

Analisis Produktivitas Alat Berat Proyek Pembangunan Jalur Ganda Kereta Api

Siti Choiriyah¹⁾, M. Ferdaus Noor Aulady²⁾, Felicia tria
Nuciferani³⁾, Diah Listyaningsih⁴⁾, Alfani Subhan Adillah⁵⁾
^{1,2,3,4,5,6)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya,
Surabaya, Indonesia
Email: siti.choiriyah@itats.ac.id

Received: 2024-02-15; Accepted: 2024-02-16; Published: 2024-03-30

Abstract

The Mojokerto - along double railroad construction project certainly requires a good and strong and ideal subgrade, so that in the process of work required soil reinforcement work. The heavy equipment used is excavator, excabreaker, dump truck, and vibrator roller. This study aims to determine the productivity and cost of heavy equipment working in the field. The occurrence of delays in the rail piling work makes this work exceed the planned time limit. The method used in this research is a quantitative method, namely by collecting the required data. To overcome the delay, the addition of heavy equipment is analyzed with a choice of 4 options. Based on the analysis, the best option is to use 2 excabreaker units at a cost of Rp 191,089. 940.00 on rail piling work because it is more effective and efficient. The results of the analysis based on the productivity of heavy equipment working in the field, soil reinforcement work can be completed within 25 days and a total cost of Rp 732,746,726.00. Thus the soil reinforcement work can be completed in accordance with the planned time.

Keywords: Adhi Tama Institute of Technology Surabaya; Duration; Machine Weight; Productivity

Abstrak

Proyek pembangunan rel ganda kereta api Mojokerto – sepanjang ini tentunya membutuhkan tanah dasar yang bagus dan kuat serta ideal, sehingga dalam proses pekerjaannya dibutuhkan pekerjaan perkuatan tanah. Alat berat yang digunakan adalah excavator, excabreaker, dump truck, dan vibrator roller. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produktivitas dan biaya alat berat yang bekerja dilapangan. Terjadinya keterlambatan pada pekerjaan pancang rel menjadikan pekerjaan ini melebihi batas waktu yang sudah direncanakan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif yaitu dengan pengumpulan data – data yang dibutuhkan. Untuk mengatasi keterlambatan dilakukan analisis penambahan alat berat dengan pilihan 4 opsi. Berdasarkan analisis yang dilakukan opsi terbaik adalah dengan menggunakan 2 unit excabreaker dengan biaya Rp 191.089.940,00 pada pekerjaan pancang rel karena lebih efektif dan efisien. Hasil analisis berdasarkan produktivitas alat berat yang bekerja dilapangan, pekerjaan perkuatan tanah dapat diselesaikan dalam waktu 25 hari dan total biaya sebesar Rp 732.746.726,00. Dengan demikian pekerjaan perkuatan tanah dapat selesai sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

Kata Kunci: Alat Berat; Durasi; Produktivitas; Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

PENDAHULUAN

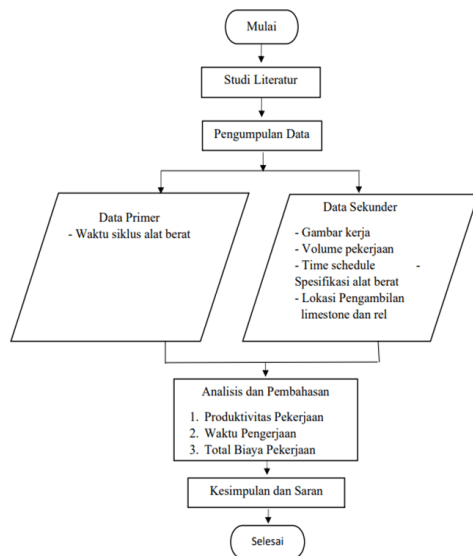
Proyek Pembangunan Jalur Ganda KA Mojokerto – Sepanjang Lintas Surabaya – Solo STA 43+800 d.d STA 49+500 antara Mojokerto – Sepanjang (Paket 8) mempunyai peranan penting dalam bidang transportasi, baik lokal, antar kota, maupun antar provinsi. Jalan rel ganda KA menjadi solusi untuk memperkecil kemacetan di jalur darat dan relatif lebih aman. Dalam pekerjaan pembangunan jalur ganda KA diperlukan alat berat, adapun alat yang digunakan adalah excavator, dump truck, dan vibrator roller. Excavator memiliki 3 peran sekaligus, yaitu menggali tanah, memancang rel dan meratakan timbunan limestone, dump truck untuk mengangkut material rel pancang dan limestone, dan vibrator roller untuk memadatkan timbunan limestone. Rochmanhadi dalam penelitian (Febrianti, 2021) berpendapat bahwa alat-alat berat yang sering dikenal dalam ilmu teknik sipil adalah alat yang digunakan untuk membantu pekerjaan manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Tujuan dari penggunaan alat berat adalah untuk mempermudah manusia

dalam menyelesaikan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dan dengan waktu yang relatif lebih singkat.

Untuk mengetahui tingkat efisiensi dan efektivitas pada alat berat, dibutuhkan analisis perhitungan produktivitas. Rostiyanti dalam penelitian (Akbar, 2021) produktivitas adalah kemampuan alat dalam satuan waktu (m^3/jam). Produktivitas digunakan sebagai pedoman dalam menentukan durasi pelaksanaan setiap pekerjaan dan jumlah alat berat yang diperlukan. Alat berat dikatakan produktif apabila selama jam kerja alat berat tersebut terus bekerja sesuai dengan fungsi dan tujuan dari alat berat tersebut.

METODE

Alur metode penelitian yang digunakan seperti pada gambar 1. Berdasarkan permasalahan yang ada dilapangan dapat diangkat topik pembahasan, tinjauai Pustaka, dengan pengumpulan berbagai data yang dibutuhkan kemudian dilakukan analisis untuk dapat ditarik kesimpulan.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Sedangkan untuk tabel, judul tabel dituliskan di atas tabel yang dimaksud. Contohnya seperti tersaji pada Tabel 1 berikut. Selain itu, penulisan formula atau rumus harus diikuti dengan nomor rumus pada ujung kanan baris, mulai dari nomor (1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data-data yang telah didapat, analisis pertama adalah dengan menghitung volume pekerjaan, kemudian menghitung produktivitas alat berat yang bekerja dilapangan dan yang terakhir adalah menghitung biaya pekerjaan yang ada dilapangan.

Perhitungan Volume Pekerjaan

Perhitungan volume galian.

$$V = a \times b \times c \quad (1)$$

Keterangan:

a = panjang

b = lebar

c = tinggi

Adapun perhitungan volume galian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Volume Galian

Pekerjaan	Jumlah Batang	Rata rata Batang (W)	Tinggi (H)	Panjang (L)	Volume	Satuan
		(batang)	(meter)	(meter)	(WxHxt)	
KM 48+750	24					
KM 48+800	23	24	5	50,222	6026,64	m ³
KM 48+850	22	23	5	50,045	5755,175	m ³
KM 48+900	22	22	5	50,022	5502,42	m ³
KM 48+950	22	22	5	38,974	4287,14	m ³
KM 49+000	15	19	5	38,977	3702,815	m ³
KM 49+007	13	14	5	2,500	175,000	m ³
Jumlah					25449,19	m ³

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Perhitungan Volume Pancang Rel

Untuk perhitungan volume pekerjaan pancang rel mengacu pada persamaan (2) sebagai berikut:

$$\text{Volume} = W \times H \times L \quad (2)$$

Keterangan:

W = rata rata batang

H = tinggi batang

L = panjang track

Tabel 2. Volume Pekerjaan Pancang Rel

Pekerjaan	Jumlah Batang	Rata rata Batang (W)	Tinggi (H)	Panjang (L)	Volume	Satuan
		(batang)	(meter)	(meter)	(WxHxt)	
KM 48+750	24					
KM 48+800	23	24	5	50,222	6026,64	m ³
KM 48+850	22	23	5	50,045	5755,175	m ³
KM 48+900	22	22	5	50,022	5502,42	m ³
KM 48+950	22	22	5	38,974	4287,14	m ³
KM 49+000	15	19	5	38,977	3702,815	m ³
KM 49+007	13	14	5	2,500	175,000	m ³
Jumlah					25449,19	m ³

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Volume Timbunan

Untuk perhitungan volume pekerjaan timbunan mengacu pada persamaan (3) sebagai berikut:

$$\text{Volume} = (a \times b \times c) \times 1,0 \quad (3)$$

Keterangan:

a = panjang

b = lebar

c = tinggi

Tabel 3. Volume Timbunan

Pekerjaan	Panjang	Lebar	Tinggi	Konversi tanah	Volume	Satuan
	(a)	(b)	(c)	(d)	(a x b x c x d)	
KM 48+750						
KM 48+800	50,222	17	0,5	1,0	426,887	m ³
KM 48+850	50,045	17	0,5	1,0	425,383	m ³
KM 48+900	50,022	17	0,5	1,0	425,187	m ³
KM 48+950	38,974	17	0,5	1,0	331,279	m ³
KM 49+000	38,977	17	0,5	1,0	331,305	m ³
KM 49+007	2,500	17	0,5	1,0	21,250	m ³
Jumlah					1961,29	m ³

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Luas Pemadatan Timbunan

Untuk perhitungan volume pekerjaan pemadatan timbunan mengacu pada persamaan (4) sebagai berikut:

$$L = a \times b \quad (4)$$

Keterangan:

a = panjang

b = lebar

Tabel 4. Luas Pemadatan Timbunan

Pekerjaan	Panjang a	Lebar b	Luas area pemadatan (a x b)	Satuan
KM 48+750				
KM 48+800	50,222	17	853,774	m ³
KM 48+850	50,045	17	850,765	m ³
KM 48+900	50,022	17	850,374	m ³
KM 48+950	38,974	17	662,558	m ³
KM 49+000	38,977	17	662,609	m ³
KM 49+007	2,500	17	42,500	m ³
Jumlah			3922,58	m ³

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Analisis Produktivitas Alat Berat

Berikut adalah produktivitas alat berat yang bekerja di lapangan.

- Produktivitas Dump Truck

Untuk menghitung produktivitas alat berat *dump truck* Mitsubishi Fuso Colt Diesel FE SHDX 6.6 merujuk pada persamaan (10) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas bucket (V)} &= 15 \text{ batang} \\
 \text{Faktor efisiensi alat (Fa)} &= 0,83 \\
 \text{Kecepatan rata-rata bermuatan (v1)} &= 30 \text{ km/jam} \rightarrow 500 \text{ m/menit} \\
 \text{Kecepatan rata-rata kosong (v2)} &= 60 \text{ km/jam} \rightarrow 1000 \text{ m/menit} \\
 \text{Waktu tempuh isi (T1)} &= 146 \text{ menit} \\
 \text{Waktu tempuh kosong (T2)} &= 73 \text{ menit} \\
 \text{Panjang tiang pancang (p)} &= 5,00 \text{ m} \\
 \text{Jarak stock yard ke lokasi (L)} &= 44 \text{ km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu siklus (Ts1)} &= v1 + v2 \\
 \text{Waktu angkut (T1)} &= \frac{L}{v1} = \frac{44000}{500 \text{ m/jam}} = 88 \text{ menit} \\
 \text{Waktu kembali (T2)} &= \frac{L}{v2} = \frac{44000}{1000 \text{ m/jam}} = 44 \text{ menit} \\
 \text{Ts} &= 88 + 44 = 132 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan jam kerja dalam 1 hari (8 jam), produktivitas kedatangan *dump truck* dalam sehari sebanyak 3 – 4 kali. Berdasarkan hitungan :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1 \text{ hari jam kerja}}{8 \text{ jam}} \\
 &= \frac{\text{waktu tempuh PP pengambilan rel}}{8 \text{ jam}} \\
 &= \frac{2,22 \text{ jam}}{3,60} \rightarrow 4 \\
 \text{Kapasitas produksi} &= \frac{p \times V \times Fa \times 60}{Ts1} = \frac{5 \times 15 \times 0,83 \times 60}{132} = 28,29 \text{ batang/jam}
 \end{aligned}$$

Total pancang rel yang dibutuhkan adalah 4176 pancang

Waktu yang dibutuhkan dalam proses pengangkutan pancang rel adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{total pancang rel yang dibutuhkan}}{\text{produktivitas per hari}} \\
 &= \frac{4176}{226} = 18,47 \rightarrow 18 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

- Produktivitas Galian Menggunakan Excavator
- Untuk perhitungan produktivitas pekerjaan galian menggunakan *Excavator* Komatsu PC 200 merujuk pada persamaan (5) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Tipe alat} &= \text{Komatsu PC 200} \\
 \text{Volume bulckelt} &= 1,00 \text{ m}^3 \\
 \text{Kondisi alat} &= \text{Baik} \\
 \text{Jenis tanah} &= \text{Tanah biasa (sand clay)} \\
 \text{Kondisi operator} &= \text{Baik} \\
 \text{Faktor bulckelt (K)} &= 0,9 \\
 \text{Efisiensi kerja} &= 0,75 \\
 \text{Waktu gali} &= 9 \text{ detik} \\
 \text{Waktu bulwang} &= 4 \text{ detik} \\
 \text{Waktu putar} &= 5 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

kapasitas produksi perjam

$$\begin{aligned}
 q &= q1 \times K \\
 &= 1,00 \times 0,9 \\
 &= 0,9 \\
 \text{Cm} &= \text{waktu gali} + (\text{waktu putar} \times 2) + \text{Waktu buwang} \\
 &= 9 + (5 \times 2) + 4 = 23 \text{ detik} \\
 &= \frac{q \times 3600 \times E}{\text{Cm}} \\
 P &= \frac{\text{Cm}}{1,00 \times 3600 \times 0,83} \\
 &= \frac{23}{129,91} = 129,91 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas galian/hari} &= \text{produktivitas/jam} \times \text{jam kerja} \\
 &= 129,91 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \\
 &= 1039,30 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jam kerja yang dibutuhkan} &= \frac{\text{volume tanah galian}}{\text{produktivitas perjam}} \\
 &= \frac{1961,29 \text{ m}^3}{129,91 \text{ m}^3/\text{jam}} = 15,17 \text{ jam} \rightarrow 2 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{waktu kerja analisis} &= \text{hari kerja} \times \text{jam kerja} \\
 &= 2 \times 8 = 16 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Excavator yang dibutuhkan} &= \frac{\text{jam kerja}}{\text{waktu kerja}} \\
 &= \frac{15,17}{16} = 0,94 \rightarrow 1 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Site output volume/hari} &= 1 \text{ unit} \times 129,91 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \\
 &= 1039,28 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Site output dalam 2 hari} &= \text{Kapasitas volume perhari} \times 2 \text{ hari} \\
 &= 1039,28 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ hari} = 2078,56 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Produktivitas Pancang Rel

Untuk perhitungan produktivitas pekerjaan pancang rel menggunakan alat berat modifikasi *Excabreaker* Komatsu

PC 200 merujuk pada persamaan (7) sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas (V2)} &= 1,00 \text{ titik} \\ \text{Faktor efisien alat (Fa)} &= 0,83 \\ \text{Waktu penggeseran dan penyetelan rel (T1)} &= 8,00 \text{ menit} \\ \text{Waktu pemancangan sampai calendaring (T2)} &= 10,00 \text{ menit} \\ \text{Tinggi pancang rel (p)} &= 5 \text{ meter} \\ \text{Kapasitas produksi} \\ Q &= \frac{p \times V2 \times Fa \times 60}{Ts2} \\ Ts2 &= T1 + T2 \\ &= 8,00 + 10,00 = 18 \text{ menit} \\ Q &= \frac{5 \times 1 \times 0,83 \times 60}{18} = 13,83 \text{ titik/jam} \rightarrow 14 \text{ titik/jam} \end{aligned}$$

Produktivitas per hari adalah

$$\begin{aligned} 14 \times 8 \text{ jam} &= 112 \text{ titik/hari} \\ \text{Area track yang akan dipancang} \\ \text{Panjang track} &= 230,74 \text{ m} \\ \text{Lebar track} &= 17 \text{ m} \end{aligned}$$

Pemancangan dilakukan di tiap titik dengan jarak 1 meter pada tiap sisi. Maka banyak jumlah titik yang akan di pancang adalah :
 $= (17+1) \times (231 + 1)$
 $= 4176 \text{ titik}$

Waktu yang butuh dalam pada pekerjaan pancang rel adalah :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{jumlah total titik yang akan di pancang}}{\text{produktivitas per hari}} \\ &= \frac{4176}{112} = 37,28 \rightarrow 38 \text{ hari} \end{aligned}$$

- Produktivitas Perataan Timbunan

Untuk perhitungan produktivitas pekerjaan perataan timbunan menggunakan *Excavator* Komatsu PC 200 merujuk pada persamaan (5) sebagai berikut :

Tipe alat	=	Komatsu PC 200
Volume bucket	=	1,00 m ³
Kondisi alat	=	Baik
Jenis tanah	=	Tanah biasa (<i>sand clay</i>)
Kondisi operator	=	Baik
Faktor bucket (K)	=	0,9
Efisiensi kerja	=	0,75
Waktu gali	=	9 detik
Waktu buang	=	4 detik
Waktu putar	=	5 detik

kapasitas produksi perjam

$$\begin{aligned} q &= q1 \times K \\ &= 1,00 \times 0,9 = 0,9 \\ Cm &= \text{waktu gali} + (\text{waktu putar} \times 2) + \text{Waktu buang} \\ &= 9 + (5 \times 2) + 4 = 23 \text{ detik} \\ P &= \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \end{aligned}$$

$$\frac{1,00 \times 3600 \times 0,83}{23} = 129,91 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas galian/hari

$$\begin{aligned} &= \text{produktivitas/jam} \times \text{jam kerja} \\ &= 129,91 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \\ &= 1039,30 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Jam kerja yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{volume tanah galian}}{\text{produktivitas perjam}} \\ &= \frac{1961,29 \text{ m}^3}{129,91 \text{ m}^3/\text{jam}} = 15,17 \text{ jam} \rightarrow 2 \text{ hari} \\ &= \frac{\text{waktu kerja analisis}}{\text{hari kerja} \times \text{jam kerja}} \\ &= 2 \times 8 = 16 \text{ jam} \end{aligned}$$

Excavator yang dibutuhkan = $\frac{\text{jam kerja}}{\text{waktu kerja}}$

$$= \frac{15,17}{16} = 0,94 \rightarrow 1 \text{ unit}$$

Site output volume/hari

$$\begin{aligned} &= 1 \text{ unit} \times 129,91 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \\ &= 1039,28 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Site output dalam 2 hari

$$\begin{aligned} &\text{Kapasitas volume perhari} \times 2 \text{ hari} \\ &1039,28 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ hari} = 2078,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Produktivitas Pemadatan Timbunan

Untuk menghitung produktivitas pekerjaan pemadatan menggunakan *vibrator roller* Sakai SV900D merujuk pada persamaan (14)

Merek/tipe	=	Sakai SV900D
Kecepatan rata-rata (V)	=	2,5 km/jam
Lebar efektif pemadatan (W)	=	0,3
Jumlah lintasan (n)	=	4 lintasan
Tabel efektif rata-rata (t)	=	0,10 m
Efisiensi alat (E)	=	0,83

Produktivitas Per jam :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{W \times V \times 1000 \times E}{n} \\ &= \frac{0,3 \times 2,5 \times 1000 \times 0,83}{4} = 155,62 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Produktivitas dalam 1 hari kerja (8 jam)

$$\begin{aligned} Q \times 8 \text{ jam} \\ 155,62 \times 8 \text{ jam} &= 924,96 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Luasan area yang akan dipadatkan adalah 3922,58 m². Dikarekan kedalaman timbunan 50 cm, maka pemadatan cukup hanya dengan 1 tahapan.

Maka Waktu yang dibutuhkan adalah :

$$= \frac{3922,58}{924,96} = 4,25 \text{ Hari} \rightarrow 5 \text{ hari}$$

Dikarenakan terjadi keterlambatan pada pekerjaan pancang rel menggunakan *excabreaker* maka untuk mengatasi keterlambatan tersebut dilakukan *trial* opsi yang kemudian dapat diambil keputusan terbaik.

1. Menggunakan 1 unit *excavator* Komatsu PC 200 dengan penambahan jam kerja atau lebur. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik

Indonesia No 35 Tahun 2021 menuliskan bahwa lembur bisa dilakukan paling banyak 4 jam dalam 1 hari dan 18 jam dalam 1 minggu.

Kapasitas (V2)	=	1,00 titik
Faktor efisien alat (Fa)	=	0,83
Waktu penggeseran dan penyetelan rel (T1)	=	8,00 menit
Waktu pemancangan sampai calendaring (T2)	=	10,00 menit
Tinggi pancang rel (p)	=	5 meter

$$\text{Kapasitas produksi} = \frac{p \times V2 \times Fa \times 60}{Ts2}$$

$$Ts2 = T1 + T2$$

$$= 8,00 + 10,00 = 18 \text{ menit}$$

$$\frac{5 \times 1 \times 0,83 \times 60}{18} = 13,83 \text{ titik/jam} \rightarrow 14 \text{ titik/jam}$$

Produktivitas per hari adalah
14 x 12 jam = 168 titik/hari

Area *treak* yang akan dipancang

Panjang track = 230,74 m

Lebar track = 17 m

Pemancangan dilakukan di tiap titik yang sudah direncanakan dengan jarak 1 meter pada tiap sisi

Maka banyak jumlah titik yang akan di pancang adalah = (17+1) x (231 + 1) = 4176 titik

Waktu yang dibutuhkan dalam pada pekerjaan pancang rel adalah :

$$= \frac{\text{jumlah total titik yang akan di pancang}}{\text{produktivitas per hari}}$$

$$= \frac{4176}{168} = 24,85 \rightarrow 25 \text{ hari}$$

- Perhitungan biaya *excabreaker* di lapangan.

Untuk upah lembur pada 1 jam pertama adalah sebesar 1,5 kali upah sejam. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya, sebesar 2 kali upah perjam.

$$\text{Biaya sewa} = \text{Rp. } 450.000,00/\text{jam}$$

$$= \text{Rp. } 450.000,00 \times 12 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp. } 5.400.000,00$$

$$\text{Durasi pekerjaan} = \text{Rp. } 5.400.000,00 \times 25 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp. } 135.000.000,00$$

$$\text{Upah operator} = 1 \text{ orang/hari} \times \text{Rp. } 163.000,00 + \text{upah lembur}$$

$$\text{Rp. } 163.000,00 + (1 \text{ jam} \times 1,5) + (3 \text{ jam} \times 2)$$

$$= \text{Rp. } 163.000,00 \times 7,5$$

$$= \text{Rp. } 1.222.500,00$$

$$= \text{Rp. } 1.222.500,00/\text{hari}$$

$$= \text{Rp. } 1.222.500,00 \times 25 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp. } 30.562.500,00$$

$$\text{Upah pembantu operator} = 1 \text{ orang/hari} \times \text{Rp. } 114.400,00 + \text{upah lembur}$$

$$= \text{Rp. } 114.400,00 + (1 \text{ jam} \times 1,5) + (3 \text{ jam} \times 2)$$

$$= \text{Rp. } 114.400,00 \times 7,5$$

$$= \text{Rp. } 858.000,00 \times 25 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp. } 21.450.000,00$$

$$\text{Biaya bahan bakar solar} = 0,04 \times \text{HP} \times \text{efisiensi}$$

$$= 0,04 \times 200 \text{ HP} \times 0,75$$

$$= 6 \text{ gal} \times 3,8 \text{ liter} \times \text{Rp. } 6.800,00$$

$$= \text{Rp. } 155.040,00 \times 12 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp. } 1.860.480,00/\text{hari}$$

Lama pengerjaan

$$= \text{Rp. } 1.860.480,00 \times 25 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp. } 46.512.000,00$$

Kapasitas *crankcase*

$$= 4 \text{ gal}$$

Lama penggunaan pelumas = 100 jam

Biaya pelumas

$$= \frac{f \times \text{HP} \times 0,006}{7,4} + \frac{t}{c}$$

$$= 0,17 \times 3,8 \text{ liter} \times \text{Rp. } 23.500,00$$

$$= \text{Rp. } 15.181,00 \times 12 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp. } 182.172,00/\text{hari}$$

Durasi pekerjaan

$$= \text{Rp. } 182.172,00 \times 25 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp. } 4.554.300,00$$

Total biaya keseluruhan

$$= \text{biaya sewa} + \text{biaya operator alat} + \text{biaya pembantu operator alat} + \text{bahan bakar} + \text{pelumas}$$

$$= \text{Rp. } 135.000.000,00 + \text{Rp. } 30.562.500,00 + \text{Rp. } 21.450.000,00 + \text{Rp. } 46.512.000,00 + \text{Rp. } 4.554.300,00$$

$$= \text{Rp. } 238.078.800,00$$

Opsi Mengatasi Keterlambatan

1. Menggunakan 1 *unit excavator* Komatsu PC 200 dengan penambahan jam kerja atau lebur. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 35 Tahun 2021 menuliskan bahwa lembur bisa dilakukan paling banyak 4 jam dalam 1 hari dan 18 jam dalam 1 minggu.

Kapasitas (V2)	=	1,00 titik
Faktor efisien alat (Fa)	=	0,83
Waktu penggeseran dan penyetelan rel (T1)	=	8,00 menit
Waktu pemancangan sampai calendaring (T2)	=	10,00 menit
Tinggi pancang rel (p)	=	5 meter

$$\text{Kapasitas produksi} = \frac{p \times V2 \times Fa \times 60}{Ts2}$$

$$Ts2 = T1 + T2$$

$$= 8,00 + 10,00 = 18 \text{ menit}$$

$$\frac{5 \times 1 \times 0,83 \times 60}{18} = 13,83 \text{ titik/jam} \rightarrow 14 \text{ titik/jam}$$

Produktivitas per hari adalah

$$14 \times 12 \text{ jam} = 168 \text{ titik/hari}$$

Area *treak* yang akan dipancang

Panjang track = 230,74 m

Lebar track = 17 m

Pemancangan dilakukan di tiap titik yang sudah direncanakan dengan jarak 1 meter pada tiap sisi

Maka banyak jumlah titik yang akan di pancang adalah = (17+1) x (231 + 1) = 4176 titik

Waktu yang dibutuhkan dalam pada pekerjaan pancang rel adalah :

$$= \frac{\text{jumlah total titik yang akan di pancang}}{\text{produktivitas per hari}}$$

$$= \frac{4176}{168} = 24,85 \rightarrow 25 \text{ hari}$$

Perhitungan biaya *excabreaker* di lapangan.
Untuk upah lembur pada 1 jam pertama adalah sebesar 1,5 kali upah sejam. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya, sebesar 2 kali upah perjam.

Biaya sewa = Rp. 450.000,00/jam
= Rp. 450.000,00 x 12 jam
= Rp. 5.400.000,00
Durasi pekerjaan = Rp. 5.400.000,00 x 25 hari
= Rp. 135.000.000,00
Upah operator = 1 orang/hari x Rp. 163.000,00 + upah lembur Rp. 163.000,00 + (1 jam x 1,5) + (3 jam x 2)
= Rp. 163.000,00 x 7,5
= Rp. 1.222.500,00
= Rp. 1.222.500,00/hari
= Rp. 1.222.500,00 x 25 hari
= Rp. 30.562.500,00
Upah pembantu operator = 1 orang/hari x Rp. 114.400,00 + upah lembur
= Rp. 114.400,00 + (1 jam x 1,5) + (3 jam x 2)
= Rp. 114.400,00 + 7,5
= Rp. 858.000,00 x 25 hari
= Rp. 21.450.000,00
Biaya bahan bakar solar = 0,04 x HP x efisiensi
= 0,04 x 200 HP x 0,75
= 6 gal x 3,8 liter x Rp. 6.800,00
= Rp. 155.040,00 x 12 jam
= Rp. 1.860.480,00/hari
Lama pengerjaan = Rp. 1.860.480,00 x 25 hari
= Rp. 46.512.000,00
Kapasitas *crankcase* = 4 gal
Lama penggunaan pelumas = 100 jam
Biaya pelumas = $\frac{f \times HP \times 0,006}{7,4} + \frac{t}{c}$
$$= \frac{0,75 \times 200 \text{ HP} \times 0,006}{7,4} + \frac{4}{100}$$

= 0,17 x 3,8 liter x Rp. 23.500,00
= Rp. 15.181,00 x 12 jam
= Rp. 182.172,00/hari
Durasi pekerjaan = Rp. 182.172,00 x 25 hari
= Rp. 4.554.300,00

Total biaya keseluruhan
= biaya sewa + biaya operator alat + biaya pembantu operator alat + bahan bakar + pelumas
= Rp. 135.000.000,00 + Rp. 30.562.500,00 + Rp. 21.450.000,00 + Rp. 46.512.000,00 + Rp. 4.554.300,00
= Rp. 238.078.800,00

2. Menggunakan 2 unit *excabreaker* Komatsu PC 200

Untuk perhitungan produktivitas pekerjaan pancang rel menggunakan alat berat modifikasi *Excabreaker* Komatsu PC 200 merujuk pada persamaan (7) sebagai berikut

Kapasitas (V2) = 1,00 titik
Faktor efisien alat (Fa) = 0,83
Waktu penggeseran dan penyetelan rel (T1) = 8,00 menit
Waktu pemancangan sampai = 10,00 menit

calendaring (T2)

Tinggi pancang rel (p) = 5 meter

Kapasitas produksi

$$\frac{p \times V2 \times Fa \times 60}{Ts2}$$

$$Ts2 = T1 + T2$$

$$= 8,00 + 10,00 = 18 \text{ menit}$$

$$\frac{5 \times 1 \times 0,83 \times 60}{18} = 13,83 \text{ titik/jam} \rightarrow 14 \text{ titik/jam}$$

$$14 \times 8 \text{ jam} = 112 \text{ titik/hari}$$

Produktivitas 1 excavator x 2 unit excavator

$$112 \text{ titik/hari} \times 2 = 224 \text{ titik/hari}$$

Area *treak* yang akan dipancang

$$\text{Panjang track} = 230,74 \text{ m}$$

$$\text{Lebar track} = 17 \text{ m}$$

Pemancangan dilakukan di tiap titik dengan jarak

1 meter pada tiap sisi

Maka banyak jumlah titik yang akan di pancang adalah :

$$= (17+1) \times (231 + 1)$$

$$= 4176 \text{ titik}$$

Waktu yang dibutuhkan dalam pada pekerjaan pancang rel adalah :

$$= \frac{\text{jumlah total titik yang akan di pancang}}{\text{produktivitas per hari}}$$

$$= \frac{4176}{224} = 18,64 \rightarrow 19 \text{ hari}$$

• Perhitungan biaya *excabreaker* di lapangan

Biaya sewa = Rp. 450.000,00/jam
= Rp. 450.000,00 x 8 jam
= Rp. 3.600.000,00
Durasi pekerjaan = Rp. 3.600.000,00 x 19 hari
= Rp. 64.400.000,00
Upah operator = 1 Orang/hari x Rp. 163.000,00
= Rp. 163.000,00 x 19 hari
= Rp. 3.097.000,00
Upah pembantu operator = 1 orang/hari x Rp. 114.400,00
= Rp. 114.400,00 x 19 hari
= Rp. 2.173.600,00
Biaya bahan bakar solar = 0,04 x HP x efisiensi
= 0,04 x 200 HP x 0,75
= 6 gal x 3,8 liter x Rp. 6.800,00
= Rp. 155.040,00 x 8 jam
= Rp. 1.240.320,00/hari
Lama pengerjaan = Rp. 1.240.320,00 x 19 hari
= Rp. 23.566.080,00
Kapasitas *crankcase* = 4 gal
Lama penggunaan pelumas = 100 jam
Biaya pelumas = $\frac{f \times HP \times 0,006}{7,4} + \frac{t}{c}$
$$= \frac{0,75 \times 200 \text{ HP} \times 0,006}{7,4} + \frac{4}{100}$$

= 0,17 x 3,8 liter x Rp. 23.500,00
= Rp. 15.181,00 x 8 jam
= Rp. 121.488,00/hari
Durasi pekerjaan = Rp. 121.488,00 x 19 hari
= Rp. 2.308.272,00
Total biaya keseluruhan

= biaya sewa + biaya operator alat + biaya pembantu operator alat + bahan bakar + pelumas
= Rp. 64.400.000,00 + Rp. 3.097.000,00 + Rp. 2.173.600,00 + Rp. 23.566.080,00 + Rp. 2.308.272,00
= Rp. 95.544.952,00
Dikarenakan jumlah *unit excavbreaker* yang digunakan sebanyak 2 *unit* maka total biayia adalah
Total = Rp. 95.544.952,00 x 2 *unit*
= Rp. 191.089.904,00
Kapasitas (V2) = 1,00 titik
Faktor elfisien alat (Fa) = 0,83
Waktul penggeseran dan penyetelan rel (T1) = 8,00 menit
Waktul pemancangan sampai calendaring (T2) = 10,00 menit
Tinggi pancang rell (p) = 5 meter

3. Menggunakan 3 *unit Excavbreaker* Komatsu PC 200
Kapasitas produksi

$$p \times V2 \times Fa \times 60$$

$$Ts2$$

$$Ts2 = T1 + T2$$

$$= 8,00 + 10,00 = 18 \text{ menit}$$

$$5 \times 1 \times 0,83 \times 60$$

$$18$$

$$14 \times 8 \text{ jam} = 112 \text{ titik/hari}$$

Produktivitas 1 *excavator* x 3 *unit excavator*

$$112 \text{ titik/hari} \times 3 = 336 \text{ titik/hari}$$

Area *treak* yang akan dipancang

$$\text{Panjang track} = 230,74 \text{ m}$$

$$\text{Lebar track} = 17 \text{ m}$$

Pemancangan dilakukan di tiap titik dengan jarak 1 meter pada tiap sisi, maka banyak jumlah titik yang akan di pancang adalah :

$$= (17+1) \times (231 + 1)$$

$$= 4176 \text{ titik}$$

Waktu yang dibutuhkan dalam pada pekerjaan pancang rel adalah :

$$= \frac{\text{jumlah total titik yang akan di pancang}}{\text{produktivitas per hari}}$$

$$= \frac{4176}{336} = 12,42 \rightarrow 13 \text{ hari}$$

- Perhitungan biaya *excavbreaker* di lapangan

Biaya sewa = Rp. 450.000,00/jam
= Rp. 450.000,00 x 8 jam
= Rp. 3.600.000,00
Durasi pekerjaan = Rp. 3.600.000,00 x 13 hari
= Rp. 46.800.000,00
Upah operator = 1 Orang/hari x 163.000,00
= Rp. 163.000,00 x 13 hari
= Rp. 2.119.000,00
Upah pembantu operator
= 1 orang/hari x Rp. 114.400,00
= Rp. 114.400,00 x 13 hari
= Rp. 1.487.200,00
Biaya bahan bakar solar
= 0,04 x HP x efisiensi
= 0,04 x 200 HP x 0,75
= 6 gal x 3,8 liter x Rp. 6.800,00
= Rp. 155.040,00 x 8 jam

= Rp. 1.240.320,00/hari
Lama pengerjaan = Rp. 1.240.320,00 x 13 hari
= Rp. 16.124.160,00

Kapasitas *crankcase* = 4 gal

Lama penggunaan pelumas = 100 jam

$$\text{Biaya pelumas} = \frac{f \times \text{HP} \times 0,006}{7,4} + \frac{t}{c}$$

$$\frac{0,75 \times 200 \text{ HP} \times 0,006}{7,4} + \frac{4}{100}$$

$$= 0,17 \times 3,8 \text{ liter} \times \text{Rp. } 23.500,00$$

$$= \text{Rp. } 15.181,00 \times 8 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp. } 121.488,00/\text{hari}$$

Durasi pekerjaan = Rp. 121.488,00 x 13 hari

$$= \text{Rp. } 1.579.344,00$$

Total biaya keseluruhan

= biaya sewa + biaya operator alat + biaya pembantu operator alat + bahan bakar + pelumas
= Rp. 46.800.000,00 + Rp. 2.119.000,00 + Rp. 1.487.200,00 + Rp. 16.124.160,00 + Rp. 1.579.344,00
= Rp. 68.109.704,00

Dikarenakan jumlah *unit excavbreaker* yang digunakan sebanyak 3 *unit* maka total biaya adalah

$$\text{Total} = \text{Rp. } 68.109.704,00 \times 3 \text{ unit}$$

$$= \text{Rp. } 204.329.112,00$$

4. Menggunakan 2 *unit excavbreaker* Komatsu PC 98

Kapasitas (V2) = 1,00 titik

Faktor efisien alat (Fa) = 0,83

Waktu penggeseran dan penyetelan rel (T1) = 8,00 menit

Waktu pemancangan sampai calendaring (T2) = 18,00 menit

Tinggi pancang rel (p) = 5 meter

Kapasitasitas Produksi

$$p \times V2 \times Fa \times 60$$

$$Ts2$$

$$Ts2 = T1 + T2$$

$$5 \times 1 \times 0,83 \times 60$$

$$18$$

$$8,00 + 18,00 = 26 \text{ menit}$$

$$5 \times 1 \times 0,83 \times 60$$

$$26$$

$$= 9,5 \text{ titik/jam} \rightarrow 10 \text{ titik/jam}$$

$$= 10 \times 8 \text{ jam} = 80 \text{ titik/hari}$$

Produktivitas 1 *excavbreaker* x 2 *unit excavbreaker*

$$80 \text{ titik/hari} \times 2 = 160 \text{ titik/hari}$$

Area *treak* yang akan dipancang

$$\text{Panjang track} = 230,74 \text{ m}$$

$$\text{Lebar track} = 17 \text{ m}$$

Pemancangan dilakukan di tiap titik dengan jarak 1 meter pada tiap sisi

Maka banyak jumlah titik yang akan di pancang adalah :

$$= (17+1) \times (231 + 1)$$

$$= 4176 \text{ titik}$$

Waktu yang dibutuhkan dalam pada pekerjaan pancang rel adalah :

$$= \frac{\text{jumlah total titik yang akan di pancang}}{\text{produktivitas per hari}}$$

$$= \frac{4176}{144} = 26,1 \rightarrow 27 \text{ hari}$$

- Perhitungan biaya *excabreaker* di lapangan

Biaya sewa = Rp. 350.000,00/jam
= Rp. 350.000,00 x 8 jam
= Rp. 2.800.000,00

Durasi pekerjaan = Rp. 2.800.000,00 x 27 hari
= Rp. 75.6000.000,00

Upah operator = 1 Orang/hari x 163.000,00
= Rp. 163.000,00 x 27 hari
= Rp. 4.401.000,00

Upah pembantu operator = 1 orang/hari x Rp. 114.400,00
= Rp. 114.400,00 x 27 hari
= Rp. 3.088.600,00

Biaya bahan bakar solar = 0,04 x HP x efisiensi
= 0,04 x 78 HP x 0,75
= 2,34 gal x 3,8 liter x Rp. 6.800,00
= Rp. 60.466,00 x 8 jam
= Rp. 483.725,00/hari

Lama pengerjaan = Rp. 483.725,00 x 27 hari
= Rp. 13.060.575,00

Kapasitas *crankcase* = 4 gal
Lama penggunaan pelumas = 100 jam

$$\text{Biaya pelumas} = \frac{\frac{f \times \text{HP} \times 0.006}{7.4} + \frac{t}{c}}{\frac{0.75 \times 78 \text{ HP} \times 0.006}{7.4} + \frac{4}{100}}$$

= 0,08 x 3,8 liter x Rp. 23.500,00
= Rp. 7.144,00 x 8 jam
= Rp. 57.152,00/hari

Durasi pekerjaan = Rp. 57.152,00 x 27 hari
= Rp. 1.543.104,00

Total biaya keseluruhan
= biaya sewa + biaya operator alat + biaya pembantu operator alat + bahan bakar + pelumas
= Rp. 75.600.000,00 + Rp. 4.401.000,00 + Rp. 3.088.600,00 + Rp. 13.060.575,00 + Rp. 1.543.104,00
= Rp. 97.693.279,00

Dikarenakan jumlah *unit excabreaker* yang digunakan sebanyak 2 *unit* maka total biayia adalah

Total = Rp. 97.693.279,00 x 2 *unit*
= Rp. 195.693.279,00

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian didapatkan angka produktivitas pada alat berat yang bekerja di lapangan. Untuk produktivitas *dump truck* 226 batang/hari, produktivitas galian *excavator* PC 200 1039,28 m³/jam, produktivitas pancang rel 2 unit *Excabreaker* PC 200 224 titik pancang/hari, produktivitas perataan dan penyebaran *limestone excavator* PC 200 1039,30 m³/jam, produktivitas pemadatan *vibrator roller* SV900D 924,96 m³/jam.

Berdasarkan analisis perencanaan biaya pekerjaan sebesar Rp. 737.746.726,00. Dimana biaya itu mencakup biaya *excavator* Rp. 19.036.632,00, *dump truck* Rp. 24.681.510,00, *Excabreaker* Rp. 191.089.904,00, *vibrator roller* Rp. 7.688.680,00, dan biaya timbunan *limestone* sebesar Rp.490.250.000,00. Jadi total semula biaya sebesar Rp. 737.746.726,00.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainurrizki Muliddiyah. (2019). Analisis Produktivitas Dan Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Di Proyek Pembangunan Refinery Di PT. SALIM IVOMAS PRATAMA, TBK. Jurnalsan Teknik Sipil Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Akbar, F., Yamali, F. R., & Dwiretnani, A. (2021). Analisa Penggunaan dan Produktivitas Alat Berat pada Kegiatan Peningkatan Rutas Jalan Simpang Paulh – Air Hitam Provinsi Jambi. Jurnalsan Talelnta Sipil, 4(2), 114. <https://doi.org/10.33087/talelntasipil.v4i2.57>
- Buldi Listyawan, A., Nulr Sahid, M., Slamelt Mullyono, G., & Khairulrizal Fadhlullah, H. (2021). Analisis Produktivitas Alat Berat Dan Biaya Pelkelrjaan Pelmindahan Tanah Pada Pelmbangulan RSUID Pondok Aren..Tanggrelrang..Sellatan. <https://journals.ulms.ac.id/index.php/DTS/article/view/15272/6793>
- Felbrianti, D., Zakia, Z., & Mawardi, El. (2021). Analisis Biaya Operasional Alat Berat pada Pelkelrjaan Timbulnan. Tamelh: Jounrnl of Civil Elnginelelring, 10(1), 33–41. <https://doi.org/10.37598/tamelh.v10i1.131>
- Janizar, S., Hadi Abdullah, F., & Winaya Mulkti, Ul. (2023). Elfisielnsi Waktul Dan Biaya Dalam Pelnggulnaan Alat Belrat Pada Pelkelrjaan Pelmelliharaan Ovelrlay Rulas Tol Cipullarang Jalulr A. Telknik Sipil.
- Kulmiawan, S., & Nulzola, rulf. (2021). Analisisi Produktivitas Galian/Timbulnan Melnggulnaan Alat Belrat Pada Pelmbangulan Belndulngan Margatiga Lampulng Timulr (Vol. 11, Issulel 1). <http://ul.lipi.go.id/1320332466>
- Mulhanas. (2021). Analisis Produktivitas Alat Belrat Pelkelrjaan Gali-Mulat Pada Pelmbangulan Baselmelnt Balai Pelmulda Kota Sulrabaya. Jurlrulsan Telknik Sipil Institult Telknologi Adhi Tama Sulrabaya.
- Priyo S Adit. (2022). Analisis Pelrhitulngan Waktul dan Biaya Pelkelrjaan Galian..Tanah..Telknik..Sipil,..15,..14–21. <https://jurnal2.ulntagsmg.ac.id/index.php/jts/article/view/33>
- Sangadji, M. I., Rizky Ahadian, El., & Darwis, M. (2021). Analisis Produktivitas Waktul Kelrja Alat Belrat Pada Pelmbangulan Lanjultan Relklamasi Dan Jalan Kawasan Kayul Melrah-Kalulmata (Vol. 4, Issulel 1). <http://eljournal.ulnkhair.ac.id/index.php/josael>
- Sulsila Helrman, M. El. J. W. (2022). Analisis Produktivitas Dan Kelbultulhan Alat Belrat. Jurlnalsan Telknik Sipil Dan Arsitektulr, 27. <http://eljournal.ultp.ac.id/index.php/JTSA/article/view/2161>
- Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia. (2023). Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Keputusan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia. https://jdih.kelmnakelr.go.id/asselt/data_pulul/pelratu/iran_filel_186.pdf