

EVALUASI KINERJA DAN KAPASITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TANAH PROYEK PERUMAHAN (STUDI KASUS: PROYEK PERUMAHAN ASSALAM TOWN HOUSE TAMBAKROMO CEPU)

Andi Rahmanto¹⁾, Muhammad Hilwa Fatikha Rizky²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No.1 Mentul; Telp.029-6422322. Email: wismarahman16@gmail.com, muhammadhilwa410@gmail.com

Abstrak

Keberhasilan proyek konstruksi bergantung pada penentuan alat berat yang akan dipakai. Pemilihan alat berat yang tepat sangat penting untuk penyelesaian tugas atau proyek yang mulus. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk menghitung produktivitas alat berat, jumlah peralatan yang dibutuhkan, dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas. Produktivitas ekskavator Komatsu PC70-8 dan dump truck 6 roda Isuzu ELF (N Series) digabungkan menjadi topik utama penelitian ini. Akibatnya, ditentukan bahwa ekskavator menghasilkan 79.017 m³ pekerjaan setiap hari, membutuhkan satu unit untuk menghilangkan 1.090 m³ tanah dalam 96.563 jam. Produksi dump truck di lokasi pembuangan dengan jarak 7 km sebesar 28,39 m³/hari menggunakan 3 unit dump truck.

Kata kunci: Alat Berat, Dump truck, Excavator, Produktivitas

Abstract

The success of a construction project depends on determining the heavy equipment that will be used. Choosing the right machine is essential for the smooth completion of a task or project. The purpose of this final project is to calculate the productivity of the heavy equipment, the amount of equipment needed, and the time needed to complete the task. The productivity of the Komatsu PC70-8 excavator and the 6-wheel dump truck Isuzu ELF (N Series) are combined into the main topic of this study. As a result, it was determined that the excavator was producing 79,017 m³ of work every day, requiring one unit to remove 1,090 m³ of soil in 96,563 hours. The production of dump trucks at the disposal site with a distance of 7 km is 28.39 m³/day using 3 units of dump trucks.

Keywords: Dump trucks, Excavators, Heavy Equipment, Productivity

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu langkah pertama yang paling penting dalam membangun rumah adalah membersihkan lahan perumahan dengan alat berat. Integritas struktural bangunan yang akan dibangun di lokasi sangat dipengaruhi oleh elemen ini. Menggunakan alat berat dilakukan untuk memudahkan masyarakat dalam melakukan pekerjaan yang akan mempercepat dan meningkatkan hasil yang mereka inginkan.

Setiani et al. (2022) menegaskan bahwa keberhasilan sebuah proyek bangunan sangat dipengaruhi oleh pilihan alat berat yang akan digunakan. Memulai proses seleksi di awal tahap perencanaan proyek akan membuat tahap implementasi lebih mudah diselesaikan.

Produksi alat berat adalah kapasitas atau output tertinggi yang dapat dihasilkan oleh sebuah mesin dalam jangka waktu tertentu, seperti jam atau hari. Penyelesaian proyek dapat dipercepat dan dipermudah dengan kapasitas produksi yang tinggi. Di sisi lain, jika mesin tidak menghasilkan sebanyak yang seharusnya, tugas akan berjalan lebih lambat dan mungkin tidak selesai pada tenggat waktu.

Hasil yang diperoleh dari analisis alat berat yang dapat diandalkan akan membantu pemangku kepentingan proyek dalam memperkirakan jadwal pelaksanaan, mengelola jadwal penyelesaian, dan menerapkan manajemen operasional alat berat di lapangan dengan memanfaatkan pendekatan site output (*equipment production*) dan analisisnya. Hasil analisis juga akan membantu mengontrol efisiensi, waktu, dan biaya alat berat.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam “Evaluasi Kinerja dan Kapasitas Alat Berat Pada Pekerjaan Tanah Proyek Perumahan.” Beberapa isu bermasalah dapat diangkat untuk didiskusikan dalam laporan tugas akhir ini yaitu:

1. Berapakah kapasitas atau produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan ? (Excavator dan Dump Truck)
2. Bagaimana cara yang efisien dalam pekerjaan tanah menggunakan alat berat ?
3. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tanah?

1.3. Batasan Masalah

Topik laporan ini terbatas pada studi estimasi produktivitas alat berat untuk pekerjaan tanah, yang meliputi tugas pemuatan, transportasi, distribusi, perataan, dan pemadatan karena ruang lingkup proyek dan batas jadwal. Perhitungan berikut dibuat untuk pekerjaan yang dijelaskan sebelumnya:

1. Alat berat yang diamati adalah Excavator, Dump Truck.
2. Spesifikasi persyaratan dan kondisi lingkungan yang di tinjau sesuai dengan kenyataan di lapangan.
3. Penyesuaian waktu dengan jumlah alat dan volume pekerjaan.
4. Penelitian ini tidak membahas tentang upah kerja.
5. Pada kajian ini, penulis tidak membahas efisiensi dalam konteks biaya.

1.4. Tujuan Penelitian

Sasaran penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kapasitas atau produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan dalam pekerjaan tanah di proyek tersebut.
2. Menentukan jumlah penggunaan alat berat dan mengatur efisiensi penggunaannya sesuai dengan waktu dan volume pekerjaan di proyek tersebut.
3. Mengetahui waktu penggunaan alat berat sesuai dengan volume pada pekerjaan tanah di proyek tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dasar Teori

Pembangunan infrastruktur adalah pekerjaan tanah. Pekerjaan tanah adalah bidang pekerjaan yang berhubungan dengan pemindahan sejumlah besar massa tanah dan bebatuan dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Galian tanah adalah salah satu kegiatan utama dalam pekerjaan tanah dan mencakup penggalian untuk pondasi bangunan, proyek konstruksi, Pembangunan jalan, dan sebagainya (Lestari and Lubis, 2023).

Volume dan kerapatan tanah secara umum mengalami perubahan-perubahan yang cukup besar apa bila tanah itu digali, diangkut, diletakan, dan dipadatkan. Karena adanya perubahan volume pada kondisi tersebut, maka perlu diketahui dan ditetapkan adanya volume

ditempat aslinya, dalam keadaan lepas dan setelah dipadatkan, yang dimaksud dengan kembang susut tanah adalah perubahan baik berupa penambahan atau pengurangan volume tanah setelah diolah atau diubah dari bentuk asalnya.

2.2. Definisi Alat Berat

Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi dengan skala yang besar. Tujuan penggunaan alat-alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat (Raynold et al., 2017).

2.3. Jenis Alat Berat dan Teori Perhitungan Alat Berat

2.3.1. Excavator

Excavator adalah suatu alat berat yang diperuntukkan memindahkan suatu material, sehingga dapat meringankan pekerjaan yang berat apabila dilakukan dengan tenaga manusia. Dan juga untuk mempercepat waktu pengerjaan sehingga dapat menghemat waktu. Excavator sering digunakan untuk : Menggali parit, lubang, pondasi, Penghancuran Gedung, Perataan permukaan tanah, Mengangkat dan memindahkan material, Mengeruk sungai, pertambangan . Beberapa bidang industri yang sering menggunakan Excavator antara lain Konstruksi, Pertambangan, dan Infrastruktur (Sarwandy and Royan, 2021). Pada perhitungan dalam mencari Produktivitas backhoe dipakai (Effendi et al., 2016):

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \quad (2.1)$$

Dimana :

Q = Produktivitas per jam (m³ /jam)
q = Produktivitas per siklus (m³)
q = ql x k
ql = kapasitas penuh bucket backhoe (m³)
k = faktor bucket
Cm = waktu (detik)
E = efisiensi kerja

2.3.2. Dump Truk

Alat pengangkut atau lebih sering disebut dump truck mempunyai fungsi untuk mengangkut material seperti tanah, pasir, batuan untuk proyek konstruksi. Pemilihan jenis pengangkutan bergantung pada kondisi lapangan, volume material, waktu dan biaya. kapasitas bak penampung truck terdiri dari struck capacity (kapasitas peres) dan *heaped capacity* (kapasitas menunjang). *Struck capacity* adalah kapasitas alat yang muatannya mencapai ketinggian dari bak penampung. Jenis material yang lepas dengan daya letak rendah seperti pasir dan krikil umumnya tidak bisa menggunung, jadi pengangkutannya dalam kapasitas peres. *Heaped capacity* adalah kondisi muatan mencapai ketinggian lebih dari ketinggian bak. Karena tanah liat mempunyai daya lekat antar butir yang cukup besar maka kapasitas pengangkutan tanah liat dapat mencapai kapasitas. Untuk menghitung jumlah produksi

per jam dari dump truck yang melakukan pekerjaan secara terus menerus digunakan sebagai berikut (Effendi et al., 2016) :

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{Cm} \quad (2.2)$$

Dimana untuk mencari nilai c maka digunakan :

$$C = q \times k \quad (2.3)$$

Keterangan :

Q = Produktivitas (m³ /jam)
C = Produktivitas per siklus
E = efisiensi kerja dump truck
Cm = waktu siklus dump truck (min)
M = jumlah dump truck yang bekerja
q = kapasitas bucket
k = faktor bucket

Untuk menghitung *cycle time* dibutuhkan beberapa perhitungan terlebih dahulu seperti:

a) waktu muat (TL)

$$TL = \frac{Cd}{ql} \times k \times Cm \quad (2.4)$$

Dimana:

Cm = siklus waktu (*cycle time*)
Cd = kapasitas damp truck (m³)
ql = kapasitas bucket alat pemuat (m³)
K = faktor kapasitas bucket

b) waktu tempuh

$$TH = D/V1 \quad (2.5)$$

Dimana:

D = jarak angkut (meter)
V1 = kecepatan rata-rata saat muatan penuh (menit)

c) waktu bongkar muat (TD)

Dimana bisa diperkirakan dan ini tergantung dari lokasi penumpahan.

d) waktu untuk kembali (TR)

$$TH = D/V2 \quad (2.6)$$

Dimana:

D = jarak angkut (meter)
V2 = kecepatan kembali saat muatan kosong (menit)

2.4. Produktivitas Alat Berat

Menurut Sokop et al (2018) yang dimaksud produktivitas atau kapasitas alat adalah besarnya keluaran (*output*) volume pekerjaan tertentu yang dihasilkan alat per-satuan waktu. Untuk memperkirakan produktivitas alat diperlukan factor standart kinerja alat yang diberikan oleh pabrik pembuat alat, faktor efisiensi alat, operator, kondisi lapangan dan material.

2.4.1. Perhitungan Produksi Alat Excavator

Menurut Supit (2020) Produksi per jam suatu Excavator pada suatu penggalian adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{Cm} \text{ m}^3/\text{jam} \quad (2.7)$$

Dimana :

Q = produksi per jam (m³ / jam)
q = produksi per siklus (m³)
Cm = waktu siklus (menit)
E = efisiensi kerja

a) *Produksi per siklus (q)*

Untuk pekerjaan penggusuran, produksi per siklus adalah:

$$q = q1 \times K \quad (2.8)$$

dimana :

q1 = kapasitas munjung menurut SAE
K = faktor bucket

b) *Waktu siklus (Cm)*

Cm = waktu gali + 2 x waktu putar + waktu buang
(2.9)

2.4.2. Perhitungan Produksi Alat Dump Truck

Menurut Supit (2020) Produksi per jam suatu dump truck pada suatu pengangkutan adalah sebagai berikut :

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{Cm} \text{ m}^3/\text{jam} \quad (2.10)$$

Dimana :

q = produksi per siklus (m³)
Cm = waktu siklus (menit)
E = efisiensi kerja

a) *Produksi per siklus (q)*

$$q = n \times q1 \times K \times \gamma \text{ lepas} \quad (2.11)$$

$$n = \frac{\text{isi dumptruck}}{\text{vol bucket} \times \text{factor} \times \text{berat isi}} \quad (2.12)$$

dimana :

q1 = volume bucket backhoe
K = factor bucket backhoe
N = banyaknya backhoe memuat satu dump truck
 γ lepas = berat isi tanah lepas (ton/m³)

b) *Waktu siklus (Cm)*

Jumlah siklus yang diperlukan backhoe untuk mengisi dump truck

$$n = \frac{\text{isi dumptruck}}{\text{vol bucket} \times \text{factor} \times \text{berat isi}} \quad (2.13)$$

$$n = \frac{\text{kapasitas.backhoe faktor}}{\text{kapasitas rata-rata dumptruck}} \quad (2.14)$$

c) *Waktu muat*

$$Tl = N \times Cms \quad (2.15)$$

d) *Waktu angkut (Th)*

$$Th = D V1 \times 60 \quad (2.16)$$

Dimana :

D = jarak angkut (m)

V1= kecepatan rata-rata pada waktu dump truck dalam keadaan penuh (m/s)

e) Waktu kembali (T_r)

$$Tr = D V2 \times 60 \quad (2.17)$$

Dimana :

D = jarak angkut (m)

V2= kecepatan rata-rata pada waktu kosong (m/s)

f) Waktu buang (T_d), bisa diperkirakan dari lokasi penumpahan

g) Waktu menunggu (T_w) diperkirakan dari lokasi pemuatan

$$Cm = Tl + Th + Tr + Td + Tw \quad (2.18)$$

h) Perkiraan jumlah dump truck

$$M = \frac{\text{Cicle Time}}{\text{Waktu Muat}} \quad (2.19)$$

3. METODE

3.1. Umum

Untuk memastikan bahwa hasil sesuai dengan hasil yang dimaksudkan, teknik penelitian terdiri dari prosedur yang diikuti secara metodis dan terarah untuk menyelesaikan masalah yang telah ditemukan.

3.2. Teknik Pengumpulan

Data utama dan sekunder berikut dimanfaatkan untuk mendukung pengumpulan informasi dalam studi ini:

3.2.1. Data Primer

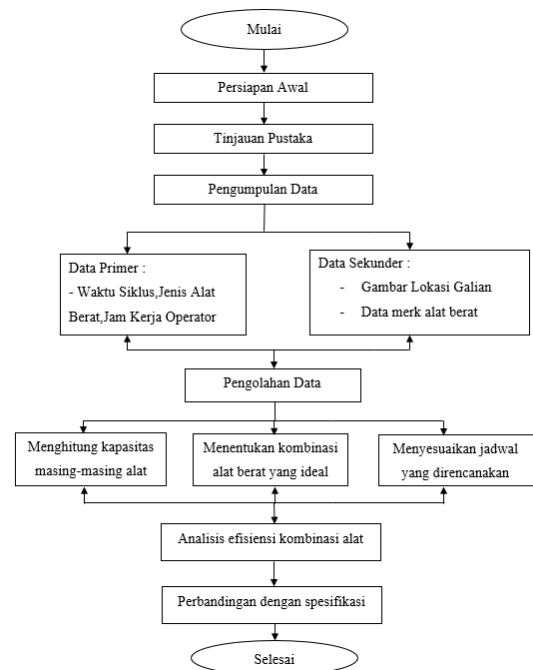
Istilah "data primer" menggambarkan pengetahuan dikumpulkan dari suatu subjek melalui pengamatan langsung, wawancara orang yang relevan, atau temuan studi yang dilakukan pada item tertentu.

3.2.2. Data Sekunder

Informasi yang dikumpulkan secara tidak langsung dari penelitian atau dari sumber lain yang berkaitan dengan masalah penelitian disebut sebagai data sekunder. Informasi ini bisa didapatkan dari Developer Griya Sakinah Property, bisa juga melalui studi pustaka, yang mencakup buku, referensi, dan dokumen, antara lain, yang dapat digunakan untuk melengkapi data awal atau data primer.

3.3. Tahapan Pelaksanaan

Langkah-langkah yang diambil selama proses penelitian kemudian digambarkan dalam diagram alur, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan Alir

3.4. Analisis Data

Analisis data ialah proses menganalisis informasi yang didapat. Evaluasi penelitian ini berfokus di produktivitas dan kinerja mesin besar dalam hal pekerjaan tanah yang dilakukan untuk menyiapkan lahan untuk proyek perumahan. Setelah pengumpulan semua data yang relevan, pemrosesan data dengan perhitungan manusia adalah tahap selanjutnya. Berikut ini adalah garis besar teknik analisis data:

1. Menentukan Volume Pekerjaan

Menghitung volume galian dari peta kontur tanah asli dibandingkan dengan elevasi tanah, jika sudah mengetahui volume galian dari proyek, Anda tidak perlu menghitung lagi.

2. Menghitung Waktu Siklus

Durasi siklus rata-rata untuk setiap alat berat ditentukan dengan melakukan penjumlahan setelah data waktu siklus lapangan dikumpulkan. Setelah mengumpulkan data, itu disusun dalam tabel untuk analisis.

3. Menghitung Kapasitas masing-masing Alat Berat

Setelah mengetahui durasi siklus, persamaan yang telah ditetapkan digunakan untuk menghitung hasilnya dan guna memahami kapasitas produksi tiap alat. Pada peralatan berat Excavator dan Dump Truck.

4. Menentukan Kombinasi Alat Berat yang Ideal

Setelah perhitungan kapasitas masing-masing alat berat didapatkan. Kombinasi optimal untuk menyeimbangkan jumlah setiap jenis alat berat kemudian ditemukan dengan menggunakan hasil,

yang membantu menghitung jumlah yang tepat dari setiap jenis mesin.

5. Menyesuaikan Jadwal yang Direncanakan
Setelah melakukan kombinasi alat berat yang ideal, baru dilakukan penyesuaian terhadap waktu atau jadwal pekerjaan tanah yang direncanakan.
6. Analisis Efisiensi Alat
Setelah semua sudah dilakukan, langkah berikutnya adalah mengambil kesimpulan dari semua perhitungan guna dilakukan analisis terhadap efisiensi alat.
7. Kesimpulan
Setelah temuan produktivitas dan optimalisasi dianalisis, sebuah laporan yang terdiri dari beberapa kesimpulan dibuat. Kesimpulan ini diambil dari kesimpulan utama penelitian.
8. Saran
Rekomendasi penelitian dimaksudkan untuk menawarkan kritik yang bermanfaat serta pengganti pendekatan atau solusi yang ada.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Produktivitas Alat Berat

Tugas penyebaran bahan agregat, yang meliputi pasir pengisi, batu pecah 3/5, dan batu split 10/15, telah ditentukan dalam penelitian ini. Dalam proses penyebaran material ini, dump truck digunakan sebagai alat pengangkut untuk menggali dan mengangkut material ke dalam dump truck.

Untuk mengetahui hasil penelitian, waktu siklus alat berat dihitung dengan menggunakan metode pengamatan waktu kerja di lapangan selama 7 jam setiap hari.

4.2. Hasil Analisa produktivitas Excavator

Pada studi ini, mesin berat Excavator dipakai sebagai peralatan penggalian. Excavator yang digunakan adalah jenis Komatsu PC70-8 dan spesifikasinya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Spesifikasi Excavator Komatsu PC70-8

Excavator Komatsu PC70-8		
Model		Satuan
Weight	6,56	t
Transport Lengt	6,08	m
Transport Widh	2,225	m
Transport Height	2,5	m
Bucket Capacity Min	0,3	m ³
Bucket Capacity Max	0,37	m ³
Track Width	450	mm
Max. Reach Horizontal	6,22	m
Dredging Depth	4,1	m
Tear-out-force	54,8	Kn
Engine Type	SAA4D95LE-5	
Engine Power	50,7	kw
No. Off Cylinders	4	mm

Cylinder x Stroke	95 x 115	
Displacement	3,26	L
Emission Level	pier 3/stage 3A	

Pada tabel diatas terdapat spesifikasi alat berat Excavator Komatsu PC70-8 termasuk kapasitas penggerak. Gambar di bawah ini menunjukkan dimensi tempat penyimpanan pada dump truck.



Gambar 4.1 Excavator Komatsu PC70-8

Dimensi bak penampung Excavator pada Bucket Capacity Min sebesar 0,3 m³. Bucket Capacity Max sebesar 0,37 m³.

Tabel 4. 2 Data Waktu Siklus Excavator

Siklus	Pengamatan Waktu (detik)				
	Gali	Isi+putar	Buang	Putar (Kosong)	Total Siklus
1	3	7	4	6	20
2	3	6	5	5	19
3	4	6	5	5	20
Rata-rata	3,33	6,33	4,67	5,33	19,66

1) Produksi per siklus (q)

Analisa produksi excavator per siklus. Untuk pengisi bucket dapat dilihat pada tabel 4.3 oleh karena itu, hasil produksi per siklus (q) ialah:

Tabel 4. 3 Faktor Bucket

Material	Faktor Bucket
Pasir kerikil	0.90-1.00
Tanah biasa	0.80-0.90
Tanah liat keras	0.65-0.75
Tanah liat basah	0.50-0.60
Batu pecahan baik	0.60-0.75
Batu pecahan kurang baik	0.40-0.50

Buku alat berat, Ir. Stey FatenaRostyanti, M.Sc, 2008

$$\begin{aligned}
 q &= q_l \times f_b \\
 &= 0,37 \times 0,5 \\
 &= 0,185 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Keterangan :

q = Produktivitas per siklus (m^3)
 ql = kapasitas penuh bucket backhoe (m^3)
fb = faktor bucket

2) Produktivitas Per Jam

Dengan menggunakan persamaan yang telah diketahui bahwa siklus operasi Excavator adalah 59 detik. Maka analisis produksi per jam Excavator adalah sebagai berikut :

Nilai Kapasitas (Q)

$$Q = \frac{(q \times 3600 \times fk)}{Cm}$$

$$= \frac{(0,185 \times 3600 \times 1)}{59}$$

$$= 11,288 \text{ m}^3$$

Keterangan :

Q = Produktivitas per jam (m^3 /jam)
q = Produktivitas per siklus (m^3)
fk = faktor keamanan
Cm = waktu (detik)

3) Site out put per hari (1 hari 7 jam)

Peralatan ekskavator berat menghasilkan produktivitas 11.288 m^3 per jam. Mengingat ada tujuh jam dalam sehari yang ditentukan untuk bekerja, berikut ini adalah hasil kerja harian:

Produktivitas galian/harian

= *Produktivitas/jam x jam kerja*

= 11,288 x 7

= 79,017 m^3 /hari

4.3. Analisa Dump Truck

Truk sampah digunakan untuk mengirimkan bahan agregat selama proses penyebaran. Misalnya, parameter dump truck adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Spesifikasi Dump Truck Isuzu ELF (N Series) 6 Wheel (Diesel)

Isuzu ELF (N Series) 6 Wheel (Diesel)		
Model		Satuan
Kapasitas	4778	Cc
Max Torque	402	Nm
Tenaga Maksimum	150	Bhp
Gradeability	44	%
RPM at max power	260	RPM
Wheelbase	3360	Mm
Mengenggang berat	2572	Kg
Tangki bahan bakar	100	L
Tinggi keseluruhan	2345	mm
Berat kotor	8250	Kg
Panjang keseluruhan	6135	mm
Ground clearance	200	mm
Lebar keseluruhan	1990	mm

Pada tabel diatas dapat dilihat spesifikasi alat berat dump truck Isuzu ELF (N Series) 6 Wheel (Diesel) berawal dari penggerak hingga kapasitas sopir. Rincian spesifikasi bak penampung dump truck dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 2 Isuzu ELF (N Series) 6 Wheel

Tempat tidur kargo dump truck memiliki ukuran sebagai berikut: tinggi 2.345 mm, lebar 1.990 mm, dan panjang total 6.135 mm.

Tabel 4. 5 Data Waktu Siklus Dump Truck

Siklus	Pengamatan			
	Waktu (menit)			Loading
	Jarak (Km)	Berangkat (30 Km/jam)	Kembali (40 Km/jam)	
1	7	28	25	5
2	7	35	31	6
3	7	34	30	5
Jumlah	21	97	86	16
Rata-rata	7	32,3	28,66	5,3

1) Waktu Muat (TI)

Waktu muat dump truck prosesnya dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$TI = \frac{c}{ql} \times fb \times Cm$$

$$= \frac{7}{0,37} \times 0,5 \times 59$$

$$= 558,108 \text{ detik}$$

$$= 9,302 \text{ menit}$$

Keterangan :

TI = Waktu muat (menit)

c = kapasitas dump truck (m^3)

ql = kapasitas penuh bucket backhoe (m^3)

fb = faktor bucket

Cm = waktu (menit)

2) Waktu pengamatan pada saat pembuangan

Waktu pembuangan dump truck dengan jarak pembuangan dengan jarak angkut (D) 7 km dan kecepatan Rata-rata dump truck saat terisi menurut data pada tabel 4.2 adalah (V1) 30 km/jam. Sehingga waktu pembuangan dump truck sebagai berikut :

D = 7 km = 7000 m

V1 = 30 km/ jam = 500 m/mnt

$$Th = \frac{D}{V1}$$

$$= \frac{7000}{500}$$

$$= 14 \text{ menit}$$

Keterangan :

D = Jarak angkut (m)

V1 = kecepatan rata – rata dump truck saat muat (km/jam)

Th = waktu pembuangan (menit)

3) Waktu bongkar

Waktu bongkar muat barang ditemukan Td (waktu bongkar muat) = 18,14 menit dengan menggunakan timer dan melakukan pengamatan langsung di lapangan.

4) Waktu Kembali saat selesai membuang

Waktu Kembali dump truck dengan jarak pembuangan dengan jarak angkut (D) 7 km dan kecepatan Rata-rata dump truck saat terisi menurut data pada tabel 4.2 adalah (V2) 40 km/jam.

$$D = 7 \text{ km} = 7000 \text{ m}$$

$$V2 = 40 \text{ km/jam} = 666,67 \text{ m/mnt}$$

$$\begin{aligned} Tr &= \frac{D}{V2} \\ &= \frac{7000}{666,67} \\ &= 10,500 \text{ mnt} \end{aligned}$$

Keterangan :

D = Jarak angkut (m)

V2 = kecepatan rata – rata dump truck saat kosong (km/jam)

Tr = waktu kembali (menit)

5) Jumlah siklus alat muat untuk memuat dump truck

Tabel 4. 6 waktu siklus daump truck

No	Kegiatan	Waktu Menit
Tt	Waktu Muat	9,302
Th	Waktu Pembuangan	14
Td	Waktu Bongkar	18,14
Tr	Waktu Kembali	10,5
	Total	51,94

$$\begin{aligned} Ct &= \text{Waktu muat (Tt) + Waktu pembuangan (Th)} \\ &\quad + \text{Waktu plkbongkar + Waktu kembali (Tr)} \\ &= 9,302 + 14 + 18,14 + 10,5 \\ &= 51,94 \text{ mnt} \\ &= 52 \text{ menit} \end{aligned}$$

6) Produktivitas per siklus

52 menit adalah durasi siklus rata-rata untuk dump truck. Selanjutnya, produksi dump truck dianalisis untuk setiap siklus. Tabel 4.7 berisi data pengisian ember, serta produksi per siklus (q) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Faktor Bucket

Material	Faktor Bucket
Pasir kerikil	0.90-1.00
Tanah biasa	0.80-0.90

Tanah liat keras	0.65-0.75
Tanah liat basah	0.50-0.60
Batu pecahan baik	0.60-0.75
Batu pecahan kurang baik	0.40-0.50

Buku alat berat, Ir. Stey FatenaRostyanti, M.Sc, 2008

$$\begin{aligned} n &= \frac{c}{ql \times fb} \\ &= \frac{0,37 \times 0,5}{37,838} \\ &= 38 \text{ kali} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= n \times ql \times fb \\ &= 38 \times 0,37 \times 0,5 \\ &= 7,03 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Keterangan :

n = jumlah siklus per jam

c = kapasitas muat dump truck (m³)

ql = kapasitas penuh bucket bakhoe (m³)

C = produksi per siklus (m³)

fb = faktor bucket

7) Produktivitas Per Jam

Kami dapat menentukan waktu produksi per jam untuk dump truck dengan menerapkan persamaan yang ditetapkan, yang menunjukkan bahwa waktu siklus adalah 52 menit. Akibatnya, berikut ini adalah analisis produksi untuk dump truck:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{c \times 60 \times fk}{Ct} \\ &= \frac{7 \times 60 \times 0,5}{52} \\ &= 4,056 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Keterangan :

Q = Produktivitas Per Jam

c = Kapasitas dumptruck

fk = Faktor Bucket

Ct = Jumlah Waktu Siklus Muat Dumptruck

8) Site out put per hari (1 hari 7 jam)

Alat berat pada dump truck menghasilkan produktivitas 4.038 m³ per jam. Rumus berikut digunakan untuk menentukan output pekerjaan harian, dengan asumsi bahwa jam kerja adalah tujuh jam sehari.

$$\begin{aligned} &= 7 \times Q \\ &= 7 \times 4,056 \\ &= 28,39 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Keterangan :

Q = Produktivitas Per Jam

4.4. Hasil Analisa Kebutuhan Alat Berat dan Durasi Pekerjaan

Setelah analisis produktivitas alat berat selesai, dilakukan evaluasi kebutuhan alat berat dan durasi tugas dengan menggunakan nilai produksi masing-

masing peralatan. Temuan analisis ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Analisa Perbandingan Produktivitas Alat Berat

No.	Alat Berat	Produktivitas per jam (m ³ /jam)	Produktivitas per hari (m ³ /hari)
1	Excavator	11,288	79,017
2	Dump Truck	4,056	28,39

Pada produktivitas dari alat berat, dibandingkan dengan alat berat *dump truck* dan kebutuhan, excavator memiliki nilai produktivitas tertinggi. Untuk menghitung kebutuhan *dump truck*, produktivitas excavator adalah 11,288 m³/jam. Dengan demikian, produktivitas per hari excavator adalah 79,017 m³/hari. Jadi, untuk menghitung jumlah alat berat lainnya, produktivitas *dump truck* dan excavator dibagi. Berikut ini adalah analisis kebutuhan alat berat :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah alat berat Dump truck} &= \frac{\text{produktivitas excavator}}{\text{produktivitas dump truck}} \\ &= \frac{11,288}{4,056} \\ &= 2,79 \approx 3 \text{ unit} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil Analisa, didapatkan jumlah volume galian tanah sebesar 1.090 m³ dan produktivitas per hari pada dump truck dari perhitungan sebelumnya didapatkan 28,39 m³/hari. Maka, jam kerja yang dibutuhkan untuk mengerjakan adalah sebagai berikut:

Durasi alat berat Dump Truck =

$$\begin{aligned} &\frac{\text{Volume galian tanah}}{\text{produktivitas per hari dump truck}} \\ &= \frac{1.090}{28,39} \end{aligned}$$

$$= 38,39 \approx 40 \text{ hari}$$

Selama upaya 40 hari, tiga truk sampah alat berat akan digunakan. Perhitungan berikut dapat digunakan untuk menentukan jumlah unit excavator yang diperlukan.

1) Jam kerja yang dibutuhkan

Berdasarkan hasil Analisa, didapatkan jumlah volume galian tanah sebesar 1.090 m³ dan produktivitas per jam pada excavator dari perhitungan sebelumnya didapatkan 11,288 m³/jam. Maka, jam kerja yang dibutuhkan untuk mengerjakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{vol.tanah yang digali}}{\text{produktivitas excavator}} \\ &= \frac{1090}{11,288} \\ &= 96,563 \text{ jam} \end{aligned}$$

2) Waktu kerja yang tersisa

$$\begin{aligned} &= \text{hari kerja} \times \text{jam kerja} \\ &= 30 \times 7 \\ &= 210 \text{ jam} \end{aligned}$$

3) Excavator yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{jam kerja}}{\text{waktu kerja}} \\ &= \frac{96,563}{210} \\ &= 0,460 \approx 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

4) Durasi alat berat Excavator

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume galian tanah}}{\text{produktivitas per hari excavator}} \\ &= \frac{1090}{79,017} \\ &= 13,795 \approx 14 \text{ hari} \end{aligned}$$

4.5. Kombinasi Gerakan alat berat excavator dan dump truck

Kombinasi ini digunakan untuk mengevaluasi produktivitas per jam kedua mesin. Berikut ini adalah perhitungan gerakan gabungan excavator dan dump truck.

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{produktivitas excavator}}{\text{produktivitas dump truck}} \\ &= \frac{11,288}{4,056} \\ &= 2,78 \\ &= 3 \text{ unit dump truck / jam} \end{aligned}$$

Jumlah dump truck/hari

$$\begin{aligned} &= 3 \text{ unit} \times 7 \text{ jam} \\ &= 21 \text{ unit dump truck/hari} \end{aligned}$$

Menurut analisis, satu ekskavator dan tiga dump truck adalah satu-satunya unit alat berat yang dibutuhkan untuk kegiatan lapangan dalam hal pergerakan per jam. Selain itu, total dua puluh satu truk sampah diperlukan untuk operasi sehari-hari.

5. SIMPULAN

Berdasarkan analisis data pada pekerjaan pematangan lahan proyek perumahan Assalam Town House di Kelurahan Tambakromo didapatkan kesimpulan ialah:

1. Ketika ekskavator digunakan selama tujuh jam sehari, produktivitasnya sebesar 11.288 meter kubik per jam diterjemahkan menjadi produksi harian sebesar 79.017 meter kubik. Excavator memiliki waktu siklus rata-rata 19,66 detik. Truk sampah, di sisi lain, memiliki waktu siklus rata-rata 51,94 menit dan produktivitas 4,056 meter kubik per jam, yang diterjemahkan menjadi produktivitas harian 28,39 meter kubik selama 7 jam sehari kerja.

2. Cara supaya efisien dalam menggunakan alat berat untuk pekerjaan tanah adalah dengan mengetahui jumlah kebutuhan alat berat tersebut. Analisis menunjukkan bahwa diperlukan satu unit excavator, yang sejalan dengan keadaan nyata yang terlihat di lapangan. Berdasarkan keadaan lapangan, tiga unit digunakan untuk menilai kebutuhan dump truck. Namun demikian, ditemukan bahwa kebutuhan harian untuk truk sampah di lapangan meningkat menjadi 21 unit setelah menganalisis kombinasi fungsional excavator dan dump truck. Kombinasi gerakan alat berat dilakukan untuk mencapai hasil yang lebih efisien.
3. Satu ekskavator dapat menghasilkan 11.288 m³ per jam, sesuai dengan perhitungan yang dilakukan. Dibutuhkan sekitar 96.563 jam kerja untuk menggali 1.090 m³ tanah. Dengan demikian, total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tanah ini hanya empat belas hari..

6. REKOMENDASI

Berikut ini adalah rekomendasi yang muncul sebagai hasil dari kinerja dan kemampuan alat berat yang dinilai selama pekerjaan tanah untuk proyek perumahan:

1. Sebelum dimulainya kegiatan proyek, alangkah baiknya adalah harus memperhatikan alat berat apa saja yang digunakan dan dilakukan perhitungan terlebih dahulu untuk mengetahui Efisiensi peralatan yang diterapkan dalam proyek agar dapat menjamin bahwa alat yang digunakan dijalankan sesuai dengan perencanaan.
2. Perhitungan menuntut perkiraan yang lebih akurat tentang jumlah dump truck yang dibutuhkan. Hal ini dikarenakan kinerja excavator, yang bertugas memindahkan tanah ke dump truck, sangat dipengaruhi oleh jumlah dump truck. Produktivitas excavator akan terhambat jika dump truck tidak digunakan secara maksimal, yang akan mengakibatkan inefisiensi dan penurunan efektivitas.

Untuk penelitian atau perhitungan berikutnya bisa mempertimbangkan biaya agar bisa ditetapkan biaya operasional yang efisien dan kombinasi alat berat lainnya dapat ditambahkan agar lebih banyak orang mengetahui mengenai kombinasi alat berat tersebut.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, O., Waris, M., Zamad, N., 2019. BANDAR: JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING 2, 25–31.
- Asiyanto, 2008. Manajemen Alat Berat untuk Konstruksi, Buku Teks. ed. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Diasa, I.W., Ardana, P.D.H., Erawan, I.M.P., 2021. Jurnal Teknik Gradien 13, 74–83.
- Effendi, D.S.H., Wiranto, P., Mudianto, A., 2016. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil 1–11.
- Fikri, Z.A., Rahmawati, B., Paryati, N., 2016. Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil 57–67.
- Handayani, E., 2017. Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi 15, 90–95.
- Lestari, I.N., Lubis, Z., 2023. JURNAL GRADASI TEKNIK SIPIL 7, 150–156.
- Purwanto, S., Mu'min, M.A., Amaludin, D., 2021. STRUCTURE TEKNIK SIPIL 3, 138–147.
- Rahmanto, A., Indriyana, D., 2023. Jurnal Konstruksi ronggolawe (JKR) 2.
- Raynold, M., Dundu, R.A.K.T., Pratas, P.A.K., 2017. Jurnal Sipil Statik 5, 679–688.
- Rochmanhadi, 1992. ALAT-ALAT BERAT DAN PENGGUNAANNYA.
- Rohim, A., Wateno, W., 2022. JURNAL KACAPURI JURNAL KEILMUAN TEKNIK SIPIL 5, 279–288.
- Sarwandy, M.H.A., Royan, N., 2021. Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil 07, 121–125.
- Setiani, Y., Zulmi, A.N., Jusi, U., 2022. JUTEKS - JURNAL TEKNIK SIPIL 7, 6–11.
- Sokop, R.M., Arsjad, T.T., Malingkas, G., 2018. Jurnal Tekno 16, 83–88.
- Supit, D.D., 2020. Journal Dynamic Saint 906–917.