

Study Nilai Biaya Dan Waktu Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Struktur Pipe Rack

Study of Cost and Time Value of Heavy Equipment on Pipe Rack Structure Project

Yanto Matha Yoga^{1*}, Sapitri², Ferly Oktavia³, Atika Oktaviani⁴

^{1,2,4} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nasution No. 113, Pekanbaru, Indonesia

³ Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Maritim Raja Ali Haji

* Penulis korespondensi : yantomartha75@gmail.com

Tel.: +62-85-837-702120

Diterima: Des 25, 2024; Direvisi: Des 28, 2024; Disetujui: Des 31, 2024.

DOI: 10.25299/saintis.2024.vol24(02).20537

Abstrak

Pada proyek konstruksi penggunaan alat berat untuk membantu jalannya pekerjaan sering dilakukan karena dapat meningkatkan produktivitas dari pada alat konvensional. Penggunaan alat berat di proyek berfungsi untuk mempersingkat waktu dan dapat mengoptimalkan suatu pekerjaan dalam proyek tersebut. *Pipe rack structure* adalah struktur baja atau beton yang ditinggikan yang dirancang untuk mendukung baki pipa, listrik, dan kabel instrumen. Permasalahan yang sering dihadapi dalam pembangunan *pipe rack structure* dengan menggunakan alat berat adalah biaya dan waktu yang terbatas, kondisi lingkungan, cuaca dan faktor - faktor lain yang dapat membuat keterlambatan pekerjaan. Kondisi seperti ini yang kemudian berdampak pada nilai biaya dan waktu alat berat dan berpengaruh terhadap proses pembangunan infrastruktur. Analisa mengenai nilai biaya dan waktu dengan mempertimbangkan faktor-faktor penyebab perlu dilakukan agar didapat hasil yang efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung waktu dan biaya yang dibutuhkan oleh alat berat pada pekerjaan pembangunan *pipe rack structure*. Metode pengamatan dilakukan dengan cara *time study*, yaitu pengamatan langsung di lapangan untuk memperoleh waktu siklus dan diskusi dengan pihak-pihak terkait. Kemudian data diolah untuk mendapatkan gambaran dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Hasil menunjukkan bahwa besar biaya operasional alat berat pada proyek pembangunan *pipe rack structure* berdasarkan perhitungan data lapangan dengan biaya operasional *Crawler crane Zoomlion ZCC550H-1* sebesar Rp 838.725,00 perjam, *tower crane Hino P11C-UN* sebesar Rp 1.626.800,00 dan *Truck Trailer* sebesar Rp 1.801.609,00 /jam.

Kata Kunci: *Alat Berat, Biaya Operasional, Crawler Crane, Pipe Rack Structure, Truck Trailer, Waktu Siklus*

Abstract

In construction projects, the use of heavy equipment to help carry out work is often done because it can increase productivity compared to conventional equipment. The use of heavy equipment in projects serves to shorten time and can optimize work in the project. A pipe rack structure is an elevated steel or concrete structure were designed to support pipe trays, electrical, and instrument cables. Problems that are often faced in building pipe rack structures using heavy equipment are limited costs and time, environmental conditions, weather and other factors that can cause work delays. These conditions then have an impact on the cost and time value of heavy equipment and influence the infrastructure development process. Therefore, an analysis of the value of costs and time by considering the causal factors needs to be carried out in order to obtain effective and efficient results. This research aims to calculate the time and costs required for heavy equipment for pipe rack structure construction project. The observation method is carried out by means of time study, namely direct observation in the field to obtain cycle times and discussions with related parties. Then process the data to get an overview of the results of the research that has been carried out. The results show that the operational costs for heavy equipment in the structure pipe rack construction project were obtained based on field data calculations with operational costs for the Zoomlion ZCC550H-1 crawler crane of IDR 838,725.00 per hour, the Hino P11C-UN tower crane of IDR 1,626,800.00 and the Truck Trailer Rp. 1,801,609.00 / hour.

Keywords: *Heavy Equipment, Operating Costs, Crawler Crane, Pipe Rack Structure, Truck Trailer, Cycle Time*

PENDAHULUAN

Produktivitas yang tinggi akan meningkatkan keuntungan dengan mempercepat waktu pelaksanaan pekerjaan suatu proyek. Pada proyek konstruksi dituntut untuk menyelesaikan pekerjaan dengan waktu yang terbatas. Penggunaan alat berat merupakan solusi yang tepat untuk menyelesaikan

pekerjaan pada proyek yang berlangsung [1]. Selain membantu jalannya pekerjaan, alat berat dapat meningkatkan produktivitas pekerjaan daripada alat konvensional. Penggunaan alat berat berfungsi untuk mempersingkat waktu dan mengoptimalkan suatu pekerjaan [2]. Walaupun penggunaan alat berat dalam sebuah proyek dapat membantu

pekerjaan, tetapi penggunaan alat yang berlebihan akan menimbulkan kenaikan biaya pekerjaan yang cukup besar [3]. Maka dari itu, dibutuhkan perencanaan pada penggunaan alat berat agar dapat disesuaikan dengan volume suatu pekerjaan [4]. Kontribusi alat berat terhadap pelaksanaan suatu proyek cukup penting serta biaya penggunaan alat berat yang relatif mahal, maka dibutuhkan suatu manajemen yang baik dalam mendayagunakan sumber daya alat berat ini [5].

Manajemen proyek adalah suatu pendekatan/metode untuk mengelola suatu proyek dengan efektif dan efisien. Tanpanya, suatu proyek akan sulit dieksekusi, baik dari segi biaya, waktu, atau bahkan kualitas [6]. Manajemen biaya proyek adalah pengendalian proyek untuk memastikan penyelesaian proyek sesuai dengan anggaran biaya yang telah disetujui [7]. Manajemen waktu proyek (*project time management*) adalah proses merencanakan, menyusun, dan mengendalikan jadwal kegiatan proyek, dimana dalam perencanaan dan penjadwalan telah disediakan pedoman yang spesifik untuk menyelesaikan aktivitas proyek dengan lebih cepat dan efisien. Dasar yang dipakai pada sistem manajemen waktu adalah perencanaan operasional dan penjadwalan yang selaras dengan durasi proyek yang telah ditetapkan [8].

Alat konstruksi atau juga sering disebut dengan alat berat merupakan alat yang sengaja diciptakan/didesain untuk dapat melaksanakan salah satu fungsi/kegiatan proses konstruksi yang sifatnya berat bila dikerjakan oleh tenaga manusia, seperti mengangkat, mengangkut, memuat, memindah, menggali, mencampur, dan seterusnya dengan cara yang mudah, cepat, hemat, dan aman [8] [9]. Apabila penggunaan peralatan konstruksi dipilih, dioperasikan, dipelihara dengan baik dan dipergunakan secara efisien, maka akan tercapainya kegiatan proyek yang sesuai dengan *Time Schedule* rencana dan penggunaan biaya yang tepat [10]. Alat berat digunakan untuk mempermudah proses pekerjaan sehingga menjadi lebih cepat dan sesuai dengan harapan [11]. Alat berat memiliki 7 (tujuh) fungsi dasar, yaitu alat pengolahan lahan, alat penggali, alat pengangkut material, alat pemindahan material, alat pemadat, alat pemroses material, dan alat penempatan terakhir material [12]. Dari tujuh fungsi dasar alat berat tersebut yakni akan menganalisa pada jenis fungsi alat untuk pengangkut, pemindah dan pemroses, pada jenis alat pengangkut ini dikenal juga dengan istilah *crane*. Termasuk dalam kategori ini adalah *crawler crane*, *tower crane*, dan *mobile crane*.

Efisiensi kerja alat bergantung pada kondisi pengerjaan dan pemeliharaan alat tersebut. Efisiensi kerja disebut juga dengan faktor koreksi sehingga faktor produktifitas suatu alat menyesuaikan dengan kondisi di lapangan.

Tabel 1. Efisiensi kerja alat

Kondisi Pekerjaan	Pemeliharaan mesin			
	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
Baik sekali	0,84	0,81	0,75	0,70
Baik	0,75	0,75	0,71	0,65
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60
Jelek	0,68	0,57	0,57	0,52

Crawler Crane

Crawler crane atau sering disebut *crane* beroda rantai merupakan sebuah *crane* dengan *crawler* terdiri atas satu set *track* yang menempel pada *link* untuk bergerak/berpindah dengan merayap [13]. *Crawler crane* biasanya memiliki kapasitas pengangkatan yang lebih besar dibandingkan dengan *crane* dengan roda. Bagian atas dari *crawler crane* dapat bergerak hingga 360 derajat.



Gambar 1. Crawler Crane

Saat *crawler crane* mengangkat material, hal – hal yang harus diperhatikan adalah letak alat saat pengoperasian harus berada dalam posisi *water level*, keseimbangan alat dan penurunan permukaan tanah akibat dari beban material dan alat [11]. Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan oleh *crawler crane* untuk menyelesaikan kegiatan produksi, meliputi waktu pemasangan, waktu angkat (*hoisting*), waktu putar (*swing*) dan waktu penurunan (*landing*).

Truck Trailer

Truck trailer merupakan sebuah tipe truk yang memiliki daya angkutan sangat kuat. *Truck* ini bahkan mampu mengangkut barang dengan berat 20 sampai 60 ton. Jenisnya pun ada dua yakni *truck trailer* dengan 20 feet dan *truck trailer* dengan 40 feet. Untuk *truck trailer* berukuran 20 feet, mempunyai empat dan lima sumbu roda. Sedangkan, *truck trailer* 40 feet memiliki enam sumbu roda. Bahkan jika dilihat dari jumlah bannya, *truck* jenis ini setidaknya memiliki ban atau roda sebanyak 16 sampai 24 buah, maksimal kapasitas muatannya adalah 30 ton.



Gambar 2. Truck Trailer

Syarat paling penting agar *truck* dapat bekerja secara efektif adalah jalan kerja yang keras dan rata, tetapi ada kalanya *truck* didesain agar mempunyai *cross country ability* yaitu suatu kemampuan berjalan diluar jalan biasa. Memilih *truck* dan alat pemuat mempunyai perbandingan yaitu 5:1 atau kapasitas 4 *truck* 5 kali kapasitas alat pemuat. Perbandingan akan mempengaruhi waktu pemuatan. Waktu siklus meliputi waktu angkut dan waktu kembali dari *stock yard* menuju lokasi proyek pemasangan *pipe rack structure* serta waktu untuk pengangkatan *pipe rack structure*.

Pipe rack structure

Pipe rack structure atau struktur rak pipa adalah struktur baja atau beton yang ditinggikan yang dirancang untuk mendukung baki pipa, listrik, dan kabel instrumen [14]. Rak pipa mendukung semua jalur proses utama yang menghubungkan peralatan seperti pompa, tangki penyimpanan, bejana statis, dan kolom. Ini juga menghubungkan berbagai *header relief* dan *blowdown*. Semua jalur yang keluar dan masuk pabrik, jalur pemasuk utilitas seperti uap, udara, air pendingin, gas inert, dll.



Gambar 3. Komponen dari *pipe rack structure*

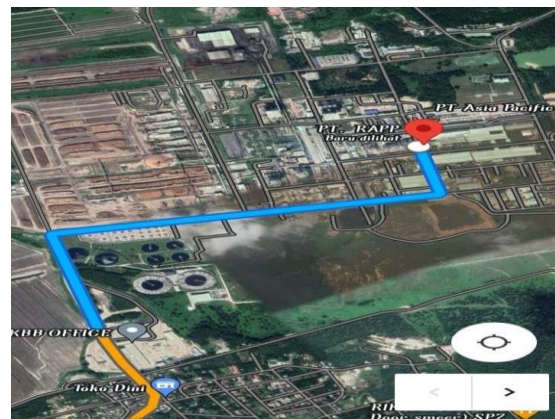
Permasalahan yang sering dihadapi dalam pembangunan *pipe rack structure* dengan menggunakan alat berat adalah biaya dan waktu yang terbatas, kondisi lingkungan, cuaca dan faktor - faktor lain yang dapat membuat keterlambatan pekerjaan. Kondisi seperti ini yang kemudian

berdampak pada nilai biaya dan waktu alat berat dan berpengaruh terhadap proses pembangunan infrastruktur. Oleh sebab itu, analisa mengenai nilai biaya dan waktu dengan menimbang faktor-faktor penyebab perlu dilakukan agar didapat hasil yang efektif dan efisien.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah menghitung waktu dan biaya yang dibutuhkan oleh alat berat pada pekerjaan pembangunan *pipe rack structure*.

METODOLOGI

Lokasi objek penelitian Proyek Pembangunan Pipe Rack Structure, yaitu terletak di Pangkalan Kerinci Kabupaten Pelalawan. Lokasi proyek tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kawasan Lokasi Pembangunan Struktur Pipe Rack

Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu dengan metode *time study*, dimana pengamatan langsung di lapangan terhadap alat berat (*crawler crane* dan *truck trailer*) yang bekerja pada proses pembangunan struktur pipe rack untuk menapatkan waktu siklus. Pada penelitian ini juga dilakukan pengumpulan informasi terkait dengan faktor yang berpengaruh terhadap nilai biaya dan waktu alat berat yang digunakan di lapangan untuk mendukung justifikasi biaya alat berat serta untuk mendapatkan gambaran hasil yang lebih detail sesuai dengan tujuan yang diharapkan pada penelitian ini. Pembahasan dan diskusi terhadap hasil penelitian yang diperoleh, dilakukan dengan menambahkan tabel, yang dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan hasil penelitian.

Secara detail, proses analisa pada penelitian ini antara lain :

1. Menentukan volume pekerjaan dengan menggunakan rumus volume persegi panjang karena tidak adanya nilai volume pasti pada pekerjaan [15].
2. Menghitung waktu siklus di lapangan.
 - A. Waktu siklus *crawler crane* terdiri dari 4 komponen [17] yaitu:
 - a.) Waktu Pemasangan
 - b.) Waktu tempuh vertikal (T_v)

$$T_v = \frac{D_v}{V_v} \quad (1)$$

Dengan, T_v : waktu tempuh vertikal (menit),
 D_v : jarak tempuh vertikal (m), V_v :
 kecepatan *Hoist* TC (m/menit).

c.) Waktu tempuh rotasi (T_r)

$$T_r = \frac{D_r}{V_r} \quad (2)$$

Dimana:

T_r = waktu tempuh rotasi (menit)
 D_r = jarak tempuh rotasi (m)
 V_r = kecepatan *swing* TC (rad/menit).

d.) Waktu tempuh horizontal (T_h)

$$T_h = \frac{D_h}{V_h} \quad (3)$$

Dimana:

T_h = waktu tempuh horizontal (menit)
 D_h = jarak tempuh horizontal (m)
 V_h = kecepatan *trolley* TC (m/menit)

Maka waktu siklus *crawler crane* adalah :

$$CT = \text{Waktu Pemasangan} + T_v + T_r + T_h \quad (4)$$

B. Waktu siklus *truck trailer* yaitu:

a.) Waktu Angkut (HT)

$$HT = \frac{j}{v_1} \quad (5)$$

Dimana :

j = jarak tempuh (m)
 v_1 = kecepatan angkut (m/menit)

b.) Waktu kembali (RT)

$$RT = \frac{j}{v_2} \quad (6)$$

Dimana :

j = jarak tempuh (m)
 v_2 = kecepatan kembali (m/menit).

Maka waktu siklus *truck trailer* adalah :

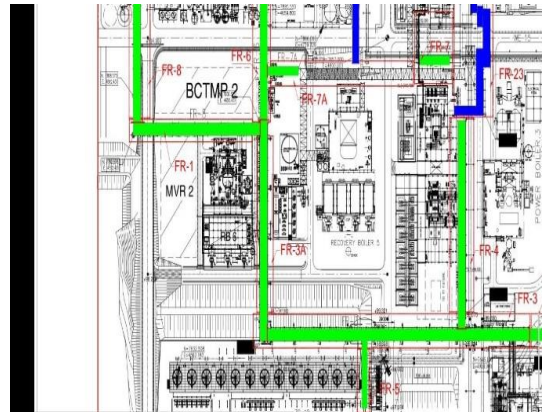
$$CT = HT + RT \quad (7)$$

Dari masing-masing alat berat *crawler crane* dan *truck trailer* ini kemudian dihitung rata-rata waktu siklusnya.

3. Menghitung biaya alat berat yang digunakan dengan, dimana:
 Total biaya alat = biaya produkdi + biaya operasional.
4. Membuat tabulasi hasil penelitian dan analisis penggunaan alat berat.

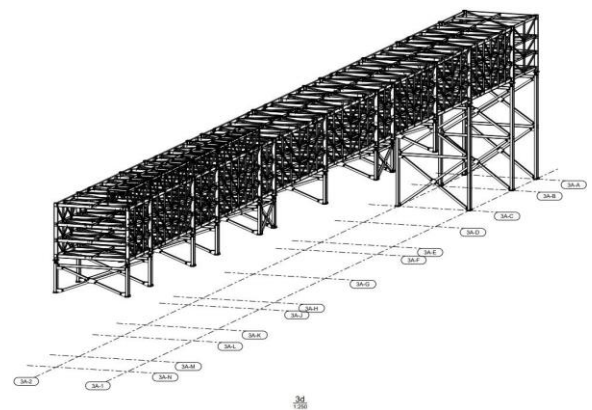
HASIL DAN DISKUSI

Prinsip dasar perhitungan produktivitas alat berat adalah menghitung produksi alat berat (m^3) [13], kemudian dapat ditentukan jumlah alat berat yang digunakan pada proyek pembangunan *Pipe rack structure*. Lokasi pekerjaan *Pipe rack structure* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Lokasi pekerjaan *pipe rack structure*

Pada gambar 5 dapat dilihat tempat pembangunan *pipe rack structure* sesuai list yang akan dibangun. Ukuran yang akan dibangun sepanjang 127 m dan dimulai pada FR-3A dimana pembangunan *pipe rack structure* akan dipasang sesuai pada FR-3A. Pekerjaan Pembangunan *Pipe rack structure* dengan nomor kontrak pekerjaan yaitu KU.02.05/05/PPK.IR.III/SNVT PIPA-R/2023 memiliki nilai kontrak dengan jumlah sebesar Rp.15.833.197.320.40. Lokasi dari pekerjaan *pipe rack structure* ini berada di Kabupaten Pelalawan, Kecamatan Pangkalan Kerinci, Provinsi Riau. Waktu pelaksanaan sesuai kontrak pekerjaan adalah 730 hari kalender dan kontraktor pelaksana yang ditunjuk dalam pekerjaan ini adalah PT. Surya Mas Perkasa. Model *pipe rack structure* ditunjukkan pada Gambar 6.

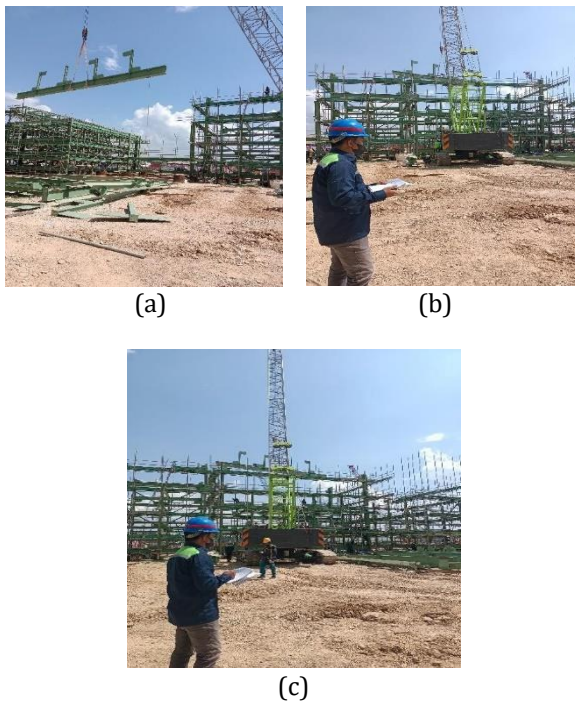


Gambar 6. Model *pipe rack structure* di lokasi FR-3A

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa luas keseluruhan *pipe rack structure* dari FR- 3A adalah 127 m dan untuk volume pekerjaan satu *part structure* adalah 19,24 m³ dan dapat dihitung dengan menjumlahkan tebal dan luas pada bagian *pipe rack structure*.

Identifikasi Proses Pekerjaan Pipe rack structure

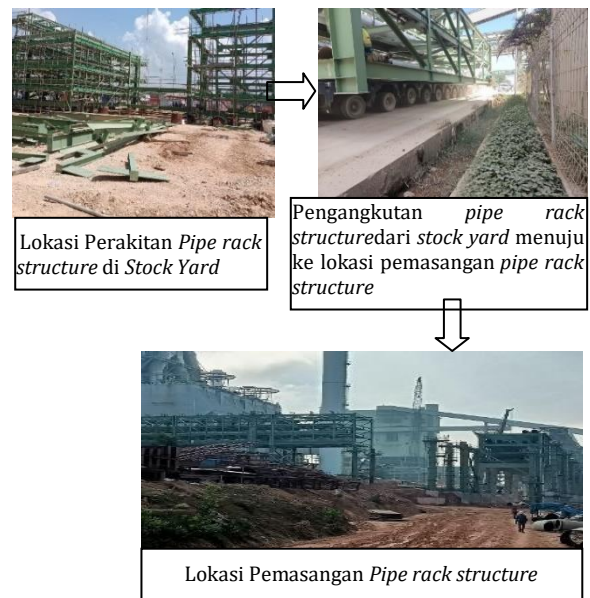
Dalam pelaksanaan pekerjaan *pipe rack structure* dibutuhkan bantuan tenaga alat berat sebagai pendukung. Pada saat pengamatan, alat berat yang digunakan dalam pekerjaan perakitan di lapangan adalah *Crawler Crane* sebagai alat angkat, *swing* atau putar dan turun seperti ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Proses perakitan *pipe rack structure* dengan *Crawler Crane* (a) Proses angkat, (b) Proses *swing*, dan (c) Proses *landing* material

Pada Gambar 7 dapat dilihat proses angkat material dari *stock yard* ke tempat perakitan yang memiliki berat 1812 kg untuk satu batang baja, proses *swing* yang dilakukan oleh *crawler crane* ini memiliki ukuran putar 90°, kemudian *crawler crane* yang digunakan di lapangan mengalami waktu menunggu untuk *landing* atau penurunan material.

Setelah dilakukannya proses perakitan dan menjadi satu modul *pipe rack structure* maka akan dilakukan pengangkutan dari lokasi *stock yard* ke lokasi pemasangan modul *pipe rack structure* tersebut, seperti ditunjukkan Gambar 8.



Gambar. 8 Perakitan *Pipe rack structure*

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa setelah melakukan perakitan *pipe rack structure* maka akan diangkut dengan menggunakan *truck trailer* untuk menuju ke lokasi pemasangan *pipe rack structure* dan jarak dari lokasi *stock yard* ke lokasi pemasangan *pipe rack structure* adalah 3 km.

Waktu Siklus Pekerjaan Pipe rack structure

Siklus pemasangan *pipe rack structure* dimulai dari pengumpulan bahan material pada *stock yard* dan *crawler crane* yang sudah *stand by* di lokasi *stock yard*. Proses pemasangan tali *crawler crane* pada material yang dirakit dengan durasi 1,71 menit, proses pengangkutan material seperti kolom, *bracing* dan *h-beam* lama durasinya adalah 6 menit, proses *swing* atau proses berputarnya material ke lokasi pemasangan *pipe rack structure* adalah 4 menit, dan proses *landing* atau penurunan material ke tempat pemasangan *pipe rack structure* adalah 6 menit. Ini ditunjukkan pada Tabel 2 seperti berikut :

Tabel 2. Waktu Siklus Perakitan *Pipe rack structure*

No	Kegiatan	Waktu (Menit)
T1	Waktu Pemasangan	1,71
T2	Waktu Hoist/Angkat	6
T3	Waktu Swing/Putar	4
T4	Waktu Landing/Turun	6
Total		17,71

Pada Tabel 2 dapat dilihat rata – rata waktu dari empat kegiatan *crawler crane* mulai dari T1, T2, T3, dan T4. Sehingga waktu siklus dari alat berat *crawler crane* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 CT &= T1 + T2 + T3 + T4 \\
 &= 1,71 + 6 + 4 + 6 \\
 &= 17,71 \approx 17 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Setelah siklus perakitan *pipe rack structure* maka dilakukan proses pengangkatan modul yang telah dirakit pada *stock yard* dimana pengangkatan dilakukan dengan menggunakan alat berat *crawler crane* dengan durasi pengangkatan modul adalah 15 menit, proses *swing* atau putar alat berat *crawler crane* menuju ke *trailer* adalah 10 menit, proses landing atau penurunan modul *pipe rack structure* ke *trailer* adalah 30,15 menit, disini lama penurunan modul dikarenakan harus sejajar supaya tidak terjadi kecelakaan pada saat membawa modul ke lokasi pemasangan *pipe rack structure*, proses perjalanan *trailer* menuju ke lokasi pekerjaan pemasangan *pipe rack structure* adalah 30 menit dengan jarak tempuh 30 m, dimana waktu siklus ini dilakukan dengan menggunakan *stopwatch* pada saat berada dilapangan.

Tabel 3.Waktu Siklus Setelah Perakitan *Pipe rack structure*

No	Kegiatan	Waktu (Menit)
T1	Waktu Angkat	15
T2	Waktu Swing/Putar	10
T3	Waktu Landing/Turun	30,15
T4	Waktu Membawa	30
Total		85,15

Berdasarkan Tabel 3, setelah dianalisa waktu siklus yang diperoleh adalah 85 menit sama dengan 1 jam 25 menit dengan jarak tempuh 30 meter. Keterlambatan sampai dilokasi dikarenakan perjalanan menuju ke lokasi itu banyak kendaraan alat berat yang melintas di jalanan sebelum ke lokasi proyek pemasangan *pipe rack structure*.

Perhitungan Nilai Biaya dan Waktu Alat Berat

Pihak kontraktor dapat memenuhi kebutuhan pelaksanaan pekerjaannya yang menggunakan alat berat dengan cara menyewa atau memiliki alat berat sendiri, tanpa perlu mengkhawatirkan biaya perawatan alat berat secara jangka panjang. Jangka waktu penyewaan alat berat biasanya berdasarkan perjanjian mingguan atau bulanan. Beban biaya yang ditanggung tidak hanya biaya sewa peralatan melainkan juga biaya sewa operator, bahan bakar dan mobilisasi peralatan.

Tabel 4. Biaya sewa, bahan bakar minyak dan pelumas

No	Jenis alat berat	Biaya (Rp)	
1	<i>Crawler Crane</i>	Zoomlion Type ZCC550H-1/bulan	11.250.000
		Hino PC11-UN/bulan	13.200.000
		BBM	6.800
		Oli	70.000
		Gemuk	75.000
2	<i>Truck Trailer</i>	FM 350 T/H-EURO2/bulan	5.000.000
		BBM	6.800
		Oli	44.000
		Gemuk	75.000

Biaya-biaya yang ditampilkan pada Tabel.4 diperoleh dari data sekunder kontraktor proyek pembangunan struktur *pipe rack*.

1. Crawler Crane Zoomlion Type ZCC550H-1

Dalam pekerjaan *pipe rack structure*, *crawler crane* digunakan sebagai alat angkat material dimana volume pekerjaan *pipe rack structure* adalah 19,24 m³. Adapun waktu pekerjaan perakitan *pipe rack structure* selama 60 hari dengan pekerjaan 1 hari adalah 8 jam. *Crawler crane zoomlion* tipe ZCC550H-1 dengan standar mesin 140 KW memiliki radius 28 m yang mampu menjangkau seluruh area proyek. Untuk spesifikasi dari *crawler crane Zoomlion ZCC550H-1* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi *Crawler Crane Zoomlion ZCC550H-1*

Deskripsi	Nilai	Satuan
Angkat x Radius	55 x 3,7	T.m
<i>Luffing jib Boom</i>	16 m – 28 m	m
	13 - 52	m
Kecepatan <i>swing</i>	0-2.1	Rpm

Pada Tabel 5 dapat dilihat kapasitas angkat adalah 55 T dan radius 3,7 m, *luffing jib* adalah 16 m – 28 m, dan *boom* 13 – 52 m. Dalam satu siklus pekerjaan, *crawler crane* memiliki empat gerakan (kegiatan), mulai dari kegiatan waktu pemasangan, waktu angkat, waktu *swing*, dan waktu *landing*.

- a. Perhitungan volume pekerjaan proyek pembangunan *pipe rack structure* yang akan diangkat *crawler crane*
 Material yang diangkat yaitu: kolom, *bracing*, dan *h-beam*. Data rakapitulasi volume yang diperoleh dari pengamatan langsung dilapangan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi perhitungan volume pekerjaan pengangkatan material oleh *crawler crane*

No	Pekerjaan	Ukuran(mm)	Panjang (m)	Berat (kg/m)	Volume (berat x panjang) (kg)	Volume keseluruhan yang telah dirakit
A.	Kolom	WF 588 x 300 x 12 x 20 - 12 mm	12 m	151,00	1812	
B.	Bracing	Siku 120 x 120 x 12 mm	12 m	21,50	258	
C.	H-Beam	H-Beam 250 x 9 x 14 mm	14 m	72,40	1013,6	2938,8 Kg
Total					244,9	

Dari hasil penelitian pada *crawler crane zoomlion ZCC550H-1* dapat diketahui bahwa volume pengangkatan material kolom dengan ukuran WF 588 x 300 x 12 x 20 - 12 mm yaitu sebesar 1812 kg, *bracing/siku* dengan ukuran 12 x 120 x 12 mm yaitu sebesar 258 kg dan *H-Beam* dengan ukuran 250 x 9 x 14 mm yaitu sebesar 72,40 kg. Maka volume satu modul adalah 2938,8 kg.

b. Perhitungan Waktu Siklus Pelaksanaan *Crawler Crane*

Waktu siklus pelaksanaan *crawler crane* dihitung dengan persamaan (1), (2), (3), dan (4), sehingga diperoleh hasil perhitungan seperti Tabel 7 berikut :

Tabel 7. Waktu siklus pelaksanaan *crawler crane*

Jenis Pekerjaan	Durasi (menit)
Pemasangan	1,71
<i>Hoisting</i> /angkat	4,5
<i>Swing</i> /putar	0,09
<i>Landing</i> /turun	0,5
Waktu siklus <i>crawler crane</i>	6,8

Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa total waktu siklus pelaksanaan *crawler crane* adalah 6,8 menit.

c. Perhitungan Waktu Pelaksanaan

Crawler crane diasumsikan dalam kondisi sedang dan pemeliharaan mesin sedang, sehingga untuk nilai efisiensi *crawler crane* adalah 0,65 [16].

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 19,24 \text{ m}^3 \\ \text{Produksi persiklus} &= 0,80 \text{ m}^3 \\ \text{Waktu siklus} &= 10,48 \text{ menit} \\ \text{Produksi perjam} &= 0,80 \times \frac{60}{10,48} \times 0,65 \\ &= 2,97 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Waktu Pelaksanaan} &= \frac{19,24}{2,97} = 6,48 \text{ jam} \end{aligned}$$

d. Perhitungan Biaya Produksi

Harga sewa *crawler crane*

Dengan asumsi,

$$1 \text{ hari} = 8 \text{ jam (tanpa lembur)}$$

$$1 \text{ bulan} = 8 \times 30 \text{ hari} = 240 \text{ jam}$$

Maka harga sewa :

$$= \frac{11.250.000/\text{bulan}}{240 \text{ jam}}$$

$$= \text{Rp } 46.875 /\text{jam}$$

Maka harga sewa alat berat *crawler crane* adalah Rp 46.875 /jam.

e. Biaya Operasional Peralatan

1.) Kebutuhan bahan bakar

FOM = Faktor Operasi Mesin = 0,8 (asumsi mesin bekerja optimal 80%)

FW = Faktor Waktu = 0,83 (asumsi kerja 50 menit/jam)

PBB = Pemakaian Bahan Bakar, untuk pemakaian solar = 0,2 liter / DK / jam

PK= Kekuatan Mesin = 140 KW

Maka :

$$= \text{FOM} \times \text{FW} \times \text{PBB} \times \text{PK} \times (\text{x BBM})$$

$$= 0,8 \times 0,83 \times 0,2 \times 140$$

$$= 18,592 \text{ liter/jam} \times 6800 / \text{liter}$$

$$= \text{Rp } 126.425,00 /\text{jam}$$

2.) Biaya pelumas

Dimana:

g = banyak pelumas yang digunakan

DK = kekuatan minyak = 140 KW

F = faktor = 0,83 x 0,8

c = isi dari carter mesin = 200 ltr

t = selang waktu pergantian = 24 jam

Maka biaya pelumas

$$= \frac{DK \times f}{195,5} + \frac{c}{t} \text{ (liter/jam)} \text{ (x Oli)}$$

$$= \frac{140 \times 0,664}{195,5} + \frac{200}{24}$$

$$= 3,850 \text{ liter/jam} \times 70.000 / \text{liter}$$

$$= \text{Rp } 269.500,00 /\text{jam}$$

Total biaya operasional peralatan :

$$= \text{Rp } 126.425,00 + \text{Rp } 269.500,00$$

$$= 395.925,00 /\text{jam}$$

Biaya total alat:

$$\begin{aligned} &= \text{Harga sewa alat} + \text{Harga bahan bakar minyak} + \text{Harga minyak pelumas} + \text{Harga operasional} \\ &= \text{Rp } 838.725,00 /\text{jam} \end{aligned}$$

2. Crawler Crane Hino P11C-UN

a. Perhitungan Biaya Produksi

Harga sewa *crawler crane*

Maka harga sewa :

$$= \frac{13.200.000/\text{bulan}}{240 \text{ jam}}$$

$$= \text{Rp } 55.000 /\text{jam}$$

Maka harga sewa alat berat *crawler crane* adalah Rp 55.000 /jam.

b. Biaya Operasional Peralatan

1.) Kebutuhan bahan bakar

Dimana:

FOM = Faktor Operasi Mesin = 0,8 (asumsi mesin bekerja optimal 80%)

FW = Faktor Waktu = 0,83 (asumsi kerja 50 menit/jam)

PBB = Pemakaian Bahan Bakar, untuk pemakaian solar = 0,4 liter / DK / jam

PK= Kekuatan Mesin = 247 KW

Maka :

$$= \text{FOM} \times \text{FW} \times \text{PBB} \times \text{PK} \text{ (x BBM)}$$

$$= 0,8 \times 0,83 \times 0,4 \times 247$$

$$= 65,603 \text{ liter/jam} \times 6800 / \text{liter}$$

$$= \text{Rp } 446.400,00 /\text{jam}$$

2.) Biaya pelumas

Dimana:

g = banyak pelumas yang digunakan

DK = kekuatan minyak = 140 KW

F = faktor = 0,83 x 0,8

c = isi dari carter mesin = 200 ltr

t = selang waktu pergantian = 24 jam

Maka biaya pelumas

$$= \frac{DK \times f}{195,5} + \frac{c}{t} \text{ (liter/jam) (x Oli)}$$

$$= \frac{140 \times 0,664}{195,5} + \frac{200}{24}$$

$$= 4,850 \text{ liter/jam} \times 70.000/\text{liter}$$

$$= \text{Rp } 339.500,00/\text{jam}$$

Total biaya operasional peralatan :

$$= \text{Rp } 446.400,00 + \text{Rp } 339.500,00$$

$$= 785.900,00/\text{jam}$$

Biaya total alat:

$$= \text{Harga sewa alat} + \text{Harga bahan bakar minyak} + \text{Harga minyak pelumas} + \text{Harga operasional}$$

$$= \text{Rp } 1.626.800,00 /\text{jam}$$

3. **Truck Trailer Tipe FM 350 T/H-EURO2**

Truck Trailer mengirimkan *pipe rack structure* dari *stock yard* ke lokasi pekerjaan pemasangan *structure* yang telah selesai dirakit dengan jarak sejauh ±1,8 km. *Truck trailer* ini mempunyai kapasitas isi 19,24 m³.

- a. Waktu siklus
Berdasarkan persamaan (5) dan (6), maka waktu siklus *truck trailer* adalah :
CT = HT + RT
CT = 60 + 54
= 114 Menit
= 1,9 Jam

b. Faktor efisiensi

Faktor efisiensi kerja, waktu dan operator diasumsikan dengan kondisi normal, dimana sumber daya manusia (operator) dan sumber daya alat dapat berfungsi dengan normal dan tidak ada hambatan yang berarti pada saat proses bekerja.

Faktor efisiensi kerja, baik sekali - sedang = 0,75
Faktor efisiensi waktu, normal = 0,83

Jadi efisiensinya

$$\text{FK} = 0,75 \times 0,83$$

$$= 0,625$$

c. Maksimum Produksi Volume Perjam

$$TP = \frac{1}{CT} \times \text{Volume} \times \text{FK}$$

$$TP = \frac{1}{1,9} \times 19,24 \times 0,625 = 6,32 \text{ m}^3/\text{jam}$$

d. Perhitungan Biaya Produksi

3.) Harga sewa *truck trailer*

$$= \frac{5.000.000/\text{bulan}}{240 \text{ jam}}$$

$$= \text{Rp } 20.833 /\text{jam}$$

Maka harga sewa alat berat *truck trailer* adalah Rp 20.833 /jam.

e. Biaya Operasional Peralatan

1.) Kebutuhan bahan bakar

Dimana:

FOM = Faktor Operasi Mesin = 0,8 (asumsi mesin bekerja optimal 80%)

FW = Faktor Waktu = 0,83 (asumsi kerja 50 menit/jam)

PBB = Pemakaian Bahan Bakar, untuk pemakaian solar = 0,4 liter / DK / jam

PK= Kekuatan Mesin = 360 KW

Maka :

$$= \text{FOM} \times \text{FW} \times \text{PBB} \times \text{PK} \text{ (x BBM)}$$

$$= 0,8 \times 0,83 \times 0,4 \times 360$$

$$= 95,616 \text{ liter/jam} \times 6800 / \text{liter}$$

$$= \text{Rp } 650.188,00/\text{jam}$$

2.) Biaya pelumas

$$= \frac{DK \times f}{195,5} + \frac{c}{t} \text{ (liter/jam) (x Oli)}$$

$$= \frac{360 \times 0,664}{195,5} + \frac{200}{24}$$

$$= 5,800 \text{ liter/jam} \times 44.000/\text{liter}$$

= Rp 255.200,00/jam

Total biaya operasional peralatan :

= Rp 650.188,00 / jam + Rp
255.200,00/jam

= 875.388,00/jam

Biaya total alat =

Harga sewa alat + Harga bahan
bakar minyak + Harga minyak pelumas +
Harga operasional

= Rp 1.801.609,00 /jam

Tabel 8. Rekapitulasi Biaya Alat Berat

Jenis Biaya	Crawler Crane		
	Zoomlion ZCC550H-1 (Jam)	Hino P11C-UN (Jam)	Truck Trailer (Jam)
Biaya Bahan Bakar	Rp 126.425,00	Rp 446.400,00	Rp 650.188,00
Biaya Operasional	Rp 395.925,00	Rp 785.900,00	Rp 875.388,00
Biaya Minyak Pelumas	Rp 269.500,00	Rp 339.500,00	Rp 255.200,00
Biaya Sewa Alat	Rp 46.875	Rp 55.000	Rp20.833
Total	Rp 838.725,00	Rp1.626.800,00	Rp1.801.609,00

Berdasarkan Tabel 8, dapat dilihat bahwa dari ketiga alat berat yang digunakan pada proyek, *truck trailer* membutuhkan biaya sewa paling tinggi yaitu sebesar Rp 1.801.609,00 per jam dan yang paling rendah adalah biaya sewa alat berat zoomlion ZCC550H-1. Secara umum, biaya yang paling mendominasi pada alat berat yaitu biaya operasional yang hampir mendominasi 50% dari total biaya penggunaan masing-masing alat berat.

Berdasarkan hasil diskusi dengan pihak dilapangan, meskipun biaya sewa crawler crane hino lebih mahal namun tetap digunakan dengan pertimbangan efisiensi waktu dan keterbatasan ketersediaan alat. Namun demikian untuk kedepan dapat direkomendasikan penggunaan alat berat Zoomlion jika alat yang tersedia cukup. Untuk penggunaan Truck Trailer meskipun menjadi biaya penggunaan alat yang paling mahal namun di consider cukup layak dengan pertimbangan pengangkutan yang digunakan untuk memindahkan structure pipe rack yang relative berat dan besar. Penggunaan truck trailer ini juga dipandang cukup efisien pada lokasi proyek yang berisiko terjadi guling jika dnegan alat berat truck biasa.

KESIMPULAN

Pada pekerjaan struktur pipe rack, waktu yang dibutuhkan alat berat crawler crane yaitu 6,46 jam dan truck trailer 1,9 jam untuk maksimum produksi pengangkutan 6,32 m³ pipe rack per jam. Biaya yang digunakan untuk penggunaan alat-alat ini pada proyek pembangunan struktur pipe rack adalah *crawler crane* Zoomlion ZCC550H-1 sebesar Rp 838.725,00 perjam, *crawler crane Hino P11C-UN* sebesar Rp 1.626.800,00 dan Truck Trailer sebesar Rp Rp 1.801.609,00 /jam.

REFERENSI

- [1] I. P. A. H. Rasmawan, "Analisis Pemilihan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Pembangunan Gedung Bertingkat (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Gdas Resort)," Politeknik Negeri Bali, Bali, 2023.
- [2] M. A. Rahman, "Analisis Produktivitas dan Waktu Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Tanah pada Proyek Jalan Tol Indrapura-Kisaran," Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2022.
- [3] I. Syamsuddin, E. H. Pongtuluran, and D. M. R. Kartika, "Optimalisasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah Bangunan Pelimpah Atau Spillway (Studi Kasus Proyek Bendungan Sepaku-Semoi)," *Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil*, vol. 5, no. 2, Oct. 2021.
- [4] C. Rahmawati, "Optimalisasi Perencanaan Penggunaan Alat Berat Hydraulic Excavator Komatsu PC200-8 pada Pekerjaan Galian Tanah Proyek Pembangunan Bendungan Way Sekampung Kelurahan Bumiayu, Kecamatan Pringsewu, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung," Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 2023. [Online]. Available: <http://etd.repository.ugm.ac.id/>
- [5] D. D. Supit, "Analisa Produktivitas dan Efisiensi Alat Berat untuk Pekerjaan Tanah dan Pekerjaan Perkerasan Berbutir (Studi Kasus : Proyek Rehabilitasi Ring Road II -

- Paniki),” *Dynamic SainT*, vol. 1, no. V, pp. 906–917, Apr. 2020.
- [6] Anggi, “Manajemen Proyek: Pengertian, Tujuan, Sasaran, Ruang Lingkup, dan Contohnya,” *Accurate.id*.
- [7] E. Y. A. Rumere, J. Tjakra, and R. L. Ingkiriwang, “Konsep Nilai Hasil terhadap Waktu dan Biaya pada Pekerjaan Proyek Pembangunan Rumah Postulat Ursulin Ende Nusa Tenggara Timur,” *Jurnal Tekno*, vol. 17, no. 73, 2019.
- [8] M. A. Ayatullah, S. Syafrudin, and A. Sarmingsih, “Analisis Manajemen Waktu pada Proyek Pembangunan Jalan Parang Garuda East Kawasan Industri KendalNo Title,” *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, vol. 1, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.14710/jpii.2023.17193.
- [9] Asiyanto, *Manajemen Alat Berat Untuk Konstruksi*, 1st ed. Jakarta: Pradnya Paramita, 2008.
- [10] E. N. Kulo, “Analisa Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jalan Lingkar SKPD Tahap 2 Lokasi Kecamatan Tutuyan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur),” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 5, no. 7, pp. 465–474, Sep. 2017.
- [11] Susi Fatena Rostiyanti, *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*, Kedua. Jakarta: Rineka Cipta, 2008.
- [12] H. Arif, “Tinjauan Anggaran dan Waktu Pemakaian Alat Berat pada Pengerjaan Proyek Jalan Tol Ruas Binjai – Langsa Seksi Binjai - P. Brandan,” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik (JIMT)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [13] M. S. Dermawan, “Produktivitas Mobile Crane Pada Pembangunan Gedung Bertingkat (Studi Kasus Gedung Parkir ‘B’ Proyek Pembangunan Training Centre & Hotel DPBCA, Sentul City, Kab. Bogor),” *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [14] Varun Patel, “What is a Pipe Rack?,” *Blog Oil & Gas, HardHat Engineer*.
- [15] R. Arsyad, “Analisa Produktivitas Alat Berat Dalam Pekerjaan Penghamparan Material Agregat pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru – Padang Seksi VI Pekanbaru – Bangkinang,” *Universitas Islam Riau*, 2021.
- [16] Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Indonesia: https://dpu.balikkpapan.go.id/files/20240806095525427012_PerMen_No_11-PRT-M-2013_Analisa_Harga_Satuan_Pekerjaan_Umum.pdf, 2013.
- [17] M. A. Abdelmegid, K. M. Shawki dan H. A. Khalek, “GA optimization model for solving tower crane location problem in construction sites,” *Alexandria Engineering Journal (AEJ)*, pp. 519-526, 2015.