

ANALISIS PERHITUNGAN BIAYA OPERASIONAL ALAT BERAT EXCAVATOR DAN DUMP TRUCK PADA METODE PELAKSANAAN PEMBERSIHAN DAN ANGKUTAN SENDIMEN DANAU LEBO

*M.Muslim¹, Agus Partono², Ahmad Zarkasi³, Ringgi Puteri Samengasbumi⁴

¹Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah mataram, m61238038@gmail.com

²Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah mataram, m61238038@gmail.com

³Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah mataram, m61238038@gmail.com

⁴Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah mataram, ringgipsamengasbumi@gmail.com

Diterima: 25-05-2023 | Disetujui: 26-06-2023

ABSTRAK

Proyek penataan kawasan Danau Lebo Taliwang memiliki beberapa pekerjaan yang membutuhkan alat berat. Untuk pembersihan dan angkutan sendimen tersebut, sebelumnya diadakan perencanaan produktivitas penggunaan alat berat. Pekerjaan perhitungan ini untuk mengetahui berapa alat yang akan dipakai dan berapa biaya yang perlu dikeluarkan dalam waktu pekerjaan yang ditentukan untuk proyek tersebut. Penelitian ini merupakan metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual. Analisis yang dilakukan yaitu perhitungan produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan, dengan menentukan waktu siklus alat, penentuan faktor koreksi alat, perhitungan produksi persiklus, produksi perjam, besarnya harga sewa alat perjam, besarnya biaya dan waktu yang dibutuhkan selama alat bekerja, menentukan harga satuan pekerjaan alat berat yang tepat. Besarnya produktivitas alat berat dengan biaya dan waktu paling efektif dan efisien, menggunakan komposisi alat yaitu alternatif 1, excavator(E1) produktivitas sebesar 559,872 m³/hari, dumptruck(D1) produktivitas sebesar 143,272 m³/hari, dengan total biaya operasional Rp.24.282.400.000,00,dan total waktu pelaksanaan 16 unit Excavator dan 5 unit dump truck dengan volume galian 2.142.419,40 m³ adalah = 478 hari.

Kata kunci: Alat Berat, Biaya, Produktivitas dan Waktu Operasional

1. PENDAHULUAN

Pekerjaan teknik sipil meliputi pekerjaan struktur, jalan dan rekayasa hidrologi. Setiap pengerjaan proyek sipil harus terpadu dari segi biaya, waktu, tenaga dan mutu. Untuk menghemat waktu, biaya dan tenaga pekerjaan teknik sipil banyak melibatkan alat berat dalam pelaksanaannya. Penggunaan alat berat dalam pekerjaan konstruksi teknik sipil sudah menjadi kebutuhan. Alat berat yang digunakan dalam suatu proyek di buat untuk memudahkan pekerja sesuai dengan kegunaannya masing masing seperti alat berat untuk menggali, alat berat untuk pengangkut, alat berat untuk pemuat, alat berat untuk penghampar, dan alat berat untuk pematat.

Pemilihan alat berat yang akan dipakai dalam pekerjaan sipil sangat penting dalam keberhasilan suatu proyek, alat berat haruslah tepat dalam pemilihan dan penempatan sehingga proyek berjalan lancar. Kesalahan didalam pemilihan alat berat dapat mengakibatkan manajemen pelaksanaan proyek menjadi tidak tercapai, dengan demikian dapat mengakibatkan keterlambatan dalam penyelesaian suatu proyek. Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaan sehingga hasil yang diharapkan tercapai dan waktu yang digunakan relatif lebih singkat.

Pada proyek penataan kawasan Danau Lebo Taliwang ini meliputi macam – macam item pekerjaan, salah satunya adalah pekerjaan pembersihan sendimen danau. Pekerjaan ini nantinya berfungsi sebagai pondasi baru tanggul danau tersebut. Adapun pekerjaan ini meliputi pekerjaan pembersihan/galian dan angkutan sendimen. Dalam pelaksanaan pekerjaan pembersihan dan angkutan sendimen ini digunakan alat berat seperti excavator, dan dump truck. Penggunaan alat berat pada pekerjaan pembersihan dan angkutan sendimen merupakan peranan penting dalam hal kecepatan dan percepatan dalam proyek konstruksi. Nilai efektivitas dari suatu penggunaan alat berat seperti excavator dan dump truck dapat dinilai dari besarnya produktivitas alat tersebut.

2. LANDASAN TEORI

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Keberadaan alat berat dalam setiap proyek sangatlah penting guna menunjang pembangunan infrastruktur maupun dalam mengeksplorasi hasil tambang. Banyak keuntungan yang didapat dalam menggunakan alat berat yaitu waktu yang sangat cepat, tenaga yang besar, nilai-nilai ekonomis dan lainnya.

Alat berat dalam ilmu teknik sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu infrastruktur di bidang konstruksi. Menurut Rostiyanti (2014), alat berat merupakan faktor penting dalam pelaksanaan proyek terutama proyek besar yang tujuannya untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relative lebih singkat dan diharapkan hasilnya lebih baik.

Menurut Wilopo (2009) keuntungan-keuntungan yang diperoleh dalam menggunakan alat berat antara lain:

1. Waktu pekerjaan lebih cepat, mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
2. Tenaga besar, melaksanakan pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia.
3. Ekonomis, karena efisien, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor- faktor ekonomis lainnya.
4. Mutu hasil kerja yang lebih baik, dengan memakai peralatan berat.

- Excavator

Excavator (ekskavator) adalah alat berat yang terdiri dari lengan (*arm*), boom (bahu) serta bucket (alat keruk) dan digerakkan oleh tenaga hidrolis yang dimotori dengan mesin diesel dan berada di atas roda rantai (*trackshoe*).

Backhoe atau *pull shovel* menggunakan prime mover excavator, Bagian Utama dari Excavator:

1. Bagian atas, *revolving unit* (bisa berputar)
2. Bagian bawah, *travel unit* (untuk berjalan)
3. Bagian *attachment* yang dapat diganti.

Backhoe dikhususkan untuk penggalian yang letaknya dibawah kedudukan *backhoe* itu sendiri. Keuntungan *backhoe* jika dibandingkan terhadap *dragline* dan *clamsheel* yang fungsinya hampir sama adalah dapat menggali dengan kedalaman yang jauh lebih teliti, juga *backhoe* bisa digunakan sebagai alat pemuat bagi *truck*.

Gerakan-Gerakan *Backhoe* dalam beroperasi terdiri dari :

1. Mengisi *bucket* (*land bucket*)
2. Mengayun (*swing loaded*)
3. Membongkar beban (*dump loaded*)
4. Mengayun balik (*swing empty*)

Empat gerakan dasar tadi akan menentukan lama waktu siklus, tetapi waktu siklus ini juga dipengaruhi oleh ukuran *backhoe*, *Backhoe* yang berukuran kecil waktu siklus nya akan cepat daripada *backhoe* yang berukuran besar.

Dalam perhitungan *cut-fill* sebagai *engineer* kita harus mampu menentukan spesifikasi alat berat yang digunakan, dalam konteks ini adalah spesifikasi *excavator*. agar *excavator* yang kita pilih pada pekerjaan nanti mampu menyelesaikan pekerjaan secara optimum, baik dari segi biaya dan waktu.

Produksi *excavator* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini (Rochmanhadi, 1987):

$$Q = (q \times 3600 \times E) / C_m$$

Dimana:

$$Q = \text{Produksi per jam (m}^3\text{/jam)}$$

- q = Produksi per siklus (m³)
E = Efisiensi kerja
C_m = Waktu siklus dalam detik

Sedangkan kapasitas *bucket excavator* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987):

Rumus kapasitas bucket :

$$q = q' \times K$$

Dimana:

- q' = Kapasitas munjung (penuh) yang tercantum dalam spesifikasi alat
K = Faktor *bucket* yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah

Untuk menentukan faktor *bucket* diperlukan data yang sesuai dengan apa yang dikerjakan *excavator* di lapangan.

- *Dump truck*

Operator atau sopir sangat berperan penting dalam menempatkan *dump truck* pada waktu muat, karena produksi dari organisasi alat angkut dan gali ditentukan pada saat muat ini. Menempatkan *dump truck* dengan cepat pada posisi untuk dimuati agar *swing* dari alat sekecil-kecilnya. Operator alat gali biasanya akan mengatur penempatan *dump truck* yang akan dimuati, khusus untuk *dump truck* yang besar, pembantu sopir sangat diperlukan dalam mengatur penempatan *dump truck* pada posisi muat yang baik. *Dump truck* sebaiknya ditempatkan membelakangi alat gali, atau searah dengan *swing* alat gali agar memudahkan pemuatan. Khusus pada pemuatan batu-batu yang besar dengan menggunakan alat gali yang besar sebaiknya *dump truck* menghadap ke alat gali, agar batu-batu tidak menimpa kabin *dump truck*.

Dump truck adalah alat angkut jarak jauh, sehingga jalan angkut yang dilalui dapat berupa jalan datar, tanjakan dan turunan. Untuk mengendarai *dump truck* pada medan yang berbukit diperlukan keterampilan operator atau sopir. Operator harus segera mengambil tindakan gigi ke gigi rendah apabila mesin mulai tidak mampu bekerja pada gigi yang tinggi. Hal itu perlu dilakukan agar *dump truck* tidak berjalan mundur karena tidak mampu menanjak pada saat terlambat memindah pada gigi yang rendah. Pada jalan yang menurun perlu juga dipertimbangkan menggunakan gigi yang rendah, karena kebiasaan berjalan pada gigi yang tinggi dengan hanya mengandalkan rem (*brakes*) sangat berbahaya dan dapat berakibat kurang baik.

Pada waktu mengangkut ataupun kosong, perlu dihindari selip. Selip adalah keadaan kendaraan mendarat ke samping dan kendaraan tidak dapat dikuasai oleh operator. Selip ini biasanya terjadi jika roda berputar lebih cepat dari pada yang diperlukan untuk gerakan kendaraan, atau apabila putaran roda lebih lambat dari pada gerakan kendaraan, misalnya pada saat posisi kendaraan melakukan rem, atau dapat terjadi pada tikungan tajam tetapi posisi kendaraan dalam kecepatan tinggi. Membuang muatan (*dumping*) operator harus hati-hati dan cermat. Operator harus yakin bahwa roda-roda berada di atas permukaan tanah yang cukup kuat dan keras untuk menghindari supaya ban-ban tidak terperosok ke dalam tanah yang kurang baik, misalnya pada permukaan tanah hasil buangan sebelumnya.

Dump truck adalah kendaraan yang berfungsi membawa material dari atau lokasi, biasanya bekerja dengan alat berat lain sebagai pemuat seperti loader, backhoe dan lain lain. Syarat yang penting agar *dump truck* dapat bekerja secara efektif adalah jalan kerja yang keras dan rata, tetapi ada kalanya *dump truck* didesain agar mempunyai *cross country ability* yaitu suatu kemampuan berjalan di luar jalan biasa. kemampuan *dump truck* di dalam menerima material juga tergantung besaran kapasitas pengangkut nya.

Untuk menghitung produksi *dump truck* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987) :

$$Q = (C \times 60 \times E) / C_m$$

Dimana:

- Q = Produksi per jam (m³/jam).
C = Kapasitas rata-rata *dump truck* (m³) .
E = Efisiensi kerja.

C_m = Waktu siklus dalam menit

Waktu siklus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987) :

$$C_m = n \times C_{ms} + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2$$

$$n = \frac{c}{(q \times k)}$$

Dimana:

n = jumlah siklus yang dibutuhkan pemuat untuk memuat *truck*

c = kapasitas rata-rata *dump truck* (m³)

q' = kapasitas *bucket* pemuat (*loader/excavator, menit*) (m³)

k = faktor *bucket* pemuat

C_{ms} = waktu siklus pemuat (*loader/excavator, menit*)

D = jarak angkat *dump truck* (m)

V_1 = kecepatan rata-rata *dump truck* bermuatan (m/menit)

V_2 = kecepatan rata-rata *dump truck* kosong (m/menit)

t_1 = waktu buang, *standby* sampai pembuangan mulai (menit)

t_2 = waktu untuk posisi pengisian dan pemuatan mulai mengisi (menit)

3. METODE PENELITIAN

Langkah studi

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan yang bertujuan untuk mempermudah jalannya penelitian seperti, pengumpulan data, analisis serta penyusunan laporan.

2. Analisis alat berat

Alat yang akan digunakan pada perencanaan pekerjaan tersebut adalah alat berat *excavator* dan *dump truck*.

1. Pengolahan data

Pengumpulan data dilakukan dengan membuat catatan pada alat berat *excavator* dan *dump truck*.

Pengumpulan data

Sumber utama penelitian yang digunakan adalah:

1. Data Primer: Data diambil langsung dari laporan perencanaan dengan menggunakan alat berat yang digunakan berupa *excavator* dan *dump truck*.
2. Data Sekunder : Data atau sumber tidak langsung diperoleh dari pihak lain. Data tambahan untuk investigasi ini adalah data dari mereka yang terlibat dalam investigasi terkait penggunaan alat berat dalam proyek Danau Lebo.

2. Analisis data

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut. Pada tahap pengolahan atau analisis, data yang diperoleh dari rumus-rumus yang ada dihitung dan dieksekusi, dan hasil pengolahan data tersebut dapat digunakan kembali untuk analisis data lainnya, dan hasil akhir dari analisis alat berat, Berdasarkan tujuan penelitian, penelitian ini menggunakan metode analisis data.

Ada beberapa langkah- langkah sebelum melakukan pengolahan data antara lain :

1. Melakukan studi pustaka yang didapat dari berbagai buku-buku literatur.
2. Merangkum teori yang berhubungan yang saling terkait.

3. Mengumpulkan data dari penjelasan yang didapat langsung dari laporan perencanaan.

Melakukan penyusunan hal-hal yang akan dihitung dengan cara perhitungan manual adalah seperti :

1. Menghitung biaya produktivitas alat berat.
2. Biaya penyewaan alat.
3. Menghitung total biaya operasional alat berat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Produktivitas Alat Berat

- *Excavator*

Tipe : Kobelco *excavator* SK260LC-10 0.63 m³ *Long Arm*.

Kapasitas bucket (q') : 0,63 m³

Efisiensi kerja (E) : 0,81 (baik, tabel 2.5 efisiensi kerja)

Faktor bucket (K) : 0,9 (ringan tabel 2.6 faktor bucket)

Waktu gali : 9 detik (rata-rata, 0 m- 2m, tabel 2.6 waktu gali)

Waktu putar : 7 detik

Waktu buang : 5-8 detik~7detik (tabel 2.7 waktu putar)

Produktivitas *excavator* untuk menggali.

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus (Cm)} &= \text{waktu gali} + (2 \times \text{waktu putar}) + \text{waktu buang} \\ &= 9 + (2 \times 7) + 7 \\ &= 30 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi per siklus (q)} &= q' \times K \\ &= 0,80 \times 0,90 \\ &= 0,72 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Produktivitas *excavator* per jam (m³/jam)

$$\begin{aligned} Q &= (q \times 3600 \times E) / Cm \\ &= (0,72 \times 3600 \times 0,81) / 30 \\ &= 69,98 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Produktivitas *excavator* perhari

$$\begin{aligned} &= 69,98 \times 8 \text{ (asumsi 1 hari 8 jam kerja)} \\ &= 559,872 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

- *Dump truck*

Produksi *dump truck* yang di kombinasikan dengan *excavator* sebagai berikut.

Kapasitas bak *dump truck* (c) : 7 m³ (tabel 2.2)

Factor *bucket* pemuat (K) : 0,9 (ringan, tabel 2.6 faktor *bucket*)

Efisiensi kerja (E) : 0,78 (tabel 2.5 efisiensi kerja)

Waktu angkut bermuatan (ta1) : 10,5 menit

Waktu angkut kosong (ta2) : 6,8 menit

Waktu buang (t1) : 1,2 menit(sedang, tabel 2.9)

Waktu tunggu (t_2) : 0,30 menit (sedang, tabel 2.10)

Waktu siklus pemuat (Cms) : 1 menit

Produktivitas dump truck yang dimuat oleh excavator

Untuk produktivitas *dump truck* yang dimuat oleh *excavator* pada pekerjaan ini menggunakan *excavator* kapasitas *bucket* 0,80 m³ dengan waktu siklus pemuat menjadi 0,38 menit.

Jumlah siklus excavator untuk mengisi dump truck (n)

$$\begin{aligned} (n) &= c/(q \times k) \\ &= 7/(0,80 \times 0,9) \\ &= 9,72 \text{ dijadikan } 10 \text{ kali siklus} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi per siklus (C)} &= n \times q' \times K \\ &= 10 \times 0,80 \times 0,9 \\ &= 7,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus (Cm)} &= n \times Cms + ta_1 + ta_2 + t_1 + t_2 \\ &= 10 \times 0,38 + 10,5 + 6,8 + 1,2 + 0,30 \\ &= 22,6 \text{ menit} \\ &= 22,6 \times 60 \\ &= 1356 \text{ detik} \end{aligned}$$

Produktivitas per jam (m³/jam)

$$\begin{aligned} Q &= (C \times 3600 \times E)/Cm \\ &= (7,2 \times 3600 \times 0,78)/1356 \\ &= 14,909 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Produktivitas *dump truck* per hari

$$\begin{aligned} &= 14,909 \times 8 \\ &= 143,272 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Jumlah Alat Dan Lama Waktu Pengerjaan

Excavator type kobelco SK210LC-10 0,80 m³ Long Arm

Jumlah *excavator* yang dibutuhkan :

jam kerja diperlukan $t = (\text{volume sendimen}) / (\text{produksi per hari})$
 $t = (2.142.419,40) / (559,872)$

$$t = 3826,62 \text{ jam}$$

jam kerja tersedia $t_1 = 30 \times \text{jam kerja tersedia}$

$$t_1 = 30 \times 8$$

$$t_1 = 240 \text{ jam}$$

Jumlah *excavator* yang diperlukan

$$\begin{aligned} n &= \text{jam kerja perlu} / \text{jam kerja} \\ &= 3826,62 / 240 \end{aligned}$$

$$= 15,94 \sim 16 \text{ unit}$$

Lama waktu pekerjaan :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah hari yang dibutuhkan} &= \text{waktu kerja perhari/total kerja} \\ &= 8 / 3826,62 \\ &= 478 \text{ hari} \end{aligned}$$

Pada penggunaan alat berat *excavator* pada alternatif 1 ini menggunakan 16 unit *excavator*.berikut adalah perhitungan biaya operasional *excavator* pada alternatif 1.

$$\begin{aligned} \text{Harga sewa alat} &: 180.000,00 / \text{jam} \\ \text{Bahan bakar} &: 20 \text{ liter /jam} \times 6,800,00 = 136.000,00 / \text{jam} \\ \text{Operator} &: 250.000,00 / \text{hari} / 8 \text{ jam} = 31.250,00 / \text{jam} \\ \text{Harga sewa} &: 180.000,00 + 136.000,00 + 31.250,00 \\ &= 347.250,00 / \text{jam} \\ &= 347,250,00 \times 8 \\ &= 2.778.000,00 / \text{hari} \\ &= 2.778.000,00 \times 478 \\ &= 1.327.884.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total keseluruhan biaya} &= \text{total biaya} \times \text{jumlah alat} \\ &= 1.327.884.000,00 \times 16 \text{ unit} \\ &= \text{Rp.}21.246.144.000,00 \end{aligned}$$

Dump truck

$$\begin{aligned} \text{Volume yang diangkut} &= 2.142.419,40 \text{ m}^3 \\ \text{Produksi } \textit{dump truck} \text{ perjam} &= 14,909 \text{ m}^3 / \text{jam} \\ \text{Produksi } \textit{excavator} \text{ perjam} &= 69,98 \text{ m}^3 / \text{jam} \\ \text{Produksi } \textit{excavator} \text{ dalam pekerjaan menggali dan mengangkut ke dalam } \textit{dump truck}. & \end{aligned}$$

Jumlah *dumprtruck* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } \textit{dump truck} \text{ n} &= \frac{\text{Produktivitas } \textit{excavator long arm} 0.83 \text{ (per jam)}}{\text{Produktivitas } \textit{dump truck} \text{ (Per Jam)}} \\ &= 69,98 \text{ m}^3 / \text{jam} / 14,909 \text{ m}^3 / \text{jam} \\ &= 4,69 \text{ ----- } 5 \text{ unit per jam} \end{aligned}$$

Waktu kerja *dump truck* sama dengan waktu *excavator* dalam pengangkutan ke *dump truck* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{volume angkutan}}{\text{Produksi } \textit{excavator} \text{ perhari}} \\ &= 2.142.419,40 \text{ m}^3 / 559,872 \\ &= 3826,62 \text{ jam} \\ &= 3826,62 \text{ jam} / 8 \text{ (waktu kerja perhari)} \\ &= 478 \text{ hari} \end{aligned}$$

Pada penggunaan alat berat *dump truck* pada alternatif 1 ini menggunakan 5 unit *dump truck*, berikut adalah perhitungan biaya operasional *dump truck* pada alternatif 1.

$$\begin{aligned} \text{Harga sewa alat} & : 300.000,00 / \text{hari} / 8 \text{ jam} = 37.500,00 / \text{jam} \\ \text{Bahan bakar} & : 16 \text{ liter} / \text{jam} \times 6.800,00 = 108.800,00 / \text{jam} \\ \text{Operator} & : 100.000,00 / \text{hari} / 8 \text{ jam} = 12.500,00 / \text{jam} \\ \text{Harga sewa} & : 37.500,00 + 108.800,00 + 12.500,00 \\ & = 166.300,00 / \text{jam} \\ & = 158.800,00 \times 8 \\ & = 1.270.400 / \text{hari} \\ & = 1.270.400,00 \times 478 \\ & = 607.251.200,00 \\ \text{Total keseluruhan biaya} & \\ & = \text{total biaya} \times \text{jumlah alat} \\ & = 607.251.200,00 \times 5 \text{ unit} \\ & = \text{Rp.3.036.256.000,00} \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis diatas pada pekerjaan pembersihan dan angkutan sendimen Danau Lebo Taliwang dengan luas volume sebesar 2.142.419,40 m³ dan dapat disimpulkan penggunaan alat yang lebih produktif, dan lebih efisien dalam segi waktu dan biaya adalah alternatif 1 sebagai berikut :

1. Produktivitas alat berat pada alternatif 1 (E1+D1) sebesar 559,872 m³/hari dan sebesar 143,272 m³/hari. dan lama waktu pekerjaan selama 478 hari. produktivitas alat berat pada alternatif 2 (E1+D2) sebesar 559,872 m³/hari dan sebesar 87,928 /hari, dan lama waktu pekerjaan selama 478 hari. produktivitas alat berat pada alternatif 3 (E2+D1) sebesar 440,899 m³/hari dan sebesar 116,24 /hari, dan lama waktu pekerjaan selama 607 hari. produktivitas alat berat pada alternatif 4 (E2+D2) sebesar 440,899 m³/hari dan sebesar 85,976 /hari, dan lama waktu pekerjaan selama 607 hari.
2. Total biaya operasional penggunaan alat berat pada alternatif 1 (E1+D1), (16 unit) dan (5 unit) sebesar Rp.24.282.400.000,00, total biaya operasional penggunaan alat berat pada alternatif 2 (E1+D2), (16 unit) dan (7 unit) sebesar Rp.24.783.535.200,00, total biaya operasional penggunaan alat berat pada alternatif 3 (E2+D1),(21 unit) dan (4 unit) sebesar Rp.29.929.363.200,00, total biaya operasional penggunaan alat berat pada alternatif 1 (E2+D2) (16 unit) dan (6 unit) sebesar Rp.30.058.154.400,00.

6. SARAN

Diharapkan untuk penelitian atau perencanaan studi selanjutnya diharapkan memperbanyak alternatif dengan kapasitas produksi yang berbeda sehingga mampu mendapatkan nilai efisien produktivitas, jumlah alat berat, waktu dan biaya operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Rochmanhadi (1982), *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Rostiyanti, (2014), *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Wilopo, D. (2009). *Metode Konstruksi Dan Alat Berat*. Universitas Indonesia Jakarta.
- Rasyid, Muhammad Rusli (2008), *Analisis Produktivitas Alat-Alat Berat Proyek*, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

- (Sokop et al., 2018) Sokop, R. M., Arsjad, T. T., & Malingkas, G. (2018). Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat Gali-Muat (Excavator) Dan Alat Angkut (Dump Truck) Pada Pekerjaan Pematangan Lahan Perumahan Residence Jordan Sea.
- Indriatma, Bayu dan Prastyanto, Iwan (2005), Analisis Manajemen Alat Berat Pada Pekerjaan Persiapan Proyek Stadion Sleman, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Wardani, P. I. K., Ratih, S. Y., & Primantari, L. (2022). Analisis Produktivitas Alat Berat Excavator dan Dump Truck (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indoor Manahan Kota Surakarta). *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 4(2), 46-51.
- Nugraha (2020). analisis produktivitas alat berat excavator dan dump truk Studi Kasus : Proyek Peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Kobelco-usa.com.(2013),[https://kobelco-usa.com/media/1526f5f5-9df6-4721-bf41-49d68f28b936/6cvh9q/brochures/long %20Reach/KOBELCO%20SK210LC-10%20spec%20long%20reach_na.pdf](https://kobelco-usa.com/media/1526f5f5-9df6-4721-bf41-49d68f28b936/6cvh9q/brochures/long%20Reach/KOBELCO%20SK210LC-10%20spec%20long%20reach_na.pdf)
- zigwheels.co.id(2020)[https://www.zigwheels.co.id/truk-baru/hino/dutro-dump-130-hdlsd/ spesifikasi/hdlsd/spesifikasi/](https://www.zigwheels.co.id/truk-baru/hino/dutro-dump-130-hdlsd/spesifikasi/hdlsd/spesifikasi/).