

ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEMBANGUNAN BENDUNGAN AMERORO KABUPATEN KONAWA SULAWESI TENGGARA

Andika Ludy Setiawan¹, Lila Ayu Ratna winanda², Vega Aditama³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang

Email: andikaa.ludy@gmail.com¹

ABSTRACT

The large volume of piles in Zone 1 (Clay) Landfill Work in the Ameroro Dam construction project causes frequent transportation of heap material mixed with plant roots and tree branches. So that the role of heavy equipment is very important in helping to solve it. In the construction process, the tools used in completing the Zone 1 (Clay) Landfill Work are excavators, dump truck, bulldozers, sheepfoot rollers, and water tank trucks. So in its use, it is necessary to conduct an analysis to determine the productivity of the machine. This research is carried out by direct observation in the field or direct observation in the field and data collection obtained from the project for research purposes. The results of the analysis obtained to complete the Zone 1 (Clay) Landfill Work are Komatsu PC excavator - 195 production capacity 114.35 m³ / hour, Hino FM dump truck 280 JD ABS production capacity 16.10 m³ / hour, Komatsu D68ESS bulldozer production capacity 89.61 m³ / hour, sheepfoot roller CAT CS10 GC production capacity 102.59 m³ / hour, and Mitsubishi FE 73 HD water tank truck production capacity 128.57 m³ / hour.

Keywords: Dam Projects, Machine Productivity

ABSTRAK

Banyaknya volume timbunan pada Pekerjaan Timbunan Zona 1 (*Clay*) pada proyek pembangunan Bendungan Ameroro ini menyebabkan sering kali terangkutnya material timbunan yang bercampur dengan akar tumbuhan dan ranting pohon. Sehingga peran alat berat sangat berpengaruh penting dalam membantu menyelesaikannya. Dalam proses konstruksinya alat yang digunakan dalam menyelesaikan Pekerjaan Timbunan Zona 1 (*Clay*) ini adalah *excavator*, *dump truck*, *bulldozer*, *sheepfoot roller*, dan *water tank truck*. Jadi dalam penggunaannya perlu dilakukan analisis untuk mengetahui produktivitas alat berat. Penelitian ini dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung di lapangan atau observasi langsung di lapangan dan pengambilan data yang diperoleh dari proyek untuk kepentingan penelitian. Hasil analisis yang didapat untuk menyelesaikan Pekerjaan Timbunan Zona 1 (*Clay*) adalah *excavator* Komatsu PC - 195 kapasitas produksi 114,35 m³/ jam, *dump truck* Hino FM 280 JD ABS kapasitas produksi 16,10 m³/ jam, *bulldozer* Komatsu D68ESS kapasitas produksi 89,61 m³/ jam, *sheepfoot roller* CAT CS10 GC kapasitas produksi 102,59 m³/ jam, dan *water tank truck* Mitsubishi FE 73 HD kapasitas produksi 128,57 m³/ jam.

Kata Kunci: Produktivitas Alat Berat, Proyek Bendungan

1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan Bendungan Ameroro yang terletak di Kabupaten Konawe Sulawesi Tenggara sebagai wujud pemerintah untuk meningkatkan kualitas perekonomian. Proyek yang termasuk dalam daftar Proyek Strategis Nasional (PSN) sesuai (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2020 Tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional, 2020) untuk menambah jumlah tampungan air di Sulawesi Tenggara dalam rangka mendukung program ketahanan pangan dan kesiediaan air.

Melansir dari literasi terdahulu (Winarno et al., 2022) pada pekerjaan pembangunan Bendungan

Bendo dalam proses konstruksinya tidak terlepas dari penggunaan alat berat. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis untuk mendapatkan solusi optimum agar dapat tercapainya waktu dan biaya yang telah ditetapkan. Menurut (Kusumo et al., 2022) untuk mencari alternatif kombinasi alat berat dalam pekerjaan konstruksi pembangunan Bendungan Bener harus dilakukan sehingga semua alat berat berproduksi optimal, hemat biaya dan durasi waktu pengerjaan yang singkat.

Penyelesaian Bendungan Ameroro ini di harapkan dapat memenuhi kebutuhan air baku sebesar 511 liter/ detik, layanan irigasi sebesar 3,363 ha, pengendalian banjir dengan reduksi banjir 443,34

m³/det, PLTHM sebesar 1,3 MW, dan juga sebagai destinasi wisata baru di Kabupaten Konawe.

Waktu pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Zona 1 (Clay) pada proyek pembangunan Bendungan Ameroro yang dijadwalkan selesai pada bulan Oktober tahun 2023 dengan target di bulan agustus adalah 75%, akan tetapi progres saat ini di bulan agustus adalah 61,35%. Jadi dapat disimpulkan Pekerjaan Timbunan Zona 1 (Clay) mengalami keterlambatan. Hal ini disebabkan karena banyak sampah yang ikut terangkut saat proses pemindahan tanah menuju lokasi timbunan seperti akar – akar tumbuhan dan ranting – ranting kayu. Jadi perlu dibersihkan dulu di lokasi timbunan sebelum dilakukan pemadatan, hal ini yang menjadi indikasi keterlambatan pada Pekerjaan Timbunan Zona 1 (Clay). Berdasarkan persoalan tersebut maka dalam tugas akhir ini penulis mengangkat judul “Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan Bendungan Ameroro Kabupaten Konawe Sulawesi Tenggara”.

2. DASAR TEORI

Bendungan

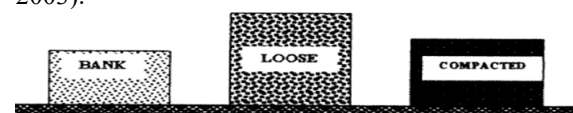
Menurut (Soedibyo, 2003) sebuah bendungan dapat dibagi menjadi 6 jenis yang berbeda, yaitu berdasarkan ukurannya, tujuan pembangunan, penggunaannya, jalannya air, konstruksinya, dan fungsinya.

1. Bendungan berdasarkan ukuran
 - a) Bendungan besar (*Large Dams*), bendungan yang tingginya lebih dari 10 - 15 m, diukur dari bagian dasar pondasi bendungan sampai puncak bendungan.
 - b) Bendungan kecil (*Small Dams*), semua bendungan yang tidak memenuhi persyaratan sebagai bendungan besar (*Large Dams*).
2. Bendungan berdasarkan tujuan Pembangunan
 - a) Bendungan dengan tujuan tunggal (*Single Purpose Dams*), bendungan yang dibangun hanya memiliki satu tujuan saja, biasanya di bangun untuk tujuan PLTA.
 - b) Bendungan serba guna (*Multi Purpose Dams*), bendungan yang dibangun untuk berbagai keperluan, misalnya untuk irigasi, PLTA, pariwisata, perikanan, dan lain – lain.
3. Bendungan berdasarkan penggunaannya
 - a) Bendungan membentuk waduk (*Storage Dams*), bangunan yang dibangun membentuk waduk untuk menyimpan air pada saat debit air naik, agar dapat dipakai pada suatu hari ke depannya saat diperlukan.
 - b) Bendungan penangkap atau pembelok air (*Diversion Dams*), bendungan yang dibangun untuk menaikkan permukaan air, sehingga dapat mengalir masuk ke dalam saluran air atau terowongan air.

- c) Bendungan untuk memperlambat air (*Distension Dams*), bendungan yang dibangun untuk memperlambat aliran air untuk mencegah banjir.
4. Bendungan berdasarkan jalannya air
 - a) Bendungan untuk dilewati air (*Overflow Dams*), bendungan yang dibangun untuk dilewati air misalnya, pada bangunan pelimpah (*Spillway*).
 - b) Bendungan untuk menahan air (*Non Overflow Dams*), bendungan tidak dimungkinkan dilewati air. Di bangun berbatasan dan terbuat dari beton, pasangan batu, atau pasangan batu bata.
 5. Bendungan berdasarkan konstruksinya
 - a) Bendungan serbasama (*Homogenous Dams*), bendungan yang lebih dari setengah volumenya terdiri dari bahan bangunan yang seragam.
 - b) Bendungan urugan berlapis-lapis (*Zoned Dams*), bendungan yang terdiri dari beberapa lapisan yaitu, lapisan kedap air (*Water Tight Layer*), lapisan batu (*Rock Zones*), lapisan batu teratur (*Rip-rap*) dan lapisan pengering (*Filter zones*).
 - c) Bendungan urugan batu dengan lapisan kedap air di muka (*Impermeable Face Rock Fill Dams*), bendungan urugan batu berlapis - lapis yang dimana lapisan kedap airnya tempatkan pada bagian hulu bendungan. Lapisan yang ini biasanya dipakai material berbahan aspal dan beton bertulang.
 - d) Bendungan beton (*Concrete Dams*), bendungan yang dibuat dari konstruksi beton baik dengan tulangan atau tidak. Pembagian tipe bendungan berdasarkan fungsi.
 6. Bendungan berdasarkan fungsi
 - a) Bendungan pengelak pendahuluan (*Primary Cofferdam, Dike*).
 - b) Bendungan pengelak (*Cofferdam*).
 - c) Bendungan utama (*Main Dams*).
 - d) Bendungan sisi (*High Level Dams*).
 - e) Bendungan ditempat rendah (*Saddle Dams*), tanggul (*Dyke, Levee*).
 - f) Bendungan limbah industry (*Industrial Waste Dams*).
 - g) Bendungan pertambangan (*Mine Tailing Dam, Tailing Dams*)

Sifat – Sifat Tanah

Perubahan kondisi material adalah perubahan berupa penambahan atau pengurangan volume tanah yang diganggu dari bentuk aslinya. Dari faktor tersebut bentuk material dibagi menjadi 3 keadaan seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (Tenriajeng, 2003).



Gambar 1 Keadaan material dalam *earth moving*

Sifat - sifat tersebut dipengaruhi oleh keadaan tanah asli tersebut, karena apabila tanah dipindahkan dari tempat aslinya akan mengalami perubahan isi dan kepadatannya dari keadaan tanah asli. Jadi perubahan tanah di atas dapat dikonversikan sebagaimana pada tabel 1.

Tabel 1 Faktor Konversi Volume Tanah/ Material

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Perubahan Kondi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Lepas	Kondisi Padat
Sand / Tanah Berpasir	(A)	1,00	1,11	0,99
	(B)	0,90	1,00	0,80
	(C)	1,05	1,17	1,00
Sand Clay / Tanah Biasa	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,80	1,00	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
Clay / Tanah Liat	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00
Gravelly Soil / Tanah Berkerikil	(A)	1,00	1,18	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,09	1,00
Grovels / Kerikil	(A)	1,00	1,13	1,29
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,10	1,00
Kerikil Besar dan Padat	(A)	1,00	1,42	1,03
	(B)	0,70	1,00	0,91
	(C)	0,77	1,10	1,00
Pecahan Batu Kapur, Batu Pasir, Cadas Lunak, Sirtu	(A)	1,00	1,65	1,22
	(B)	0,61	1,00	0,74
	(C)	0,82	1,35	1,00
Pecahan Granit, Basalt, Cadas Keras, dan Lainnya	(A)	1,00	1,70	1,31
	(B)	0,59	1,00	0,77
	(C)	0,76	1,30	1,00
Pecahan Cadas, Broken Rock	(A)	1,00	1,75	1,40
	(B)	0,57	1,00	0,80
	(C)	0,71	1,24	1,00
Ledakan Batu Cadas, Kapur Keras	(A)	1,00	1,80	1,30
	(B)	0,56	1,00	0,72
	(C)	0,77	1,38	1,00

Keterangan:

(A) = Tanah asli

(B) = Tanah gembur (*loose*)

(C) = Tanah padat (*compact*)

Jenis Alat Berat dan Fungsinya

Alat berat merupakan sebuah mesin dengan ukuran besar yang di buat dan berfungsi untuk membantu manusia dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi seperti pemindahan material, pengerjaan tanah, dan lainnya. Berdasarkan fungsi dan jenisnya alat berat terbagi sebagai berikut.

1. Alat untu mengolah lahan

Kondisi asli sebuah lahan proyek terkadang harus dipersiapkan sebelum lahan tersebut mulai diolah. Hal ini di karenakan masih terdapat semak atau pepohonan maka pembukaan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan *dozer*. Untuk pengangkatan lapisan tanah paling atas dapat biasanya digunakan *scraper*. Sedangkan untuk pembentukan permukaan supaya rata

selain *dozer* dapat digunakan juga *motor grader* (Rostiyanti, 2008).

2. Alat untuk menggali

Jenis alat ini dikenal dengan istilah *excavator*. Fungsi dari alat ini adalah untuk menggali, seperti dalam pekerjaan pembuatan *basement* atau saluran Beberapa alat berat digunakan untuk menggali tanah dan batuan. Yang termasuk dalam kategori ini adalah *front shovel*, *backhoe*, *dragline*, dan *clamshell* (Rostiyanti, 2008).

3. Alat untuk pemindahan material

Yang termasuk dalam kategori ini adalah alat yang biasanya tidak di gunakan sebagai alat transportasi tetapi *digunakan* untuk memindahkan material dari satu alat ke alat yang lain. *Loader* dan *dozer* adalah alat pemindahan material (Rostiyanti, 2008)

4. Alat untuk pemadatan

Pada pekerjaan sebuah timbunan lahan biasanya setelah dilakukan penimbunan maka pada lahan tersebut perlu dilakukan pemadatan. Hal ini dilakukan agar mendapatkan hasil permukaan yang rata dan padat. Pemadatan juga dilakukan untuk pembuatan jalan tanah dan jalan dengan pengerasan lentur maupun pengerasan kaku. Alat yang termasuk sebagai alat pemadatan adalah *tamping roller*, *pneumatic-tired roller*, *compactor*, dan lain-lain (Rostiyanti, 2008)

5. Alat untuk pengangkutan

Menurut (Rochmanhadi, 1992), *dump truck* adalah suatu alat yang berfungsi memindahkan suatu material dari suatu tempat ke tempat lain. Umumnya dikenal tiga macam *dump truck*:

1. *Side dump truck* (Penumpahan ke samping)
2. *Rear dump truck* (Penumpahan ke belakang)
3. *Rear and Side dump truck* (Penumpahan ke belakang dan ke samping)

Menurut (Rochmanhadi, 1992), kapasitas yang dipilih harus berimbang dengan alat pemuatannya. Jika tidak berimbang akan terjadi antrian atau menunggu terlalu lama, atau sebaliknya alat pemuat yang menunggu.

Produktivitas Alat Berat

Produktivitas merupakan perbandingan antara hasil produksi (*input*) terhadap komponen produksi tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu (*output*). Sehingga produktivitas dinyatakan sebagai rasio diantara *output* terhadap *input* dan waktu (jam atau hari). Bila *input* dan waktu rendah maka *output* semakin tinggi.

1. Excavator



Gambar 2 Excavator Komatsu PC-200

Menurut (Permen PUPR No-1, 2022), rumus untuk menghitung produktivitas alat berat excavator, yaitu sebagai berikut:

- Kapasitas produksi (m^3/jam):

$$Q_1 = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_s \times F_k}$$
- Keterangan:
 Q_1 = Kapasitas produksi excavator (m^3/jam)
 V = Kapasitas bucket (m^3).
 F_b = Faktor bucket (tabel 2).
 F_a = Faktor efisiensi alat (tabel 3).
 F_k = Faktor Pengembangan tanah.
 $T_s.1$ = Waktu siklus standar.

Tabel 2 Faktor Bucket (Bucket Fill Factor) (F_b) Untuk Excavator Backhoe

Kondisi Operasi	Kondisi Lapangan	Faktor Bucket (F_b)
Mudah	Tanah biasa, lempung, tanah lembut. Pemuatan material/ bahan dari <i>stockpile</i> atau material yang telah dikeruk oleh Excavator lain, yang tidak memerlukan lagi daya gali dan bahan dapat dimuat munjung ke dalam bucket. Contoh: Pasir, tanah berpasir, tanah <i>colloidal</i> dengan kadar air sedang, dan lain-lain.	1,1 – 1,2
Sedang	Tanah biasa berpasir, kering. Pemuatan dari <i>stockpile</i> tanah lepas yang lebih sukar dikeruk dan dimasukkan ke dalam bucket tetapi dapat dimuat hampir munjung (penuh). Contoh: Pasir kering, tanah yang berpasir, tanah campur tanah liat, tanah liat, <i>gravel</i> yang belum disaring, pasir padat dan sebagainya atau menggali dan memuat <i>gravel</i> lunak langsung dari bukti asli.	1,0 – 1,1
Agak sulit	Tanah biasa berbatu. Pembuatan batu belah atau batu cadas belah, tanah liat yang keras, pasir campur gravel, tanah berpasir, tanah <i>colloidal</i> yang liat, tanah liat dengan kadar air yang tinggi, bahan-bahan tersebut telah ada pada <i>stock pile</i> / persediaan sulit untuk mengisi bucket dengan material-material tersebut.	1,0 – 0,9
Sulit	Batu pecah hasil. Batu bongkah besar-besar dengan bentuk yang tidak beraturan dengan banyak ruangan di antara tumpukannya, batu hasil ledakan, batu-batu	0,9 – 0,8

Kondisi Operasi	Kondisi Lapangan	Faktor Bucket (F_b)
	bundar yang besar-besar, pasir campuran batu-batu bundar tersebut, tanah berpasir, tanah campur lempung, tanah liat yang dimuat-gusur ke dalam bucket.	

Bibliografi: ²⁾ Specifications and Application Hand book, Komatsu PC-200, Edition 28 Des2007

Tabel 3 Faktor Efisiensi Untuk Alat Excavator (F_a)

Kondisi operasi	Faktor Efisiensi
Baik	0,83
Sedang	0,75
Agak kurang	0,67
Kurang	0,58

Bibliografi: ²⁾ Specifications and Application Hand Book, Komatsu PC-200, Edition 28-Des2007

2. Bulldozer



Gambar 3 Bulldozer Komatsu D68ESS

Menurut (Permen PUPR No-1, 2022), rumus untuk menghitung produktivitas alat berat bulldozer, yaitu sebagai berikut:

- Rumus kapasitas produksi menggusur atau mengupas (m^3):

$$Q_2 = \frac{q \times 60 \times F_a \times F_{k1}}{T_s}$$

$$q = T_b^2 \times L_b \times F_b$$

$$T_{s.2} = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z$$
- Rumus kapasitas produksi meratakan hamparan (m^2):

$$Q_3 = \frac{q \times 60 \times F_a \times F_{k1}}{T_s \times 2}$$
- Keterangan:
 Q_2 = Kapasitas produksi bulldozer mengupas (m^3/jam)
 Q_3 = Kapasitas produksi bulldozer meratakan hamparan (m^3/jam)
 q = Kapasitas per siklus (m^3)
 F_a = Faktor efisiensi alat (tabel 4)
 $F_{k.1}$ = Faktor tanah lepas (tabel 5)
 T_b = Tinggi pisau (m)
 L_b = Lebar pisau (m)
 F_b = *blade factor* (tabel 5)
 $T_{s.2}$ = Waktu siklus (menit)
 D = Jarak gusur (m)
 F = Kecepatan mendorong (km/ jam)
 R = Kecepatan mundur (km/ jam)
 Z = Waktu pasti (*fixed time*)
 0,10 menit (transmisi Direct Drive, DD)
 0,05 menit (transmisi *Torque Converter*, TC)

Tabel 4 Faktor Efisiensi Alat *Bulldozer* (F_a)

Kondisi kerja	Efisiensi Kerja
Baik	0,83
Sedang	0,75
Agak kurang	0,67
Kurang	0,58

Bibliografi: ³⁾ *Specifications and Application Hand Book, Komatsu PC-200, Edition 28-Des2007, pg 15A-*

Tabel 5 Faktor Pisau *Bulldozer* (*Blade Fill Factor*, F_b)

Kondisi Kerja	Kondisi Permukaan	Faktor Pisau
Mudah	Tidak keras/ padat, tanah biasa, kadar air rendah, bahan timbunan	1,10 – 0,90
Sedang	Tidak terlalu keras/ padat, sedikit mengandung pasir, kerikil, agregat halus	0,90 – 0,70
Agak sulit	Kadar air agak tinggi, mengandung tanah liat, berpasir, kering/ keras	0,70 – 0,60
Sulit	Batu hasil ledakan, batu belah ukuran besar	0,60 – 0,40

3. *Dump truck*



Gambar 4 *Dump Truck* Hino FM 500 JD

Menurut (Permen PUPR No-1, 2022), rumus untuk menghitung produktivitas alat berat dump truck, yaitu sebagai berikut:

- Kapasitas produksi (m^3 / jam):

$$Q_4 = \frac{V \times F_a \times 60}{T_s \times F_k}$$

$$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

$$T_1 = \frac{L}{V_1} \times 60$$

$$T_2 = \frac{L}{V_2} \times 60$$

$$T_3 = \frac{V}{Q_1} \times 60$$
- Keterangan:
 - Q_4 = Kapasitas produksi dump truck (m^3 / jam)
 - V = Kapasitas bak (m^3)
 - F_a = Faktor efisiensi alat (lihat tabel 6)
 - T_s = Waktu siklus
 - T_1 = Waktu tempuh isi (menit)
 - T_2 = Waktu tempuh kosong (menit)
 - T_3 = Waktu muat (menit)
 - T_4 = Lain – lain (menit)
 - F_k = Faktor pengembangan tanah
 - L = Jarak angkut (km)
 - V_1 = Kecepatan rata-rata bermuatan (km/ jam)
 - V_2 = Kecepatan rata-rata kosong (km/ jam)
 - Q_1 = Kapasitas *excavator* (m^3 / jam)

4. *Sheepfoot roller*



Gambar 5 *Sheepfoot Roller* CAT CS10 GC

Menurut (Permen PUPR No-1, 2022), rumus untuk menghitung produktivitas alat berat *Sheepfoot Roller*, yaitu sebagai berikut:

- Kapasitas produksi (m^3 / jam):

$$Q_5 = \frac{W \times V \times H \times 1000 \times F_a}{N}$$

$$W = W_1 - b_0$$
- Keterangan:
 - Q_5 = Kapasitas produksi *sheepfoot roller* (m^3 / jam)
 - W_1 = Lebar roda alat pemadat (m)
 - W = Lebar pemadat efektif (m)
 - b_0 = Lebar *overlap*
 - F_a = Faktor efisiensi alat (lihat tabel 7)
 - H = Tebal pemadatan (m)
 - V = Kecepatan pemadatan
 - N = Jumlah lintasan

Tabel 6 Faktor Efisiensi Alat *Sheepfoot Roller* (F_a)

Kondisi Kerja	Efisiensi kerja
Baik	0,83
Sedang	0,80
Kuang Baik	0,75
Buruk	0,70

Bibliografi: ³⁾ *Specifications and Application Hand book, Komatsu PC-200, Edition 28- Des 2007*

5. *Water tank truck*



Gambar 6 Mitsubishi FE 73 HD 110 ps

Menurut (Permen PUPR No-1, 2022), rumus untuk menghitung produktivitas alat berat *water tank truck*, yaitu sebagai berikut:

- Kapasitas produksi (m^3 / jam):

$$Q_6 = \frac{V \times n \times F_a}{W_c}$$
- Keterangan:
 - Q_6 = Kapasitas produksi water tank truck (m^3 / jam)
 - V = Volume tangki air (m^3)
 - n = Pengisian tangki per jam
 - F_a =Faktor efisiensi alat lihat (tabel 9)
 - W_c =Kebutuhan air (m^3)

Tabel 7 Faktor Efisiensi Water Tank Truk (Fa)

Kondisi Kerja	Efisiensi kerja
Baik	0,83
Sedang	0,80
Kuang Baik	0,75
Buruk	0,70

Bibliografi.³⁾ Specifications and Application Hand book, Komatsu PC-200, Edition 28- Des 2007

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi pembangunan Bendungan Ameroro terletak di Desa Tamesandi, Kecamatan Uepai, Kabupaten Konawe, Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara geografis posisi as bendungan terletak pada koordinat 3° 54' 37,75" LS – 122° 0' 32,17" BT (± 80 km (dari Kota Kendari) dan secara sistem berada di wilayah sungai Lasolo – Konaweaha.



Gambar 7 Lokasi Proyek Pembangunan Bendungan Ameroro

Metodologi Analisis Data

Analisis dan pengolahan data dilakukan secara sistematis sesuai teori permasalahan sehingga didapat analisis yang akurat untuk mencapai tujuan penulisan. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan:

1. Perumusan masalah

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah melakukan perumusan masalah produktivitas alat berat

2. Tinjauan pustaka

Tahap ini adalah mencari literatur sebagai bahan acuan untuk pengambilan data dan penelitian untuk melakukan analisis produktivitas alat berat.

3. Pengumpulan data

Data yang digunakan untuk penelitian dalam tugas akhir ini meliputi:

- Data Primer

Sumber data primer bisa langsung didapatkan dengan melakukan wawancara atau observasi langsung di lapangan dan pengambilan data yang diperoleh dari proyek untuk kepentingan penelitian. Data yang diperlukan untuk penelitian adalah sebagai berikut:

- Kondisi Lapangan

- Jam kerja alat berat
- Jarak angkut
- Waktu siklus alat berat

- Data Sekunder

Sumber data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari instansi terkait yaitu PT. Indra Karya (Persero) selaku Konsultan Supervisi Bendungan Ameroro. Data sekunder berfungsi sebagai pendukung data primer. Data yang digunakan meliputi:

- Gambar *site plan*
- Spesifikasi data alat berat yang digunakan
- AHSP 2022

4. Menganalisis produktivitas alat berat

Dalam menganalisis produktivitas alat berat yang digunakan pada Pekerjaan Timbunan Zona 1 (*Clay*) dibutuhkan data primer dan data sekunder yang telah didapat selama penelitian berlangsung. Sebagai contoh dibawah ini merupakan rumus untuk menganalisis produktivitas alat berat jenis *excavator*:

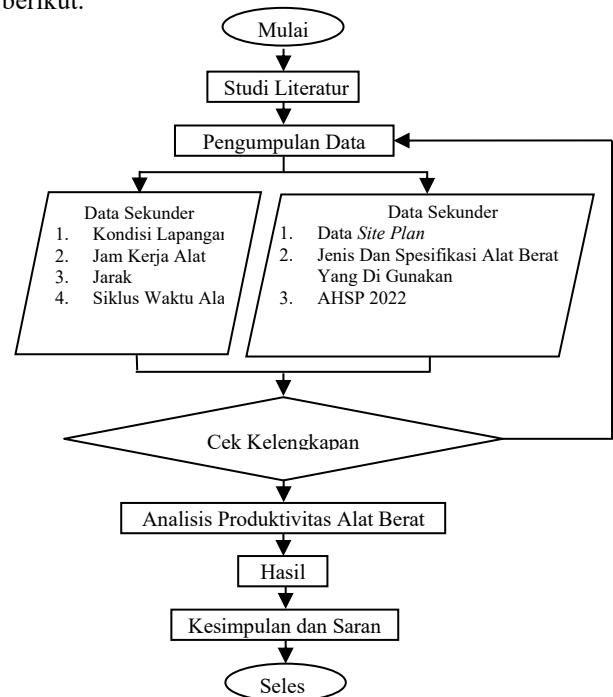
$$Q1 = \frac{V1 \times Fa \times Fb \times 60}{Fk \times Ts.1}$$

Sumber: (Permen PUPR No-1, 2022)

5. Hasil pembahasan

6. Kesimpulan dan Saran

Tahapan perhitungan dapat dilihat pada *flowchart* berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. PEMBAHASAN

Spesifikasi Alat Berat

Dijelaskan pada tabel 8 untuk jenis alat berat yang digunakan dalam menyelesaikan Pekerjaan Timbunan Zona 1 (*Clay*).

Tabel 8 Spesifikasi dan jenis Alat Berat

Jenis Alat	Excavator Komatsu PC-195	Dump truck Hino FM 280 JD ABS	Bulldozer Komatsu D68ESS	Sheepfoot roller CAT CS10 GC	Water tank truck Mitsubishi FE 73 HD
Kapasitas	Bucket (m ³) 0,90	Bak (m ³) 24	Pisau (m ³) 3,00	Drum (m) 2,13	Tangki (m ³) 4,00
Tenaga	Horse power (HP)				
	130	2850	175	112	108
Berat Operasional	Operating weight (Ton)				
	20	26	15	10	10

Kondisi lapangan

1. Faktor Efisiensi Alat

Untuk menentukan taksiran produksi alat perlu memperhatikan banyak faktor, seperti operator, peralatan, cuaca, dan manajemen kerja. Dalam penelitian tugas akhir ini untuk faktor efisiensi alat dapat di lihat pada tabel 10.

Tabel 9 Faktor Efisiensi Alat (F_a)

Jenis Alat	Keadaan	Nilai
Excavator	Baik sekali	0,75
Dump Truck	Baik sekali	0,80
Bulldozer	Baik sekali	0,75
Sheepfoot Roller	Baik sekali	0,75
Water Tank Truck	Baik sekali	0,75

2. Faktor Konversi Material

Dalam menganalisis produktivitas alat berat, material tanah juga sangat mempengaruhi produktivitas alat, karena dalam proses pelaksanaannya. Material yang digunakan pada Pekerjaan Timbunan Zona 1 (Clay) ini adalah material berjenis clay atau tanah lempung yang diambil dari borrow area yang telah ditentukan. Untuk faktor pengkaliannya dapat di lihat pada tabel 10.

Tabel 10 Faktor Konversi Material

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Perubahan Kondi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Lepas	Kondisi Padat
Clay / Tanah Liat	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00

3. Bentuk Material

Faktor ini harus dipahami, karena akan berpengaruh terhadap banyak sedikitnya material tersebut dapat menempati suatu ruangan tertentu. Material yang bentuk butirannya kecil dan seragam, kemungkinan besar isinya akan sama dengan volume ruangan yang ditempatinya. Berapa material yang mampu ditampung oleh suatu ruangan dapat dihitung dengan cara mengoreksi ruang tampungan tersebut dengan suatu faktor yang disebut faktor muat, seperti:

1. Faktor *Bucket*
2. Faktor *Blade*

Berikut dijelaskan pada tabel 11 dan tabel 12 adalah faktor *bucket* dan *blade* alat berat yang digunakan dalam menganalisis produktivitas alat berat.

Tabel 11 Faktor Bucket (F_b)

Kondisi	Kondisi Lapangan	Faktor
Mudah	Tanah biasa, lempung, tanah lembut. Pemuatan material/ bahan dari <i>stockpile</i> atau material yang telah dikeruk oleh <i>Excavator</i> lain, yang tidak memerlukan lagi daya gali dan bahan dapat dimuat munjung ke dalam <i>bucket</i> . Contoh: Pasir, tanah berpasir, tanah <i>colloidal</i> dengan kadar air sedang, dan lain-lain.	1,1 – 1,2

Tabel 12 Faktor Blade (F_b)

Kondisi	Kondisi Permukaan	Faktor
Mudah	Tidak keras, tanah biasa, kadar air rendah, bahan timbunan	1,1 – 0,9

Sumber: (Permen PUPR No-1, 2022)

Jarak

Berikut dapat dilihat gambar 7 jarak yang dilalui *dump truck* menuju ke lokasi timbunan zona 1 dan sebaliknya kembali ke *borrow area* untuk mengambil tanah clay kembali.



Gambar 8 Jarak Borrow Area 6 Ke Lokasi Timbunan Zona 1 (Clay)

Dari hasil penelitian langsung selama di lapangan, pada tabel 13 dapat dilihat hasil jarak *borrow area* menuju lokasi timbunan zona 1.

Tabel 13 Jarak Lintasan *Dump Truck*

Nama	Jarak	Satuan
Borrow Area 3	0,95	km
Borrow Area 4	1,35	km
Borrow Area 5	1,59	km
Borrow Area 6	1,14	km
Borrow Area 7	0,93	km
Borrow Area 8	1,39	km
Borrow Area 9	1,40	km
Borrow Area 10	1,74	km
Rata – rata	1,31	km

Waktu Siklus

1. Excavator

Dari hasil penelitian langsung selama di lapangan waktu siklus *excavator* yang meliputi waktu gali, waktu putar isi, waktu buang, dan waktu putar kosong dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14 Waktu Siklus Excavator Di Borrow Area

Jam	Sesi	Siklus	Gali, T ₁ (detik)	Putar Isi, T ₂ (detik)	Buang, T ₃ (detik)	Putar Kosong, T ₄ (detik)
9.30	Pagi	1	9,38	6,11	4,10	3,30
		2	6,45	4,80	4,33	2,88
		3	6,47	6,17	5,54	4,75
13.00	Siang	4	6,85	7,67	3,75	4,86
		5	5,41	5,16	3,70	3,16
		6	6,13	5,25	4,79	2,33
16.40	Sore	7	7,81	4,43	3,44	2,82
		8	10,77	4,90	4,89	2,92
		9	6,15	6,37	3,56	2,98
Rata – rata (detik)			7,27	5,65	4,23	3,33
Rata – rata (menit)			0,12	0,09	0,07	0,06

Berdasarkan data tabel 14 diatas, selanjutnya di analisis waktu siklus *excavator*, dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

- Rumus: $T_{s.1} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$

Sumber: (Permen PUPR No-1, 2022)

$$T_{s.1} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

$$= 0,12 + 0,09 + 0,07 + 0,06$$

$$= 0,34 \text{ menit}$$

2. *Dump truck*

Dari hasil penelitian langsung di lapangan waktu siklus *dump truck* yang terdiri dari waktu tempuh kosong dan waktu muat dapat dilihat pada tabel 15. Untuk waktu tempuh isi dan waktu bongkar dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 15 Waktu Tempuh Kosong Dan Waktu Muat

Sesi	Siklus	Waktu		Waktu Tempuh Kosong, T ₁ (menit)	Waktu Muat, T ₂ (menit)
		Berangkat	Tiba		
Pagi	1	8.40	08.48	7,8	4,8
	2	10.12	10.19	6,5	5,4
	3	10.47	10.56	8,9	5,9
Siang	4	11.20	11.28	7,9	5,5
	5	13.26	13.35	8,4	4,7
	6	14.00	14.10	9,7	6,7
Sore	7	14.37	14.45	7,8	5,8
	8	15.12	15.19	6,6	7,1
	9	15.46	15.54	7,2	5,6
Rata - rata				7,9	5,7

Tabel 16 Waktu Tempuh Isi Dan Waktu Bongkar

Sesi	Siklus	Waktu		Waktu Tempuh Isi, T ₁ (menit)	Waktu Bongkar, T ₂ (menit)
		Berangkat	Tiba		
Pagi	1	9.53	10.09	15,8	2,2
	2	10.25	10.44	18,1	2,8
	3	11.02	11.16	13,5	3,7
Siang	4	11.34	11.49	14,7	3,3
	5	13.40	13.57	16,3	2,5
	6	14.17	14.33	15,3	3,6
Sore	7	14.51	15.09	17,4	2,8
	8	15.27	15.43	15,8	2,4
	9	16.00	16.15	14,6	2,7
Rata - rata				15,7	2,9

Berdasarkan data tabel 15 dan tabel 16 di analisis untuk siklus *dump truck*, dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

- Rumus: $T_{s.2} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$

Sumber: (Permen PUPR No-1, 2022)

$$T_{s.2} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

$$= 7,90 + 5,70 + 15,70 + 2,90$$

$$= 32,20 \text{ menit}$$

3. *Bulldozer* Komatsu D68ESS

Berikut merupakan data yang digunakan untuk menghitung waktu siklus *bulldozer* yang didapat selama penelitian di lapangan:

- Kecepatan mendorong, (T₁) = 116,67 m/ menit
- Kecepatan mundur, (T₂) = 166,67 m/ menit
- Waktu ganti persneling, (T₃) = 0,10 menit
- Jarak gusur, (D) = 50,00 meter

Untuk waktu siklus *bulldozer* dapat di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus: $\left(\frac{D}{T_1}\right) + \left(\frac{D}{T_2}\right) + T_3$

Sumber: (Permen PUPR No-1, 2022)

$$T_{s.3} = \left(\frac{D}{T_1}\right) + \left(\frac{D}{T_2}\right) + T_3$$

$$= \left(\frac{50}{116,67}\right) + \left(\frac{50}{166,67}\right) + 0,10$$

$$= 0,83 \text{ menit}$$

Analisis Produktivitas Alat Berat

1. *Excavator* Komatsu PC-195

a. Data - data teknis:

- Kapasitas *bucket*, (v₁) = 0,90 m³
- (T_{s.1}), *excavator* = 0,34 menit

b. *Job factor*:

- Faktor efisiensi alat, (F_a) = 0,75
- Faktor *bucket*, (F_b) = 1,20
- Faktor konversi bahan, (F_k) = 1,25

c. Kapasitas produksi per jam:

$$Q_1 = \frac{V_1 \times F_a \times F_b \times 60}{F_k \times T_{s.1}}$$

Sumber: (Permen PUPR No-1, 2022)

$$= \frac{0,90 \times 1,2 \times 0,75 \times 60}{1,25 \times 0,34}$$

$$= 114,35 \text{ m}^3/\text{jam}$$

2. *Dump Truck* Hino FM 280 JD ABS

a. Data - data teknis:

- Kapasitas *bucket*, (v₁) = 0,90 m³
- (T_{s.2}), *dump truck* = 32,20 menit

b. *Job factor*:

- Faktor efisiensi alat, (F_a) = 0,80

c. Kapasitas bak:

$$V = v_1 \times 12$$

$$= 0,90 \times 12$$

$$= 10,80 \text{ m}^3$$

d. Kapasitas produksi per jam:

$$Q_2 = \frac{V \times F_a \times 60}{T_{s.2}}$$

Sumber: (Permen PUPR No-1, 2022)

$$= \frac{10,80 \times 0,80 \times 60}{32,20}$$

$$= 16,10 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= \frac{4,00 \times 3 \times 0,75}{0,07}$$

$$= 128,57 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. *Bulldozer* Komatsu D68ESS

- a. Data - data teknis:
 - Kapasitas *blade*, (q_1) = 3,00 m³
 - Waktu siklus *bulldozer*, (T_s) = 0,83 menit

- b. *Job factor*:
 - Faktor *blade*, (F_b) = 1,10
 - Faktor efisiensi alat, (F_a) = 0,75

- c. Kapasitas produksi per jam:

$$Q_3 = \frac{q \times F_a \times F_b \times 60}{T_s \times 3 \times 2}$$

Sumber: (Permen PUPR No-1, 2022)

$$= \frac{3,00 \times 0,75 \times 1,10 \times 60}{0,83 \times 2}$$

$$= 89,61 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4. *Sheepfoot Roller* CAT CS10 GC

- a. Data - data teknis:
 - Lebar pemadat, (W_1) = 2,13 m
 - Overlap, (b_0) = 0,20 m
 - Jumlah lintasan, (N) = 8 lintasan
 - Kedalaman pemadatan, (H) = 0,30 m
 - Kecepatan, (V) = 3,00 km/ jam

- b. *Job factor*:
 - Faktor efisiensi alat, (F_a) = 0,75
 - Faktor konversi bahan, (F_{ki}) = 0,63

- c. Lebar pemadatan efektif:

$$W = W_1 - b_0$$

$$= 2,13 - 0,20$$

$$= 1,93 \text{ m}$$

- d. Kapasitas produksi per jam:

$$Q_4 = \frac{W \times V \times 1000 \times F_a \times H \times F_{k1}}{N}$$

Sumber: (Permen PUPR No-1, 2022)

$$= \frac{1,93 \times 3,00 \times 1000 \times 0,75 \times 0,30 \times 0,63}{8}$$

$$= 102,59 \text{ m}^3/\text{jam}$$

5. *Water Tank Truck* Mitsubishi FE 73 HD

- a. Data - data teknis:
 - Volume tangki air, (V) = 4,00 m³
 - Kebutuhan air, (W_c) = 0,07 m³
 - Pengisian tangki, (n) = 3 kali/ jam

- b. *Job factor*:
 - Faktor efisiensi alat, (F_a) = 0,75

- c. Kapasitas produksi per jam:

$$Q_5 = \frac{V \times n \times F_a}{W_c}$$

Sumber: (Permen PUPR No-1, 2022)

Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis produktivitas alat berat di atas yang telah dianalisis dapat di lihat secara ringkas dan detail pada tabel 17.

Tabel 17 Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat

Jenis Alat	Tipe	Kode	Produktivitas (m ³ / jam)
<i>Excavator</i>	Komatsu PC-195	Q ₁	114,35
<i>Dump Truck</i>	Hino FM 280 JD ABS	Q ₂	16,10
<i>Bulldozer</i>	Komatsu D68ESS	Q ₃	89,61
<i>Sheepfoot Roller</i>	CAT CS10 GC	Q ₄	102,59
<i>Water Tank Truck</i>	Mitsubishi FE 73 HD	Q ₅	128,57

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada bab sebelumnya, maka untuk dapat menyelesaikan Pekerjaan Timbunan Zona 1 (*Clay*) didapatkan produktivitas alat berat sebagai berikut:

- Excavator* Komatsu PC - 195 kapasitas produksi 114,35 m³/ jam
- Dump Truck* Hino FM 280 JD ABS kapasitas produksi 16,10 m³/ jam
- Bulldozer* Komatsu D68ESS kapasitas produksi 89,61 m³/ jam
- Sheepfoot Roller* CAT CS10 GC kapasitas produksi 102,59 m³/ jam
- Water Tank Truck* Mitsubishi FE 73 HD kapasitas produksi 128,57 m³/ jam

Saran

Dari hasil analisis dan kesimpulan studi ini maka ada beberapa saran dari penulis yaitu:

- Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menganalisis produktivitas alat berat pada Pekerjaan Timbunan Zona 2 (Filter Halus), Pekerjaan Timbunan Zona 3 (Filter Kasar), pekerjaan timbunan zona 4 (batuan), Pekerjaan Timbunan Zona 5 (Rip - Rap). Guna untuk mendapatkan hasil produktivitas yang lebih baik , karena dalam metode pelaksanaannya pekerjaan tersebut di laksanakan bersamaan.
- Dalam melakukan analisis produktivitas alat berat perlu diperhatikan dengan teliti untuk faktor efisiensi alat berat, waktu siklus alat berat, dan spesifikasi alat. Karena hal tersebut sangat berperan penting terhadap produktivitas alat berat yang dianalisis.

DAFTAR PUSTAKA

- Kusumo, A. T. H., Triwuryanto, H., Maulana, R., & Sari, S. N. (2022). *Analisis Pemilihan Alat Berat Dalam Pekerjaan Galian Dan Timbunan Proyek Bendungan Bener. Vol. 03, No. 01, 55–64.*
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 109 Tahun 2020 Tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional (2020).
- Permen PUPR No-1, 1 (2022).
- Rochmanhadi. (1992). *Alat - Alat Berat Dan Penggunaannya.*

Rostiyanti, S. F. (2008). *Alat Berat Untuk Kontruksi* (2nd ed.).
Soediby. (2003). *Teknik Bendungan*.
Tenriajeng, A. T. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*.

Winarno, R. R. P., Sumardi, & Lidyaningtyas, D. (2022). *Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Bendungan Bendo Ponorogo* (Vol. 3, Issue 2). <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>