

# Analisa Perbandingan Metode Lifting Hammer Menggunakan Crane dan *Frame Portal* untuk Uji PDA Pada Tiang *Bore Pile* Berdasarkan Analisa Mutu, Waktu dan Biaya

Ali Zainal Abidin Isa Alhabsyi, Ifthar Ramadhana W, Hendrata Wibisana,  
Karina Meilawati Eka Putri

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

\*Koresponden email: abidinhabsyi@gmail.com

Diterima: 19 Desember 2024

Disetujui: 21 Desember 2024

## Abstract

The foundation is an important part of building construction, acting as a support for the building and transferring loads evenly from the upper structure to the ground. In construction projects, one of the most important activities is to test the bearing capacity of bore piles using the Pile Driving Analyser (PDA) method. The purpose of this test is to ensure that the capacity of the bored pile can meet the structural requirements of the toll road, particularly in the face of significant vertical and lateral loads. Improving the efficiency of the PDA (Pile Driving Analyser) testing method is an important challenge in the foundation of bored piles in infrastructure projects. This study discusses the analysis of the use of the Frame Portal PDA as an alternative to the crane hammer method. The analysis includes quality, time and cost aspects on the Toll project. The results show that the PDA Portal Frame method is more efficient with a cost saving of Rp109,010,524.00 and a reduction in implementation time for 2 days of test points compared to the crane method. In addition, the PDA Portal Frame structure has a maximum deformation of 0.030 mm, which is within safe limits according to SNI 2847-2019.

**Keywords:** *pda, borepile, efficiency, cost, portal frame*

## Abstrak

Pondasi merupakan bagian penting dari konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan sekaligus meneruskan beban dari struktur atas ke tanah secara merata. Dalam Proyek Konstruksi, salah satu kegiatan penting yang dilakukan adalah pengujian daya dukung bore pile menggunakan metode Pile Driving Analyzer (PDA). Pengujian ini bertujuan untuk memastikan kapasitas tiang pancang (bore pile) dapat memenuhi kebutuhan struktural jalan tol, terutama dalam menghadapi beban vertikal maupun lateral yang signifikan. Peningkatan efisiensi pada metode pengujian PDA (Pile Driving Analyzer) menjadi tantangan penting dalam pekerjaan pondasi bore pile pada proyek infrastruktur. Penelitian ini membahas analisis penggunaan Frame Portal PDA sebagai alternatif metode lifting hammer dibandingkan dengan crane. Analisis meliputi aspek mutu, waktu, dan biaya pada Proyek To. Hasil menunjukkan metode Frame Portal PDA lebih efisien, dengan penghematan biaya Rp109,010,524.00 dan pengurangan waktu pelaksanaan selama 2 hari titik uji dibandingkan metode crane. Selain itu, struktur Frame Portal PDA memiliki deformasi maksimum 0,030 mm yang berada dalam batas aman sesuai SNI 2847-2019.

**Kata Kunci:** *pda, borepile, efisiensi, biaya, frame portal*

## 1. Pendahuluan

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan jalan yang melalui rintangan atau halangan yang lebih rendah seperti jalan, sungai, dan jurang (Struyk & Veen, 1984). Pondasi merupakan bagian penting dari konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan sekaligus meneruskan beban dari struktur atas ke tanah. Dalam merencanakan suatu pondasi, beban yang diterima oleh pondasi tidak boleh lebih besar dari pada kapasitas daya dukungnya (Andryan Suhendra, 2018).

Dalam Proyek Konstruksi, salah satu kegiatan penting yang dilakukan adalah pengujian daya dukung bore pile menggunakan metode Pile Driving Analyzer (PDA). Uji dinamis pada tiang merupakan metode yang efektif untuk mengevaluasi kapasitas dukung tiang" (Vennapusa & Katti, 2011). Pengujian PDA bertujuan untuk memastikan kapasitas tiang pancang (bore pile) dapat memenuhi kebutuhan struktural jalan tol, terutama dalam menghadapi beban vertikal maupun lateral yang signifikan.

Pile Driving Analyzer (PDA) adalah suatu cara pengujian pondasi tiang dengan menggunakan data digital komputer yang diperoleh dari strain transducer dan accelerometer dan menghasilkan kurva gaya dan kecepatan ketika tiang dipukul menggunakan hammer (Rasdinanta Tarigan, 2020). Teknik ini sejalan dengan prinsip analisis fondasi modern seperti yang dijelaskan oleh "Bowles (1996)", yang menekankan pentingnya pengujian dinamis untuk estimasi daya dukung. "Data dinamis yang dihasilkan oleh PDA dapat digunakan untuk mengestimasi kapasitas daya dukung tiang melalui analisis strain dan percepatan" (Fellenius, 2001). metode pengujian PDA telah menjadi standar dalam menentukan kapasitas daya dukung tiang pondasi. Energi yang diberikan hammer saat dipukulkan harus berada pada kisaran 1% – 2%, jika lebih kecil maka kinerja alat dalam menghasilkan daya dukung ultimit tidak akan representative (Rasdinanta Tarigan, 2020). Pada beberapa proyek konstruksi, pengujian PDA membutuhkan lifting hammer dengan beban >10 ton. Namun, tidak semua lokasi titik uji memiliki area yang mudah di akses bagi alat berat seperti crane. Oleh karena itu, analisis Frame Portal PDA dilakukan sebagai Solusi untuk mengetahui metode yang lebih fleksibel, aman, dan hemat biaya.

Tujuan penelitian ini adalah:

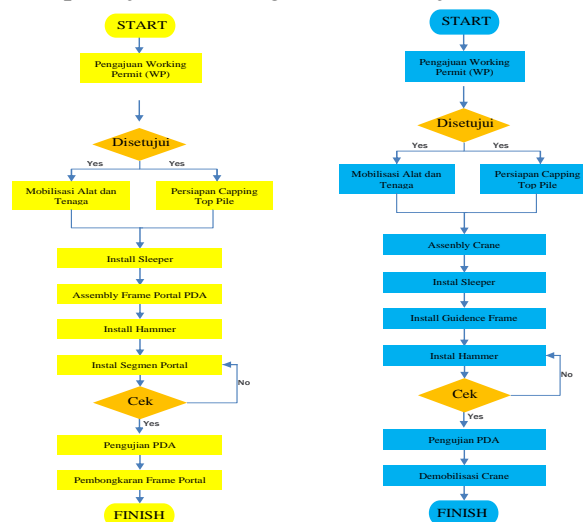
- Menganalisis teknis penggunaan Frame Portal PDA.
- Membandingkan efisiensi biaya, mutu, dan waktu antara metode crane dan Frame Portal PDA.
- Menyediakan referensi analisis alat uji PDA.

## 2. Metode Penelitian

Studi dilakukan dengan pengambilan data secara langsung pada lapangan. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS untuk evaluasi kekuatan struktur Frame Portal. Pembebanan mengikuti standar SNI 1727-2013 dan SNI 2847-2019. Pendekatan ini mendukung penggunaan alat analitik seperti PDA yang telah banyak diadopsi dalam berbagai aplikasi fondasi, sebagaimana dijelaskan oleh "Randolph & Dolwin (2001)." Data perbandingan biaya dan durasi berasal dari dokumentasi aktual proyek Dan Analisa harga pasar.

Langkah-langkah analisis:

- Perhitungan Struktur: Model struktur Frame Portal dibuat menggunakan ETABS untuk menganalisis deformasi, momen lentur, dan gaya geser.
- Simulasi Pembebanan: Pembebanan mencakup kombinasi 1,4D dan 1,2D+1,4L, sesuai kondisi aktual di lapangan.
- Analisis Biaya: Estimasi biaya mencakup harga material, sewa alat, dan tenaga kerja.
- Evaluasi Waktu: Durasi pekerjaan dihitung berdasarkan jadwal aktual proyek.



Gambar 1 : Flowchart Metode Kerja PDA Menggunakan Crane Dan Portal Frame

## 3. Hasil Dan Pembahasan

### 3.1 Analisis Mutu dan Keamanan Metode Lifting Hammer PDA dengan Alat Berat Crane

Opsi metode pertama yang digunakan adalah lifting hammer 12 ton menggunakan crawlercrane atau mobile crane. Dengan radius kerja sesuai aktual di lapangan.

### 3.1.1 Analisa Lifting Plan Crane

1. Perhitungan Beban Rencana PDA Test Yang Akan Diangkat Oleh Crane: Lokasi

= P3 BP16

QUji Bored Pile = 10948.48 kN

= 1116.74 ton

Beban Rencana PDA Test = 12 ton

Faktor Keamanan dan Koefisien Umur Alat = 1,5 Berat Beban Rencana yang akan diangkat = 1,5 x 12

= **18 ton**

2. Perhitungan Radius Swing Minimum Crane:

Jarak Minimal Tepi Roda Track ke SSP = 2 meter

Jarak As Bored Pile ke SSP = 2.5 meter

Radius Swing Minimum = (4,5 + x) meter

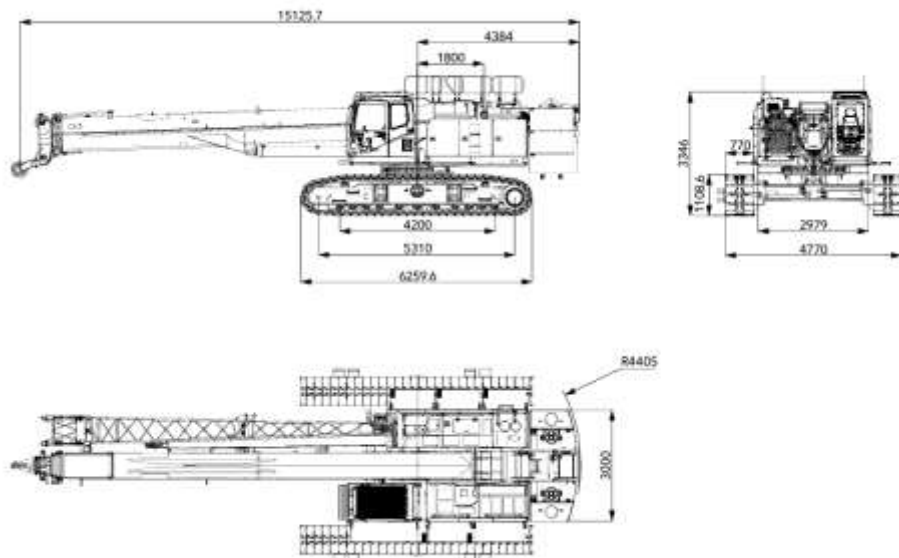
- Opsi Penggunaan Crane

#### A. Crawler Crane

- Spesifikasi Crawler Crane Acuan: SCE600TB

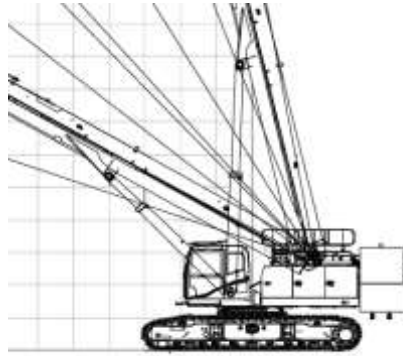
- Kapasitas Lifting: 60 ton

- Dimensi



**Gambar 2** : Dimensi Crawler Crane 60 Ton

- As (x)



5

Gambar 3 : Titik As Crawler Crane 60 Ton

Jarak as ke tepi =  $6.259 / 2 = 3.129$  meter

- Load Chart

60 Load Chart 5/2								
Ground Level 0', Rear Counterweight 1th, Track Gauge 4.3m								
Boom length Radius 9m	11.80	14.10	20.41	26.61	33.21	39.40	44.00	Boom length DN / Radius 9m
7.5	90	40						7.5
8.5	31.5	40	38					8.5
9	46	46	36					9
9.5	45	48	36	28				9.5
10	44	41.5	34	28				10
10.5	38	37.5	32	28				10.5
11	36	33.5	30.5	27	20			11
11.5	31.5	30	27.4	26	20			11.5
12	28	27.1	24.8	23.9	20			12
12.5	26	24.7	22.5	21.9	19.5	14.5		12.5
13	23.5	22.6	20.2	20.2	18.5	14.5		13
14	19.2	18.5	17.5	17.3	16.8	13.7	10	14
15		15.4	15	15	14.7	11	10	15
16		13	12.7	13.1	13	12.2	9.8	16
17		11.1	10.8	11.5	11.5	11.3	9.5	17
18			7.9	8.9	9.3	9.1	8.5	18
19				5.9	7.4	7.5	7.8	19
20				5.6	6.9	6.7	6.7	20
21				4.2	4.7	5.1	5.2	21
22				3.2	3.8	4.2	4.3	22
24					3	3.4	3.6	24
26					2.3	2.7	3	26
28					1.9	2.2	2.4	28
30						1.7	1.9	30
32						1.3	1.5	32
34							1.2	34
36							0.9	36
Parts of line	12	10	8	6	5	4	3	Parts of line
Between percentage of each cylinder (%)								
Cylinder 1	0	50	100	100	100	100	100	Cylinder 1
Cylinder 2	0	0	0	50	50	75	100	Cylinder 2
Min. protection angle (°)	0	0	0	0	0	15	25	Min. protection angle (°)

Gambar 4 : Load Chart Crawler Crane 60 Ton

Dari Load Chart:

Tinggi Boom = 11.8 meter (Bisa Dinaikan)

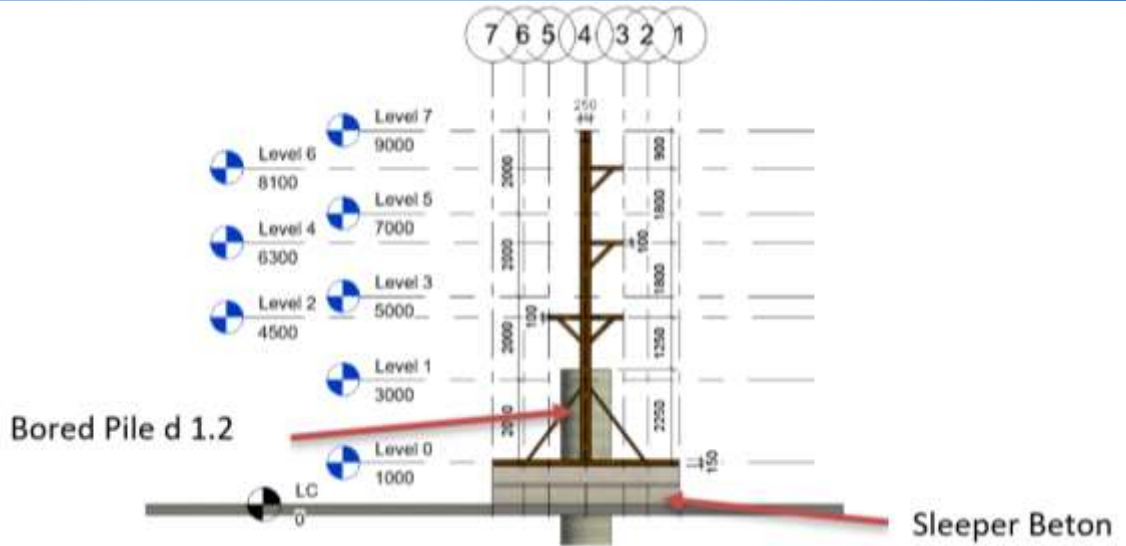
Radius Swing = 9 meter (Bisa diturunkan)

Kapasitas Angkat = 19.2 ton > 18 ton [Aman]

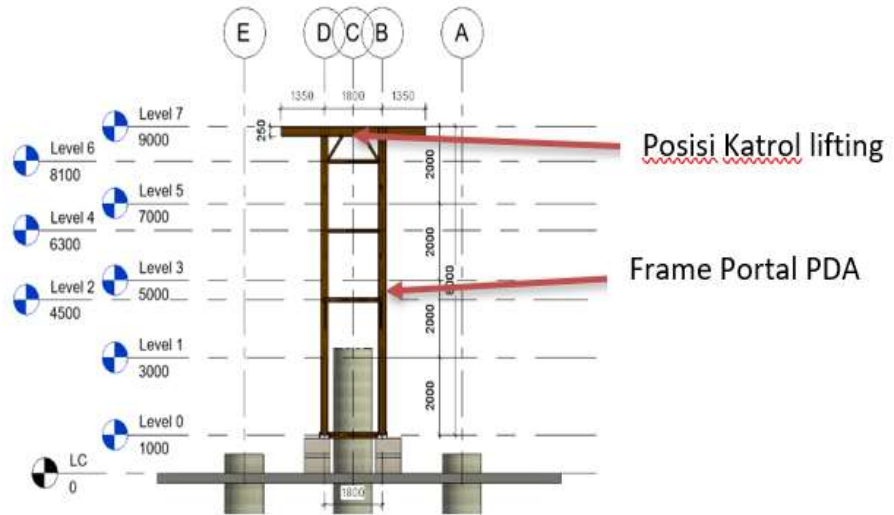
Dengan radius swing minimal =  $4.5 + 3.129 = 7.629$  meter < 9 meter [Aman]

### 3.2 Analisis Mutu dan Keamanan Metode Lifting Hammer PDA dengan Frame Portal

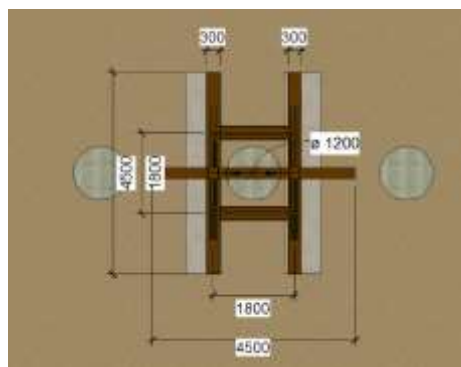
Penggunaan lifting frame Frame Portal PDA sebagai opsi kedua dalam perencanaan pengangkatan hammer 12 ton. Frame portal yang kami analisis ialah frame dengan ukuran bore pile maksimal 1,2 m. "Penggunaan Frame Portal PDA memberikan fleksibilitas lebih tinggi dibandingkan crane dalam pengujian di lokasi dengan akses terbatas" (Das, 2015) ". Temuan ini juga konsisten dengan panduan teknik fondasi oleh "Salgado (2008) ", yang menekankan perlunya solusi efisien untuk area kerja terbatas. Pembuatan model 3D Frame Portal PDA menggunakan perangkat lunak Revit Dan Etabs, detail gambar adalah sebagai berikut:



**Gambar 5** : Detail 3d Revit tampak samping



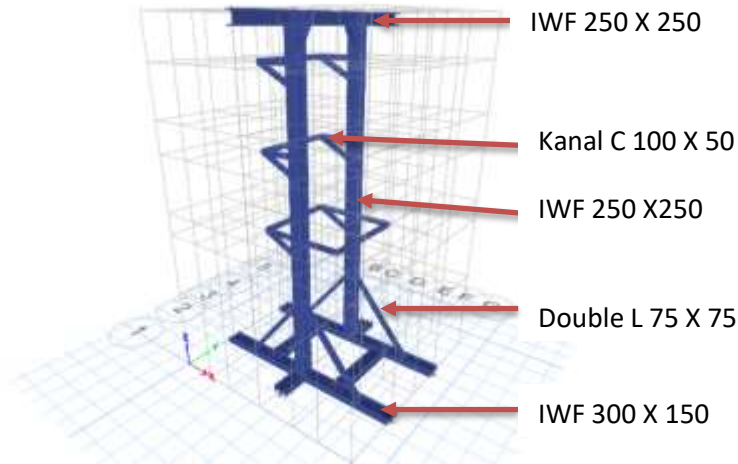
**Gambar 6** : Detail 3d Revit tampak depan



**Gambar 7** : Detail 3d Revit tampak Atas

- ETABS 3D Model

Untuk menganalisis struktur Frame Portal yang akan digunakan Frame Portal PDA, digunakan perangkat lunak ETABS. "Simulasi analisis struktur dengan perangkat lunak ETABS memberikan hasil deformasi dan momen lentur yang akurat untuk evaluasi desain" (Hardiyatmo, 2017). Material kolom dan balok dipilih menggunakan Baja 37 berdasarkan standar SNI 1729: 2015.



Gambar 8 : ETABS 3D Model

Tabel 1. Dimensi Profil Baja

Shapes	A	B
Wide Flanges	300 mm	150mm
Wide Flanges	250 mm	250 mm
Double L	75 mm	75 mm
Kanal C	100 mm	50 mm

Sumber: Data Lapangan

- Analisa Beban  
Kombinasi Beban

- 1,4 D



Gambar 9 : Kombinasi Beban 1,4 D

- 1,2D + 1,4L



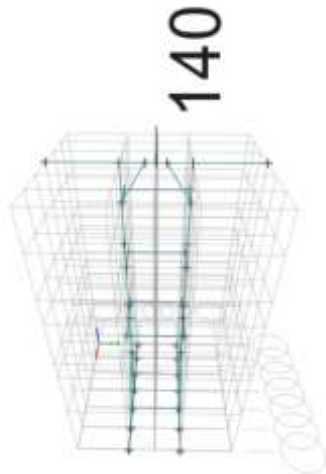
Gambar 10 : Kombinasi Beban 1,2 D + 1,4 L

- **Input Beban**

Beban hammer = 12 ton

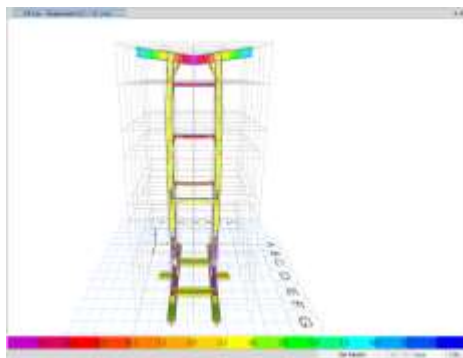
Beban chain block = 2 ton

Total beban = 14 ton = 140 kn



**Gambar 11** : Input Beban Etabs

- **Deformasi**



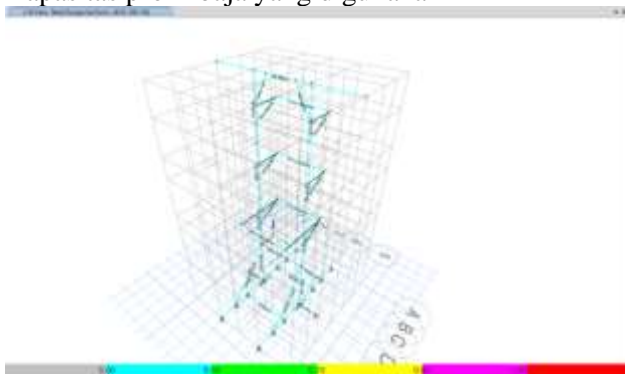
**Gambar 12** : Deformasi Yang terjadi pada frame portal PDA



**Gambar 13** : Nilai Deformasi Max Yang terjadi pada frame portal PDA

Berdasarkan SNI 2847-2019, deformasi maksimal yang diizinkan adalah  $L/480$ , maka:  $0,030 \text{ mm} < 9,375 \text{ mm}$  [OK]

- **Kapasitas profil baja yang digunakan**



**Gambar 14** : Analisis Kapasitas Profil Baja

Deformasi Maksimum: Berdasarkan simulasi Etabs, deformasi maksimum Frame Portal adalah 0,030 mm, lebih kecil dari batas maksimum 9,375 mm (L/480) sesuai SNI 2847-2019. Hal ini menunjukkan bahwa desain Frame Portal aman dan memenuhi standar kekuatan.

### 3.3 Analisis Efisiensi Waktu Metode Crane

**Tabel 2.** Waktu Metode Crane

No	Uraian Pekerjaan	Days							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Persiapan Lahan								
2	Persiapan Capping Pile								
3	Install Sleeper								
4	Install Guidance Frame dan Hammer								
5	Pengujian								

Sumber: Hasil Analisis

Durasi total untuk pengujian PDA pada satu titik memerlukan 6 hari, termasuk persiapan alat, mobilisasi, pengangkatan hammer, dan pengujian.

### Metode Frame Portal PDA

**Tabel 3.** Waktu Metode Frame Portal PDA

No	Uraian Pekerjaan	Days							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Persiapan Lahan								
2	Persiapan Capping Pile								
3	Assembly Frame Portal Frame								
4	Install Sleeper								
5	Install Guidance Frame + Hammer								
6	Install Segmen Frame Portal								
7	Pengujian PDA								

Sumber: Hasil Analisis

Durasi total hanya 4 hari karena instalasi Frame Portal lebih sederhana dan tidak memerlukan area manuver besar. Pengurangan Waktu: Frame Portal PDA menghemat 2 hari per titik uji dibandingkan crane.

### 3.4 Analisis Efisiensi Biaya

Berdasarkan perhitungan biaya **Tabel 4**, pengujian PDA borepile dengan metode lifting hammer dengan crane memiliki biaya Rp. 210,000,000.00 dan biaya dengan metode Frame Portal PDA adalah Rp100,989,476.00. Dari analisa tersebut metode Frame Portal PDA memiliki efisiensi biaya sebesar Rp 109,010,524.00.



**Tabel 4.** Analisis Perbandingan Biaya

METODE CRANE					METODE PORTAL PDA				
No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Total Harga (Rp)	No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Total Harga (Rp)
1	Mobilisasi dan Demobilisasi	Le	1.00	30,000,000.00	1	Chamblock Cap. 20 ton	unit	1.00	Rp 20,673,200.00
2	Sewa Crawler Crane 60 Ton (Include Solar, Operator Crane)	Jam	96.00	150,000,000.00	2	Rougher Crane 25 ton	Jam	96.00	Rp 38,400,000.00
3	Demobilisasi Alat Berat	Le	1.00	30,000,000.00	3	Sleeper Frame Portal	unit	4.00	Rp 1,200,000.00
Total Harga				<b>Rp210,000,000.00</b>	4	Besi Siku 75mm x 75mm	kg	92.4	Rp1,137,616.00
					5	H Besi 250 x 250 x 9,0 x 14mm	kg	1484.2	Rp26,752,500.00
					6	WF 300 x 150 x 6,5 x 9,0mm	kg	367	Rp6,497,500.00
					7	Kanal UNP 100 X 50 X 5MM	kg	243.76	Rp1,954,660.00
					8	Instalasi Portal Hammer	kg	2,187.00	Rp2,187,000.00
					9	Pembongkaran Portal Hammer	kg	2,187.00	Rp2,187,000.00
					Total Harga				<b>Rp. 100,989,476.00</b>

Sumber: Hasil Analisis

### 3.5 Perbandingan Metode

**Tabel 5.** Perbandingan Metode

Parameter	Crane	Frame Portal PDA
Biaya (Rp)	210,000,000	100,989,476.00
Durasi (Hari)	6	4
Mutu dan Safety	Memiliki risiko rendah, dengan SF crane adalah 1,5	Memilik risiko rendah dan Telah di analisa
Fleksibilitas Lokasi	Terbatas	Tinggi
Produktivitas Alat	Idle alat berat	Tidak berpengaruh

Sumber: Hasil Analisis

## 4. Kesimpulan

- Frame Portal PDA lebih efisien secara waktu 2 hari lebih singkat dibandingkan metode crane.
- Frame Portal PDA lebih efisien secara biaya sebesar Rp 109,010,524.00.
- Mutu dan keamanan Metode Crane dan Frame Portal PDA memenuhi standar SNI 2847-2019 dan SNI 1727-2013.
- Desain Frame Portal memiliki stabilitas struktural tinggi dan fleksibilitas dalam lokasi sempit.
- Penggunaan Frame Portal PDA ini dapat menjadi referensi opsi pilihan untuk proyek serupa di masa depan.

## 5. Ucapan terima kasih

Kami menyampaikan rasa terima kasih kepada rekan-rekan dari Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, pembimbing lapangan, dan dosen, atas wawasan dan keahlian berharga yang telah berkontribusi secara signifikan terhadap penelitian ini. Meskipun mereka mungkin tidak sepenuhnya sependapat dengan semua interpretasi dan kesimpulan yang disajikan dalam makalah ini, masukan mereka sangat bernilai

## 6. Singkatan

PDA	Pile Driving Analyzer
SNI	Standar Nasional Indonesia
LRFD	Load and Resistance Factor Design
IWF	Extended Producer Responsibility
L/480	Rasio deformasi maksimum yang diizinkan (panjang/480)

## 7. Referensi

1. ASTM D-4945-2017, "Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations."
2. SNI 2847-2019, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung."
3. SNI 1727-2013, "Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain."
4. Setiawan, A. (2013). Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Jakarta: Buku Gabusan.
5. SNI 1729:2015 "Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural". Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta, 2015.
6. Struyk, J., & Veen, M. (1984) "Bridge Engineering Principles". Springer-Verlag, New York.
7. Andryan Suhendra, dan. (2018). Studi Kapasitas Tiang Bor Berdasarkan Metode Pile Driving Analyzer (PDA) dan Load Cell. In *Jurnal Mitra Teknik Sipil* (Vol. 1, Issue 1).
8. Rasdinanta Tarigan. (2020). Komparasi Kinerja Alat Pile Driving Analyzer Dan Software Capwap Dalam Menghasilkan Daya Dukung Ultimit Pondasi Tiang. In *Jurnal Darma Agung* (Vol. 28, Issue 3).
9. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural Badan Standardisasi Nasional. (2015). [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
10. Hardiyatmo, H. C. (2017). Analisis dan Desain Pondasi (Edisi ke-3). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
11. Das, B. M. (2015). Principles of Foundation Engineering (8th ed.). Cengage Learning.
12. Fellenius, B. H. (2001). "From Strain Measurements to Load in an Instrumented Pile." In *Geotechnical News Magazine* (Vol. 19, Issue 1).
13. Salgado, R. (2008). "The Engineering of Foundations." McGraw-Hill.
14. Bowles, J. E. (1996). Foundation Analysis and Design. McGraw-Hill.
15. Randolph, M. F., & Dolwin, J. B. (2001). "Application of the Pile Driving Analyzer for Offshore Piles." *Marine Geotechnology*, 20(1), 23-45.