

ANALISIS PELAKSANAAN PEKERJAAN PEMUATAN DAN PENGANGKUTAN MATERIAL HASIL GALIAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN BENER

Ilham Arsyansyah Putra ¹, Gurawan Jati Wibowo ²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Surakarta, Jawa Tengah

Email : ilhamarsyansyahputra@gmail.com

Abstrak

Proyek pembangunan Bendungan Bener berada di Kabupaten Purworejo Jawa Tengah. Bendungan Bener merupakan bendungan tertinggi di Indonesia dengan tinggi bendungan 169 m. Proyek Bendungan Bener, khususnya pada pekerjaan muat dan angkut hasil galian semuanya menggunakan alat berat. Alat berat yang dipakai pada pekerjaan muat dan angkut adalah Dump Truck dan Excavator. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui produktivitas alat berat, mengetahui keadaan (Macth Factor) antara alat muat angkut, dan mengetahui analisis biaya alat muat dan angkut. Penelitian ini menggunakan metode deskripsi analisis. Dengan menghitung waktu edar alat, dan faktor yang mempengaruhi dalam kegiatan penggalian sehingga dapat diketahui produktivitas alat berat. Setelah mendapatkan produktivitas kemudian dilakukan perhitungan match factor dan menganalisis biaya yang dikeluarkan pada alat gali dan muat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa produktivitas alat berat pada pekerjaan penggalian di bendungan utama dengan rata-rata excavator sebanyak 3 unit dan dump truck sebanyak 14 unit. Untuk alat muat hasil produksi sebesar 84,29 m³/jam, sedangkan untuk alat angkut produksi sebesar 16,38 m³/jam. Biaya operasional alat berat muat dan angkut bisa lebih efisien jika menggunakan 3 unit excavator dan 24 unit dumptruck dengan memangkas waktu pengerjaan sebanyak 170 hari dan menghemat pengeluaran untuk pengoperasional alat berat sebesar Rp. 1,971,280,000.00.

Kata kunci : Alat Berat, Analisis Biaya , Produktivitas

1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan Bendungan Bener terletak di Kecamatan Bener, Kabupaten Purworejo Jawa Tengah. Bendungan Bener membendung aliran Sungai Bogowonto di bagian hulu, yang arah aliran sungai berasal dari kaki Gunung Sumbing. Bendungan Bener merupakan bendungan tertinggi di Indonesia dengan tinggi bendungan 169 m, lebar dasar ± 470 m, panjang timbunan 534 m, dan lebar puncak 12 m. Bendungan Bener memiliki banyak manfaat antara lain sebagai penyediaan air baku, sebagai PLTA, mengurangi debit banjir, mengairi lahan pertanian, pariwisata, perikanan, dan konservasi das Bogowonto (Kusumo, 2022).

Pada Proyek Pembangunan Bendungan Bener, untuk pekerjaan muat dan angkut hasil galian semuanya memakai alat berat. Alat berat yang dipakai pada pekerjaan muat dan angkut adalah Excavator PC 200, dan Dump Truck 24 m³. Tujuan digunakannya alat berat adalah untuk mempermudah pekerjaan proyek, sehingga lebih

mudah untuk mencapai target yang telah ditetapkan dengan waktu perkerjaan yang relatif cepat (Kholil, 2012).

Analisis produktivitas adalah metode perhitungan untuk menentukan produksi alat berat. Dengan memperhatikan *cycle time* alat untuk menentukan produktivitas setiap alat berat. Dengan mengetahui produktivitas alat berat untuk pekerjaan pemuatan dan pengangkutan yaitu *excavator* dan *dump truck* (Ramadhani and Hamzah Hasyim, 2017).

Selanjutnya pada kegiatan pengangkutan hasil galian keserasian alat muat dan angkut merupakan suatu persamaan sistematis yang dipakai untuk menentukan tingkat keselarasan kerja antara *excavator* dan *dump truck*. Untuk memperlancar kegiatan muat dan angkut dibutuhkan keserasian antara alat muat dan alat angkut sehingga produksi yang dihasilkan akan optimal (Natalia, 2021).

Penentuan jumlah alat berat yang tidak sesuai dengan keadaan di lapangan akan sangat berpengaruh pada produktivitas alat berat dan

tidak akan mencapai target yang telah ditentukan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan analisis produktivitas pemuatan dan pengangkutan alat berat agar dapat melakukan kegiatan produksi secara efektif dan efisien di lokasi proyek.

Tujuan penelitian pada Proyek Pembangunan Bendungan Bener Purworejo secara umum adalah untuk mengevaluasi produktivitas alat angkut dan muat pada pekerjaan galian tubuh bendungan tumpuan kiri, mengetahui keadaan (*Macth Factor*) antara *excavator* dan *dump truck*, mengetahui analisis biaya *excavator* dan *dump truck* pada kegiatan galian tanah, galian batu mekanis, dan galian batu *blasting* pada lokasi bendungan utama, dan mengetahui kendala teknis dan non teknis yang terjadi selama pelaksanaan pekerjaan di lokasi bendungan utama.

2. METODOLOGI

3.1. Teknik Pengumpulan Data

Untuk teknik pengumpulan data dibagi menjadi 2 yaitu pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer dan sekunder yang diperoleh pada penelitian ini antara lain:

2.2.1. Data Primer

Metode ini merupakan metode dengan cara pengumpulan data secara langsung ke lokasi proyek dengan melakukan observasi langsung untuk mengumpulkan data yang diperlukan dan melakukan wawancara dengan pengawas di lapangan untuk penunjang data yang diambil.

2.2.2. Data Sekunder

Data sekunder ini diperoleh langsung dari PT. VTS yang merupakan subkontrator *cut and fill* pada Proyek Pembangunan Bendungan Bener Paket 3. Berikut ini adalah data sekunder yang didapatkan :

Alat berat yang digunakan untuk muat dan angkut berupa *excavator*, *dump truck*.

Material yang diangkut adalah hasil galian tanah, galian batu keras dengan mekanis, galian batu keras hasil *blasting*.

Data volume pekerjaan galian yang disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1
Data Volume Pekerjaan Galian Bendung Utama Paket 3

No.	Jenis Pekerjaan	Volume (m ³)
1.	Galian tanah di bendungan utama diangkut ke disposal dengan jarak maksimal 1 km.	248,427.21
2.	Galian Batu Keras di bendungan utama dengan mekanis diangkut ke <i>stockpile</i> dengan jarak maksimal 1 km.	254,230.55
3.	Galian Batu Keras dengan <i>blasting</i> di bendungan utama diangkut ke <i>stockpile</i> dengan jarak maksimal 1 km.	430,636.46

(sumber : PT. VTS, 2022)

3.2. Analisis Data

Untuk mendapatkan hasil dari tujuan penelitian, data yang sudah terkumpul akan dilakukan analisis. Berikut adalah tahapan-tahapnya :

- 1) Menentukan produktivitas setiap alat berat untuk memperoleh jumlah alat berat yang optimum.
- 2) Menghitung faktor keserasian alat muat angkut yang bertujuan untuk mendapatkan tingkat keserasian kerja antara *excavator* dan *dump truck* sehingga produksi yang dihasilkan akan optimal.
- 3) Menganalisis perbandingan alat muat dan angkut rencana dengan kondisi real dan menjelaskan kendala yang terjadi di lapangan.
- 4) Menganalisis biaya *excavator* dan *dump truck* pada kegiatan galian tanah, galian batu mekanis, dan galian batu *blasting* pada lokasi bendungan utama.

2.2.1. Rumus Menghitung Produktivitas Alat Berat

Berdasarkan alat berat yang dipakai, perhitungan produktivitas alat berat dilakukan dengan rumus :

5) *Excavator*

Perhitungan kapasitas *bucket* dari *excavator* dilakukan menggunakan rumus (Rochmanhadi,1992):

$$q = \frac{q' \times K}{3600} \tag{1}$$

dengan :

q = Kapasitas *bucket* (m³).

q' = Maksimal kapasitas yang tertera pada spesifikasi alat berat (m³).

K = Faktor *bucket* (nilainya menyesuaikan dengan tipe & keadaan material).

Waktu Siklus (*Cycle Time*) adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat mekanis untuk menyelesaikan kegiatan tertentu dari awal hingga selesai dan siap untuk memulainya kembali. Kemampuan operator, kondisi lalu lintas jalan, cuaca, dan metode pelaksanaan alat yang dilakukan sangat berpengaruh terhadap waktu siklus dari *excavator* dan *dump truck* (Kholil, 2012). Perhitungan *Cycle time excavator* dilakukan dengan rumus (Rochmanhadi, 1985):

$$Cm = \text{waktu gali} + (\text{waktu putar} \times 2) + \text{waktu buang} \tag{2}$$

Kapasitas produksi *excavator* dihitung menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1985):

$$P = \frac{q \times k \times 3600 \times E}{Cms} \tag{3}$$

dengan :

P = Produktivitas *excavator* (m³/jam)

Cms = Waktu siklus (detik)

q = Kapasitas *bucket* (m³)

E = Faktor efisiensi

K = Faktor pengisian *bucket*

Dump truck

Perhitungan jumlah siklus *excavator* untuk mengisi *dump truck* dilakukan dengan rumus (Rochmanhadi, 1985):

$$n = \frac{C_1}{q_1} \times K \tag{4}$$

dengan :

C_1 = Rata-rata kapasitas alat angkut

q_1 = Kapasitas *bucket* dari alat muat

K = Faktor *bucket* dari alat muat

Perhitungan kapasitas *dump truck* dilakukan dengan rumus (Rochmanhadi, 1985):

$$C = n \times q_1 \times K \tag{5}$$

Perhitungan waktu siklus *dump truck* dilakukan dengan rumus (Rochmanhadi, 1985):

$$Cmt = (n \times Cms) + \frac{D}{V_1} + t_1 + \frac{D}{V_2} + t_2 \tag{6}$$

dengan :

Cmt = *Cycle time dump truck* (menit)

Cms = *Cycle time excavator* (menit)

t_1 = Waktu membuang material (menit)

t_2 = Waktu akan mengisi (menit)

D = Jarak angkut *dump truck* (m)

V_1 = Kecepatan *truck* keadaan isi (m/menit)

V_2 = Kecepatan *truck* kosong (m/menit)

n = Jumlah siklus *excavator* untuk mengisi *dump truck*

C_1 = Kapasitas rata-rata *dump truck* (m³)

q_1 = Kapasitas *bucket excavator* (m³)

K = Faktor *bucket*

Produktivitas kerja *dump truck* dihitung menggunakan rumus (Rochmanhadi, 1985) :

$$P = \frac{C \times 60 \times E}{Cmt} \tag{7}$$

dengan :

P = Produktivitas *dump truck* (m³/jam)

C = Kapasitas muatan *dump truck* (m³)

E = Faktor efisiensi
 Cmt = Cycle time (menit)
 K = Faktor bucket

2.2.2. Perhitungan Faktor Keserasian (Match Factor)

Untuk menunjukkan keserasian kerja antara *excavator* dan *dump truck*, dapat dihitung dengan menggunakan *match factor*. Untuk mencari keserasian *excavator* dan *dump truck* dihitung dengan persamaan (Suwandi,2001) :

$$MF = \frac{nH \times CtL \times n}{nL \times CtH} \quad (8)$$

dengan :

MF = Faktor keserasian
 nH = Jumlah *dump truck* (unit)
 CtL = Waktu siklus *excavator* (menit)
 n = Jumlah pengisian (*bucket*)
 nL = Jumlah unit *excavator* (menit)
 CtH = Waktu siklus *dump truck* (menit)

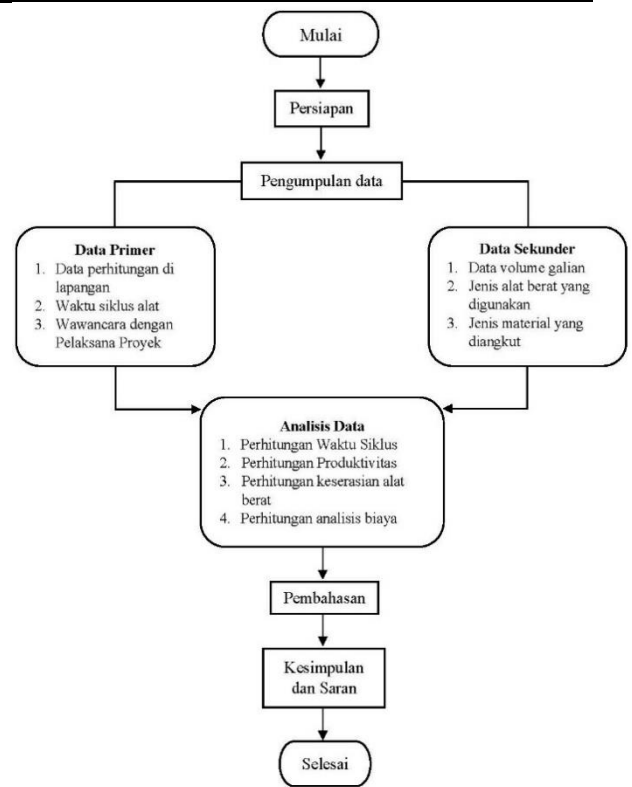
Dengan nH , CtL , n , nL , dan CtH masing masing adalah jumlah alat angkut *dump truck*, waktu siklus *excavator*, jumlah pengisian, jumlah unit *excavator*, waktu siklus *dump truck*. Akan muncul tiga kemungkinan jika penentuan faktor keserasian alat berat dihitung menggunakan rumus tersebut (Suwandi,2001):

- 6) $MF < 1$, Artinya *dump truck* bekerja 100% dan *excavator* bekerja kurang dari 100% sehingga *excavator* lebih sering muncul waktu tunggu.
 - 7) $MF = 1$, Artinya alat berat *excavator* dan *dump truck* bekerja 100% sehingga tidak ada waktu tunggu bagi kedua alat sama sama sibuk.
- $MF > 1$, Artinya *excavator* bekerja 100% dan *dump truck* bekerja kurang dari 100% sehingga *dump truck* lebih sering muncul waktu tunggu.

Tidak mudah untuk memperoleh $MF=1$, namun nilai MF ini harus diusahakan mendekati angka 1 dengan melakukan beberapa percobaan dan dengan memperhatikan target produksi yang telah ditentukan oleh perusahaan.

3.3. Bagan Alir Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian ini tertuang dalam diagram alir pada Gambar 1. berikut ini :



Gambar 1. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Lokasi Proyek Bendungan Bener

(sumber : PT.VTS, 2022)

Alat Berat yang digunakan untuk kegiatan muat dan angkut ditampilkan pada Gambar 3. dan Gambar 4.

- 1) *Excavator PC 200*



Gambar 3. Excavator PC 200

(Sumber : PT.VTS, 2022)

2) *Dump Truck*



Gambar 4. Dump Truck 24 m³

(Sumber : PT.VTS, 2022)

Pemindahan material hasil galian adalah pemindahan suatu lapisan tanah atau batuan yang posisinya berada di galian rencana pondasi bendungan. Untuk pekerjaan galian di bendungan utama dibagi menjadi 3 yaitu pekerjaan galian tanah, galian batu keras mekanis menggunakan alat *breaker*, dan pekerjaan galian batu keras menggunakan metode *blasting*/peledakan. Untuk mewujudkan kondisi kegiatan pengangkutan hasil galian diperlukan alat yang mendukung dalam pekerjaan pemuatan dan pengangkutan. Kegiatan galian *main dam* direncanakan selama 1 tahun, dengan material rencana yang akan digali sebanyak 933,294.22 m³.

3.1. Efisiensi kerja

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara jam aktual bekerja / waktu kerja efektif dengan jam kerja yang tersedia. Waktu kerja aktual menunjukkan jumlah jam kerja aktual yang dihabiskan untuk aktivitas produksi (Sholihuddin

and Prawito, 2022). Perhitungan waktu kerja efektif dilakukan dengan rumus :

$$We = Wt - (Wd + Wtd)$$

dengan :

We = waktu kerja yang efektif

Wt = waktu kerja yang tersedia

Wd = Total waktu menganggur

Wtd = waktu tunda total

Jadwal Kerja Proyek Pembangunan Bendungan Bener yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jadwal Kerja Pembangunan Bendungan Bener

Jadwal Kerja	Keterangan	Waktu (Jam)
08.00-12.00	Waktu bekerja	4
12.00-13.00	Waktu istirahat	1
13.00-17.00	Waktu bekerja	4
17.00-20.00	Lembur	3
Total		11

Untuk hari jumat istirahat makan siang dimulai pukul 11.00-13.00 dan tidak ada jam lembur, sehingga jam kerja dikurangi menjadi 7 jam dan pada hari minggu tidak ada jam lembur sehingga jam kerja menjadi 8 jam.

Jam kerja efektif proyek akan menjadi:

$$= ((11 \times 5) \text{ jam/minggu} + (7 \times 1) \text{ jam/minggu} + (8 \times 1) \text{ jam/minggu}) / 7 \text{ hari/minggu}$$

$$= 10 \text{ jam}$$

$$= 600 \text{ menit}$$

3.2. Waktu Siklus (Cycle Time) Alat Muat dan Alat Angkut

Waktu siklus *excavator* dan *dump truck* yang didapatkan dari perhitungan di lapangan adalah :

3.2.1. Waktu siklus Excavator :

- Waktu menggali : 8 detik
- Waktu putar : 4 detik

- Waktu membuang : 4,5 detik
- Waktu putar : 4 detik
- Total Waktu Siklus : 20,5 detik

sebesar 84,29 m³/jam dan produktivitas alat angkut *dump truck* sebesar 16,38 m³/jam.

3.2.2. Perhitungan waktu siklus / Cycle Time Dump Truck

Perhitungan jumlah siklus *excavator* untuk mengisi *dump truck* dilakukan dengan rumus :

$$n = \frac{C_1}{q_1} \times K$$

$$n = \frac{16}{1} \times 0,9$$

$$n = 14,4$$

Perhitungan waktu siklus *dump truck* dilakukan dengan rumus :

$$Cmt = (n \times Cms) + \frac{D}{V_1} + t_1 + \frac{D}{V_2} + t_2$$

$$Cmt = (14,4 \times 0,34) + \frac{600}{35} + 1 + \frac{600}{45} + 3$$

$$Cmt = 39,40 \text{ menit}$$

3.3. Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut

Menghitung Produktivitas *Excavator*

$$P = \frac{q \times k \times 3600 \times E}{Cms}$$

$$P = \frac{1 \times 0,8 \times 3600 \times 0,6}{20,5}$$

$$P = 84,29 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menghitung Produktivitas *Dump Truck*

$$P = \frac{C \times 60 \times E}{Cmt}$$

$$P = \frac{12,96 \times 60 \times 0,83}{39,40}$$

$$P = 16,38 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jadi setelah melakukan perhitungan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1985) maka didapat produktivitas alat muat *excavator*

3.4. Faktor Keselarasan Kerja Alat Berat

Faktor keserasian *excavator* dengan *dump truck* dapat dihitung dengan rumus:

$$MF = \frac{nH \times CtL \times n}{nL \times CtH}$$

$$MF = \frac{14 \times 0,34 \times 14}{3 \times 39,40}$$

$$MF = 0,57$$

$MF < 1$, artinya alat berat *excavator* akan sering muncul waktu tunggu, sementara *dump truck* sibuk.. Sehingga terjadi waktu tunggu *excavator*. Hal ini dikarenakan produksi *excavator* lebih besar dari pada *dump truck* sehingga ada kondisi *dump truck* sibuk dalam bongkar muat pada saat *excavator* lebih banyak menunggu, sehingga terdapat waktu tunggu *excavator*. Perhitungan waktu tunggu *excavator* dilakukan dengan rumus :

$$\begin{aligned} Wtm &= \frac{Nm \times CTa}{Na} - Ctm \\ &= \frac{3 \times 39,40}{14} - 0,34 \\ &= 8,10 \text{ menit} \end{aligned}$$

Jadi waktu menunggu *excavator* adalah 8,10 menit. Artinya tidak efektif, solusinya harus ada penambahan jumlah *dump truck* agar keserasian alat muat dan alat angkut tercapai. Untuk mengoptimalkan kinerja alat dan keserasian alat muat angkut diperlukan 3 armada *excavator* dan 24 armada *dump truck*. Artinya perlu penambahan sebanyak 10 armada *dump truck*.

3.5. Analisis Perbandingan Alat Muat dan Angkut rencana dengan kondisi real

Analisis perbandingan alat berat muat dan angkut rencana dengan kondisi real di lapangan pada bulan November 2022 ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3
Analisis Perbandingan alat berat rencana dengan kondisi real di lapangan :

No.	Nama	Rencana	Real
1.	<i>Excavator</i>		
	Jumlah	5 Unit	3 Unit
	Produktivitas	53,27 m ³ /jam	84,29 m ³ /jam
2.	<i>Dump Truck</i>		
	Jumlah	21 Unit	14 Unit
	Produktivitas	13,71 m ³ /jam	15,21 m ³ /jam
3.	Volume per hari	3500 m ³	2256,97 m ³
4.	Volume per bulan	105.000 m ³	67.709,24 m ³
5.	Jam kerja	12 Jam	10 Jam
6.	Progres	100 %	69,74 %

Berdasarkan data yang diperoleh dari tabel 3. analisis perbandingan alat berat rencana dengan kondisi real di lapangan, produktivitas *excavator* dan *dump truck* melebihi produktivitas yang telah direncanakan. akan tetapi volume yang dihasilkan masih jauh dari target yang sudah direncanakan. Banyak faktor yang mempengaruhi kurangnya volume akhir galian. Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhinya :

- 3) Kurangnya jumlah *dump truck* yang bekerja yang disebabkan karena masalah mesin yang butuh perbaikan.
- 4) Curah hujan yang tinggi pada bulan November juga menghambat kegiatan *hauling*.
- 5) Kondisi jalan inspeksi, akses dari galian bendungan utama ke disposal yang rusak membuat *dump truck* sering mengalami pecah ban sehingga kegiatan *loading* terhambat.
- 6) Masalah sosial dengan warga sekitar juga menjadi faktor terhambatnya progres pekerjaan galian bendungan utama.

3.6. Analisis Biaya *excavator* dan *dump truck* pada kegiatan galian tanah, galian batu mekanis, dan galian batu *blasting*

Analisis biaya alat berat berdasarkan jumlah *excavator* dan *dump truck* di lapangan pada bulan November 2022 yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4
Total biaya alat *excavator* dan *dump truck* per hari

Alat Berat	Biaya Sewa Peralatan (Rp)	Biaya Bahan Bakar (Rp)	Operator Gaji (Rp)	Jumlah (Rp)
<i>Excavator</i>	5,100,000	5,628,000	750,000	11,478,000
<i>Dump Truck</i>	18,900,000	5,628,000	3,500,000	28,028,000
	Jumlah			39,506,000

Jadi untuk biaya operasional alat gali dan muat dalam 1 hari jika menggunakan 3 armada *excavator* dan 14 armada *dump truck* adalah Rp. 39,506,000. Dengan volume total galian yang diangkut kurang lebih sebanyak 933,294.22 m³ akan selesai dalam 407 hari berarti biaya yang akan dikeluarkan untuk operasional alat berat muat dan angkut adalah sebesar Rp. 16,078,942,000.00.

Analisis biaya alat berat muat dan angkut berdasarkan perhitungan *Match factor* yang ideal yang ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5
Total biaya alat *excavator* dan *dump truck* berdasarkan perhitungan *Match factor* yang ideal

Alat Berat	Biaya Sewa Peralatan (Rp)	Biaya Bahan Bakar (Rp)	Operator Gaji (Rp)	Jumlah (Rp)
<i>Excavator</i>	5,100,000	5,628,00	750,000	11,478,000

Dump	32,400,00	9,648,00	6,000,000	48,048,000
Truck	0	0		
	Jumlah			59,526,000

Jadi untuk biaya operasional alat gali dan muat dalam 1 hari jika digunakan 3 armada *excavator* dan 24 armada *dump truck* adalah 59,526,000.00. Dengan volume total galian yang diangkat kurang lebih sebanyak 933,294.22 m³ akan selesai dalam 237 hari berarti biaya yang akan dikeluarkan untuk operasional alat berat muat dan angkut adalah sebesar Rp. 14,107,662,000.00.

Berdasarkan analisis biaya operasional tersebut apabila perusahaan menggunakan 3 *excavator* dan 24 *dump truck* akan memangkas waktu pengerjaan sebanyak 170 hari dan menghemat pengeluaran untuk pengoperasional alat muat angkut sebesar Rp. 1,971,280,000.00.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dari hasil penelitian pada Proyek Pembangunan Bendungan Bener didapatkan beberapa kesimpulan :

- 1) Produktivitas *Excavator* PC 200 adalah 84,29 m³/jam, dan produktivitas *Dump Truck* adalah 16,38 m³/jam. Dengan rata-rata jumlah alat angkut sebanyak 14 unit dan 3 unit untuk alat muat.
- 2) Perhitungan keserasian kerja antara *excavator* dan *dump truck* mendapatkan hasil MF < 1, artinya *excavator* akan sering muncul waktu tunggu, sementara *dump truck* sibuk. Sehingga terdapat waktu tunggu bagi *excavator* sebanyak 8,10 menit.
- 3) Perlu penambahan *dump truck* sebanyak 10 unit untuk mencapai optimalisasi kinerja dan keserasian alat muat angkut.
- 4) Biaya operasional alat berat muat dan angkut bisa lebih efisien jika menggunakan 3 armada *excavator* dan 24 armada *dump truck* dengan memangkas waktu pengerjaan sebanyak 170 hari dan menghemat pengeluaran untuk pengoperasional alat muat angkut sebesar Rp. 1,971,280,000.00.

4.2. Saran

Terdapat beberapa saran dari penulis berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, antara lain :

- 1) Adanya evaluasi komposisi jumlah alat kerja yang digunakan, sehingga tidak ada waktu tunggu alat kerja.
- 2) Perbaikan jalan inspeksi, akses dari galian bendungan utama ke disposal harus dilakukan secara berkala, agar proses pemindahan material tidak terganggu.
- 3) Analisis ini baru mencakup tentang produktivitas *excavator* terhadap produktivitas dari *dump truck* sehingga didapatkan bahwa masih kurang armada *dump truck* sebanyak 10 unit, akan tetapi pada penambahan di lapangan perlu dilakukan pertimbangan terhadap lalu lintas *dump truck* maupun kondisi jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kholil, A. (2012) *Alat Berat*. Bandung: PT Remaja Rodakarya.
- Kusumo, A.T.H., T.H., M.R., & S.S.N. (2022). Analisis Pemilihan Alat Berat Dalam Pekerjaan Galian Dan Timbunan Proyek Bendungan Bener, *Jurnal Institut Teknologi Nasional Yogyakarta*, 3(1), pp. 55–64.
- Natalia, D. (2021). Penentuan Nilai Keserasian (Match Factor) Untuk Optimalisasi Alat Berat Pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Penutup Pertambangan Batubara Pt. Tri Bakti Sarimas, *Jurnal Perencanaan, Sains, Teknologi, dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Islam Kuantan Singingi*, 4(1), pp. 480–491.
- Ramadhani, A. and Hamzah Hasyim, M. (2017). Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah Di Proyek Tol Nganjuk-Kertosono. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*.
- Rochmanhadi (1985) *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan dengan Menggunakan Alat-alat Berat*. Jakarta: Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Rochmanhadi (1992) *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Safitri, R., & P.A. (2021). Analisis Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah Pelaksanaan Pembangunan Bendungan Beringin Sila Kecamatan Utan, *Jurnal SainTekA*, 2(1), pp. 8–14.

Sholihuddin, I. and Prawito, A. (2022). Analysis of The Implementation of The Excavation Work of Blasting Stone in The Quarry For Rockfill Pile of The Beringin Sila Dam Construction Work Project Package-1 Sumbawa Regency, NTB, 4. Available at: <http://proceedings.worldconference.id>.

Suwandi, A. (2001) *Optimalisasi Produksi Alat Berat*. Bandung: badan pendidikan dan pelatihan energi dan sumberdaya mineral, pusat pendidikan dan pelatihan teknologi mineral dan batubara, departemen energi dan sumber daya mineral RI.