Analisis Produktivitas Penggunaan Alat Berat Pekerjaan Struktur Bawah Pada Proyek Pembangunan Apartemen Allesandro Citraland Vittorio di Surabaya

Ayu Dita Mariska Putri Dianta[1], Siswoyo*[2]
[1,2] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma, Surabaya, Indonesia
Email: [1]admpd20@mhs.uwks.ac.id, [2]siswoyo60@uwks.ac.id
*Penulis Korespondensi

Abstrak

Kota Surabaya memiliki kepadatan penduduk tertinggi di Jawa Timur, salah satu alternatif pemecahan masalah kepadatan penduduk adalah dengan memberikan ruang hidup komunal berupa Apartemen. Lokasi penelitian pada Apartemen Allessandro CitraLand Vittorio Surabaya ini memiliki luas area 75.000 m^2 dan luas bangunan 49.076 m^2 dengan volume kedalaman galian sebesar 15210,83 m^3. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar produktivitas alat, jumlah kebutuhan alat, dan anggaran biaya pada penggunaan alat berat pada lokasi penelitian khususnya pekerjaan galian dan buangan tanah pada *basement*. Penggunaan alat berat yang kurang tepat dengan kondisi dan situasi di lapangan dan pekerjaan akan berpengaruh pada rendahnya produktivitas alat dan tidak tercapainya jadwal atau target yang ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan kombinasi dari *excavator, bulldozer*, dan *dumptruck* pada pekerjaan galian dan buangan pada lokasi penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dan survey lapangan, sedangkan metode penelitian yang dipakai produktivitas dalam pengamatan di lapangan adalah *activity sampling*. Hasil penelitian perhitungan kombinasi alat *excavator, bulldozer*, dan *dumptruck*. Terdapat 3 alternatif perhitungan yang dilakukan, berdasarkan 3 alternatif perhitungan kombinasi alat berat dengan kondisi *existing* maka dipilih hasil yang menunjukkan durasi waktu tersingkat dan biaya yang relatif murah. Maka untuk pekerjaan galian dan buangan pada lokasi penelitian dengan volume 15210,83 m^3 memerlukan 5 unit *excavator* Komatsu PC 200-8,1 unit *bulldozer* Komatsu D31P, dan 42 unit *dumptruck Mitsubushi* colt diesel 125 HD. Dengan peralatan di atas, maka waktu penyelesaian yang dibutuhkan adalah sebesar 233 jam dengan biaya total adalah Rp 1.335.311.200.

Kata kunci: alat berat, apartemen, kombinasi peralatan konstruksi, produktivitas, struktur bawah

Abstract

The city of Surabaya has the highest population density in East Java. One alternative solution to address this density issue is by providing communal living spaces in the form of apartments. This study focuses on Allessandro CitraLand Vittorio Apartment in Surabaya, which has a total area of 75,000 m² and a building area of 49,076 m², with an excavation depth volume of 15,210.83 m³. The objective of this research is to determine the productivity of heavy equipment, the number of equipment needed, and the budget for heavy equipment use, particularly for excavation and soil disposal work in the basement. The improper selection of heavy equipment, considering site conditions and work requirements, can lead to low productivity and failure to meet the planned schedule or target. Therefore, a combination of excavators, bulldozers, and dump trucks is required for excavation and soil disposal at the project site. The research method used is a descriptive method and field survey, while the method used to measure productivity in field observations is activity sampling. The research includes calculations for the combination of excavators, bulldozers, and dump trucks, with three alternative calculations conducted. Among these alternatives, the one that resulted in the shortest duration and lowest cost was selected. For excavation and soil disposal at the study site, with a total volume of 15,210.83 m³, the required equipment includes: 5 units of Komatsu PC 200-8 excavators, 1 unit of Komatsu D31P bulldozer, and 42 units of Mitsubishi Colt Diesel 125 HD dump trucks. With this equipment combination, the required completion time is 233 hours, with a total cost of Rp 1,335,311,200.

***Keywords**: apartment, combination of construction equipment, heavy equipment, productivity, substructure*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan Surabaya sebagai ibu kota jauh melampaui kota-kota lain di kawasan ini. Menurut data Badan Pusat Statistik [1], sejak Kota Surabaya memiliki kepadatan penduduk tertinggi di Jawa Timur,

perkembangan permukiman di Surabaya telah mengarah ke daerah pinggiran kota seperti bagian barat, timur dan selatan kota dalam hal pemukiman. Salah satu alternatif pemecahan masalah kepadatan penduduk adalah dengan memberikan pilihan perumahan berupa ruang hidup komunal berupa apartemen. Apartemen Allesandro CitraLand Vittorio Surabaya merupakan pengembangan *Mixed Use* pertama dan terbesar di kawasan Wiyung, Surabaya dengan luas area 75.000 m² dan luas bangunan 49.076 m² . Terdiri dari Tower A dan Tower B dengan 27 lantai dan berlokasi sangat strategis berada di jalan utama di Surabaya dengan lebar 40 meter. Pekerjaan Struktur bawah pada proyek pembangunan apartemen yakni meliputi pekerjaan galian, pengangkutan, pembuangan, dan pemadatan tanah yang merupakan bagian yang sangat vital.

Kontraktor menunjukkan keterlambatan yang signifikan dalam proses penggalian dan konstruksi pondasi tumpuan. Pada proyek Apartemen Allesandro CitraLand Vittorio Surabaya, zona tower dan zona podium dipisahkan sehingga jika pengerjaan podium tertunda.

Proyek Apartemen Allesandro CitraLand Vittorio Surabaya ini melaksanakan pekerjaan galian dengan volume 15.210,83 m^3 dan pada pekerjaan pembuangan tanah dengan volume 19.774,08 m^3 dengan kedalaman sekitar 7,75 meter. Sehingga memerlukan alat berat dalam pekerjaan yang tidak biasa dilakukan secara manual. Alat berat yang akan dipakai pada pekerjaan galian dan pembuangan yaitu *excavator, bulldozer,* dan *dumptruck*. Alat-alat berat tersebut dipilih karena dapat menggabungkan alat-alat tersebut untuk menyelesaikan pekerjaan galian dan pembuangan tanah, sehingga dapat menyelesaikan pekerjaan galian dan pembuangan dengan waktu dan biaya yang optimal [2].

Pekerjaan buangan galian ini dilakukan secara estafet (*double handling*) yang artinya diusahakan tidak menunggu hasil dari galian banyak terlebih dahulu. Pembuangan tanah galian dipindahkan ke *dumptruck* dengan *excavator* kemudian *dumptruck* langsung dipindahkan keluar lokasi proyek menuju lokasi pembuangan tanah atau *dumping* yang berjarak 22 Km dari tempat galian. Permasalahan yang telah diuraikan di atas, penulis ingin melakukan penelitian tentang penggunaan alat berat yang tepat pelaksanaannya, serta anggaran biaya yang kan dipergunakan terhadap penggunaan alat berat pada perencanaan galian dan pembuangan tanah pada Proyek Apartemen Allessandro CitraLand Surabaya agar di dapatkan hasil yang optimal dalam pekerjaan tersebut.

II. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan adalah survey dan analisis deskriptif. Penelitian dimulai dengan studi literatur tentang manajemen peralatan konstruksi serta penelitian-penelitian terdahulu terkait topik optimasi peralatan konstruksi. Survey secara langsung ke lokasi proyek dilakukan untuk identifikasi masalah serta pengumpulan data awal. Kemudian dilanjutkan merancang strategi pengumpulan data sekunder yang meliputi nilai kontrak alat berat, daya spesifikasi alat, dan volume rencana galian tanah, serta daya primer yang diperoleh dari pengamatan dan survey langsung terkait waktu siklus dan jam kerja alat berat. Data-data yang diperoleh kemudian diolah untuk menghitung produktivitas alat untuk dianalisis lebih lanjut terkait opsi pemilihan alat berat yang bisa menghasilkan produktivitas paling optimal. Analisis biaya juga termasuk di dalam penelitian ini sesuai dengan pedoman penyusunan perkiraan biaya pekerjaan konstruksi [3].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Pekerjaan Proyek

Proyek Apartemen Allesandro CitraLand Vittorio Surabaya ini dimulai sejak bulan April 2021 dan direncanakan selesai pada bulan November 2022. Untuk mendukung penelitian ini maka dibutuhkan data-data seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pekerjaan proyek lokasi penelitian

Kriteria	Data Proyek
Nama Proyek	Proyek Apartemen Allesandro CitraLand Vittorio Surabaya
Lokasi	Jl.Menganti Karangan No.32 Babatan Wiyung, Surabaya
Volume Galian	15210.83 m^3 (*Bank Measure*)
Volume Buangan	19774.08 m^3 (*Loose Measure*)
Kedalaman Galian	7.75 meter
Lokasi *Dumping*/pembuangan tanah	Tambak Osowilangon, Kecamatan Benowo, Surabaya
Jarak lokasi *Dumping* ke proyek	22 Km
Jam Kerja/hari	7 jam/hari
Biaya Cut and fill	Rp. 1.717.723.600

3.1. *Activity Sampling*

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *activity sampling [4], [5]*. Dari metode tersebut didapat *sampling* produktivitas setiap alat berat, selain itu peneliti juga mendapatkan data waktu siklus atau *cycle time*, waktu angkut *hauling time* waktu pembongkaran atau *dumping time*, waktu tunggu atau *spotting time*. Data pengukuran produktifitas alat dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data pengukuran produktivitas alat

No	Jenis Pekerjan	Nama Alat	Spek.	Jumlah
1.	Penggali	*Excavator*	Komatsu PC-200	2
2.	Pengangkutan	*Dump truck*	Mitsubishi colt diesel 125 HD	18
3.	Perataan	*Bulldozer*	Komatsu D31P	1

3.3. Perhitungan Produktivitas Alat

Dalam penelitian ini, volume galian pada proyek Apartemen Allesandro CitraLand Vittorio Surabaya adalah 15210.83 m^3 yang telah ditentukan. Alat berat yang digunakan yaitu *Excavator, Bulldozer*, dan *Dumptruck.* Waktu siklus alat berat diperoleh dari pengamatan durasi waktu di lapangan dengan menggunakan metode *time study* [6] dan waktu jam kerja adalah selama 7 jam/hari.

3.3.1. Produktivitas Excavator

Pada perhitungan produktivitas *excavator* ini peneliti menggunakan metode *double handling* (2 *excavator) [7], [8]* berikut ini perhitungan alat berat *excavator.* Produktivitas excavator dalam melakukan pekerjaan galian dan memindahkan ke *dumptruck* disajikan pada

Tipe = Komatsu PC 200-8
Kapasitas bucket(q') = 0,9 m^3
Efisiensi kerja (E) = 0,81
Faktor bucket (K) = 0,8
Waktu gali = 13 detik
Waktu putar = 6 detik
Waktu buang = 5 detik

Tabel 3. Perhitungan produktivitas *excavator*

a) Produktivitas *excavator* untuk menggali	b) Produktivitas *excavator* memindahkan tanah ke *dumptruck.*
1) Waktu siklus (Cm)	**1) Waktu siklus (Cm)**
Cm = waktu gali + (2 x waktu putar) + waktu buang	Cm = waktu gali + (2 x waktu putar) + waktu buang
Cm = 13 + (2 x 6) + 5	Cm = 9 + (2 x 6) + 5
Cm = 30 detik	Cm = 26 detik
2) Produksi per siklus (q)	**2) Produksi per siklus (q)**
q = q' x K	q = q' x K
q = 0,9 x 0,8	q = 0,9 x 0,8
q = 0,72 m^3	q = 0,72 m^3
3) Produktivitas *excavator* per jam (m^3/jam)	**3) Produktivitas *excavator* per jam (m^3/jam)**
$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm}$	$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm}$
$Q = \frac{0,72 \times 3600 \times 0,81}{30}$	$Q = \frac{0,72 \times 3600 \times 0,81}{26}$
Q = 69,98 m^3/jam	Q = 80,75 m^3/jam

3.3.2. Produktivitas Bulldozer

Perhitungan produktivitas *bulldozer* dilakukan untuk simulasi penggunaan satu alat. Detail perhitungan produktivitasnya disajikan pada **Tabel 4**.

Tipe = Komatsu D31P
Kapasitas bucket(q') = 3 m^3
Efisiensi kerja (E) = 0,81
Faktor bucket (K) = 0,8
Jarak Angkut (D) = 20 m
Kecepatan maju (F) = 3,50 km/jam
Kecepatan mundur (R) = 5,47 km/jam
Ganti *persnelling* (Z) = 0,30 menit
Tipe tanah = Lempung

3.3.3. Produktivitas Dump Truck

Perhitungan produktivitas *dump truck* ini diperuntukkan bagi satu buah truck untuk memperoleh produktivitasnya per-jam. Detail perhitungan produktivitasnya disajikan pada **Tabel 4**.

Kapasitas bak dump truck (c') = 10 m³
Kapasitas bak dump truck yang dipakai = 6 m³
Kapasitas pemuat (q') = 0,9 m³
Faktor bucket pemuat (K) = 0,8
Jarak Angkut (D) = 22 Km = 22000 m
Efisiensi kerja (E) = 0,81
Waktu bongkar (T1) = 1 menit
Waktu antri & muat (T2) = 10 menit
Waktu pergi (T3) = 71 menit
Waktu pulang (T4) = 61 menit
Waktu checker (T5) = 2 menit
Waktu siklus pemuat (Cms) = 0,9 menit

Tabel 4. Detail perhitungan produktivitas *buldozer* dan *dump truck*

Perhitungan Produktivitas *bulldozer*	**Perhitungan Produktivitas *dump truck***
1) Produksi per siklus (q) q = q' x K q = 3 x 0,8 q = 2,4 m³ **2) Waktu siklus (Cm)** Kecepatan maju (F) = 3,50 km/jam = 58,33 m/menit Kecepatan mundur (R) =5,47 km/jam = 91,17 m/menit Ganti *persnelling* (Z) = 0,30 menit $Cm = \frac{D}{F} \times \frac{D}{R} + Z$ $Cm = \frac{20}{58,33} \times \frac{20}{91,17} + 0,30$ Cm = 0,37 menit **3) Produktivitas *bulldozer* per jam (m³/jam)** $Q = \frac{60 \times q \times E}{Cm}$ $Q = \frac{60 \times 2,4 \times 0,81}{0,37}$ Q = 315,2 m³/jam	**1) Jumlah siklus *excavator* untuk mengisi *dumptruck* (n)** $(n) = \frac{c}{q' \times K}$ $= \frac{6}{0,9 \times 0,8}$ = 8,33 ≈ 8 siklus **2) Produksi per siklus (C)** (C) = n x q' x K (C) = 8 x 0,9 x 0,8 (C) = 5,76 m³ **3) Waktu Siklus (Cm)** (Cm) = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 (Cm) = 1 menit + 10 menit + 71 menit + 61 menit + 2 menit (Cm) = 145 menit **4) Produktivitas per jam (m³/jam)** $Q = \frac{C \times 60 \times E}{Cm}$ $Q = \frac{5,76 \times 60 \times 0,81}{145}$ Q = 1,931 m³/jam

3.4. Perhitungan Kebutuhan Alat

Perhitungan kebutuhan alat ini bertujuan untuk mendapatkan jumlah alat konstruksi yang diperlukan untuk setiap jenisnya. Detail perhitungan kebutuhan alat disajikan pada **Tabel 6**, diperoleh kebutuhan *dumptruck* sebanyak 18 buah dengan asumsi bolak-balik 3 kali sehari, *excavator* sebanyak 2 buah untuk menerapkan sistem *double handling*, dan *bulldozer* sebanyak 1 buah.

Tabel 5. Perhitungan biaya sewa alat *dumptruck, excavator, dan bulldozer*

1.) *Dumptruck*		2.) *Excavator*		3.) *Bulldozer*	
Merk	= Komatsu	Merk	= Komatsu	Merek	= Mitsubishi colt diesel 125 HD
Harga sewa alat	= Rp 265.000/jam	Tipe/jenis	= D31P	Tipe/jenis	= Kapasitas bak 10 m3
Bahan bakar	= 20 liter/jam x Rp 6.800 (per 1 Juni 2023) = Rp 136.000/jam	Harga sewa alat	= Rp 175.000/jam	Sewa alat	= Rp 150.000/jam
		Bahan bakar	= 25 liter/jam x Rp 6.800 (per 1 Juni 2023) = Rp 170.000	Bahan bakar	= 16 liter/jam x Rp 6.800 (per 1 Juni 2023) = Rp 108.800
Tipe/jenis	= PC 200-8	Operator	= Rp 300.000/hari : 7 jam = Rp 43.000/jam	Operator	= Rp 300.000/hari : 7 jam = Rp 43.000/jam
Operator	= Rp 300.000/hari : 7 jam = Rp 43.000/jam	Harga sewa	= Rp 175.000 + Rp 170.000 + Rp 43.000 = 388.000/jam	Harga sewa	= Rp 150.000 + Rp 108.800 + Rp 43.000 = 287.800/jam
Harga sewa	= Rp 265.000 + Rp 136.000+ Rp 43.000 = Rp 444.000/jam				

3.5. Perhitungan Biaya Sewa Alat

Dalam penghitungan biaya sewa peralatan, informasi diperoleh melalui wawancara dengan pihak pelaksana di lapangan dan permintaan data dari beberapa penyewa alat berat yang beroperasi di wilayah daerah Surabaya. Harga sewa untuk masing-masing alat disajikan pada **Tabel 5**. Daftar harga yang di dapat adalah harga sewa alat per jam untuk *excavator*, *bulldozer*, *dumptruck*, untuk kebutuhan yang lain yaitu bahan bakar berupa solar yang ditanggung oleh penyewa, untuk melihat daftar harga sewa alat terdapat pada **Tabel 7**. Sedangkan untuk kebutuhan operator akan disediakan oleh perusahaan penyewaan.

Tabel 6. Detail perhitungan kebutuhan alat *dumptruck, excavator, dan bulldozer*

1.) *Dumptruck*	**2.) *Excavator***	**3.) *Bulldozer***
Kebutuhan armada *dumptruck* ini membutuhkan 18 *dumptruck* yang dapat dilihat dari perhitungan di bawah ini : Volume galian : 15210.83 m^3 Volume buangan : 19774,08 m^3 Kapasitas : 10 m^3 Kapasitas dipakai : 6 m^3 Waktu berangkat : 1 jam 10 menit Waktu pulang : 1 jam Lama waktu buang : 30 hari Waktu kerja : 7 jam/hari 1. Kebutuhan *Dumptruck* $= \frac{\text{Volume buangan}}{\text{kapasitas } dump\ truck}$ $= \frac{19774.08}{6}$ = 3296 truck 2. Waktu total = pergi + lama antri muat + pulang + bongkar + antri *checker* = 1 jam 10 menit+10 menit+1 jam 2 menit+1 menit+2 menit = 2 jam 25 menit Produktivitas $= \frac{\text{waktu kerja}}{\text{waktu total}} = \frac{7 \text{ jam}}{2 \text{ jam } 25 \text{ menit}}$ = 3,5 ret/hari ≈ 3 ret/hari/truck (1 truck biasa balik 3x per hari) 3. Kebutuhan *dumptruck* per hari $\frac{3296}{3}$ = 1098 *truck* per hari Lama proses waktu selama 2 bulan (60 hari), maka $\frac{1098 \text{ truck}}{60 \text{ hari}}$ = 18,03≈ 18 *truck* per hari Jadi membutuhkan 18 *dumptruck* per-hari dengan 3 kali bolak balik.	1. Jam kerja yang dibutuhkan $= \frac{\text{Volume galian}}{\text{Produktivitas } excavator \text{ untuk gali}}$ $= \frac{15210,83}{69,98}$ = 217,35 jam 2. Waktu kerja yang tersedia = hari kerja x jam kerja = 30 x 7 = 210 jam 3) *Excavator* yang dibutuhkan $= \frac{\text{jam kerja}}{\text{waktu kerja}}$ $= \frac{217,35}{210}$ = 1,03 ≈ 1 unit Jadi, membutuhkan 1 *excavator* dalam pekerjaan waktu menggali. 1. Jam kerja yang dibutuhkan $= \frac{\text{Volume galian}}{\text{Produktivitas } excavator \text{ untuk gali}}$ $= \frac{15210,83}{80,75}$ = 188,36 jam 2. Waktu kerja yang tersedia = hari kerja x jam kerja = 30 x 7 = 210 jam 3) *Excavator* yang dibutuhkan $= \frac{\text{jam kerja}}{\text{waktu kerja}}$ $= \frac{188,36}{210}$ = 0,89 ≈ 1 unit Jadi membutuhkan 1 *excavator* dalam pekerjaan memindahkan tanah ke *dumptruck*. Maka total keseluruhan *excavator* yang dibutuhkan untuk menggali dan memindahkan tanah ke *dumptruck* yaitu membutuhkan 2 *excavator* (*double handling)*	1. Jam kerja yang dibutuhkan $= \frac{\text{Volume galian}}{\text{Produktivitas } bulldozer \text{ untuk gali}}$ $= \frac{15210,83}{315,2}$ = 48,25 jam 2. Waktu kerja yang tersedia = hari kerja x jam kerja = 30 x 7 = 210 jam 3) *Bulldozer* yang dibutuhkan $= \frac{\text{jam kerja}}{\text{waktu kerja}}$ $= \frac{48,25}{210}$ = 0,29 ≈ 1 unit Jadi untuk menyelesaikan volume galian 15210,83 m^3 dengan menggunakan 1 *bulldozer.*

Tabel 7. Hasil data alat berat di proyek (excisting)

Alat Berat	Jumlah Alat	Waktu (jam)	Biaya sewa per jam	Total sewa alat
Excavator	2	227 jam	Rp 444.000	Rp 201.576.000
Bulldozer	1	49 jam	Rp 388.000	Rp 19.012.000
Dump truck	18	289 jam	Rp 287.800	Rp 1.497.135.600
Total		**565 jam**		**Rp 1.717.723.600**

3.6. Perhitungan Analisis Kombinasi Alat Berat

3.6.1. Kondisi Asli di Lokasi Proyek (existing)

Pada kondisi asli di lokasi (*existing*) digunakan alat berat pada galian berupa 2 unit *excavator* Komatsu PC 200-8 kapasitas 0,9 m^3, 1 unit *bulldozer* Komatsu D31P kapasitas 3 m^3, dan 18 unit *dumptruck* Mitsubishi colt diesel 125 HD kapasitas 10 m^3. Untuk melihat daftar sewa yang diperoleh di lokasi proyek (*existing*) terdapat pada **Tabel 7**.

3.6.2. Analisis Alternatif 1

Pada alternatif 1 digunakan alat berat untuk pekerjaan galian berupa 3 unit *excavator*, 1 unit *bulldozer* dan jumlah *dumptruck* menyesuaikan produktivitas *excavator* pada tiap galian (**Tabel 8**).

3.6.3. Analisis Alternatif 2

Pada alternatif 2 digunakan alat berat untuk pekerjaan galian berupa 4 unit *excavator*, 2 unit *bulldozer*, dan jumlah *dumptruck* menyesuaikan produktivitas *excavator* pada tiap galian **(Tabel 9**).

3.6.4. Analisis Alternatif 3

Pada alternatif 3 digunakan alat berat untuk pekerjaan galian berupa 5 unit *excavator*, 1 unit *bulldozer*, dan jumlah *dumptruck* menyesuaikan produktivitas *excavator* pada tiap galian (**Tabel 10**).

Tabel 8. Detail Perhitungan Alternatif 1

a. *Excavator*
Berikut ini adalah perhitungan pekerjaan galian menggunakan *excavator* PC 200-8:
Jumlah alat (n) = 3 unit
Volume galian = 15210.83 m^3
Produksi *excavator* per jam (Q) =69,98 m^3/jam
Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n
= 69,98 m^3/jam x 3
= 209,94 m^3/jam
Waktu kerja *excavator*
$= \frac{\text{Volume galian}}{\text{produksi excavator seluruh alat}}$
$= \frac{15210,83}{209,94} = 72,45 \text{ jam} \approx 72 \text{ jam}$
Setelah pekerjaan galian tanah *excavator* selesai,kemudian tanah dipindahkan ke *dumping* dengan menggunakan *dumptruck* dengan bantuan *excavator* untuk memuat tanah tersebut.Berikut adalah perhitungan pemindahan tanah ke *dumptruck* dengan bantuan *excavator*.
Jumlah alat (n) = 3 unit
Volume buangan = 19774,08 m^3
Produksi *excavator* per jam (Q) =80,75 m^3/jam
Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n
= 80,75 m^3/jam x 3
= 242,25 m^3/jam
Waktu kerja *excavator*
$= \frac{\text{Volume galian}}{\text{produksi excavator seluruh alat}}$
$= \frac{19774,08}{242,25} = 81,62 \text{ jam} \approx 82 \text{ jam}$
Waktu penggunaan *excavator*
= Waktu galian + waktu memuat ke *dumptruck*
= 72 jam + 82 jam
= 154 jam
Biaya alat sewa per jam = Rp 444.000/jam
Biaya total sewa alat = Rp 444.000,00 x 154 jam x 3 unit
= Rp 205.128.000

b. *Bulldozer*
Jumlah alat (n) = 1 unit
Volume timbunan = 15210,83 m^3
Produksi *Bulldozer* per jam (Q) =315,2 m^3/jam
Produksi *Bulldozer* seluruh alat = Q x n
= 315,2 m^3/jam x 1
= 315,2 m^3/jam
Waktu kerja *Bulldozer*
$= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{produksi Bulldozer seluruh alat}}$
$= \frac{15210,83}{315,2} = 48,25 \text{ jam} \approx 49 \text{ jam}$
Biaya alat sewa per jam = Rp 388.000/jam
Biaya total sewa alat = Rp 388.000,00 x49 jam x 1 unit
= Rp 19.012.000

c. *Dumptruck*
Volume buangan = 19774,08 m^3
Produksi *excavator* per jam (Q) =1,931 m^3/jam
Produksi *excavator* = 80,75 m^3/jam
Jumlah *dumptruck* diperoleh dengan cara membagi nilai produktivitas *excavator* dengan nilai produktivitas *dumptruck*
Jumlah *dumptruck* (n)
$= \frac{\text{Produksi excavator}}{\text{produksi dump truck}}$
$= \frac{80,75}{1,931} = 41,81 \text{ jam} \approx 42 \text{ jam}$
Waktu kerja *dumptruck* sama dengan waktu menggunakan *excavator* untuk mengangkut tanah di lapangan menuju *dumptruck*.Dibawah ini adalah perhitungan untuk pekerjaan pengangkutan tanah oleh *dumptruck*.
Waktu kerja *dumptruck* = 154 jam
Biaya sewa alat per jam =Rp 287.800/jam
Biaya total sewa alat = Harga sewa x waktu kerja x n
= Rp 287.800 x 154 jam x 42 unit
= Rp 1.861.490.400

Tabel 9. Detail Perhitungan Alternatif 2

a. *Excavator*
Berikut ini adalah perhitungan pekerjaan galian menggunakan *excavator* PC 200-8:
Jumlah alat (n) = 4 unit
Volume galian = 15210.83 m^3
Produksi *excavator* per jam (Q) =69,98 m^3/jam
Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n
= 69,98 m^3/jam x 4
= 279,92 m^3/jam
Waktu kerja *excavator*
$= \frac{\text{Volume galian}}{\text{produksi excavator seluruh alat}} = \frac{15210,83}{279,92} = 54,33 \text{ jam} \approx 54 \text{ jam}$
Setelah pekerjaan galian tanah *excavator* selesai, kemudian tanah dipindahkan ke *dumping* dengan menggunakan *dumptruck* dengan bantuan *excavator* untuk memuat tanah tersebut.Berikut adalah perhitungan pemindahan tanah ke *dumptruck* dengan bantuan *excavator*.
Jumlah alat (n) = 4 unit
Volume buangan = 19774,08 m^3
Produksi *excavator* per jam (Q) =80,75 m^3/jam
Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n = 80,75 m^3/jam x 4
= 323 m^3/jam
Waktu kerja *excavator*
$= \frac{\text{Volume galian}}{\text{produksi excavator seluruh alat}} = \frac{19774,08}{323} = 61,22 \text{ jam} \approx 61 \text{ jam}$
Waktu penggunaan *excavator*
= Waktu galian + waktu memuat ke *dumptruck*
= 54 jam + 61 jam = 115 jam
Biaya alat sewa per jam = Rp 444.000/jam
Biaya total sewa alat = Rp 444.000,00 x115 jam x 4 unit
= Rp 204.240.000

b. *Bulldozer*
Jumlah alat (n) = 2 unit
Volume timbunan = 15210,83 m^3
Produksi *Bulldozer* per jam (Q) =315,2 m^3/jam
Produksi *Bulldozer* seluruh alat = Q x n
= 315,2 m^3/jam x 2
= 630,4 m^3/jam
Waktu kerja *Bulldozer*
$= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{produksi Bulldozer seluruh alat}} = \frac{15210,83}{630,4} = 24,12 \text{ jam} \approx 24 \text{ jam}$
Biaya alat sewa per jam = Rp 388.000/jam
Biaya total sewa alat = Rp 388.000,00 x 49 jam x 2 unit
= Rp 18.624.000

c. *Dumptruck*
Volume buangan = 19774,08 m^3
Produksi *excavator* per jam (Q) =1,931 m^3/jam
Produksi *excavator* = 80,75 m^3/jam
Jumlah *dumptruck* diperoleh dengan cara membagi nilai produktivitas *excavator* dengan nilai produktivitas *dumptruck*
Jumlah *dumptruck* (n)
$= \frac{\text{Produksi excavator}}{\text{produksi dump truck}} = \frac{80,75}{1,931} = 41,81 \text{ jam} \approx 42 \text{ jam}$
Waktu kerja *dumptruck* sama dengan waktu menggunakan *excavator* untuk mengangkut tanah di lapangan menuju *dumptruck*.Dibawah ini adalah perhitungan untuk pekerjaan pengangkutan tanah oleh *dumptruck*.
Waktu kerja *dumptruck* = 115 jam
Biaya sewa alat per jam =Rp 287.800/jam
Biaya total sewa alat = Harga sewa x waktu kerja x n
= Rp 287.800 x 115 jam x 42 unit
= Rp 1.390.074.000

Tabel 10. Detail Perhitungan Alternatif 3

a. *Excavator*
Berikut ini adalah perhitungan pekerjaan galian menggunakan *excavator* PC 200-8:
Jumlah alat (n) = 5 unit
Volume galian = 15210.83 m^3
Produksi *excavator* per jam (Q) =69,98 m^3/jam
Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n
= 69,98 m^3/jam x 5
=349,9 m^3/jam
Waktu kerja *excavator*
$= \frac{\text{Volume galian}}{\text{produksi excavator seluruh alat}} = \frac{15210,83}{349,9} = 43,47 \text{ jam} \approx 43 \text{ jam}$
Setelah pekerjaan galian tanah *excavator* selesai,kemudian tanah dipindahkan ke *dumping* dengan menggunakan *dumptruck* dengan bantuan *excavator* untuk memuat tanah tersebut.Berikut adalah perhitungan pemindahan tanah ke *dumptruck* dengan bantuan *excavator*.
Jumlah alat (n) = 5 unit
Volume buangan = 19774,08 m^3
Produksi *excavator* per jam (Q) =80,75 m^3/jam
Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n
= 80,75 m^3/jam x 5
= 403,75 m^3/jam
Waktu kerja *excavator*
$= \frac{\text{Volume galian}}{\text{produksi excavator seluruh alat}} = \frac{19774,08}{403,75} = 48,97 \text{ jam} \approx 49 \text{ jam}$
Waktu penggunaan *excavator*
= Waktu galian + waktu memuat ke *dumptruck*
= 43 jam + 49 jam = 92 jam
Biaya alat sewa per jam = Rp 444.000/jam
Biaya total sewa alat = Rp 444.000,00 x92 jam x 5 unit
= Rp 204.240.000

b. *Bulldozer*
Jumlah alat (n) = 1 unit
Volume timbunan = 15210,83 m^3
Produksi *Bulldozer* per jam (Q) =315,2 m^3/jam
Produksi *Bulldozer* seluruh alat = Q x n
= 315,2 m^3/jam x 1
= 315,2 m^3/jam
Waktu kerja *Bulldozer*
$= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{produksi Bulldozer seluruh alat}} = \frac{15210,83}{315,2} = 48,25 \text{ jam} \approx 49 \text{ jam}$
Biaya alat sewa per jam = Rp 388.000/jam
Biaya total sewa alat = Rp 388.000,00 x49 jam x 1 unit
= Rp 19.012.000

c. *Dumptruck*
Volume buangan = 19774,08 m^3
Produksi *excavator* per jam (Q) =1,931 m^3/jam
Produksi *excavator* = 80,75 m^3/jam
Jumlah *dumptruck* diperoleh dengan cara membagi nilai produktivitas *excavator* dengan nilai produktivitas *dumptruck*
Jumlah *dumptruck* (n)
$= \frac{\text{Produksi excavator}}{\text{produksi dump truck}} = \frac{80,75}{1,931} = 41,81 \text{ jam} \approx 42 \text{ jam}$
Waktu kerja *dumptruck* sama dengan waktu menggunakan *excavator* untuk mengangkuti ini adalah perhitungan untuk pekerjaan pengangkutan tanah oleh *dumptruck.*
Waktu kerja *dumptruck* = 92 jam
Biaya sewa alat per jam =Rp 287.800/jam
Biaya total sewa alat = Harga sewa x waktu kerja x n
= Rp 287.800 x 92 jam x 42 unit
= Rp 1.112.059.000

Tabel 11. Rekapitulasi perbandingan alternatif dengan *existing*

Alat Berat	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	*Existing*/proyek
Excavator	3	4	5	2
Bulldozer	1	2	1	1
Dump truck	42	42	42	18
Waktu (jam)	357 jam	254 jam	233 jam	565 jam
Biaya	Rp 2.085.630.000	Rp 1.612.938.000	Rp 1.335.311.200	Rp 1.717.723.600
Teoritis	Hasil analisis 1 ini didapatkan hasil kombinasi dan perhitungan waktu yang lebih cepat namun biaya yang lebih mahal	Hasil analisis 2 ini didapatkan hasil kombinasi dan perhitungan mendekati fakta di lapangan, waktu lebih cepat, biaya lebih murah dari fakta di lapangan, namun masiih lebih mahal dari analisis 3	Hasil analisis 3 ini didapatkan kombinasi lebih pas waktu lebih cepat, biaya lebih murah dari analisis 1, analisis 2 dan fakta di lapangan	Fakta pelaksanaan di lapangan

Setelah dilakukan perhitungan 3 alternatif kombinasi alat berat untuk kondisi di lapangan (*existing*), selanjutnya akan dilakukan perbandingan *aransement* waktu tersebut untuk mendapatkan alternatif yang lebih cepat dari segi waktu dan lebih murah dari segi biaya. Perhitungan alat berat yang digunakan di lapangan (*existing*) akan dijadikan sebagai pembanding terhadap yang telah dianalisis. Berikut adalah tabel rekapitulasi perbandingan alternatif dengan *existing.*

Pada **Tabel 11** ini dapat dilihat hasil perbandingan antara ketiga alternatif. Pada alternatif 1 menggunakan alat berat 3 unit *excavator* Komatsu PC 200-8, 1 unit *bulldozer* Komatsu D31P, dan 42 unit *dumptruck* Mitsubishi colt diesel 125 HD. Alternatif 2 menggunakan alat berat 4 unit *excavator* Komatsu PC 200-8, 2 unit *bulldozer* Komatsu D31P, dan 42 unit *dumptruck* Mitsubishi colt diesel 125 HD. Alternatif 3 menggunakan alat berat 5 unit *excavator* Komatsu PC 200-8, 1 unit *bulldozer* Komatsu D31P, dan 42 unit *dumptruck* Mitsubishi colt diesel 125 HD. Mengacu pada perhitungan perbandingan kondisi di lapangan (*existing*) dengan perhitungan alternatif, dicari hasil waktu yang lebih cepat dan biaya yang relatif murah. Sehingga dapat direkomendasikan dengan menggunakan alternatif 3 untuk melaksanakan pekerjaan galian dan buangan pada proyek Apartemen Allesandro CitraLand Vittorio Surabaya. Pada perhitungan 3 ini mempunyai kombinasi menggunakan 5 unit *excavator* Komatsu PC 200-8, 1 unit *bulldozer* Komatsu D31P, dan 42 unit *dumptruck* Mitsubishi colt diesel 125 HD, dengan selisih biaya Rp382.412.400 lebih

relatif murah dari kondisi asli di lapangan (*existing)* dan juga memiliki selisih waktu lebih cepat 332 jam dari kondisi asli di lapangan (*existing).*

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian dan pembahasan yang dilakukan maka didapatkan hasil sebagai berikut yaitu 2 unit *Excavator* Komatsu PC 200-8 didapatkan produksi sebesar 139,96 m^3/jam dengan memerlukan waktu selama 227 jam. 1unit *Bulldozer* Komatsu D31P didapatkan produksi sebesar 315,2 m^3/jam dengan memerlukan waktu selama 49 jam. 18 unit *Dumptruck Mitsubishi colt* diesel 125 HD di dapatkan produksi sebesar 34,76 m^3/jam dengan memerlukan waktu selama 289 jam. Dari perhitungan analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil kombinasi alat yang lebih tepat dari segi biaya yang lebih murah dan waktu yang secara efektif dari beberapa alternatif perhitungan yang dilakukan. Dari hasil analisis 1,2, dan 3, perhitungan yang menunjukkan hasil yang lebih efektif adalah alternatif 3 yang pilihan alat yang dapat digunakan adalah 5 unit *excavator*, 1 unit *bulldozer*, dan 42 unit *dumptruck*. Dengan jumlah tersebut di atas, maka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan adalah 233 jam dengan total biaya Rp 1.335.311.200.

REFERENSI

[1] BPS Kota Surabaya, "Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk, Distribusi Persentase Penduduk, Kepadatan Penduduk, Rasio Jenis Kelamin Penduduk Menurut Kecamatan di Kota Surabaya," Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: https://surabayakota.bps.go.id/id/statistics-table/3/V1ZSbFRUY3lTbFpEYTNsVWNGcDZjek53YkhsNFFUMDkjMw==/penduduk--laju-pertumbuhan-penduduk--distribusi-persentase-penduduk--kepadatan-penduduk--rasio-jenis-kelamin-penduduk-menurut-kecamatan-di-kota-surabaya--2023.html?year=2023

[2] I. Dipohusodo, *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid II*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 1996.

[3] Permen PUPR No 1, *Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*. Indonesia, 2022.

[4] S. P. Tauro, J. Tjakra, and G. Y. Malingkas, "Analisis Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Tanah (Studi Kasus Perencanaan Bandar Udara Lokasi Desa Pusungi Kec. Ampana Tete Kab. Tojo Una-una, Sulawesi Tengah)," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 1, no. 12, 2012.

[5] T. Sahusilawane, M. Bisri, and A. Rachmansyah, "Analisis Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Pembengkakan Biaya (Cost Overrun) pada Proyek Konstruksi Gedung di Kota Ambon," *Rekayasa Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 118–128, 2012.

[6] K. R. Sutanto, M. H. Kosasi, and A. Andi, "Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Galian Gedung P1 P2 UK Petra," *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, vol. 4, no. 1, 2015.

[7] S. F. Rostiyanti, *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Rineka Cipta, 2008.

[8] Rochmanhadi, *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 1992.