

PENGUNAAN ALAT BERAT ALAT BERAT PADA OPTIMALISASI PEKERJAAN PEKERJAAN TANAH BANGUNAN AIR

Rifqi Adiyatma Putra¹, Lila Ayu Ratna Winanda², Maranatha Wijayaningtyas³, Krisna Febrian
Anugerahputra⁴

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: rifqiadiyatma.ra@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: lilawinanda@lecturer.itn.ac.id

³⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: maranatha@lectrer.itn.ac.id

⁴⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: krisna@lecturer.itn.ac.id

ABSTRACT

The construction project of the diversion structure for Bagong Dam in Trenggalek Regency is a project owned by the Ministry of Public Works and Public Housing (PUPR), under the Directorate General of Water Resources, BBWS Brantas, and the SNVT Dam Construction – PPK Dam 1, with the contractor being the joint operation of PT PP – PT Jatiwangi (KSO). Bagong Dam is being built with the primary objective of providing agricultural and raw water needs in Trenggalek Regency, East Java. In addition, the dam also functions as flood control, a source of irrigation, a hydroelectric power plant (PLTA), and has the potential to become a new tourist destination. The dam is designed to supply irrigation water to 1,021 hectares of agricultural land in Trenggalek. With a storage capacity of 17.4 million cubic meters, the dam is capable of reducing the flood discharge of the Bagong River by up to 78.44%. Proper optimization of heavy equipment is required to realize the project in a timely and cost-efficient manner. The author developed a plan to optimize the use of heavy equipment, scheduling, and budget estimation, specifically for the earth excavation works of the diversion structure, which includes the inlet, outlet, and tunnel sections. The data required for determining the optimal use of heavy equipment includes project drawings, work plans, the 2022 unit wage price list for Trenggalek Regency, and the productivity rates of the heavy equipment used. The planning of equipment combinations was carried out using an optimization method. The optimization results determined the most cost- and time-efficient heavy equipment selection. The project is planned to be completed within 59 weeks or 413 working days, with a total cost of IDR 23,752,970,716.

Keywords : Heavy Equipment Optimization, Earth Excavation, Diversion Structure, Trenggalek

ABSTRAK

Proyek Pembangunan bangunan pengelak Bendungan Bagong Kabupaten Trenggalek merupakan proyek milik Kementerian PUPR Direktur Jendral Sumber Daya Air BBWS Brantas SNVT Pembangunan Bendungan PPK Bendungan 1 dengan penyedia jasa PT PP – PT Jatiwangi (KSO). Bendungan Bagong dibangun dengan tujuan utama untuk menyediakan kebutuhan air pertanian dan air baku di Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Selain itu, bendungan ini juga berfungsi sebagai pengendali banjir, sumber irigasi, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), dan berpotensi menjadi destinasi wisata baru. Bendungan ini dirancang untuk menyediakan air irigasi bagi lahan pertanian seluas 1.021 hektar di Trenggalek. Dengan kapasitas tampung 17,4 juta meter kubik, bendungan ini mampu mereduksi debit banjir Sungai Bagong hingga 78,44%. Optimasi Alat berat yang tepat diperlukan untuk merealisasikan proyek agar tepat waktu dan biaya yang efisien. Penulis menyusun rencana optimasi penggunaan alat berat, penjadwalan, serta anggaran biaya yang optimum khususnya pada pekerjaan galian tanah pada bangunan pengelak yang meliputi *inlet*, *outlet*, dan *tunnel* (terowongan). Data yang diperlukan dalam penentuan optimasi alat berat yaitu gambar proyek, rencana kerja, daftar harga satuan upah kab. Trenggalek tahun 2022, serta produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan. Perencanaan kombinasi masing-masing alat berat menggunakan metode optimasi. Hasil Optimasi diperoleh berupa pemilihan alat berat yang dihitung paling optimum dari segi biaya dan waktu pelaksanaannya, proyek dikerjakan dalam 59 minggu atau 413 hari kerja, biaya sebesar Rp. 23.752.970.716.

1. PENDAHULUAN

Proyek Bendungan Bagong berada di Sungai Bagong, Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek. Sungai Bagong memberikan kontribusi signifikan terhadap aliran banjir, sehingga sistem pemantauan banjir Ngrowo-Ngasinan-Parit Agung-Parit Raya belum mampu sepenuhnya mengatasi masalah banjir yang terjadi di Kota Trenggalek dan daerah sekitarnya. Berdasarkan informasi dari Sertifikasi Bendungan Bagong, aliran air andalan tahunan di lokasi mencapai 1.931 m³/detik. Oleh karena itu, aliran air andalan tahunan Bendungan Bagong adalah sebesar 60,90 juta m³ per tahun, dengan kapasitas tampungan Bendungan Bagong sebesar 17,45 juta m³. Hal ini menjadikan persentase tangkapan tampungan terhadap aliran masuk hanya sebesar 24,45%. Dengan kata lain, setiap tahun, volume air yang diterima oleh rencana Bendungan Bagong dapat terakumulasi hingga 24,45%, sedangkan sisanya akan mengalir keluar.

Penggunaan kombinasi alat berat adalah salah satu cara untuk menentukan jenis dan jumlah alat berat yang akan dipergunakan. Pekerjaan penggalian dalam proyek pembangunan Bendungan Bagong memerlukan beberapa jenis alat berat. Dalam hal ini, penting untuk menghitung produktivitas alat berat sehingga kita dapat mengidentifikasi alat yang memiliki produktivitas terbaik dari segi waktu dan biaya. Dengan demikian, kerugian dan keterlambatan dalam pelaksanaan proyek dapat dikurangi atau bahkan dihindari.

2. DASAR TEORI

Optimasi

Optimasi merupakan suatu pencapaian atau tindakan terbaik yang mampu dicapai dari suatu masalah pengambilan keputusan dengan berbagai macam sumber daya yang membatasinya (Soekarwati, 2005). Optimasi memiliki tujuan untuk menemukan solusi terbaik dari suatu masalah yang diarahkan pada nilai maksimum atau minimum dari fungsi yang diinginkan. Optimalisasi diperlukan dalam sebuah perusahaan yang bertujuan untuk memaksimalkan sumber daya yang digunakan agar proses produksi dapat menghasilkan produk dengan kuantitas dan kualitas yang diharapkan, sehingga perusahaan dapat mencapai tujuannya.

Produktivitas

Produktivitas adalah rasio antara hasil produksi (input) dan elemen-elemen produksi yang terdiri dari tenaga kerja, bahan, peralatan, serta waktu (output). Dengan demikian, produktivitas dapat dijelaskan sebagai perbandingan antara hasil yang diperoleh

dengan sumber daya yang digunakan serta waktu (jam atau hari). Jika input dan waktu diminimalkan, maka output akan meningkat, sehingga produktivitas juga akan bertambah.

Pengolahan data

Sumber data primer dapat diperoleh secara langsung melalui wawancara di lapangan serta pengambilan data yang terkait dengan proyek untuk tujuan penelitian. Data yang diperlukan untuk studi adalah

- a) Keadaan Area : Data ini diperoleh melalui kegiatan survei langsung di lokasi proyek untuk mengamati keadaan medan.
- b) Jarak dari lokasi stockpile dan area pinjam ke lokasi pekerjaan pembangunan bangunan pengelak.

Sumber sekunder, yaitu data yang diperoleh dari instansi terkait, data sekunder berfungsi untuk mendukung data primer

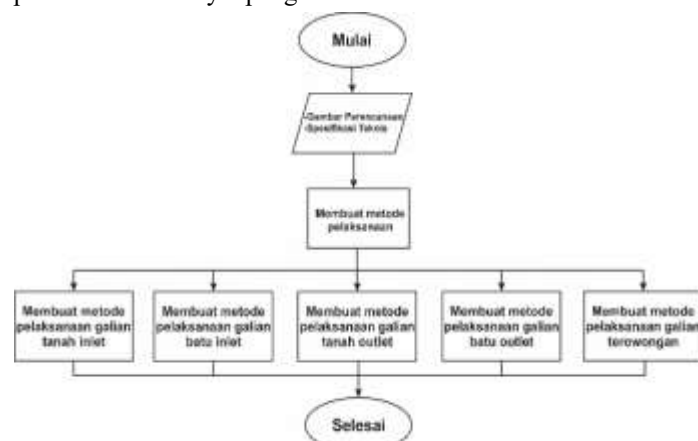
- a) Site plan
- b) Gambar perencanaan
- c) Spesifikasi alat berat yang digunakan
- d) Spesifikasi Pekerjaan Bangunan Pengelak

Hipotesis penelitian

Bangunan pengelak Bendungan Bagong, yang dirancang untuk mengalihkan aliran sungai selama konstruksi bendungan utama, akan beroperasi secara efektif sesuai dengan desain yang direncanakan, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti stabilitas lereng tebing inlet terowongan dan dampak getaran gempa terhadap struktur bangunan pengelak (Teguh, Sudarmaji. *Hipotesis Penelitian*. 2019).

3. METODE PENELITIAN

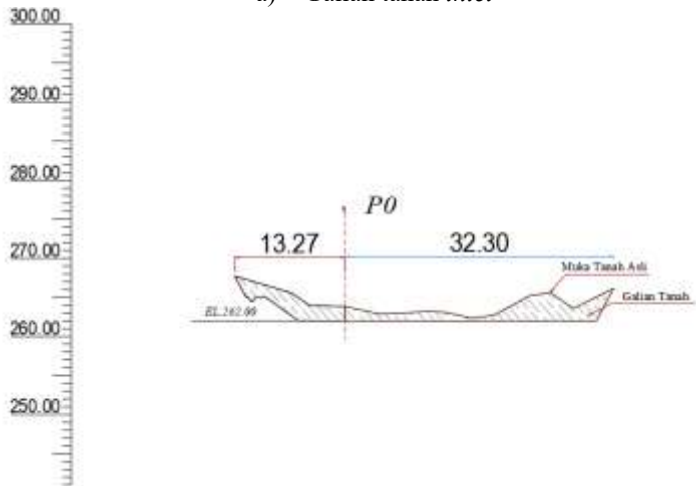
Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kombinasi alat berat yang sesuai dan yang optimum dari biaya dan waktu khususnya pada pekerjaan galian. Metode analitis yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan metode optimasi dan analisis data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk menggabungkan dan mengkalkulasi data-data yang diperoleh dari survey lapangan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. PEMBAHASAN

Perhitungan Volume Pekerjaan
Dari hasil survey data yang yang telah diketahui
a) Galian tanah *inlet*

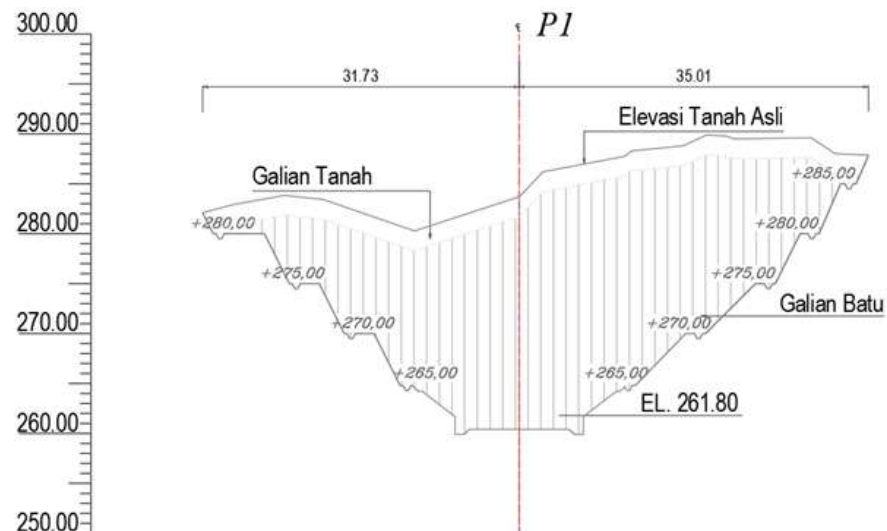


Gambar 2. Potongan melintang Galian Tanah Inlet STA 0

Tabel 1. Perhitungan Volume Galian Tanah Inlet

VOLUME GALIAN TANAH INLET					
No	NO STA	Jarak m	Luas m2	Luas rata-rata (m2) (Luas n + Luas n+1)/2	Volume (m3) Luas Rata-Rata x Jarak
1	STA 0	25	182,280	224,62	5.615,50
2	STA 1	25	266,960		
3	STA 2	25	308,640	324,12	8.103,00
4	STA 3	25	339,60		
5	STA 4	25	715,040	608,96	15.224,00
6	STA 5	25	502,880		
7	STA 6	25	395,56	197,78	4.944,50

b) Galian batu inlet

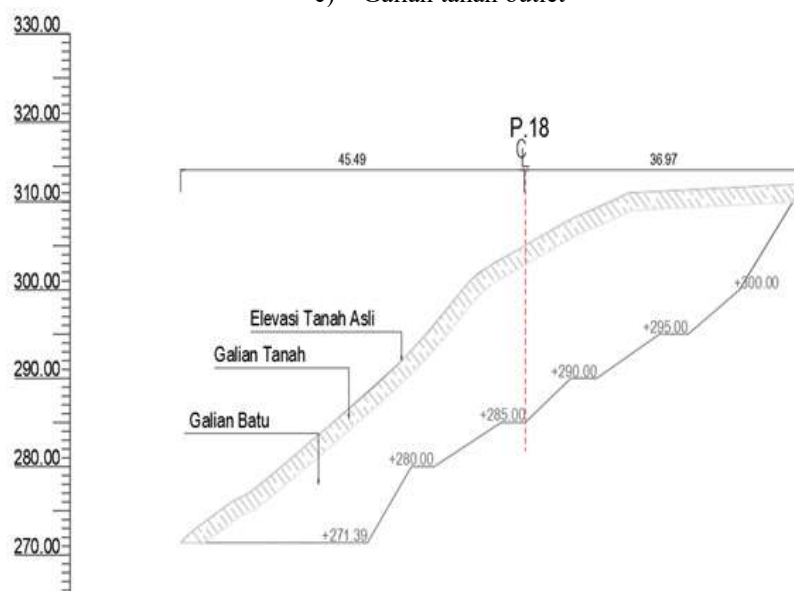


Gambar 3. Potongan melintang Galian batu Inlet STA 1

Tabel 2. Perhitungan Volume galian batu inlet

VOLUME GALIAN BATU INLET					
No	No STA	Jarak m	Luas m ²	Luas rata-rata (m ²) (Luas _n + Luas _{n+1})/2	Volume (m ³) Luas Rata-Rata x Jarak
1	STA 0	25	0	441.64	11,040.89
2	STA 1	25	883.271		
3	STA 2	25	1110.163	1,251.48	31,287.11
4	STA 3	25	1392.806		
5	STA 4	25	1175.975	744.55	18,613.65
6	STA 5	25	313.117		
7	STA 6	25	211.185	105.59	2,639.81
				Total Volume	63,581.46

c) Galian tanah outlet

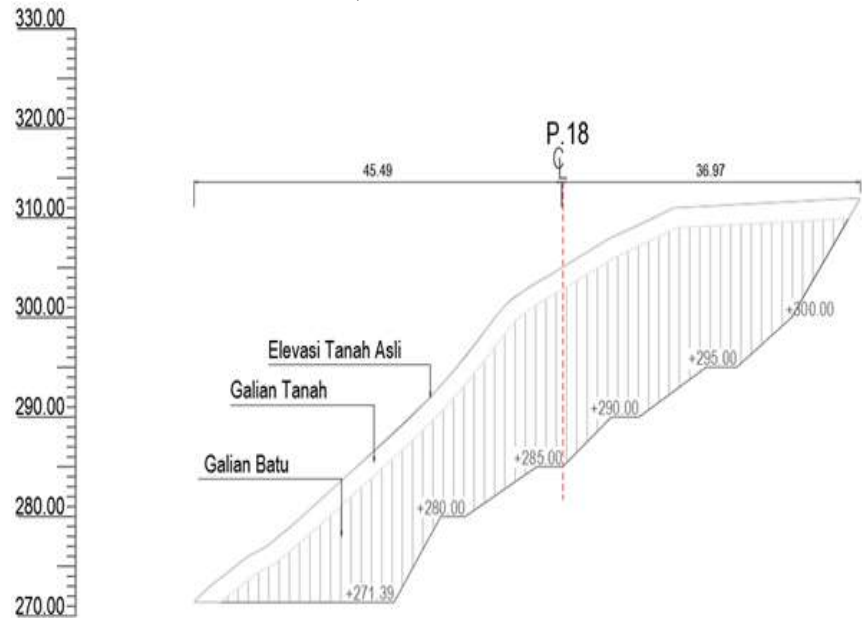


Gambar 4. Potongan melintang Galian Tanah outlet STA 18

Tabel 3. Perhitungan Volume Galian Tanah Outlet

VOLUME GALIAN TANAH OUTLET					
No	No STA	Jarak m	Luas m ²	Luas rata-rata (m ²) (Luas _n + Luas _{n+1})/2	Volume (m ³) Luas Rata-Rata x Jarak
1	STA 18	25	649,74	1.103,92	27.597,88
2	STA 19	25	1.558,09		
3	STA 20	25	1.802,70	1.676,57	41.914,25
4	STA 21	25	1.550,44		
5	STA 22	25	1.624,24	1.618,69	40.4667,13
6	STA 23	25	1.613,13		
total volume					109.979,25

d) Galian Batu outlet

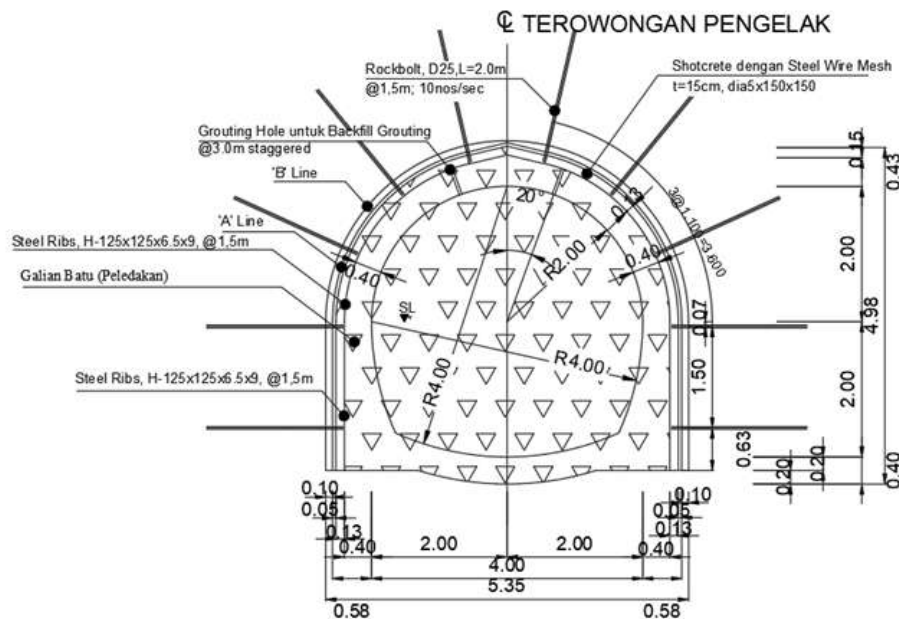


Gambar 5. Potongan melintang Galian batu outlet STA 18

Tabel 4. Perhitungan Volume Galian batu Outlet

VOLUME GALIAN BATUAN OUTLET					
No	No STA	Jarak m	Luas m ²	Luas rata-rata (m ²) (Luas n + Luas n+1)/2	Volume (m ³) Luas Rata-Rata x Jarak
1	STA 18	25.00	904.70	1,318.84	32,970.95
2	STA 19	25.00	1,732.98		
3	STA 20	25.00	2,542.69	2,585.00	64,625.06
4	STA 21	25.00	2,627.32		
5	STA 22	25.00	2,383.60	1,945.06	48,626.50
6	STA 23	25.00	1,506.53		
7	STA 24	25.00	587.69	380.91	9,522.83
8	STA 25	25.00	174.13		
Total Volume					155,745.34

a) Galian terowongan (*Tunnel*)



Gambar 6. Potongan melintang Galian terowongan (*tunnel*)

Tabel 5. Perhitungan Volume Galian terowongan (*tunnel*)

VOLUME GALIAN TEROWONGAN				
No	NO STA	Jarak m	Luas m ²	Volume m ³
1	STA 4	25	23.361	584.03
2	STA 5	25	23.361	584.03
3	STA 6	25	23.361	584.03
4	STA 7	25	23.361	584.03
5	STA 8	25	23.361	584.03
6	STA 9	25	23.361	584.03
7	STA 10	25	23.361	584.03
8	STA 11	25	23.361	584.03
9	STA 12	25	23.361	584.03
10	STA 13	25	23.361	584.03
11	STA 14	25	23.361	584.03
12	STA 15	25	23.361	584.03
13	STA 16	25	23.361	584.03
14	STA 17	25	23.361	584.03
15	STA 18	25	23.361	584.03
16	STA 19	25	23.361	584.03
17	STA 20	25	23.361	584.03
Total Volume				9,928.43

b) Rekapitulasi seluruh Volume galian

No	PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN
1	Galian Tanah Inlet	13,823.10	m ³
2	Galian Batu Inlet	104,909.41	m ³
3	Galian Tanah Outlet	18,633.53	m ³
4	Galian Batu Outlet	256,979.81	m ³
5	Galian Terowongan	17,871.17	m ³

Spesifikasi alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian

- 1) Bulldozer
 - a. Bulldozer Tipe Komatsu D85E SS-2
Kapasitas Blade: 3,4 m³
 - b. Bulldozer Tipe CAT D5RAXL
Kapasitas Blade: 3,18 m³
- 2) Excavator
 - a. Excavator Tipe Komatsu PC 200-8
Kapasitas Bucket: 1,00 m³
 - b. Excavator Tipe Hitachi ZX200-5G
Kapasitas Bucket: 0,80 m³
 - c. Excavator Tipe Kobelco SK-200
Kapasitas Bucket: 0,93 m³
- 3) Dump truck

- a. Dump Truck Tipe FE SHD K
Kapasitas Dump: 8 m³
- b. Dump Truck Tipe Hino 500 FM 235 JJ
Kapasitas Dump: 14 m³
- c. Dump Truck Tipe Hino FM 260 JM
Kapasitas Dump: 20 m³
- 4) Hydarulic Breaker
 - a. Tipe Komatsu PC 200-8 + JTHB 210-3
Tool Diameter : 13,5 cm
- 5) Wheel Loader
 - a. Wheel Loader Tipe komatsu WA200-8
Kapasitas Bucket: 1.50 m³
 - b. Wheel Loader Tipe Caterpillar 930K
Kapasitas Bucket: 0.8 m³
 - c. Wheel Loader Tipe komatsu WA320-5
Kapasitas Bucket: 2.8 m³

No	NAMA ALAT BERAT	KODE
1	Bulldozer Tipe Komatsu D85E SS-2	BD 1
2	Bulldozer Tipe CAT D5RAXL	BD 2
3	Excavator Tipe Komatsu PC210-10M0	EX 1
4	Excavator Tipe Hitachi ZX200-5G	EX 2
5	Excavator Tipe Kobelco SK-200	EX 3
6	Dump Truck Tipe FE SHD K	DT 1
7	Dump Truck Tipe Hino 500 FM 235 JJ	DT 2
8	Dump Truck Tipe Hino FM 260 JM	DT 3
9	Wheel Loader Tipe komatsu WA150-5	WL 1
10	Wheel Loader Tipe LiuGong 816C	WL 2
11	Wheel Loader Tipe komatsu WA320-5	WL 3
12	Hydraulic Breaker Tipe Komatsu PC 200-8 + JTHB 210-3	HB 1

Perhitungan biaya operasional dan sewa alat berat

Uraian Peralatan

Jenis Peralatan : Excavator Tipe Komatsu PC210-10M0

Tenaga (Pw) : 138 HP

Kapasitas (Cp) : 1,0 m³

Alat baru

Umur Ekonomis (A)

: 5 Tahun

Jam Kerja Dalam 1 Tahun (W) : 2,000 jam

Harga Alat (B)

: Rp.1,600,000,000

Biaya Pasti Per Jam

Nilai Sisa Alat (C) : 10% x B

: 10% x 1,600,000,000

: Rp.160,000,000

Faktor Angsuran : $\frac{ix(1+i)^A}{(1+i)^A-1}$

Modal (D)

: $\frac{10\%x(1+10\%)^5}{(1+10\%)^5-1}$

: 0,264

Biaya Pasti Per Jam

a. Biaya Pengembalian

Modal (E) : $\frac{(B-C)x D}{W}$

: $\frac{(1.600.000.000x1.600.000.000)x0.264}{2000}$

: Rp. 189,934.19

b. Asuransi, dll (F) : $\frac{0.002xB}{W}$

: $\frac{0.002x1.600.000.000}{2.000}$

: Rp. 1,600

Biaya Pasti Per Jam (G) : (E + F)

: (Rp. 189,934.19 + Rp. 1,600)

Biaya Pasti Per Jam

Bahan Bakar (H)

: Rp. 191,534.19

: (10%-12%) x Pw x Ms

: (12%) x 138 x 9,500

: Rp. 157,320.00

Pelumas (I)

: (25% - 35%) x Pw x Ms

: (35%) x 138 x 35,100

: Rp. 16.953.30

Biaya Bengkel (J)

: $\frac{(2,2\%-2,8\%)xB}{W}$

: $\frac{(2,8\%)x1,600,000,000}{2,000}$

: Rp. 22,400

Biaya Perbaikan (K)

: $\frac{(6,4\%-9,0\%)xB}{W}$

: $\frac{(9,0\%)x1,600,000,000}{2,000}$

: Rp. 72,000.00

Operator (L)

: (1 org/jam) x U1

: 1 x 24,485.71

: Rp.24,485.71

Pembantu Operator (M)

: (1 org/jam) x U2

: 1 x 12,242.86

: Rp. 12,242.86

Biaya Sewa Alat

Per Jam (P)

: (H+I+J+K+L+M)

: (Rp. 157,320.00 + Rp.

16,953.30 + Rp. 16,953.30

+Rp.22,400+Rp.24,485.71

+ Rp. 12,242.86)

: Rp. 305,401.87

Total Biaya Sewa Alat

Per Jam (S)

: (G+P)

Lain-lain

: (Rp.191,534.19+

Rp.305,401.87)

: Rp. 496,936.06

Tingkat Suku Bunga :10,00%
Upah Operator
/ Sopir (U1) :Rp.24,485.71/Jam
(Berdasarkan AHSP Kab.Trenggalek 2022)

Upah Pmb.Operator
/Pmb.Sopir (U2) : Rp.12,242.86/Jam
(Berdasarkan AHSP Kab.Trenggalek 2022)

Bahan Bakar Bensin (Mb) :Rp.7,650.00/Liter
(Berdasarkan AHSP Kab.Trenggalek 2022)

Bahan Bakar Solar (Ms) :Rp.9,500.00/Liter
(Berdasarkan AHSP Kab.Trenggalek 2022)

Minyak Pelumas (Mp) :Rp.35,100.00/Liter
(Berdasarkan AHSP Kab.Trenggalek 2022)

Berikut contoh perhitungan mobilisasi unit Excavator Tipe Komatsu PC210-10M0
Jarak Gudang ke lokasi proyek :186,1KM
(Surabaya-Trenggalek)
Biaya Mobilisasi per KM :Rp37,192.30
(Berdasarkan Biaya sewa dan mobilisasi daerah Surabaya – Trenggalek)
Biaya mobilisasi excavator : Rp 37,192.30 x 186,1 km
: Rp 6,921,487
Biaya Mobilisasi Demobilisasi : Rp 6,921,487 x 2
: Rp 13,842,975

Hasil perhitungan biaya sewa dan operasional dibawah ini, perhitungan lengkap masing-masing alat berat

No	NAMA ALAT BERAT	Biaya Sewa dan Biaya Operasional	Biaya Mobilisasi / Km > 100 Km	Biaya Mobilisasi Demobilisasi
1	Bulldozer Tipe Komatsu D85E SS-2	Rp 489,878.58	Rp 15,854.66	Rp 5,901,103.20
2	Bulldozer Tipe CAT D5R A XL	Rp 418,625.52	Rp 15,071.69	Rp 5,609,681.88
3	Excavator Tipe Komatsu PC210-10M0	Rp 496,936.06	Rp 37,192.30	Rp 13,842,974.85
4	Excavator Tipe Hitachi ZX200-5G	Rp 473,588.13	Rp 40,898.75	Rp 15,222,515.30
5	Excavator Tipe Kobelco SK-200	Rp 469,938.74	Rp 40,898.75	Rp 15,222,515.30
6	Dump Truck Tipe FE SHD K	Rp 294,256.43	Rp 5,016.60	Rp 1,867,180.00
7	Dump Truck Tipe Hino 500 FM 235 JJ	Rp 455,735.19	Rp 5,016.60	Rp 1,867,180.00
8	Dump Truck Tipe Hino FM 260JM	Rp 518,890.35	Rp 5,016.60	Rp 1,867,180.00
9	Wheel Loader Tipe komatsu WA150-5	Rp 461,767.24	Rp 22,416.92	Rp 8,343,576.92
10	Wheel Loader Tipe LiuGong 816C	Rp 344,243.06	Rp 15,352.37	Rp 5,714,151.68
11	Wheel Loader Tipe komatsu WA320-5	Rp 507,266.88	Rp 32,459.12	Rp 12,081,285.84
12	Hydarulic Breaker Tipe Komatsu PC 200-8	Rp 415,742.40	Rp 36,382.85	Rp 13,541,695.90

Tabel 7. Rekapitulasi Biaya operasional dan biaya sewa alat berat

Proses optimasi alternatif

1) Penentuan Variabel Keputusan
Variabel keputusan pada optimasi penggunaan alat berat yaitu jumlah kebutuhan masing-masing alat berat (X1, X2, X3). Variabel keputusan pada alternatif kombinasi 1 sebagai berikut:

X_1 = Jumlah unit excavator tipe Komatsu PC200-10M0 (EX1)

X_2 = Jumlah unit dump truck tipe FE SHD K (DT1)

X_3 = Jumlah unit bulldozer tipe Komatsu D85E SS-2 (BD1)

2) Penentuan Fungsi tujuan

Tujuan dari optimasi penggunaan alat berat ini yaitu untuk meminimalisir biaya penggunaan alat berat yang ditentukan oleh biaya penggunaan alat berat dan jumlah alat berat. Biaya penggunaan alat sebagai berikut:

C_1 = Biaya penggunaan alat excavator Komatsu PC200-10M0 (EX1) = Rp. 496,936

C_2 = Biaya penggunaan alat dump truck FE SHD K (DT1) = Rp. 294,256

C_3 = Biaya penggunaan alat bulldozer Komatsu D85E SS-(BD1) = Rp. 489,879

Dengan demikian dapat disusun fungsi tujuan untuk pekerjaan galian tanah inlet pada alternatif kombinasi 1 sebagai berikut:

$$Z \text{ min} = C_1.X_1 + C_2.X_2 + C_3.X_3$$

$$Z \text{ min} = \text{Rp. } 496,936.X_1 + \text{Rp. } 294,256.X_2 + \text{Rp. } 489,879.X_3$$

Untuk mendapatkan alternatif yang optimal maka tidak lepas dari kendala yang ada. Kendala-kendala tersebut ditentukan sebagai berikut:

a) Kendala Volume

Jika Volume total. Pada galian tanah inlet sebesar 14,643.11 m³ dengan durasi pekerjaan 87.33 jam, maka digunakan rumus

Sehingga bentuk fungsi kendalanya sebagai berikut:
Produktivitas Excavator Tipe Komatsu PC200-10M0=100,606 m³/jam,

bentuk fungsi kendalanya: $100,606 X_1 \geq 100,606$

Produktivitas Dump Truck Tipe FE

SHD K= 41,571 m³/jam,

bentuk fungsi kendalanya: $100,606 X_2 \geq 100,606$

Produktivitas Bulldozer Tipe Komatsu D85E

SS-2 = 156.295 m³/jam

bentuk fungsi kendalanya: $156.295 X_3 \geq 100,606$

b) Kendala ketergantungan alat

Diketahui :

Excavator Tipe Komatsu
PC200-10M0 : 100,606 m3/jam,
Dump Truck Tipe
FE SHD K : 41,571 m3/jam
Bulldozer Tipe Komatsu
D85E SS-2 : 156.295 m3/jam
Volume Galian Tanah
Inlet : 13,823.10 m³
Durasi pekerjaan : 134,40 jam
Sehingga

Excavator Tipe Komatsu PC200-10M0

Kebutuhan jam

$$\begin{aligned} \text{kerja alat} &= \frac{\text{Volume Galian Tanah Inlet}}{\text{Produktivitas Alat}} \\ &= \frac{13,823.10 \text{ m}^3}{100,606 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= 137,40 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jumlah

$$\begin{aligned} \text{Alat/ Hari} &= \frac{\text{Kebutuhan Jam Kerja Alat}}{\text{Durasi Pekerjaan}} \\ &= \frac{134,40 \text{ jam}}{134,40 \text{ jam}} \\ &= 1.00 \text{ unit} \end{aligned}$$

Dump Truck Tipe FE SHD K

Kebutuhan

$$\begin{aligned} \text{jam kerja alat} &= \frac{\text{Volume Galian Tanah Inlet}}{\text{Produktivitas Alat}} \\ &= \frac{13,823.10 \text{ m}^3}{41,57 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= 332,52 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jumlah

$$\begin{aligned} \text{Alat/ Hari} &= \frac{\text{Kebutuhan Jam Kerja Alat}}{\text{Durasi Pekerjaan}} \\ &= \frac{332,52 \text{ jam}}{137.40 \text{ jam}} \\ &= 2.42 \text{ unit} \end{aligned}$$

Bulldozer Tipe Komatsu D85E SS-2

Kebutuhan

$$\begin{aligned} \text{jam kerja alat} &= \frac{\text{Volume Galian Tanah Inlet}}{\text{Produktivitas Alat}} \\ &= \frac{13,823.10 \text{ m}^3}{156,30 \text{ m}^3/\text{jam}} \end{aligned}$$

$$= 88,44 \text{ jam}$$

Jumlah

$$\text{Alat/ Hari} = \frac{\text{Kebutuhan Jam Kerja Alat}}{\text{Durasi Pekerjaan}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{88,44 \text{ jam}}{156,30 \text{ jam}} \\ &= 0.64 \text{ unit} \end{aligned}$$

Selanjutnya yaitu membuat perbandingan alat berat untuk menentukan jumlah alat berat yang tidak terlalu jauh pembulatannya agar tidak terlalu banyak penggunaan alat beratnya. dimana jumlah excavator menjadi acuan dibuat = 1 unit

$$\begin{aligned} \text{Excavator} &= \frac{\text{jumlah}_{\text{hari}}^{\text{alat}}(\text{exc})}{\text{jumlah}_{\text{hari}}^{\text{alat}}(\text{exc})} \times n \\ &= \frac{1,00 \text{ unit}}{1,00 \text{ unit}} \times 1 \\ &= 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dump truck} &= \frac{\text{jumlah}_{\text{hari}}^{\text{alat}}(\text{dt})}{\text{jumlah}_{\text{hari}}^{\text{alat}}(\text{exc})} \\ &= \frac{2,42 \text{ unit}}{1,00 \text{ unit}} \times 1 \\ &= 2,42 \text{ unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bulldozer} &= \frac{\text{jumlah}_{\text{hari}}^{\text{alat}}(\text{bd})}{\text{jumlah}_{\text{hari}}^{\text{alat}}(\text{exc})} \\ &= \frac{0.6 \text{ unit}}{1.00 \text{ unit}} \times 1 \\ &= 0.6 \text{ unit} \end{aligned}$$

Sehingga dari perhitungan diatas dapat dilihat hasil perbandingan ketergantungan masing masing alat berat

Penjadwalan

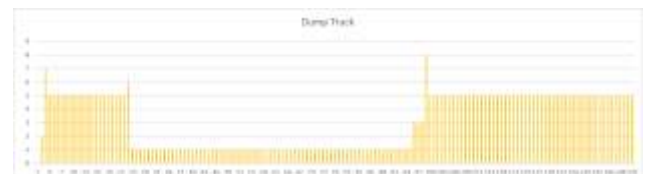
Penjadwalan dibuat untuk melihat penggunaan alat berat setiap minggu sehingga mempermudah memahami kebutuhan alat berat pada setiap pekerjaan.



Gambar 7. Jadwal Penggunaan Alat Excavator

Keterangan:

- X = Durasi penggunaan Excavator
- Y = Jumlah Excavator yang Digunakan



Gambar 8. Jadwal Penggunaan Alat Dump Truck Alternatif 1

Keterangan:

- X = Durasi penggunaan Dump Truck
- Y = Jumlah Dump Truck yang Digunakan



Gambar 9. Jadwal Penggunaan Alat Dump Truck Alternatif 2

Keterangan:

X = Durasi penggunaan Dump Truck

Y = Jumlah Dump Truck yang Digunakan

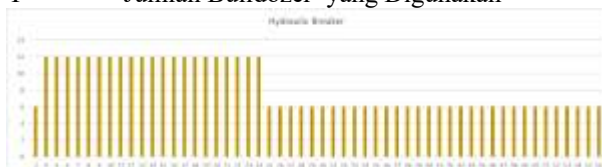


Gambar 10. Jadwal Penggunaan Alat Bulldozer

Keterangan:

X = Durasi penggunaan Bulldozer

Y = Jumlah Bulldozer yang Digunakan

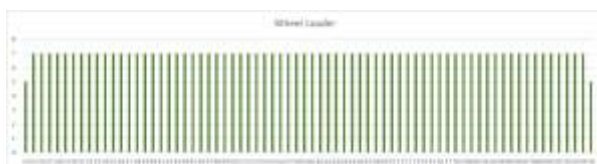


Gambar 11. Jadwal Penggunaan Alat Hydraulic Breaker

Keterangan:

X = Durasi penggunaan Hydraulic Breaker

Y = Jumlah Hydraulic Breaker yang Digunakan



Gambar 12. Jadwal Penggunaan Alat Wheel Loader alternatif 1

Keterangan:

X = Durasi penggunaan Wheel Loader

Y = Jumlah Wheel Loader yang Digunakan



Gambar 13. Jadwal Penggunaan Alat Wheel Loader alternatif 2

Keterangan:

X = Durasi penggunaan Wheel Loader

Y = Jumlah Wheel Loader yang Digunakan

5. PENUTUP

Kesimpulan

- Hasil Perhitungan volume sebagai berikut:
 - Pekerjaan Galian Tanah Inlet = 13.823.10 m³,
 - Pekerjaan Galian Batu Inlet = 104.909,41 m³,
 - Pekerjaan Galian Tanah Outlet = 18,633.53 m³,
 - Pekerjaan Galian Batu Outlet = 256.979,81m³,
 - Pekerjaan Galian Terowongan = 17.871,17m³.
- Pada pekerjaan galian tanah inlet yang paling minimum yaitu alternatif kombinasi 3 dengan biaya total sebesar Rp1,548,330.172 per jam, dengan menambahkan biaya mobilisasi dan demobilisasi alat diperoleh total biaya alat optimum Rp 239,144,143
- Pada pekerjaan galian batu inlet yang paling minimum yaitu alternatif kombinasi 3 dengan biaya total sebesar Rp5,375,552.776 per jam, dengan menambahkan biaya mobilisasi dan demobilisasi alat diperoleh total biaya alat optimum Rp 6,398,218,369
- Pada pekerjaan galian tanah outlet yang paling minimum yaitu alternatif kombinasi 9 dengan biaya total sebesar Rp1,771,333.543 per jam, dengan menambahkan biaya mobilisasi dan demobilisasi alat diperoleh total biaya alat optimum Rp356,278,669
- Pada pekerjaan galian batu outlet yang paling minimum yaitu alternatif kombinasi 3 dengan biaya total sebesar Rp5,375,552.776 per jam, dengan menambahkan biaya mobilisasi dan demobilisasi alat diperoleh total biaya alat optimum Rp 15,482,067,818
- Pada pekerjaan galian terowongan yang paling minimum yaitu alternatif kombinasi 2 dengan biaya sebesar Rp 638.499 per jam, dengan menambahkan biaya mobilisasi dan demobilisasi alat diperoleh total biaya alat optimum pada alternatif 1 sebesar Rp2,547,237,194, sedangkan pada alternatif 2 sebesar Rp1,277,261,717
- Biaya eksisting dari pekerjaan tersebut adalah Rp. 20,710,314,925 selisih lebih tinggi dengan alternatif yang paling optimum sejumlah Rp. 4,751,091,244, dengan addcost biaya sebesar 16,38%, dengan durasi total 792 hari selisih dengan eksisting sebanyak 382 hari dan efisiensi durasi sebesar 53,07%.

Saran

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

1. Penggunaan aplikasi *software* terkait dalam analisis selanjutnya

DAFTAR PUSTAKA

Aminudin. (2005). Prinsip-Prinsip Riset Operasi. Jakarta: Erlangga.

Dumairy. (2019). Matematika Terapan Untuk Bisnis Dan Ekonomi Edisi Kedua . Yogyakarta: BPFE.

Ir. Susy Fatena Rostiyanti, M. (2008). Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi . Jakarta: PT. RINEKA CIPTA.

Kuddi, G. R. (2015). Studi Perbandingan Anggaran Biaya Pada Proyek Pembangunan RUmah Khusus Bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR) dan TNI di Kabupaten Dogiyai Prov. Papua Sebagai Upaya Meningkatkan Keuntungan Kontraktor., Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Rakyat, K. P. (2016). Permen PUPR No.28/PRT/M/2016,Tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan umum.

Rochmanhadi. (1982). Alat-alat Berat dan Penggunaannya. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Siringoringo, H. (2005). Seri Teknik Riset Operasional : Pemrograman Linier. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Suhariyanto, D. L. (2018). Alat Berat. Malang : Polinema press.

Suryadharma. (1998). Sifat-sifat Beberapa Macam Tanah. Yogyakarta.

Suryadharma, W. d. (1998). Alat-Alat Berat Revisi. Yogyakarta : Universitas Atma Jaya Yogyakarta .

Wilopo, D. (2009). Metode Konstruksi Dan Alat-Alat Berat . Jakarta: Universitas Indonesia .

ASTUTI, D. P. (2022). Permen PUPR No.01 Tahun 2022,Tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum Dan Perumahan rakyat, 8.5.2017, 2003–2005.

Elsina, K., Mandagi, L. R. J. M., Tarore, H., & Malingkas, G. Y. (2013). Optimasi Biaya

2. Penerapan BIM sebagai metode analisis

Dan Durasi Proyek Menggunakan Metode Simpleks (Studi Kasus: Pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan Tahap Ii). Jurnal Sipil Statik, 1(4), 226–232.

Ahmad, Subagyo. (2012), “Marketing in Business”, edisi pertama, cetakan pertama. Penerbit Mitra Wacana Media. Jakarta

Ahmad Kholil. 2012. Alat Berat. Bandung. PT. Remaja Rosdakarya

Kuddi, Gia Rossalia. 2015. Studi Perbandingan Anggaran Biaya Pada Proyek Pembangunan Rumah Khusus Bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR) dan TNI di Kabupaten Dogiyai Prov: Papua Sebagai Upaya Meningkatkan Keuntungan Kontraktor, dalam Jurnal: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Gafur, Abdul. 2013. Analisa Perbandingan Produktivitas Alat Berat Pada Pelaksanaan Pematangan Lahan Untuk Pembuatan Workshop Di Kab. Malinau Pada Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Timur. Jurnal Fakultas Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Notoprasetio, Denny Dwiputra. 2017. Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Underpass Mayjen Sungkono Surabaya Jurnal Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Jawat, I Wayan. 2017. Metode Pelaksanaan Konstruksi Revetment. Jurnal Jurusan Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Denpasar, Bali.

Leatemia, Kristia Elsina. 2013. Optimasi Biaya dan Durasi Proyek Menggunakan program metode simpleks (Studi Kasus: Pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan Tahap II). Jurnal Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi.

Abrar, Husen. 2011. Manajemen Proyek, Yogyakarta: Andi.

Paryantan dan Arbelia. 2011. Penerapan Metode AHP dan TOPSIS Sebagai Sistem Pendukung Keputusan Dalam Menentukan Kenaikan Jabatan Bagi Karyawan. Surakarta: Jurnal STMIK AUB