

# ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI ALAT PANCANG DIESEL HAMMER DAN DROP HAMMER PADA PEKERJAAN PONDASI TIANG PANCANG DI LAHAN BASAH

*(Comparative Analysis Of Efficiency Of Diesel Hammer And Drop Hammer Pieces On Pile Foundation Work In Wet Land)*

Candra Yuliana<sup>1</sup>, Retna Hapsari K<sup>1</sup>, Eva Puspita Dewi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

E-mail: [candrayuliana@ulm.ac.id](mailto:candrayuliana@ulm.ac.id)

Diterima 16 Juni 2021, Disetujui 28 September 2021

## ABSTRAK

Metode pemancangan tiang memerlukan pengelolaan alat berat seperti pile driver sebagai peralatan utama untuk pembangunan pondasi tiang pancang. Produktivitas pile driver sangat berpengaruh dari segi waktu dan biaya selama pelaksanaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian tentang produktivitas pile driver dengan membandingkan Diesel Hammer dan Drop Hammer dalam suatu proyek. Pekerjaan pemancangan dengan alat Diesel Hammer menghasilkan produktivitas sebesar 17,98 m/jam, total durasi pemancangan untuk 21 titik selama 49 jam dengan sewa alat Rp 15.240.000,-. Sedangkan dengan alat Drop Hammer produktivitasnya 11,71 m/jam, durasi 77 jam, total sewa alat Rp 14.940.000,-. Dalam hal efisiensi waktu dan biaya dengan kedalaman tertentu, terdapat perbedaan waktu dan biaya yang signifikan pada kedua alat tersebut. Alat driver pile ini memiliki kelebihan dan kekurangan, namun dari segi efisiensi waktu dan biaya *Diesel Hammer* lebih unggul dibandingkan dengan *Drop Hammer*. Berdasarkan dari aspek waktu maka Diesel Hammer lebih efisien dibanding dari Drop Hammer namun perlu pertimbangan jika terhadap aspek biaya.

**Kata Kunci:** Diesel Hammer, Drop Hammer, Efisiensi, Produktivitas.

## ABSTRACT

*The pile driving method requires the management of heavy equipment such as pile drivers as the main equipment for the construction of pile foundations. Pile driver productivity is very influential in terms of time and cost during implementation. Therefore, it is necessary to study the productivity of the pile driver by comparing the Diesel Hammer and Drop Hammer in a project. The driving work with Diesel Hammer tools produces a productivity of 17.98 m/hour, the total duration of driving is 21 points for 49 hours with equipment rental of Rp. 15.240.000,-. Meanwhile, with the Drop Hammer the productivity is 11.71 m/hour, the duration is 77 hours, the total equipment rental is Rp. 14,940,000,-. In terms of time and cost efficiency with a certain depth, there are significant time and cost differences between the two tools. Both pile drivers have advantages and disadvantages, but in terms of time and cost efficiency. Based on the time aspect, the Diesel Hammer is more efficient than the Drop Hammer, but it is necessary to consider the cost aspect.*

**Keywords:** Diesel Hammer, Drop Hammer, Efficient, Productivity

## PENDAHULUAN

Kondisi alam pulau Kalimantan yang memiliki banyak sungai akan mempengaruhi jenis konstruksi jembatan, salah satunya adalah struktur bagian bawah, yaitu pondasi. Perencanaan pondasi jembatan dalam proses implementasinya menggunakan metode pemancangan dengan alat pancang sebagai peralatan utama untuk pembangunan pondasi. Pengelolaan tiang pancang diperlukan untuk mendapatkan perkiraan waktu kerja pada konstruksi jembatan agar pelaksanaan berjalan sesuai atau tidak melebihi jadwal proyek yang direncanakan. Pengoperasian alat pancang sendiri merupakan salah satu faktor penentu dalam manajemen waktu pelaksanaan proyek jembatan (Saputra, 2011). Jika waktu pemancangan awal mengalami keterlambatan, hal ini dapat berdampak pada pekerjaan lainnya (Dwiretnani, dkk, 2019). Maka pengoperasian alat pancang sangat penting dan harus dilakukan dengan benar sesuai dengan perencanaan proyek konstruksi.

Fungsi pondasi tiang pancang adalah menerima dan menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang berada pada kedalaman tertentu, untuk mendapatkan daya dukung tanah yang memenuhi syarat (Sardjono, H. S., 1991). Baja, kayu, atau beton merupakan material utama dari tiang pancang. Tiang pancang dipukul, dibor atau didongkrak ke dalam tanah dan dihubungkan dengan pile cap. Jenis tiang pancang tergantung pada tipe tanah, bahan dan karakteristik penyebaran beban tiang pancang diklasifikasikan berbeda-beda (Bowles, J. E., 1991).

Permasalahan sering terjadi dalam menentukan jenis alat pancang yang tepat agar dalam pelaksanaannya dapat lebih efisien baik dari aspek waktu maupun biaya. Untuk mengetahui atau menentukan alat pancang mana yang lebih efisien antara Diesel Hammer dan Drop Hammer berdasarkan aspek biaya maka terlebih dahulu perlu menentukan produktivitas dan durasi pemancangan, sehingga tujuan penelitian ini adalah menentukan produktivitas, waktu, dan biaya masing-masing alat pancang tersebut serta menentukan yang lebih unggul dari kedua jenis alat pancang tersebut.

Rostiyanti (2002) menuliskan bahwa produktivitas merupakan indikator pemanfaatan *resource* untuk mencapai hasil yang optimal. Waktu siklus dan kapasitas dari alat akan mempengaruhi produktivitas alat tersebut. Konsep dari produktivitas adalah *capacity to produce*, *effectiveness of productive effort*, dan *production per unit of effort* (Erizal, 2018 dan Kaprina, 2017).

Faktor efisiensi alat mempengaruhi produktivitas dalam pelaksanaan pekerjaan, seperti kemampuan atau pengalaman operator, pemeliharaan alat, perencanaan dan pengaturan letak alat, topografi dan volume pekerjaan, kondisi cuaca, serta metode

pelaksanaan. Efisiensi diukur berdasarkan lama alat bekerja efektif dalam satuan menit selama satu jam (Hidajat, 2017).

Alat untuk memasang tiang ke dalam tanah sampai mencapai kedalaman tertentu menggunakan alat pemancangan yang biasanya disebut dengan Pile Driver (alat pancang). Drop Hammer, Pile Driver Diesel Hammer, Hydraulic Pile Hammer, Single Acting Steam or Air Hammer, Vibratory Pile Driver merupakan beberapa jenis alat pancang. (Gambar 1 dan 2).



Gambar 1. Alat Pancang Diesel Hammer



Gambar 2. Pile Driver Drop Hammer

Fungsi, kapasitas, cara pengoperasi alat, dan metode pelaksanaan, ekonomi, jenis proyek, lokasi proyek, jenis dan daya dukung tanah, serta kondisi lapangan, merupakan faktor-faktor yang menentukan pemilihan alat berat untuk pekerjaan tertentu. Penentuan tipe dan banyaknya alat berat yang akan digunakan memerlukan perencanaan yang tepat, disesuaikan dengan apa yang akan digunakan, seberapa besar volume pekerjaan serta kondisi medan kerja (Fitrianti, Nur Latifah D., 2014).

Menurut Sudarsono (1980), tanah pondasi merupakan bahan yang sangat penting untuk menentukan pondasi apa yang akan dipakai pada konstruksi yang akan dibangun. Untuk memilih suatu pondasi yang akan digunakan sebagai dasar dari sebuah konstruksi maka harus mengetahui klasifikasi yang ada pada tanah, kondisi di lapangan, komposisi atau susunan bahan yang terdapat di dalam tanah tersebut, serta jenis tanah. Hasil data sondir (*borlock*) digunakan untuk mengetahui jenis tanah yang ada di lapangan.

Dasar pertimbangan untuk menentukan metode pelaksanaan yaitu tepat terhadap waktu, mutu, maupun biaya (Permen PUPR, 2016). Tepat waktu yang dimaksud adalah siklus pemakaian peralatan agar produktivitas alat maksimum tetapi tidak mengalami *overload* serta waktu non produktif yang seminimumnya.

Menurut Pratama (2020), prinsip kerja Diesel Hammer DD-35 adalah menggunakan alat pancang dengan berat kepala penumbuk 3,5 ton. Prinsip kerja Drop Hammer hampir sama dengan Diesel Hammer. Drop Hammer tidak menggunakan diesel melainkan alat pemancangan dengan palu baja yang berat dan digerakkan menggunakan kabel yang terbuat dari baja. Hammer diangkat dan dilepaskan di atas bagian kepala pondasi. Alat pancang Drop Hammer dibuat dalam standar ukuran yang berbeda-beda antara 500 – 3.000 lb, sedangkan ketinggian jatuhnya berada antara 5 – 20 ft.

**METODE**

Sampling data untuk penelitian ini dilakukan pada beberapa proyek jembatan di Banjarmasin dan sekitarnya. Data yang didapat berupa biaya sewa dan spesifikasi alat, serta karakteristik tanah. Kemudian menganalisis data dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. mendeskripsikan metode pelaksanaan pemancangan.
2. menganalisis produktivitas Diesel Hammer dan Drop Hammer berdasarkan Rumus 1.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{kedalaman}}{\text{Waktu}} \dots\dots\dots(1)$$

3. menentukan waktu yang dibutuhkan untuk pemancangan dengan masing-masing alat pancang berdasarkan Rumus 2 (Hidajat, 2017).

$$D = \frac{V}{qxt} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

D = waktu yang diperlukan untuk pemancangan

V = jumlah tiang terpancang

q = produktivitas (m/jam)

t = waktu (jam/hari)

4. menganalisis biaya sewa pemancangan untuk masing-masing alat Diesel Hammer dan Drop Hammer berdasarkan rumus:

$$\text{Biaya Sewa Alat} = (\text{biaya sewa per jam} \times \text{waktu})(3)$$

5. menganalisis kebutuhan waktu dan biaya berdasarkan jadwal rencana

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Metode Pelaksanaan Pemancangan dengan Diesel Hammer**

Titik-titik tiang pancang ditentukan menggunakan alat total station. Pengukuran pertama ditentukan dari satu titik acuan yaitu BM (Bench Mark) untuk ke titik-titik pengukuran selanjutnya (Gambar 3).



**Gambar 3.** Penentuan Titik Tiang Pancang

Tiang pancang diangkat dengan menggunakan Truk Trailer menuju lokasi yang akan dipancang. Penurunan tiang pancang menggunakan alat *forklift* yang sudah ada pada lokasi pemancangan. Tiang pancang pertama yang ditancapkan yaitu tiang runcing (*bottom*), selanjutnya *middle*, dan *top*. Penyambungan antar tiang menggunakan las. Proses pemancangan berhenti jika telah mencapai kedalaman yang direncanakan atau jika telah mencapai *end bearing*.

**B. Metode Pelaksanaan Pemancangan dengan Drop Hammer**

Alat Drop Hammer dibawa ke titik pemancangan menggunakan truck trailer dan excavator. Agar tiang pancang tetap berada pada posisi vertikal saat pemancangan maka dapat menggunakan *theodolite*. Kemudian dilakukan pemancangan dengan menjatuhkan palu pada ketinggian jatuh 1,5 m pada mesin pancang. Menarik Hammer keatas dengan kabel hingga tercapai tinggi jatuh tertentu, lalu penumbuk jatuh mengenai kepala tiang pancang. Urutan tiang yang dipancang pertama adalah tiang *bottom*, lalu tiang *middle* dan tiang *top*. Masing-masing tiang disambung dengan las. Blok pemberat yang merupakan bagian pemukul, dijatuhkan dan menumbuk tiang.

**C. Produktivitas dan Biaya Sewa Pemancangan dengan Diesel Hammer**

Produktivitas dihitung berdasarkan rumus 1. Hasil perhitungan untuk data sebanyak 21 titik tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Produktivitas Pemancangan dengan Diesel Hammer

No.	Waktu (jam)	Kedalaman (m)	Produktivitas (m/jam)
1	2,05	39	19,02
2	2,32	39	16,81
3	2,32	39	16,81
4	2,22	39	17,57
5	2,21	39	17,65
6	2,27	39	17,18
7	2,01	39	19,40
8	1,55	39	25,16
9	2,29	39	17,03
10	2,19	39	17,81
11	2,19	39	17,81
12	2,33	39	16,74
13	2,45	39	15,92
14	2,11	39	18,48
15	2,44	40	16,39
16	2,16	40	18,52
17	3,00	52	17,33
18	2,20	40	18,18
19	2,20	40	18,18
20	2,28	40	17,54
21	2,21	40	18,10
Total		838	377,63
Rata-rata		39,9	17,98

Sumber: Hasil Analisis

Pada Tabel 1 menunjukkan kedalaman total tiang terpancang yaitu 838 m dengan produktivitas rata-rata 17,98 m/jam dihitung dengan menggunakan Rumus 1. Waktu yang diperlukan untuk 21 titik dengan kedalaman rata-rata 39,9 meter adalah 7 hari atau 49 jam, didapat dari perhitungan sebagai berikut (Rumus 2):

$$\begin{aligned}
 \text{waktu} &= \frac{\text{total kuantitas tiang terpancang}}{\text{panjang tiang tertanam per hari}} \\
 &= \frac{838 \text{ m}}{17,98 \text{ m/jam} \times 7 \text{ jam}} \\
 &= 6,66 \text{ hari} \approx 7 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Sedangkan biaya sewa alat pemancangan selama 7 hari, berdasarkan data wawancara untuk sewa per jam sebesar Rp 311.000, maka didapat biaya sewa selama 49 jam untuk pekerjaan pemancangan dengan alat Diesel Hammer adalah Rp 15.239.000 (dihitung dengan menggunakan Rumus 3).

**D. Produktivitas Pemancangan dengan Drop Hammer**

Produktivitas dihitung berdasarkan Rumus 1. Hasil perhitungan untuk data sebanyak 21 titik tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Produktivitas Pemancangan dengan Drop Hammer

No.	Waktu (jam)	Kedalaman (m)	Produktivitas (m/jam)
1	3,57	39	10,92
2	3,58	39	10,89
3	3,26	39	11,96
4	3,50	39	11,14
5	3,33	39	11,71
6	3,28	39	11,89
7	3,31	39	11,78
8	4,01	52	12,97
9	3,35	40	11,90
10	3,48	40	11,49
11	3,24	39	12,07
12	3,32	40	12,08
13	3,24	40	12,35
14	3,29	40	12,20
15	3,52	40	11,36
16	3,39	39	11,50
17	3,34	39	11,68
18	3,37	39	11,57
19	3,31	39	11,78
20	3,48	39	11,21
21	3,41	39	11,44
Total		838	245,89
Rata-rata		39,9	11,71

Sumber: Hasil Analisis

Pada Tabel 2 terlihat bahwa kedalaman total tiang terpancang yaitu 838 m dan produktivitas rata-ratanya adalah 11,71 m/jam. Waktu yang diperlukan untuk 21 titik dengan jam kerja efektif 7 jam/hari, adalah 11 hari atau 77 jam, didapat dari hasil perhitungan dengan menggunakan Rumus 2, sebagai berikut:

$$\text{waktu} = \frac{838 \text{ m}}{11,71 \text{ m/jam} \times 7 \text{ jam}} = 10,22 \approx 11 \text{ hari}$$

Dengan data wawancara untuk sewa per jam sebesar Rp 194.000 maka biaya sewa alat pemancangan selama 11 hari (77 jam) adalah sebesar Rp 14.940.000.

**E. Analisis Kebutuhan Waktu dan Biaya Berdasarkan Jadwal Rencana**

Dari data proyek, pekerjaan pemancangan untuk volume sebesar 1833 m (46 titik) dapat dikerjakan selama 15 hari dengan Diesel Hammer. Demikian juga dengan proyek yang menggunakan alat Drop Hammer dengan volume pekerjaannya sebesar 1204 m (30 titik), dapat dikerjakan selama 15 hari. Sehingga untuk biaya sewa masing-masing dengan menggunakan alat Diesel Hammer sebesar Rp 32.655.000, sedangkan dengan alat Drop Hammer sebesar Rp 20.370.000. Dari biaya tersebut maka sewa per titik untuk masing-masing alat adalah Rp 709.891 untuk alat Diesel Hammer, dan Rp 679.000 untuk alat Drop Hammer. Untuk proyek yang dibatasi

dengan waktu pelaksanaan pekerjaan, maka dapat memilih menggunakan alat Diesel Hammer karena produktivitasnya besar agar waktu penyelesaian pekerjaannya sesuai target. Tetapi perlu dipertimbangkan jika proyek memiliki waktu yang cukup maka sebaiknya dipilih alat Drop Hammer, karena dari biaya lebih murah.

**F. Efisiensi Diesel Hammer dan Drop Hammer**

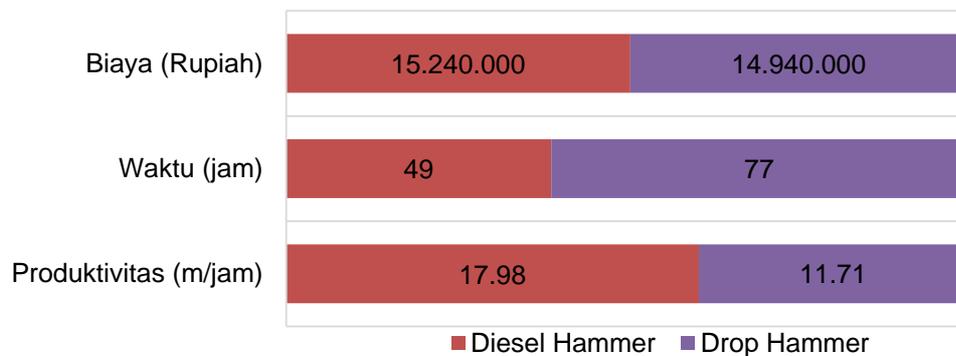
Pada pengamatan di proyek untuk 21 titik pemancangan didapat rata-rata produktivitas sebesar 17,98 m/jam dengan alat Diesel Hammer, sedangkan dengan alat Drop Hammer sebesar 11,71 m/jam. Total waktu yang dibutuhkan memancang sejumlah 21 titik dengan alat Drop Hammer adalah 77 jam dengan biaya alat Rp 14.940.000 sedangkan dengan Diesel Hammer membutuhkan 49 jam dan Rp 15.240.000 untuk sewa alat. Terlihat ada selisih waktu dan biaya pada kedua alat pancang, yaitu untuk biaya alat dengan selisih biaya sebesar Rp 300.000 dan selisih waktu sebesar 28 jam. Dari perhitungan waktu pelaksanaan memberikan perbedaan yang cukup signifikan dengan efisiensi waktu sebesar 38% lebih cepat dengan alat Diesel Hammer, namun sedikit lebih mahal (1,97%). Masing-masing alat mempunyai kelebihan dan kekurangan, namun dari sisi efisien waktu dan biaya, maka alat Diesel Hammer lebih efisien dibanding Drop Hammer.

Diesel Hammer memerlukan lebih banyak alat bantu dibanding alat pancang Drop Hammer yang lebih sedikit dan sederhana. Perbedaan dari segi metode

pelaksanaan yaitu pada alat pancang Drop Hammer pelaksanaannya memerlukan waktu yang cukup lama, sedangkan Diesel Hammer pemancangannya lebih cepat karena dibantu dengan tenaga uap.

Waktu pelaksanaan saat pemancangan baik secara teknik maupun non teknis merupakan faktor yang mempengaruhi pemancangan. Faktor teknis yang mempengaruhi pada pemancangan adalah faktor spesifikasi alat yang digunakan, faktor tanah keras (Mulyono T, 2015), serta operator dan pekerja yang berpengalaman dibidang pemancangan tiang pancang pada pekerjaan jembatan. Faktor non teknis yang berpengaruh adalah faktor cuaca di lapangan, pasang surut air sungai, getaran pemancangan terhadap bangunan atau struktur eksisting di sekitar pemancangan, kebisingan serta polusi akibat pemakaian alat. Menurut Puspita (2016), alat Diesel Hammer memiliki nilai ekonomis dalam pemakaiannya, karena mudah digunakan pada daerah terpencil, serta mudah perawatannya. Dari hasil penelitian terdahulu (Puspita, 2016) menghasilkan produktivitas tiang pancang alat Diesel Hammer sebesar 11,61 m/jam. Menunjukkan hasil penelitian ini memiliki nilai produktivitas yang hampir mendekati sama dengan penelitian sejenis yang terdahulu.

Untuk hasil perhitungan terhadap produktivitas, kebutuhan waktu, serta biaya yang dibutuhkan dalam pemancangan 21 titik, dapat dilihat pada grafik perbandingan dari kedua alat tersebut pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Perbandingan Efisiensi Diesel Hammer dan Drop Hammer

Berikut kekurangan dan kelebihan kedua alat berdasarkan hasil analisis efisiensi, seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Perbandingan Diesel Hammer dan Drop Hammer

No	Diesel Hammer	Drop Hammer
1	Investasi dan biaya pemeliharaan alat lebih mahal.	Biaya yang dikeluarkan lebih murah.
2	Produktivitas lebih besar	Produktivitas lebih sedikit

No	Diesel Hammer	Drop Hammer
3	Waktu yang diperlukan saat pemancangan lebih cepat, jumlah pukulan permenit yang besar	Waktu yang diperlukan saat pemancangan lebih lama.
4	Memerlukan alat yang lebih banyak sehingga memerlukan waktu yang cukup untuk menyeting alat.	Peralatan lebih sedikit dan sederhana.

Sumber: Hasil Analisis

## KESIMPULAN

1. Produktivitas kinerja alat pancang Diesel Hammer sebesar 17,98 m/jam sedangkan Drop Hammer 11,71 m/jam. Sehingga alat pancang Drop Hammer lebih efektif dibanding Diesel Hammer.
2. Waktu yang diperlukan dalam pekerjaan pemancangan untuk 21 titik dengan alat pancang Diesel Hammer yaitu selama 49 jam, biaya alat sebesar Rp. 15.240.000. Sedangkan dengan Drop Hammer membutuhkan waktu 77 jam, dan Rp 14.940.000 untuk biaya alat.
3. Berdasarkan waktu perencanaan untuk pemancangan diketahui untuk kedua alat memenuhi waktu yang direncanakan yaitu 30 hari kalender, dimana dengan alat pancang Diesel Hammer memerlukan waktu 15 hari untuk memancang 46 titik dengan biaya alat yang dibayarkan Rp. 32.655.000,-. Untuk Drop Hammer memerlukan waktu 15 hari untuk memancang 30 titik dengan biaya sewa alat yang dibayarkan sebesar Rp. 20.370.000,-. Berdasarkan target waktu yang direncanakan dan biaya yang murah maka alat pancang tipe Drop Hammer lebih efisien dan menguntungkan untuk dipakai pada suatu proyek dibanding Diesel.
4. Pemancangan dengan Diesel Hammer lebih unggul dibanding dengan Drop Hammer berdasarkan aspek efisiensi waktu maupun biaya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak kontraktor dan konsultan pengawas pada proyek yang ditinjau selama pelaksanaan dan penyusunan laporan telah memberikan data, serta kepada LPPM ULM yang telah memberikan bantuan dana untuk penelitian ini sesuai nomor kontrak 008.151/UN8.2/PL/2021

## REFERENSI

- Bowles, J.E.** (1991). *Analisa dan desain Pondasi* : Edisi 3 Jilid 2. Erlangga, Jakarta.
- Dwiretnani, Annisaa, Indra Agustian Daulay.** (2019). Kinerja Alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) pada Proyek Perluasan Terminal Bandara Sultan Thaha Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, v.2(2), Agustus 2019, pp. 67-81.
- Erizal.** (2018). *Alat Berat Kontruksi Tiang Pancang*, Institut Pertanian Bogor. Bahan Ajar. Bogor

- Fitrianti Nur Lathifah D., Anik Ratnaningsi, Jojok W. Soetjibto.** (2014). *Perbandingan Efisiensi Alat Diesel Hammer dan Hydraulic Hammer Pada Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Dari Segi Waktu dan Biaya*. Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Jember.
- Hidajat, I.** (2017). Optimasi Penggunaan Alat Berat Dilihat Dari Waktu Dan Biaya. *Jurnal Spectra*, v. 7 (13): 1–14.
- Kaprina, A., Winarto.** (2017). *Analisa Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Syariah dan Ilmu Hukum IAIN Tulungagung*. Universitas Kediri. Kediri.
- Mulyono, T.** (2015). Pelaksanaan Pemancangan dan Analisa Dinamis, Teknik Pondasi IIJTS.FT.UNJ, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta.
- Nisa, K.** (2016). *Analisa Produktivitas Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Pondasi (Studi Kasus Proyek Pembangunan Hotel Muraya Banda Aceh*. Etd Unsyiah.
- Permen PUPR No. 28.** (2016). *Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*, Kementrian PUPR, Jakarta.
- Pratama, Muhammad Indra, Adwitya Bhaskara.** (2020). Perbandingan Biaya dan Waktu untuk Pekerjaan Tiang Pancang Metode Hydraulic Static Pile Driver dan Drop Hammer. *Jurnal Reviews in Civil Engineering*, v.04, n.2, p.62-68.
- Puspita, D. A.** (2016). *Analisa Produktivitas Alat Berat Diesel Hammer Dan Hydraulic Hammer Pada Pemasangan Pondasi Tiang Pancang Di Proyek Pembangunan Gedung 2 SMK 1 MUHAMMADIYAH Kepanjen Kab. Malang*. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Malang).
- Rostiyanti, S.F. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Saputra, E., & Halim, T.** 2011. Produktivitas Alat Pancang Terhadap Analisa Waktu Pada Pekerjaan Banjir Kanal Timur. *Jurnal Konstruksia*, Vol. 2 No. 2. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Sardjono, H.S.** (1991). *Pondasi Tiang Pancang*, edisi 2. Sinar Wijaya. Surabaya.
- Sudarsono, S., Kazuto N.** 1980. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Association for International Technical Promotion. Tokyo,Japan.