

Studi Perbandingan Produktivitas Teori dan Realitas pada Pekerjaan Konstruksi Keselamatan Pesisir di Teluk Jakarta Tahap 6 Paket 4

Kurniawan Widhitomo¹, Moh Azhar², Mardiaman²
Universitas Tama Jagakarsa, Jakarta Selatan-12530, Indonesia^{1,2}

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Produktivitas Pemancangan,
Hydraulic Static Pile Driver, Sistem
Inner Boring, Konstruksi
Keselamatan Pesisir, Studi Waktu

**Correspondence email:*
mardi240967@gmail.com

Submitted: 21-05-2025
Revised: 16-06-2025
Accepted: 23-07-2025
Published: 02-08-2025

ABSTRAK

Infrastruktur perlindungan pesisir di Teluk Jakarta sangat penting untuk mengurangi risiko banjir akibat naiknya permukaan laut dan penurunan muka tanah. Penggunaan spun pile dengan metode *inner boring* yang didukung oleh teknologi *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD) ditujukan untuk memastikan proses pemancangan tiang yang efisien dan minim dampak terhadap lingkungan. Namun, dalam pelaksanaannya, perbedaan antara produktivitas yang direncanakan secara teoritis dan realisasi di lapangan masih menjadi permasalahan utama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan produktivitas teoritis (berdasarkan perencanaan kontrak) dengan produktivitas aktual di lapangan dalam pelaksanaan pemancangan spun pile pada proyek keselamatan pesisir Teluk Jakarta Tahap 6 Paket 4. Pendekatan kuantitatif deskriptif digunakan dalam penelitian ini, dengan menggabungkan observasi lapangan secara langsung, analisis video *time-lapse*, dan data sekunder dari dokumen kontrak. Produktivitas diukur dalam satuan meter per jam (m/h) dan jumlah tiang per hari (tiang/hari). Deviasi antara produktivitas teoritis dan aktual diidentifikasi, dan faktor penyebab dianalisis. Produktivitas teoritis sebesar 3,59 m/h dengan target 3,50 tiang/hari, sedangkan produktivitas aktual di lapangan hanya mencapai 3,20 m/h dengan rata-rata 3,33 tiang/hari. Perbedaan ini menyebabkan estimasi keterlambatan pekerjaan selama 5 hari kerja atau sekitar 4,8%. Faktor utama penyebabnya meliputi tekanan hidrolik yang tidak stabil, kendala lingkungan, keterbatasan peralatan, dan variasi keterampilan operator. Penelitian ini menegaskan pentingnya pemantauan produktivitas secara real-time dan penggunaan alat evaluasi yang sistematis untuk menjamin ketepatan waktu pelaksanaan proyek. Diperlukan juga perencanaan yang adaptif dan pelatihan operator secara berkala. Hasil penelitian ini memberikan panduan praktis untuk meningkatkan efisiensi kerja pada proyek pondasi pesisir di masa mendatang, khususnya yang menggunakan teknologi HSPD.

ABSTRACT

Keyword:

Piling Productivity, Hydraulic Static Pile Driver, Inner Boring System, Coastal Safety, Time Study

Coastal protection infrastructure in Jakarta Bay is essential to mitigate flooding due to sea level rise and land subsidence. The use of spun piles with inner boring methods supported by Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) technology is intended to ensure efficient and low-impact pile driving operations. However, in practice, productivity discrepancies between theoretical planning and field realization remain a significant issue. This study aims to analyze and compare theoretical productivity (based on contractual planning) with actual field productivity in the installation of spun piles for a coastal safety project in Jakarta Bay Phase 6 Package 4. A descriptive quantitative approach was used, combining direct field observations, time-lapse video analysis, and secondary data from contract documents. Productivity was measured in meters per hour (m/h) and piles per day (piles/day). Deviations between theoretical and actual productivity were identified, and causal factors were analyzed. Theoretical productivity was 3.59 m/h with 3.5 piles/day, while actual field productivity reached only 3.2 m/h with 3.33 piles/day. This discrepancy resulted in an estimated delay of 5 workdays (4.8% deviation). The primary contributing factors were inconsistent hydraulic pressure, environmental constraints, equipment limitations, and varying operator skill levels. The study confirms that real-time monitoring and productivity assessment tools are crucial for timely project delivery. It also highlights the need for adaptive planning and systematic operator training. The findings provide practical guidance for enhancing productivity in future coastal foundation projects using HSPD technology.

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di kawasan pesisir merupakan tantangan strategis dalam perencanaan wilayah sudah dimiringkanurban, khususnya di kota-kota besar yang mengalami tekanan tinggi dari perubahan iklim dan peningkatan permukaan laut. Jakarta, sebagai salah satu kota pesisir terbesar di Asia Tenggara, terus menghadapi risiko banjir rob dan abrasi akibat naiknya muka air laut dan penurunan muka tanah. Oleh karena itu, upaya perlindungan garis pantai menjadi prioritas dalam agenda pembangunan nasional. Salah satu strategi mitigasi yang diterapkan adalah pembangunan sistem tanggul laut yang didukung oleh pondasi dalam berupa tiang pancang beton (*spun pile*).

Penggunaan sistem pondasi tiang pancang pada proyek keselamatan pesisir memiliki keunggulan dalam menahan beban struktur dan mengakomodasi variasi kondisi tanah yang umumnya lunak atau gambut di daerah pesisir. Namun, pelaksanaan pemancangan di lapangan seringkali menemui kendala berupa perbedaan antara rencana produktivitas (teori) dengan realisasi di lapangan. Permasalahan ini tidak hanya berdampak pada keterlambatan waktu, tetapi juga berkontribusi terhadap pembengkakan biaya dan risiko konstruksi lainnya (Abdel-hamid and Abdelhaleem 2020). Ketidaksiuaian antara target dan realisasi produktivitas mengakibatkan pemborosan material dan biaya tenaga kerja.

Pada proyek konstruksi keselamatan pesisir di teluk Jakarta tahap 6 paket 4, penggunaan teknologi *hydraulic static pile driver* (HSPD) dirancang untuk meningkatkan efisiensi pelaksanaan sekaligus mengurangi dampak getaran terhadap lingkungan padat penduduk. Meskipun demikian, hasil observasi menunjukkan adanya penurunan produktivitas yang signifikan dibandingkan dengan target teoritis yang telah dirancang dalam dokumen kontrak.

Produktivitas kontrak menyebutkan target sebesar 3.59 m/h, namun pengukuran lapangan melalui observasi langsung dan studi video menunjukkan bahwa rata-rata aktual hanya mencapai 3.2 m/h. Secara operasional, hal ini berarti terjadi selisih waktu pemancangan sekitar 0.39 m/h atau sekitar 10.86%. Akibatnya, jumlah tiang per hari yang semula ditargetkan sebanyak 3.5 tiang/hari, dalam realisasi hanya mencapai 3.33 tiang/hari. Perbedaan ini menimbulkan dampak pada estimasi durasi proyek dan efisiensi sumber daya (Primaswari, Utama, and Taurano 2022).

Sejumlah penelitian telah membahas produktivitas pemancangan dengan menggunakan berbagai metode seperti *hydraulic static pile driver* (Dwiretnani and Daulay 2019), *drop hammer*, dan *vibratory pile driver*. (Limanto 2018; Hakim 2018; Primaswari and Utomo 2022) telah mengevaluasi produktivitas HSPD pada bangunan apartemen di lingkungan padat penduduk dan mendapatkan hasil yang beragam tergantung pada kapasitas alat dan kondisi tanah. Perbandingan penggunaan pancang sudah dilakukan peneliti sebelumnya (Siregar et al. 2023; Pratama and Bhaskara 2020; Salim and Siswanto 2023). Lebih lanjut Studi analisa alat pemancang HSPD perlu dilakukan (Puspitasari and Nursin 2021), analisa biaya pemancangan (Yanuar, Ahmad, and Dew 2024) .

Namun, sebagian besar penelitian tersebut fokus pada kondisi tanah kering atau bangunan vertikal, bukan pada proyek infrastruktur pesisir yang bersifat linear dan kompleks, seperti tanggul pantai.

Penelitian dengan pendekatan empiris berbasis data waktu nyata (*real-time time study*) masih sangat terbatas dalam konteks pekerjaan konstruksi pesisir. Terlebih lagi, kajian yang membandingkan produktivitas teoritis versus produktivitas aktual pada pekerjaan inner boring pile di kawasan pesisir dengan teknologi HSPD belum banyak dilakukan. Penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan (Syahrudin, Safarudin, and Michelim 2022) hanya menekankan perbandingan antara alat pancang dari sisi biaya dan risiko teknis, namun belum membedah produktivitas aktual dari aktivitas siklus pemancangan dalam konteks *coastal safety construction*.

Dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan langsung terhadap aktivitas pemancangan spun pile pada proyek tanggul pesisir menggunakan metode time observation dan dokumentasi video, untuk mengukur produktivitas aktual dari sistem *hydraulic static pile driver*. Studi ini menyajikan perbandingan kuantitatif antara perencanaan (teori) dan realisasi (lapangan) secara sistematis, termasuk menghitung selisih produktivitas dalam satuan meter per jam dan jumlah tiang per hari. Hasil observasi yang dilakukan selama periode kerja efektif proyek menunjukkan adanya deviasi yang bermakna, dan analisis lebih lanjut digunakan untuk mengevaluasi faktor-faktor penyebabnya.

Selain itu, penelitian ini berkontribusi dalam membangun landasan data produktivitas untuk proyek serupa di masa depan, dengan harapan dapat digunakan dalam proses perencanaan dan pengendalian proyek yang lebih akurat. Penelitian ini juga memberikan pandangan baru terhadap pentingnya pemantauan produktivitas konstruksi secara real-time dalam proyek berskala nasional yang berada di lokasi strategis dan kritis terhadap lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah Membandingkan nilai produktivitas aktual dengan target produktivitas teoritis sebagaimana tercantum dalam dokumen kontrak proyek.

METODE

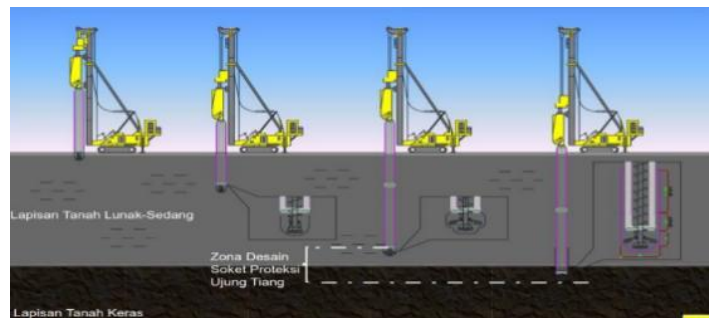
Penelitian ini dilaksanakan pada proyek konstruksi keselamatan pesisir di Teluk Jakarta Tahap 6 Paket 4, yang berlokasi di sepanjang pantai utara Jakarta. Lokasi ini merupakan bagian dari program pembangunan strategis nasional (PSN) yang bertujuan untuk menangani banjir rob melalui pembangunan tanggul laut dan pemancangan spun pile sebagai bagian dari sistem perlindungan pantai. Kegiatan lapangan difokuskan pada area pemancangan tiang pancang sepanjang lintasan pembangunan tanggul menggunakan teknologi *inner boring* dengan *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD).



Gambar 1. Lokasi pemancangan

Sumber: data lapangan

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif dengan pendekatan studi lapangan. Fokus utama penelitian adalah membandingkan antara produktivitas pemancangan secara teoritis (berdasarkan perencanaan kontrak) dan produktivitas aktual (berdasarkan hasil pengamatan lapangan). Penelitian ini juga bersifat evaluatif karena bertujuan menilai efisiensi pelaksanaan konstruksi berdasarkan parameter produktivitas (m/h dan tiang/hari).



Gambar 2. Inner boring system

Sumber: <https://eticon.co.id/pondasi-bore-pile/>

Data dikumpulkan melalui dua teknik utama: Observasi langsung dan studi video. Pengamatan dilakukan terhadap aktivitas pemancangan yang terekam dalam video dokumentasi proyek. Dari video ini, dicatat durasi rata-rata tiap siklus pemancangan per tiang mulai dari pengangkatan hingga pemotongan ujung tiang. Studi dokumen proyek dan data sekunder Data produktivitas teoritis diperoleh dari dokumen kontrak proyek, termasuk spesifikasi alat, target jumlah tiang, dan durasi kerja harian. Selain itu, referensi jurnal-jurnal sebelumnya tentang produktivitas HSPD juga digunakan sebagai pembandingan dan validasi.

$$\text{Productivity} = \frac{\text{output}}{\text{input}} \quad (1)$$

Data yang diperoleh dari hasil observasi video dianalisis menggunakan pendekatan time study untuk menghitung produktivitas lapangan (m/h dan tiang/hari). Perhitungan dilakukan dengan cara membagi total panjang tiang yang berhasil dipancang dengan waktu efektif kerja harian.

Selanjutnya, data dibandingkan dengan nilai produktivitas dalam dokumen kontrak guna menentukan selisih atau deviasi. Hasil deviasi ini dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab penurunan kinerja. Grafik batang dan tabel digunakan sebagai alat bantu visual untuk menampilkan hasil perbandingan. Analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan dampak deviasi terhadap durasi proyek dan efisiensi pelaksanaan.

HASIL

Pelaksanaan proyek Coastal Safety Construction di Teluk Jakarta Tahap 6 Paket 4 melibatkan proses pemancangan tiang pancang (spun pile) menggunakan teknologi inner boring. Studi ini bertujuan mengevaluasi kinerja aktual dari pekerjaan pemancangan dengan membandingkannya terhadap produktivitas teoritis yang direncanakan dalam kontrak. Perbandingan dilakukan dalam dua metrik utama, yaitu produktivitas meter per jam (m/h) dan jumlah tiang per hari.

Tabel 1. Waktu dan jumlah tiang pancang yang didorong (24 m) ke dalam tanah,

No	Waktu Pemancangan	Terpancang (unit)		No	waktu Pemancangan	Terpancang (unit)	
		Per hari	Total			Per hari	Total
1	19-4-2023	1	1	60	17 -11-2023	8	217
2	3 -5-2023	3	4	62	18 -11-2023	1	218
3	4-5- 2023	4	8	64	20-11- 2023	9	227
4	5-5 -2023	2	10	66	23-11- 2023	7	234
5	6 -5- 023	3	13	68	24-11-2023	3	237
6	7-5-2023	3	16	70	2 -11-2023	7	244
7	8-5-2023	4	20	72	26-11-2023	1	245
8	9-5-2023	4	24	73	20-11-2023	1	246
9	10-5-2023	5	29	74	21-11- 2023	4	250
10	11-5-2023	5	34	75	11-1-2024	1	251
11	12-5-2023	5	39	76	12 -1- 2024	2	253
12	13-5-2023	5	44	77	13 -1-2024	2	255
13	14-5-2023	3	47	78	14 -1- 2024	3	258
14	15-5-2023	3	50	79	15 -1- 2024	2	260
15	09-6-2023	4	54	80	16 -1-2024	4	264
16	10-6-2023	4	58	81	17 -1-2024	7	271
17	12-6-2023	4	62	82	18 -1-2024	7	278
18	13-6-2023	4	66	83	25 -1-2024	7	285
19	15-6-2023	4	70	84	28 -1-2024	7	292
20	17-6-2023	5	75	85	30 -1-2024	7	299
21	18-6-2023	5	80	86	03 -2- 2024	1	300
22	19-6-2023	3	83	87	04 -2- 2024	2	302
23	20-6-2023	4	87	88	06 -2- 2024	4	306
24	21-6-2023	4	91	89	08 -2- 2024	3	309
25	22-6-2023	4	95	90	09 -2- 2024	1	310
26	21-9-2023	1	96	91	16 -2- 2024	1	311
27	22-9-2023	3	99	92	17 -2- 2024	3	314
28	23-9-2023	2	101	93	18 -2- 2024	3	317
29	24-9-2023	3	104	94	19 -2- 2024	4	321
30	25-9- 2023	1	105	95	21 -2- 2024	3	324
31	26 -9-2023	4	109	96	,22 -2- 2024	2	326
32	27-9-2023	4	113	97	26 -2- 2024	2	328
33	8 -9-2023	7	120	98	27 -2- 2024	3	331
34	29-9-2023	4	124	99	08-03-2024	3	334
35	04-10-2023	7	131	100	10-03-2024	4	338
36	05-10-2023	6	137	101	11-03-2024	3	341
37	06-10-2023	8	145	102	12-03-2024	4	345
38	14-10-2023	1	146	103	16 -03-2024	2	347
39	15-10-2023	7	153	104	17 -03-2024	3	350
40	16-10-2023	2	155	105	19 -03-2024	2	352
41	18-10-2023	7	162	106	20 -03-2024	1	353
42	20-10- 2023	1	163	107	,21 -03-2024	3	356
43	21-10-2023	6	169	108	22 -03-024	5	361
44	02-11-2023	2	171	109	23 -03-024	2	363
46	03 -11-2023	8	179				
48	05 -11-2023	2	181				
50	06 -11-2023	8	189				
52	13 -11-2023	8	197				
54	14 -11-2023	1	198				
56	15 -11-2023	3	201				
58	16-11- 2023	8	209				

Source: Olahan data 2024

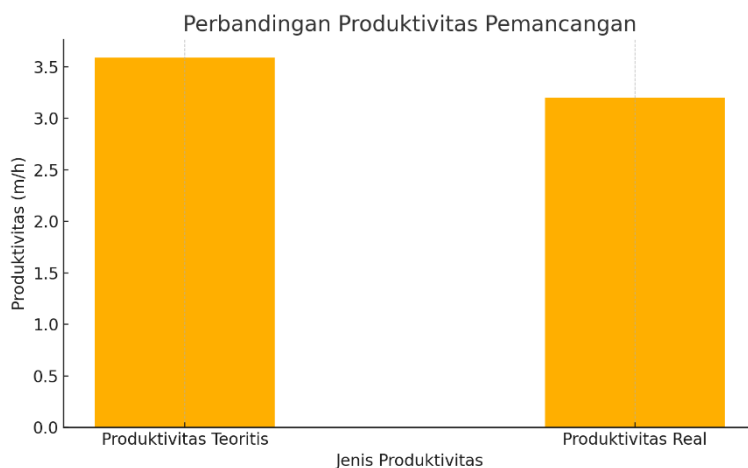
Perbandingan Produktivitas Teoritis dan Realitas

Tabel 1 menyajikan nilai produktivitas teoritis sebagaimana ditetapkan dalam dokumen kontrak sebesar 3.59 m/h dan estimasi pemasangan 3.5 tiang per hari, sedangkan hasil observasi lapangan melalui video dan pengamatan langsung menunjukkan bahwa produktivitas aktual hanya mencapai 3.20 m/h dan pemasangan efektif 3.33 tiang per hari. Visualisasi perbandingan dalam bentuk grafik batang menunjukkan adanya penurunan efisiensi dari nilai teoritis ke realitas sebesar 0.39 m/h atau sekitar 10.86%.

Tabel 2.Perbandingan Produktivitas Teoritis dan Realitas

Jenis Produktivitas,	Nilai (m/h),	Jumlah Tiang per Hari
Produktivitas Teoritis	3.59	3.50
Produktivitas Real	3.20	3.33

Sumber: olahan data



Gambar 3. Perbandingan Produktivitas Pemancangan

Hasil olahan data 2024.

Selisih ini mengindikasikan adanya penyimpangan produktivitas yang cukup signifikan, terutama dalam konteks proyek dengan lintasan waktu yang kritis. Disparitas ini mendukung temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa perbedaan antara waktu kontrak dan waktu lapangan seringkali bersumber dari faktor lingkungan, efisiensi peralatan, serta kondisi spesifik proyek (Primaswari, Utama, and Taurano 2022). Hal ini diperkuat oleh kajian big data pada proyek dermaga laut yang menunjukkan bahwa produktivitas aktual rata-rata berada 10–15% di bawah produktivitas rencana akibat variabilitas teknis dan manusiawi (Chen et al. 2020)

Analisis Penyebab Penyimpangan Produktivitas

Beberapa faktor yang diidentifikasi sebagai penyebab penurunan produktivitas antara lain adalah:

- Kondisi tanah yang tidak seragam: Penurunan kapasitas dukung tanah pada beberapa titik memerlukan waktu tambahan untuk memastikan daya dukung tiang tercapai.
- Kinerja alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) yang mengalami keterlambatan siklus jack-in karena tekanan hidraulik tidak stabil. Menurut Primaswari et al. (2022), fluktuasi tekanan hidraulik pada alat dapat menyebabkan penurunan produktivitas HSPD dari potensi maksimum 1.364 m/h menjadi hanya 0.990–1.143 m/h dalam kondisi lapangan tertentu.
- Interupsi operasional seperti hujan, hambatan logistik tiang, dan keterlambatan pasokan material.
- Tingkat keahlian operator yang bervariasi, seperti yang diungkapkan Abdelhamid (2021) bahwa produktivitas tenaga kerja konstruksi sangat tergantung pada efisiensi individu serta komunikasi di antara tim pelaksana.

Hal ini diolah oleh studi lapangan di Asia Selatan yang menekankan bahwa keterampilan operator sangat memengaruhi produktivitas pemancangan secara signifikan (Shang, Pheng, and Hui 2018). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Hakim and Akbar 2018), yang menunjukkan adanya variasi produktivitas HSPD antara 0.225 hingga 1.364 m/h bergantung pada kondisi lokasi proyek dan teknis pemancangan.

Implikasi Kinerja terhadap Waktu Pelaksanaan

Dampak dari penurunan produktivitas terhadap durasi proyek cukup signifikan. Bila diasumsikan proyek memiliki total 363 tiang untuk dipancang:

- Produktivitas kontrak (3.59 m/h) dengan rata-rata kedalaman 20 meter per tiang mengasumsikan sekitar 5.57 jam per tiang atau ~3.5 tiang per hari → estimasi durasi 104 hari.
- Produktivitas aktual (3.20 m/h) mengharuskan waktu 6.25 jam per tiang atau ~3.33 tiang per hari → estimasi durasi 109 hari.

Dengan demikian, selisih waktu mencapai 5 hari kerja, atau sekitar 4.8% keterlambatan, yang berpotensi menambah beban biaya proyek akibat sewa alat dan upah pekerja tambahan.

Kondisi ini diperkuat oleh studi dari (Limanto 2009) yang mencatat bahwa ketidaksesuaian antara produktivitas aktual dengan rencana menyebabkan ketidakefisienan jadwal dan pemborosan sumber daya.

Perbandingan Temuan dengan Studi Sebelumnya

Temuan dalam proyek ini memiliki kesamaan dengan beberapa studi yang dilakukan pada proyek pemancangan di kawasan padat penduduk dan pesisir. Sebagai contoh:

- (Syahrudin et al. 2022) menyebut bahwa produktivitas HSPD dalam proyek dengan kondisi tanah gambut dan lembek cenderung lebih rendah dibanding drop hammer karena hambatan teknis dan tekanan hidrolis yang tidak stabil.

- (Hakim and Akbar 2018) menyimpulkan bahwa variabilitas produktivitas alat HSPD sangat dipengaruhi oleh proses sambungan dan tekanan terakhir di lapangan.
- (Saputra and Halim 2011) dalam kajian produktivitas alat pancang BKT di Jakarta Timur menunjukkan bahwa penggunaan metode pemantauan waktu efektif sangat berpengaruh dalam mengevaluasi target waktu pelaksanaan proyek konstruksi berskala besar.

Perbandingan ini membuktikan bahwa fenomena penurunan produktivitas lapangan adalah hal yang umum terjadi di proyek pemancangan, terutama di wilayah pesisir dengan tingkat gangguan lingkungan yang tinggi.

Pentingnya Pengukuran Produktivitas Lapangan Secara Real-Time

Studi ini menekankan pentingnya penggunaan metode observasi langsung dan pemantauan real-time dalam proyek konstruksi berskala besar. Pencatatan produktivitas melalui video pengamatan dan analisis waktu siklus kegiatan memberikan gambaran akurat terhadap deviasi pelaksanaan.

Metode ini juga mendukung penggunaan sistem pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*) sebagaimana disarankan oleh (Ahmed and Xu 2023) dalam studi prediksi produktivitas menggunakan model SVR (Support Vector Regression) yang berhasil memetakan pengaruh faktor makro seperti tenaga kerja, manajemen, dan alat terhadap kehilangan produktivitas hingga 18.55%.

Berdasarkan hasil studi ini, direkomendasikan beberapa langkah strategis untuk peningkatan produktivitas pemancangan di proyek sejenis, yaitu:

1. Optimalisasi penggunaan alat melalui perawatan berkala pada sistem hidraulik dan kalibrasi tekanan HSPD.
2. Pelatihan operator untuk meningkatkan keterampilan dalam mengatasi gangguan teknis dan mengefisienkan waktu sambung antar tiang.
3. Perencanaan adaptif berbasis cuaca dan site condition, seperti penggunaan teknologi prediktif gangguan lingkungan.
4. Integrasi sistem monitoring waktu secara langsung melalui aplikasi manajemen konstruksi untuk mengurangi deviasi antara target dan realisasi.

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan antara produktivitas teoritis dan produktivitas aktual dalam pekerjaan pemancangan menggunakan Hydraulic Static Pile Driver (HSPD). Secara kuantitatif, produktivitas teoritis tercatat sebesar 3,59 meter per jam dan 3,5 tiang per hari, sementara di lapangan hanya tercapai masing-masing 3,2 meter per jam dan 3,33 tiang per hari. Selisih ini mencerminkan penurunan efisiensi kerja sekitar 10,86%. Perbedaan tersebut terutama disebabkan oleh faktor-faktor di lapangan, seperti kondisi lingkungan kerja yang tidak stabil, performa alat HSPD yang fluktuatif, keterbatasan pasokan material, serta variabilitas keterampilan tenaga kerja. Dampaknya adalah keterlambatan waktu pelaksanaan proyek sekitar 4,8%, yang dapat memicu peningkatan biaya operasional serta memperbesar risiko keterlambatan pada tahapan konstruksi selanjutnya. Temuan ini konsisten dengan studi terdahulu yang menegaskan bahwa efektivitas penggunaan HSPD sangat dipengaruhi oleh kondisi lapangan serta manajemen sumber daya proyek, baik tenaga kerja maupun peralatan. Selain itu, penggunaan metode pemantauan berbasis observasi video dan pencatatan waktu aktual terbukti efektif dalam mengidentifikasi deviasi produktivitas. Pendekatan ini memberikan dasar yang kuat bagi pengambilan keputusan perencanaan proyek di masa mendatang agar lebih adaptif terhadap kondisi riil di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-hamid, Mohamed, and Hanaa Mohamed Abdelhaleem. 2020. "Impact of Poor Labor Productivity on Construction Project Cost." *International Journal of Construction Management* 0 (0): 1–8. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1788757>.
- Ahmed, Minhaz, and Wang Xu. 2023. "Investigation of Pile Construction and Productivity Loss: An Analysis of Macro Impact Factor." *World Journal of Engineering and Technology* 11 (04): 932–64. <https://doi.org/10.4236/wjet.2023.114062>.
- Chen, Keyu, Jianfei Yang, Jack C P Cheng, Weiwei Chen, and Chun Ting. 2020. "Automation in Construction Transfer Learning Enhanced AR Spatial Registration for Facility Maintenance Management." *Automation in Construction* 113 (February): 103135. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103135>.
- Dwiretnani, Annisaa, and Indra Agustian Daulay. 2019. "Kinerja Alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) Pada Proyek Perluasan Terminal Bandara Sultan Thaha Jambi." *Jurnal Talenta Sipil* 2 (2): 67. <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v2i2.20>.
- Hakim, Arif Rahman. 2018. "Analisis Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver Pada Pembangunan Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten." *Jurnal Teknik Sipil Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil* 25 (2): 103–12. <https://doi.org/10.5614/jts.2018.25.2.3>.
- Hakim, Arif Rahman, and Amirul Akbar. 2018. "Analisis Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver Pada Pembangunan

- Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten.” *Jurnal Teknik Sipil* 25 (2): 103. <https://doi.org/10.5614/jts.2018.25.2.3>.
- Limanto, Sentosa. 2009. “Analisis Produktivitas Pemancangan Tiang Pancang Pada Bangunan Tinggi Apartemen.” In *Seminar Nasional*, 293–305.
- Limanto, Sentosa. 2018. “Analisis Produktivitas Pemancangan Tiang Pancang Pada Bangunan Tinggi Apartemen.” In *Seminar Nasional 2009 – Jurusan Teknik Sipil, FT-UKM, 15 Agustus 2009 ANALISIS*, 2009.
- Pratama, Muhammad Indra, and Adwitya Bhaskara. 2020. “Komparasi Biaya Dan Waktu Pekerjaan Tiang Pancang Metode Hydraulic Static Pile Driver Dengan Drop Hammer.” *Reviews in Civil Engineering* 4 (2): 62–68. <https://doi.org/10.31002/rice.v4i2.3038>.
- Primaswari, Gitaning, Agung Bhakti Utama, and Galih Adya Taurano. 2022. “Hydraulic Static Pile Driver.” *ORBITH* 18 (1): 11–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.32497/orbith.v18i1.3559>.
- Primaswari, Gitaning, and Adityo Budi Utomo. 2022. “Hydraulic Static Pile Driver.” *ORBITH* 18 (2): 98–108.
- Puspitasari, Melati, and Afrizal Nursin. 2021. “Analisis Produktivitas Alat Pancang Hydraulic Static Pile Driver Untuk Meningkatkan Kinerja Waktu Pada Proyek Apartemen Apple 3 Condovilla.” *Construction and Material Journal* 3 (3): 207–17. <https://doi.org/10.32722/cmj.v3i3.4162>.
- Salim, Mukhamad Afif, and Agus Bambang Siswanto. 2023. “Analisis Perbandingan Metode Pemancangan Dengan Diesel Hammer Dan Hydraulic Static Pile Driver.” *Journal of Civil Engineering and Technology Sciences* 1 (2): 13–24. <https://doi.org/10.56444/jcets.v1i2>.
- Saputra, Erlan, and Trijeti Halim. 2011. “Produktivitas Alat Pancang Terhadap Analisa Waktu Pada Pekerjaan Banjir Kanal Timur.” *Konstruksia* 2 (2): 43–51.
- Shang, Gao, Low Sui Pheng, and Wee Jia Hui. 2018. “Drivers and Barriers for Multiskilling Workers in the Singapore Construction Industry.” *International Journal of Construction Management* 0 (0): 1–16. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1484851>.
- Siregar, Adde Currie, Santi Yatnikasari, Fitriyati Agustina, Vebrian Vebrian, and Muhammad Jalil. 2023. “Analisis Perbandingan Produktivitas Alat Pancang Drop Hammer Dan Jack in Pile Proyek Pembangunan SMAN 14 Samarinda.” *Jurnal Teknik Sipil* 19 (2): 174–84. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.5344>.
- Syahrudin, Safarudin, and Albert Stanley Michelim. 2022. “Comparative Study of the Use of Hydraulic Pile Driver and Crane Mounted Drop Hammer in the Piling of Precast Prestressed Concrete Piles for Building Foundations in Kubu Raya Regency.” *Journal of Civil Engineering University of Tanjungpura* 22 (2): 164–74.
- Syahrudin, Syahrudin, Nuh M. Safaruddin, Soeryamassoeka B S, and Sutandar Erwin. 2022. “Study Of Productivity And Costs On The Implementation Method Of Foundation Work Using Precast Concrete Pile As A Substitute To The Use Of Wooden Pile Foundations In Low Rise Building (Housing).” *Jurnal Teknik Sipil* 22 (1): 41. <https://doi.org/10.26418/jtst.v22i1.55158>.
- Yanuar, Setiyo Ferdi, Hilfi Harisan Ahmad, and lanka Cahya Dew. 2024. “Analisa Biaya Pekerjaan Pemancangan CCSP Di Hulu Bendung.” *Jurnal EXTRAPOLASI* 21 (1): 79–93.