (4) pencengkeram tiang pancang; (5) kabin utama; (6) perangkat pemancangan samping; (7) kantilever pembantu; (8) *base* pendek; (9) *base* panjang.

Dari Rencana Kerja dan Syarat (RKS) proyek, diketahui tahapan pemancangan menggunakan HSPD adalah sebagai berikut:

- 1) Pastikan lahan rata, padat, memiliki daya dukung yang cukup terhadap beban alat HSPD, serta bersih dari sisa komponen bangunan lama;
- 2) Umur beton tiang pancang harus dipastikan setidaknya berusia 14 hari dan kuat tekannya telah mencapai sekurang-kurangnya 80% dari kuat tekan rencana;
- 3) Pastikan jumlah berat beban *counter* dan berat alat HSPD adalah 2 kali lipat dari beban rencana penekanan tiang;
- 4) Dengan mengamati *level indicator* dan pemeriksaan memakai *waterpass*, pastikan alat HSPD berada pada kondisi rata horizontal;
- 5) Tiang pancang diikat pada titik *marking* menggunakan *sling* angkat, lalu diangkat dan diatur pada alat HSPD;
- 6) Pada titik pondasi yang diinginkan, tiang pancang kemudian ditekan secara terus menerus hingga kriteria terpenuhi;
- 7) Penekanan tiang menggunakan beban 200% dari beban rencana;
- 8) Sambil tiang ditekan, vertikalitas tiang senantiasa diperiksa menggunakan *waterpass* setiap 50 cm sampai kedalaman 2 m;
- 9) Tiang pancang disambung dengan cara pengelasan penuh; Tiang pancang sambungan harus dipastikan cosentris terhadap tiang pancang sebelumnya;
- 10) Saat penurunan tiang kurang dari atau sama dengan 20 mm selama 30 s.d. 60 detik, penekanan tiang pancang dihentikan; Untuk tiang pancang yang dirancang menggunakan tahanan friksi, pemancangan harus dilakukan hingga kedalaman rencana tercapai;
- 11) Terakhir, kelebihan tiang pancang yang tidak tertanam harus dipotong rata

permukaan tanah agar tidak menghalangi HSPD yang akan pindah ke titik berikutnya.



Gambar 4. Ilustrasi proses pemancangan menggunakan HSPD (Sumber: Akun Youtube Jack Xie (T-Works))

Gambar 4 mengilustrasikan proses pemancangan menggunakan HSPD.

3. Metodologi Penelitian

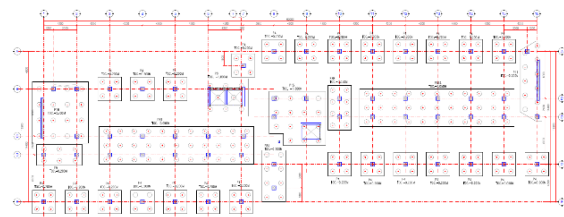
3.1. Sumber Data Penelitian

Proyek pembangunan rumah susun mahasiswa PPU yang dilaksanakan pada tahun anggaran 2021 ini berlokasi di Jalan Soekarno-Hatta, Kecamatan Pedurungan, Kota Semarang. Bangunan tersebut terdiri dari 2 (dua) tower kembar masing-masing 8 (delapan) lantai. Objek penelitian ini adalah tower A yang memiliki tapak bangunan seluas 4476.74 m² serta terdiri dari 10 (sepuluh) tipe *pile cap* dengan total 242 (dua ratus empat puluh dua) titik pancang sebagaimana ditunjukkan Tabel 1 dan Gambar 5. Diameter tiang pancang 600 mm dengan daya dukung rencana 120 ton. Kedalaman rencana pemancangan 40 meter yang terdiri dari 2 tiang pancang dengan panjang 15 meter (*middle* dan *upper*) dan 1

tiang pancang dengan panjang 10 meter (*bottom*).

Tabel 1. Tipe *Pile Cap*

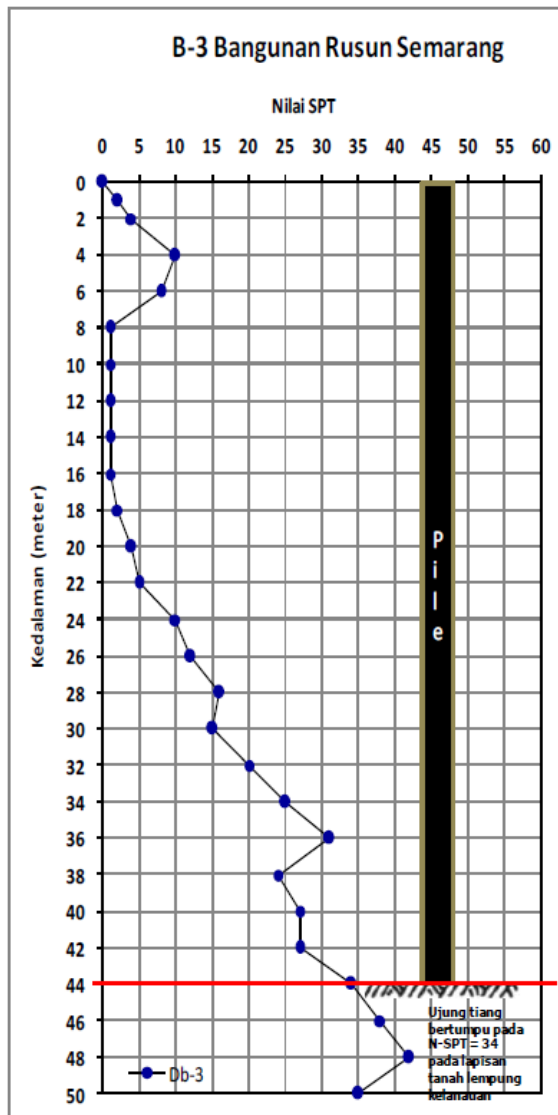
Tipe PC	Jumlah PC	Jumlah Titik Pancang	Sub Total Jumlah Titik Pancang
P4	26	4	104
P6	1	6	6
P8	1	8	8
P8A	1	8	8
P8B	1	8	8
P11	1	11	11
P15	1	15	15
P16	1	16	16
P33	1	33	33
P33A	1	33	33
Jumlah titik pancang			242



Gambar 5. Denah titik pondasi

Kondisi lapisan tanah permukaan terdiri lapisan tanah lunak setebal ± 22 meter yang ketebalannya bervariasi, yaitu mulai dari kedalaman 0.00 – 2.00 meter ditemui lapisan tanah lempung sangat lunak bercampur organik (*very soft organic clay*) ditunjukkan dengan nilai $NS_{pt} = 2$, lalu pada kedalaman 2.00 – 4.00 meter ditemui lapisan tanah lempung lunak bercampur pasir halus (*soft clay mix fine sand*) ditunjukkan dengan nilai $NS_{pt} = 4$, selanjutnya pada kedalaman 4.00 – 8.00 meter ditemui lapisan pasir halus lepas bercampur kulit kerang (*loose fine sand mix clamshell*) ditunjukkan dengan nilai $8 < NS_{pt} < 10$, kemudian pada kedalaman 8.00 – 20.00 meter ditemui lapisan tanah lempung sangat lunak bercampur kulit kerang (*very soft clay mix clamshell*) ditunjukkan dengan nilai $1 < NS_{pt} < 2$, dan

selanjutnya pada kedalaman 20.00 – 22.00 meter ditemui lapisan tanah lempung lunak bercampur pasir halus (*soft clay mix fine sand*) ditunjukkan dengan nilai NSpt =4.



Gambar 6. Nilai SPT

Peralatan pancang yang dipakai terdiri dari HSPD dan *service crane*. HSPD yang digunakan bertipe ZYB420M1-B *Static Pile Driver* dengan kapasitas 420 ton, pabrikan Hunan Changhe Machine Co., Ltd. Sementara itu *service crane* yang digunakan bertipe *Crawler Crane Lattice Boom* model LS-120 RH5 dengan kapasitas *Safe Working Load (SWL)* 34.5 ton, panjang *boom* 24.348 meter, pabrikan Sumitomo.

3.2. Pengukuran Produktivitas HSPD

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 menggunakan metode yang sama, dimana pencatatan durasi dilakukan terhadap setiap aktivitas dalam 1 siklus pemancangan.

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

Statistik inferensi berhubungan dengan aktivitas pembuatan kesimpulan (Santoso, 2010). Kesimpulan yang mewakili populasi digeneralisasi dari hasil pengolahan data yang diambil dari sejumlah sampel. Statistik inferensi memiliki 2 (dua) tipe yaitu statistik nonparametrik dan parametrik. Dalam statistik parametrik, salah satu asumsi di bawah ini harus terpenuhi (Santoso, 2010):

- Populasi memiliki distribusi normal;
- Dua sampel atau lebih diambil dari dua populasi yang mempunyai varians sama (syarat penerapan uji t dan uji F);
- Data berjenis interval atau rasio;
- Jumlah sampel sangat kecil, dan tidak diketahuinya kenormalan distribusi data populasi.

Penelitian ini menggunakan statistik nonparametrik karena asumsi-asumsi di atas tidak dipenuhi oleh sampel datanya. Jenis distribusi populasinya juga belum diketahui.

Selanjutnya, untuk menyimpulkan karakteristik populasi, data sampel diolah menggunakan *one sample test*. Dengan tes

tersebut, akan diketahui kenormalan data sampel. *One sample test* yang akan digunakan adalah uji *Kolmogorov*. Limanto (2009) menjelaskan bahwa dalam uji *Kolmogorov*, kesimpulan didapatkan dari perbandingan antara karakteristik data lain yang terdistribusi normal dengan data sampel.

Setelah diketahui bahwa data terdistribusi normal, selanjutnya adalah melakukan analisis mean, peringkat, serta menghitung produktivitas HSPD.

Hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_a) ditetapkan sebagai berikut:

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

Santoso (2010) menjelaskan bahwa besarnya peluang terjadinya penolakan hipotesis yang ternyata benar disebut signifikansi (α). Sesuai standar *software* SPSS, nilai α ditetapkan 5%. Dalam hal $\alpha < 5\%$ maka H_0 ditolak dan sebaliknya.

Kemudian, data hasil pengamatan lapangan berupa durasi setiap aktivitas pemancangan direkapitulasi ke dalam *Microsoft Excel* sebelum dilakukan uji Kolmogorov menggunakan SPSS.

3.4. Analisis Mean

Reksoatmojo (2009) menjelaskan bahwa suatu nilai yang mewakili sekelompok data numerik disebut rata-rata numerik (*mean*). Rata-rata numerik dihitung memakai persamaan 3.

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

Keterangan:

X_i = data

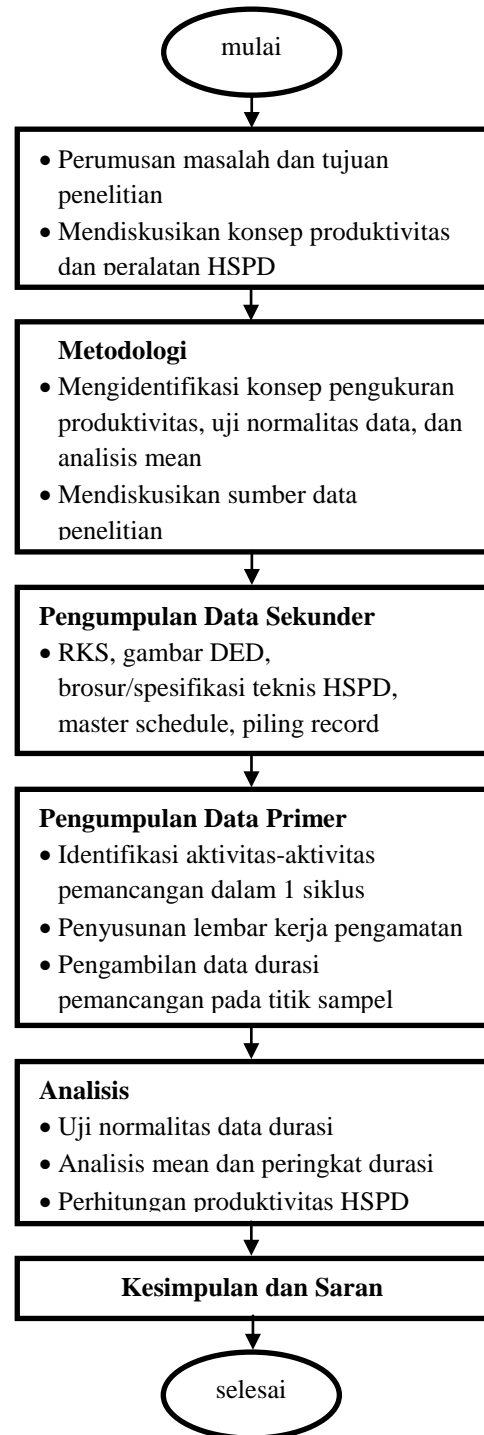
\bar{X} = rata – rata (mean) data

N = jumlah data

Dengan menggunakan analisis *mean*, akan didapatkan durasi rata-rata setiap sub kegiatan pemancangan menggunakan alat HSPD. Nilai rata-rata tersebut digunakan untuk menentukan pengurutan peringkat aktivitas.

3.5. Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan alir kegiatan sebagaimana digambarkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Bagan alir penelitian

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1. Pengamatan Langsung Durasi Setiap Aktivitas dalam Satu Siklus Pemancangan

Alat bantu *stopwatch* dan lembar kerja pencatatan digunakan dalam pengukuran produktivitas pada penelitian ini.

Sebelum membuat lembar kerja pengamatan, aktivitas-aktivitas dalam satu siklus pemancangan perlu diidentifikasi terlebih dahulu dengan cara mengamati langsung di lapangan. Dari hasil pengamatan, dalam 1 siklus pemancangan membutuhkan 13 aktivitas yang dilaksanakan secara berurutan, yaitu:

1. Pemasukkan tiang pancang 1;
2. Mobilisasi alat ke titik pancang yang dituju;
3. Penyipatan tiang pancang 1;
4. Penekanan tiang pancang 1;
5. Pengambilan tiang pancang 2;
6. Pengelasan tiang pancang 2;
7. Penekanan tiang pancang 2;
8. Pengambilan tiang pancang 3;
9. Pengelasan tiang pancang 3;
10. Penekanan tiang pancang 3;
11. Pengambilan ruyung;
12. Penekanan ruyung;
13. Pemotongan sisa tiang pancang.

Proyek ini berdurasi selama 9 (sembilan) bulan mulai dari Bulan April sampai Desember 2021. Pengambilan data produktivitas HSPD dilaksanakan pada tanggal 17, 18, 19, 20, 21, 27, dan 28 Mei 2021. Dalam 7 hari tersebut didapatkan data pemancangan 25 titik pondasi atau 10.33% dari populasi data sebagaimana ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2. Pelaksanaan Pengamatan Langsung

No	Tanggal Pengamatan	Jumlah Titik Pengamatan
1	17 Mei 2021	2
2	18 Mei 2021	2
3	19 Mei 2021	4
4	20 Mei 2021	3
5	21 Mei 2021	5
6	27 Mei 2021	5
7	28 Mei 2021	4
Total		25



Gambar 8. Pelaksanaan pemancangan di Proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa PPU

Durasi masing-masing aktivitas dicatat dan ditabulasi sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Durasi Setiap Aktivitas Pemancangan

No	Tanggal	Nomor Titik Pancang	Kedalaman (meter)	Durasi Aktivitas ke- (menit)						
				1	2	3	4	5	6	7
1	17 Mei 2021	A - 95	40	2,382	0,701	1,636	4,938	2,323	6,390	6,913
2	17 Mei 2021	A - 94	40	8,928	1,440	5,062	2,458	1,859	6,166	7,981
3	18 Mei 2021	A - 170	40	3,159	1,370	1,368	3,280	2,499	6,799	6,710
4	18 Mei 2021	A - 169	40	0,781	3,114	1,535	4,240	2,612	6,750	7,994
5	19 Mei 2021	A - 163	40	1,492	0,783	2,544	5,029	1,666	6,464	7,898
6	19 Mei 2021	A - 161	40	0,581	3,532	1,540	3,739	2,204	5,840	7,413
7	19 Mei 2021	A - 239	40	1,223	1,104	1,242	3,641	2,301	6,404	6,517
8	19 Mei 2021	A - 241	40	2,080	2,750	2,252	4,653	1,994	6,529	8,077
9	20 Mei 2021	A - 237	40	5,555	2,511	3,413	1,960	3,085	6,334	7,653
10	20 Mei 2021	A - 235	40	1,573	2,637	0,468	5,835	2,345	6,341	7,573
11	20 Mei 2021	A - 232	40	1,365	4,053	1,529	3,406	2,013	6,518	6,617
12	21 Mei 2021	A - 224	40	3,702	1,953	2,249	3,484	1,686	4,657	7,739
13	21 Mei 2021	A - 223	40	2,159	1,953	2,075	6,491	0,797	4,927	7,254
14	21 Mei 2021	A - 225	40	0,683	1,539	1,057	3,407	2,893	5,512	6,623
15	21 Mei 2021	A - 220	40	2,264	0,901	1,323	4,164	3,338	4,714	6,675
16	21 Mei 2021	A - 219	40	0,318	3,615	1,700	3,951	2,267	6,058	6,058
17	27 Mei 2021	A - 137	40	3,017	1,812	0,776	4,517	6,821	4,827	7,610
18	27 Mei 2021	A - 136	40	3,527	0,916	1,054	3,717	2,211	5,503	7,336
19	27 Mei 2021	A - 135	40	1,840	0,810	1,577	3,709	3,395	4,603	7,102
20	27 Mei 2021	A - 133	40	1,187	0,497	1,173	3,959	1,432	6,676	6,835
21	27 Mei 2021	A - 132	40	1,850	2,674	1,193	5,659	2,284	4,603	9,249
22	28 Mei 2021	A - 139	40	1,903	0,584	1,732	3,531	1,316	5,881	6,287
23	28 Mei 2021	A - 140	40	1,304	4,274	3,052	2,274	1,392	6,409	6,684
24	28 Mei 2021	A - 141	40	2,153	2,351	2,002	2,655	1,995	6,266	7,858
25	28 Mei 2021	A - 156	40	3,482	0,082	3,482	3,602	1,752	5,407	7,860

No	Tanggal	Nomor Titik Pancang	Kedalaman (meter)	Durasi Aktivitas ke- (menit)						Durasi Total (menit)
				8	9	10	11	12	13	
1	17 Mei 2021	A - 95	40	3,398	6,057	10,242	1,062	2,375	9,059	57,476
2	17 Mei 2021	A - 94	40	1,620	6,341	10,728	1,638	2,008	5,555	61,782
3	18 Mei 2021	A - 170	40	2,529	6,905	13,233	0,709	2,329	3,689	54,579
4	18 Mei 2021	A - 169	40	1,704	6,902	11,048	1,347	2,382	4,689	55,098
5	19 Mei 2021	A - 163	40	1,675	7,120	12,097	1,017	1,564	4,054	53,401
6	19 Mei 2021	A - 161	40	2,616	6,660	12,179	0,518	3,355	5,787	55,962
7	19 Mei 2021	A - 239	40	1,989	6,126	9,598	2,107	3,367	9,640	55,258
8	19 Mei 2021	A - 241	40	1,717	6,147	11,703	0,541	1,930	11,638	62,011
9	20 Mei 2021	A - 237	40	2,241	6,036	9,333	1,611	2,007	14,727	66,465
10	20 Mei 2021	A - 235	40	9,876	6,111	8,776	1,283	2,546	8,858	64,223
11	20 Mei 2021	A - 232	40	2,818	6,345	10,480	0,620	2,932	10,342	59,037
12	21 Mei 2021	A - 224	40	1,729	5,961	7,718	2,079	2,062	13,196	58,216
13	21 Mei 2021	A - 223	40	2,206	5,682	10,717	2,193	1,890	11,162	59,505
14	21 Mei 2021	A - 225	40	2,720	5,677	9,125	1,643	2,547	10,166	53,593
15	21 Mei 2021	A - 220	40	3,098	4,749	9,567	1,238	2,284	10,546	54,858
16	21 Mei 2021	A - 219	40	4,111	5,993	9,653	1,816	2,212	9,374	57,125
17	27 Mei 2021	A - 137	40	1,474	6,036	10,543	2,739	2,143	12,174	64,489
18	27 Mei 2021	A - 136	40	1,569	6,084	10,453	1,148	1,854	11,409	56,781
19	27 Mei 2021	A - 135	40	1,868	4,702	12,166	0,762	2,001	14,486	59,019
20	27 Mei 2021	A - 133	40	1,550	4,723	12,506	0,980	2,226	14,839	58,481
21	27 Mei 2021	A - 132	40	1,621	4,729	13,501	1,413	2,497	11,149	62,419
22	28 Mei 2021	A - 139	40	1,338	6,580	9,934	1,433	2,589	18,014	61,119
23	28 Mei 2021	A - 140	40	1,415	6,963	9,733	1,344	3,109	9,910	57,863
24	28 Mei 2021	A - 141	40	0,702	5,555	9,093	2,114	2,147	6,762	51,651
25	28 Mei 2021	A - 156	40	1,062	5,009	10,111	2,173	2,322	6,522	50,739

Sementara itu, data sekunder yang didapatkan adalah sebagai berikut: (i) laporan hasil investigasi tanah; (ii) laporan perancangan struktur bangunan; (iii) set gambar rancangan struktur bawah; (iv) Rencana Kerja dan Syarat (RKS) termasuk spesifikasi teknis; (v) Brosur spesifikasi teknis peralatan HSPD dan *crawler crane*; (vi) *master schedule*; (vii) *piling record*; dan *log jam* penggunaan alat HSPD.

4.2. Pengujian Satu Sampel Setiap Aktivitas Pemancangan

Tahapan selanjutnya adalah melakukan uji Kolmogorov terhadap data durasi setiap aktivitas pancang menggunakan SPSS. Hasilnya disajikan dalam Gambar 9. Disimpulkan bahwa data durasi pada titik sampel pemancangan terdistribusi normal sehingga dapat dilakukan analisis *mean* guna menggeneralisasi produktivitas HSPD pada keseluruhan pemancangan pondasi pada proyek ini.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test				
Keterangan	Masuk P1	Mobilisasi	Sipat	Tekan P1
N	25	25	25	25
Normal Mean	2,300	1,953	1,837	3,892
Parameters ^{ab} Std. Deviation	1,794	1,144	0,961	1,120
Kolmogorov-Smirnov Z	1,097	0,655	0,918	0,580
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,180	0,785	0,368	0,890
	Normal	Normal	Normal	Normal

a. Test distribution is normal

b. Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test				
Keterangan	Ambil P2	Las P2	Tekan P2	Ambil P3
N	25	25	25	25
Normal Mean	2,339	5,863	7,301	2,346
Parameters ^{ab} Std. Deviation	1,121	0,751	0,721	1,747
Kolmogorov-Smirnov Z	1,090	0,921	0,569	1,167
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,186	0,364	0,902	0,131
	Normal	Normal	Normal	Normal

a. Test distribution is normal

b. Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
Keterangan	Las P3	Tekan P3	Ambil Ruyung	Tekan Ruyung	Potong Sisa
N	25	25	25	25	25
Normal Mean	5,968	10,569	1,421	2,347	9,910
Parameters ^{ab} Std. Deviation	0,729	1,441	0,591	0,453	3,645
Kolmogorov-Smirnov Z	0,882	0,681	0,537	0,747	0,532
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,419	0,743	0,935	0,633	0,940
	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

a. Test distribution is normal

b. Calculated from data.

Gambar 9. Hasil Analisis Uji Satu Sampel pada Setiap Aktivitas Pemancangan

4.3. Analisis Mean dan Peringkat Setiap Aktivitas Pemancangan

Sebagaimana telah dibahas sebelumnya, setelah data durasi terbukti terdistribusi normal, durasi setiap aktivitas dapat digeneralisasi untuk keseluruhan kegiatan dengan menggunakan analisis *mean*. Tabel 4 menunjukkan hasil analisis *mean* dan peringkat.

Tabel 4. Analisis Mean dan Peringkat Setiap Aktivitas Pemancangan

No	Aktivitas	Peringkat	Mean
1	Pemasukan tiang pancang 1	4	02:18,0
2	Mobilisasi alat ke titik yang dituju	3	01:57,2
3	Penyipatan titik pancang	2	01:50,2
4	Penekanan tiang pancang 1	8	03:53,5
5	Pengambilan tiang pancang 2	5	02:20,4
6	Pengelasan tiang pancang 2	9	05:51,8
7	Penekanan tiang pancang 2	11	07:18,1
8	Pengambilan tiang pancang 3	6	02:20,7
9	Pengelasan tiang pancang 3	10	05:58,1
10	Penekanan tiang pancang 3	13	10:34,2
11	Pengambilan ruyung	1	01:25,3
12	Penekanan ruyung	7	02:20,8
13	Pemotongan sisa pancang	12	09:54,6

4.4. Analisis Produktivitas HSPD

Nilai produktivitas HSPD pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa Politeknik Pekerjaan Umum diukur dengan satuan meter per menit. Nilai produktivitas didapat dari pembagian antara panjang tiang pancang terhadap waktu yang dibutuhkan untuk memancangnya, ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Produktivitas HSPD

No	Tanggal Pengamatan	Jumlah Titik Pengamatan	Total Panjang Tiang Pancang (m)	Total Durasi (jam:menit:detik)	Produktivitas (m/menit)
1	17 Mei 2021	2	80	1:59:15,5	0,671
2	18 Mei 2021	2	80	1:49:40,6	0,729
3	19 Mei 2021	4	160	3:46:37,9	0,706
4	20 Mei 2021	3	120	3:09:43,5	0,632
5	21 Mei 2021	5	200	4:43:17,8	0,706
6	27 Mei 2021	5	200	5:01:11,4	0,664
7	28 Mei 2021	4	160	3:41:22,3	0,723
Rata - rata produktivitas					0,690

4.5. Pembahasan

Pengamatan awal di lapangan menunjukkan bahwa terdapat 13 aktivitas dalam 1 siklus pemancangan pondasi menggunakan alat HSPD yang dibantu oleh *service crane*. Aktivitas dimulai dengan pemasukan tiang pancang pertama (*bottom*) dan diselesaikan dengan pemotongan sisa tiang pancang. Lembar pengambilan data di lapangan disusun berdasarkan hasil identifikasi tersebut.

Pengambilan data durasi 25 titik pemancangan diselesaikan dalam 7 hari. Semua tiang pancang memiliki kedalaman 40 meter, terdiri dari pemancangan *bottom pile* P1 (10 meter), *middle pile* P2 (15 meter), dan *upper pile* P3 (15 meter).

Dalam kenyataannya, dua aktivitas dapat berlangsung pada waktu yang sama. Untuk menghindari *overlap* dalam pencatatan durasi, pencatatan durasi suatu aktivitas diselesaikan dulu sebelum memulai pencatatan kegiatan setelahnya, meskipun kegiatan setelahnya tersebut sebenarnya telah dimulai sebelum pencatatan dimulai. Hasil pengamatan lapangan disajikan dalam Tabel 3.

Terhadap data durasi 25 titik pemancangan dilakukan uji Kolmogorov untuk mengetahui normalitas data. Dari uji tersebut dapat disimpulkan bahwa data sampel terdistribusi normal sehingga dapat digunakan untuk generalisasi populasi melalui analisis *mean*.

Tabel 4 menunjukkan hasil analisis *mean* dan peringkat. Dari tabel 4 diketahui bahwa aktivitas penekanan tiang pancang P3 (*upper pile*) merupakan aktivitas dengan durasi terlama yaitu 10 menit 34.2 detik. Hal ini dapat dimengerti mengingat penekanan tiang pancang terakhir mengalami tahanan friksi yang paling besar dibandingkan penekanan tiang-tiang pancang sebelumnya. Sementara itu, aktivitas pengambilan ruyung merupakan aktivitas dengan durasi paling sebentar yaitu selama 1 menit 25.3 detik. Aktivitas tersebut dapat dikatakan yang paling kecil pengaruhnya dalam 1 siklus pemancangan.

Akhirnya, tujuan utama penelitian ini didapatkan dengan melakukan analisis produktivitas HSPD. Tabel 5 menunjukkan bahwa produktivitas terendah adalah sebesar 0.632 meter/menit (37.95 meter/jam) dan produktivitas tertinggi adalah sebesar 0.729 meter/menit (43.765 meter/jam). Sementara itu rerata produktivitas HSPD adalah sebesar 0.690 meter/menit (41.413 meter/jam).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada kajian penelitian ini, maka dapat disimpulkan produktivitas 1 unit HSPD 420 ton yang dibantu oleh 1 unit *service crane* pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Politeknik Pekerjaan Umum sebagai berikut:

- a. Produktivitas HSPD tertinggi adalah sebesar 0.729 meter/menit atau 43.765 meter/jam.
- b. Produktivitas HSPD terendah adalah sebesar 0.632 meter/menit atau 37.95 meter/jam.
- c. Produktivitas HSPD rata-rata adalah sebesar 0.690 meter/menit atau 41.413 meter/jam .

5.2 Saran

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

- a. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengamati titik per titik proses pemancangan pondasi sehingga faktor efisiensi alat (F_a) belum diperhitungkan. Apabila hasil penelitian ini akan digunakan untuk perencanaan dan pengendalian konstruksi, pengguna disarankan untuk mengalikannya terhadap F_a ;
- b. Model produktivitas HSPD pada tanah lempung berlanau dapat dikembangkan menggunakan data penelitian ini, sebagaimana yang telah dilakukan oleh Warsito dan Hatmoko (2016) terhadap

pemancangan oleh HSPD pada tanah berlanau.

DAFTAR PUSTAKA

- 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/talentasipil.v2i2.20>
- 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=pwI4wC_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.
- 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>