



OPTIMASI BIAYA PENGGUNAAN KOMBINASI ALAT BERAT PEKERJAAN GALIAN PADA PROYEK BENDUNGAN BAGONG TRENGGALEK

Nurhidayat, Tito Rindang¹, Revantoro, Nemesius Bambang²

¹Universitas Negeri Malang, email: tito.rindang.1905236@students.um.ac.id

² Universitas Negeri Malang email: nemesius.bambang.ft@um.ac.id

Abstrak

Penggunaan alat berat yang optimal dapat tercapai apabila faktor yang mempengaruhi pekerjaan alat berat dapat terlaksana dengan efisien. Faktor tersebut diantaranya biaya yang dikeluarkan, waktu yang dibutuhkan dan kapasitas produksi alat berat yang dihasilkan. Proyek Bendungan bagong paket II dilaksanakan kontraktor PT PP - PT Jatiwangi (KSO) meliputi persiapan, akses jalan OP, bangunan pengelak, bangunan pelimpah, bangunan pengambil, hidromekanikal, dan bangunan fasilitas dengan progres 35,06%. Bendungan Bagong didesain dengan tipe Urugan zonal dengan Inti Tegak dengan tinggi puncak 82 meter dan panjang 620 meter. Akan tetapi pada prosesnya terdapat ketidaksesuaian produktivitas antara rencana yang sudah ditetapkan dan kondisi eksisting dilapangan. Rancangan penelitian ini menggunakan metode penelitian analisis deskriptif dengan kondisi lapangan dan kondisi rencana eksisting sebagai pembanding keberhasilan. Hasil dari penelitian ini adalah persamaan kombinasi alat berat dari pekerjaan spillway sebagai berikut ini 3EXC2 + 9DT1 + 5BD1 dengan total harga Rp18.017.791.726 dan dapat dipercepat sebesar 7,3% lalu pada pekerjaan Tanah Outlet didapatkan kombinasi 2EXC3 + 5DT1 + 2BD1 dengan total biaya sebesar Rp5.551.444.341 dengan percepatan sebesar 6,1% dan yang terakhir pada pekerjaan Batu Outlet didapatkan kombinasi 1EXC4 + 3DT1 + 8HB1 dengan total biaya Rp11.989.937.949 dapat dipercepat sebesar 4,3%. Dari total keseluruhan harga yaitu Rp35.559.174.016 dengan pemangkasan harga sebesar 6,1%

Kata Kunci : Optimasi Biaya, Kombinasi Alat Berat, Produktifitas Alat Berat, Program Linear, dan Metode Simpleks,

1. PENDAHULUAN

Penggunaan alat berat yang optimal dapat tercapai apabila faktor yang mempengaruhi pekerjaan alat berat dapat terlaksana dengan efisien. Faktor tersebut diantaranya biaya yang dikeluarkan, waktu yang dibutuhkan dan kapasitas produksi alat berat yang dihasilkan. Proyek Bendungan bagong paket II dilaksanakan kontraktor PT PP - PT Jatiwangi (KSO) meliputi persiapan, akses jalan OP, bangunan pengelak, bangunan pelimpah, bangunan pengambil, hidromekanikal, dan bangunan fasilitas dengan progres 35,06%. Bendungan Bagong didesain dengan tipe Urugan zonal dengan Inti Tegak dengan tinggi puncak 82 meter dan panjang 620 meter. Akan tetapi pada prosesnya terdapat ketidaksesuaian produktivitas antara rencana yang sudah ditetapkan dan kondisi eksisting dilapangan.

Penggunaan alat berat yang optimal dapat tercapai apabila faktor yang mempengaruhi pekerjaan alat berat dapat terlaksana dengan efisien. Faktor tersebut diantaranya biaya yang dikeluarkan, waktu yang dibutuhkan dan kapasitas produksi alat berat yang dihasilkan, dengan demikian perlu dilakukan pengamatan agar pemilihan alat berat dapat sesuai dengan

kebutuhan pekerjaan yang akan dilaksanakan. Berdasarkan informasi yang peneliti dapatkan dari pihak PT.PP-KSO JATIWANGI terdapat ketidaksesuaian produktivitas antara rencana yang sudah ditetapkan dan kondisi eksisting dilapangan. Hal itu dapat dilihat dari target rencana produksi galian total baik tanah maupun batu sebesar 1.221.244 m² dengan total kontrak sebesar : Rp.37.649.000.000 baik galian tanah maupun batu yang selesai dalam 300 hari, sedangkan pada kondisi eksisting lapangan selama 84 hari terhitung bulan September 2023 progres masih terealisasi sebesar 14,5% dari target yang terdapat pada kurva s sebesar 19,14 %. Itu artinya terdapat deviasi sebesar 4,64 %, Berdasarkan Peraturan (PUPR No.14 Tahun 2020) kontrak dinyatakan kritis apabila deviasi progres dan rencana melebihi 10% akan tetapi apabila deviasi tersebut tidak segera di pecahkan solusinya mungkin akan bertambah dan menimbulkan keterlambatan yang lebih parah.

Dengan ada masalah tersebut perlu adanya kajian untuk mendapatkan solusi yang tepat dan efisien sesuai kondisi di lapangan, yaitu dengan cara mengoptimisasi penggunaan kombinasi alat berat agar proyek dapat terlaksana dengan tepat waktu dan biaya yang seminimum mungkin. Metode yang digunakan untuk menganalisa optimasi biaya kombinasi alat berat pada proyek Bendungan Bagong Trenggalek ini menggunakan persamaan linier metode simpleks dengan memperhatikan variabel kendala pada kondisi lapangan. Proses penyelesaian persamaan dilakukan dengan bantuan software pemrograman LINDO 6.2.

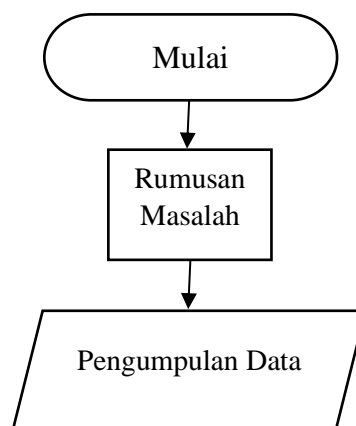
2. METODE

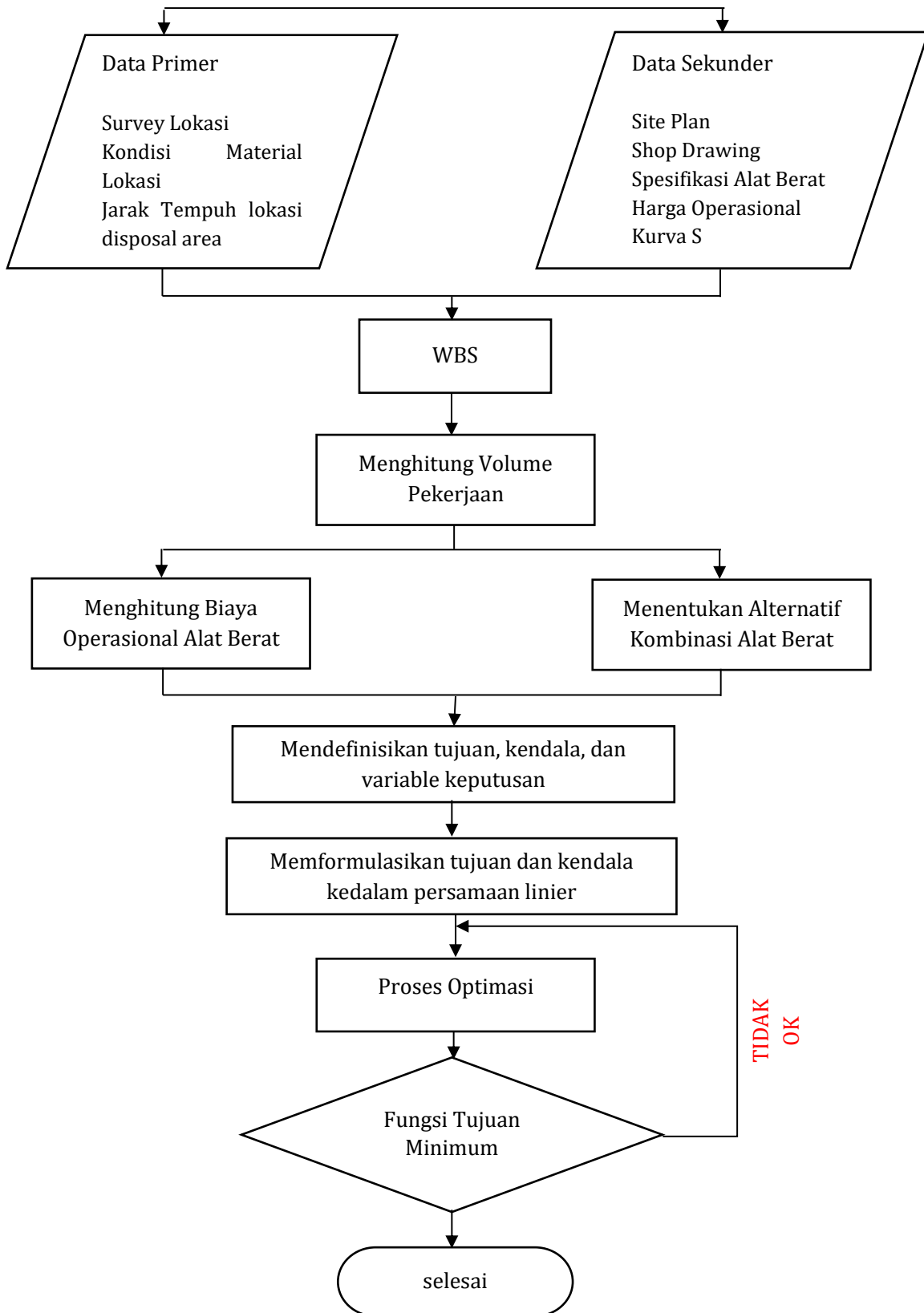
2.1. Rancangan Penelitian

Pada tipe penelitian ini penulis menggunakan tipe penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif bertujuan untuk mendeskripsikan apa-apa yang saat ini berlaku, didalamnya terdapat upaya mendeskripsikan, mencatat, analisis, dan menginterpretasikan kondisi-kondisi yang saat ini terjadi atau ada. Dengan kata lain penelitian deskriptif bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai keadaan saat ini, dan melihat kaitan antara variabel-variabel yang ada. peneliti ini tidak menguji hipotesa atau atau tidak menggunakan hipotesa, melainkan hanya mendeskripsikan informasi apa adanya sesuai dengan variabel-variabel yang diteliti. penelitian semacam ini sering dilakukan oleh pemerintah guna mengambil kebijakan atau keputusan untuk melakukan tindakan selanjutnya.

2.2. Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir proses pengerjaan skripsi ini.





3. HASIL

3.1. Produktivitas Alat Berat

Dalam penentuan jenis alat berat yang akan digunakan pada proyek pembangunan bangunan pengelak pada Bendungan Bagong Trenggalek ini yaitu ada beberapa pertimbangan dari segi spesifikasi alat berat yang akan digunakan. Dibawah ini merupakan spesifikasi alat berat yang akan digunakan pada proyek pembangunan Bangunan Pengelak Bendungan Bagong adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Kode Alat Berat

Kode Alat Berat		
No	Kode	Keterangan
1	DT1	FE SHD K
2	DT2	Hino 500 FM 235 JJ
3	DT3	Hino Ranger 500
4	EXC1	PC-200
5	EXC2	Zoomlion ZE245E
6	EXC3	Kobelco SK200XDL
7	EXC4	PC-300
8	BD1	Zoomlion ZD-160-3
9	BD2	Komatsu D65-Px
10	WL1	Komatsu WA320-5
11	WL2	Hitachi ZW310-5A

Sumber: Hasil Analisa

Berikut untuk rekapitulasi total produktivitas tiap tiap alternative kombinasi dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Rekapitulasi Produktivitas Alat Galian *Spillway*

Produktivitas alat <i>Spillway</i>		
Alat	Produktivitas (m²)	Keterangan
PC-200 (EXC1)	96,23	EXC1
Zoomlion ZE245E (EXC2)	112,84	EXC2
Kobelco SK200XDL (EXC3)	100,41	EXC3
PC-300 (EXC4)	137,38	EXC4
Dumptruck FE SHD K	32,82	DT1 + EXC1
Dumptruck FE SHD K	34,94	DT1 + EXC2
Dumptruck FE SHD K	33,39	DT1 + EXC3
Dumptruck FE SHD K	37,43	DT1 + EXC4
Hino 500 FM 235 JJ	36,86	DT2 + EXC1
Hino 500 FM 235 JJ	39,55	DT2 + EXC2
Hino 500 FM 235 JJ	37,58	DT2 + EXC3
Hino 500 FM 235 JJ	42,77	DT2 + EXC4
Hino Ranger 500	41,28	DT3 + EXC1
Hino Ranger 500	44,67	DT3 + EXC2
Hino Ranger 500	42,18	DT3 + EXC3
Hino Ranger 500	48,84	DT3 + EXC4
Zoomlion ZD-160-3	63,33	BD1
Komatsu D65-Px	49,36	BD2

Sumber : Hasil Analisa

3.2. Biaya Operasional

Biaya operasional alat berat merupakan biaya yang akan dikeluarkan untuk penyewaan alat berat, bahan bakar, dan upah operator. Pada pembangunan Bangunan Pengelak di Bendungan Bagong ini seluruh alat berat yang digunakan milik perusahaan, sehingga biaya perawatan dan minyak pelumas alat berat juga tercantum. Berikut merupakan total rekapitulasi total biaya operasional dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3. 3 Rekapitulasi Biaya Alat Berat

Alat	Kode	Biaya
PC-200 (EXC1)	EXC1	Rp530.181
Zoomlion ZE245E (EXC2)	EXC2	Rp621.151
Kobelco SK200XDL (EXC3)	EXC3	Rp548.860
PC-300 (EXC4)	EXC4	Rp779.538
Dumpruck FE SHD K	DT1	Rp369.181
Hino 500 FM 235 JJ	DT2	Rp575.042
Hino Ranger 500	DT3	Rp647.536
Zoomlion ZD-160-3	BD1	Rp573.672
Komatsu D65-Px	BD2	Rp571.194

Sumber : Hasil Analisa

3.3. Optimasi Alat Berat Pekerjaan Spillway

Optimasi penggunaan alat berat pada galian tanah inlet ini terdapat 24 alternatif kombinasi yang dapat dilihat pada tabel 4.7. Optimasi dilakukan pada setiap alternatif kombinasi alat, dari 24 alternatif tersebut akan dipilih alternatif yang termurah. Contoh proses optimasi pada alternatif 1 dengan langkah sebagai berikut:

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 3 sebagai berikut:

- X1 = Jumlah unit *Excavator* tipe Komatsu PC200 (EX1)
- X2 = Jumlah unit *Dump Truck* tipe Hino 500 FM 235 JJ (DT2)
- X3 = Jumlah unit *Bulldozer* tipe Komatsu D65-Px (BD2)

2. Penentuan Variabel 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:

- C1 = Biaya penggunaan alat *Excavator* Komatsu PC200 (EX1)
= Rp.530.181
- C2 = Biaya penggunaan alat *Dump Truck* Hino 500 FM 235 JJ (DT2)
= Rp.575.042
- C3 = Biaya penggunaan alat *Bulldozer* Komatsu D65-Px (BD2)
= Rp.571.194

3. Penentuan Fungsi Kendala

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

a) Kendala Volume

- 1. Produktivitas *Excavator* Tipe Komatsu PC200 = 96,2 m³/jam, sehingga bentuk persamaanya adalah $96,2 X1 \geq 293,06$

2. Produktivitas *Dump Truck* Hino 500 FM 235 JJ = 36,9 m³/jam, sehingga bentuk persamaanya adalah $36,9 X2 \geq 293,06$
3. Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D65-Px = 49,36 m³/jam, sehingga bentuk persamaanya adalah $49,36 X3 \geq 293,06$

b) Kendala ketergantungan alat
 ketergantungan alat dibuat perbandingan jumlah koefisien masing-masing alat, setelah itu dibuat perkalian silang yang akan dijelaskan sebagai berikut:

$$39,8 X1 - 15 X2 = 0$$

$$23,1 X1 - 15 X3 = 0$$

$$23,1 X2 - 39,8 X3 = 0$$

c) Kendala Jumlah Alat

Panda kendala jumlah alat berat yang tersedia, untuk mendapatkan jumlah alat berat yang tersedia untuk dapat menyelesaikan pekerjaan yang disesuaikan oleh kondisi lapangan di proyek. Berikut merupakan jumlah alat berat yang tersedia pada pekerjaan galian *Spillway*

- *Excavator* Komatsu PC200 sebagai variable X1
 Jumlah *Excavator* yang bisa tersedia di lapangan sebanyak 4 buah
- *Dump Truck* Hino 500 FM 235 JJ sebagai variable X2
 Jumlah *Dump Truck* yang bisa tersedia di lapangan sebanyak 8 buah
- *Bulldozer* Komatsu D65-Px sebagai variable X3
 Jumlah *Bulldozer* yang bisa tersedia di lapangan sebanyak 6 buah

4. Aplikasi Program Linear dengan Lindo 6.2

Pemecahan program linier dengan menggunakan LINDO 6.1 membutuhkan penulisan program linier sesuai dengan penulisan model aplikasi tersebut. Maka dari itu model penulisannya sebagai berikut:

$$\text{MIN } 530.181 X1 + 575.042 X2 + 573.672$$

$$96,2 X1 \geq 293,06$$

$$36,9 X2 \geq 293,06$$

$$49,36 X3 \geq 293,06$$

$$39,8 X1 - 15 X2 = 0$$

$$23,1 X1 - 15 X3 = 0$$

$$23,1 X2 - 39,8 X3 = 0$$

$$X1 < 4$$

$$X2 < 8$$

$$X3 < 6$$

$$X1 > 0$$

$$X2 > 0$$

$$X3 > 0$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil optimasi pada pekerjaan *Spillway* dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3. 4 Hasil Perhitungan Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Kondisi Optimum Pekerjaan Galian Batu *Spillway*

Alternatif Kombinasi	Produktivitas	Biaya/jam	Jumlah Alat	Total	Biaya Total
ALT 1	EXC1	96,23	Rp530.181	3	Rp1.590.542
	DT1	32,82	Rp369.181	9	Rp3.322.628
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362

Live and Applied Science, Volume 4

ALT 2	EXC1	96,23	Rp530.181	3	Rp1.590.542	Rp8.340.332
	DT1	32,82	Rp369.181	9	Rp3.322.628	
	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	
ALT 3	EXC1	96,23	Rp530.181	3	Rp1.590.542	Rp9.059.238
	DT2	36,86	Rp575.042	8	Rp4.600.335	
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362	
ALT 4	EXC1	96,23	Rp530.181	3	Rp1.590.542	Rp9.618.039
	DT2	36,86	Rp575.042	8	Rp4.600.335	
	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	
ALT5	EXC1	96,23	Rp530.181	3	Rp1.590.542	Rp8.991.653
	DT3	41,28	Rp647.536	7	Rp4.532.750	
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362	
ALT6	EXC1	96,23	Rp530.181	3	Rp1.590.542	Rp9.550.454
	DT3	41,28	Rp647.536	7	Rp4.532.750	
	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	
ALT7	EXC2	112,84	Rp621.151	3	Rp1.863.454	Rp8.054.444
	DT1	34,94	Rp369.181	9	Rp3.322.628	
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362	
ALT8	EXC2	112,84	Rp621.151	3	Rp1.863.454	Rp8.244.064
	DT1	34,94	Rp369.181	8	Rp2.953.447	
	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	
ALT9	EXC2	112,84	Rp621.151	3	Rp1.863.454	Rp8.757.109
	DT2	39,55	Rp575.042	7	Rp4.025.293	
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362	
ALT10	EXC2	112,84	Rp621.151	3	Rp1.863.454	Rp9.315.910
	DT2	39,55	Rp575.042	7	Rp4.025.293	
	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	
ALT11	EXC2	112,84	Rp621.151	3	Rp1.863.454	Rp9.264.566
	DT3	44,67	Rp647.536	7	Rp4.532.750	
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362	
ALT12	EXC2	112,84	Rp621.151	3	Rp1.863.454	Rp9.823.367
	DT3	44,67	Rp647.536	7	Rp4.532.750	
	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	
ALT13	EXC3	100,41	Rp548.860	3	Rp1.646.579	Rp7.837.569
	DT1	33,39	Rp369.181	9	Rp3.322.628	
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362	
ALT14	EXC3	100,41	Rp548.860	3	Rp1.646.579	Rp8.396.370
	DT1	33,39	Rp369.181	9	Rp3.322.628	
	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	
ALT15	EXC3	100,41	Rp548.860	3	Rp1.646.579	Rp9.115.275
	DT2	37,58	Rp575.042	8	Rp4.600.335	
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362	
ALT16	EXC3	100,41	Rp548.860	3	Rp1.646.579	Rp9.674.076
	DT2	37,58	Rp575.042	8	Rp4.600.335	

Live and Applied Science, Volume 4

	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	
	EXC3	100,41	Rp548.860	3	Rp1.646.579	
ALT17	DT3	42,18	Rp647.536	7	Rp4.532.750	Rp9.047.690
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362	
	EXC3	100,41	Rp548.860	3	Rp1.646.579	
ALT18	DT3	42,18	Rp647.536	7	Rp4.532.750	Rp9.606.491
	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	
	EXC4	137,38	Rp779.538	2	Rp1.559.076	
ALT19	DT1	37,43	Rp369.181	8	Rp2.953.447	Rp7.380.885
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362	
	EXC4	137,38	Rp779.538	2	Rp1.559.076	
ALT20	DT1	37,43	Rp369.181	8	Rp2.953.447	Rp7.939.685
	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	
	EXC4	137,38	Rp779.538	2	Rp1.559.076	
ALT21	DT2	42,77	Rp575.042	7	Rp4.025.293	Rp8.452.730
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362	
	EXC4	137,38	Rp779.538	2	Rp1.559.076	
ALT22	DT2	42,77	Rp575.042	7	Rp4.025.293	Rp9.011.531
	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	
	EXC4	137,38	Rp779.538	2	Rp1.559.076	
ALT23	DT3	48,84	Rp647.536	6	Rp3.885.214	Rp8.312.651
	BD1	63,33	Rp573.672	5	Rp2.868.362	
	EXC4	137,38	Rp779.538	2	Rp1.559.076	
ALT24	DT3	48,84	Rp647.536	6	Rp3.885.214	Rp8.871.452
	BD2	49,36	Rp571.194	6	Rp3.427.163	

Sumber : Hasil Analisa

3.4. Durasi dan Penghematan

Dari seluruh rekapitulasi perhitungan optimasi yang sudah penulis sajikan didapatkan hasil penghematan durasi dapat dilihat pada Tabel 3.5

Tabel 3. 5 Rekapitulasi Durasi dan Biaya Total

<i>SPILLWAY</i>						
Kombinasi	Jenis Alat	Jumlah	Biaya Alat/Jam	Biaya Total/Jam	Durasi/jam	Biaya Akhir
ALT 7	EXC2	3	Rp1.863.454			
	DT1	9	Rp3.322.628	Rp8.054.444	2237	Rp18.017.791.726
	BD1	5	Rp2.868.362			
Tanah Outlet						
ALT 13	EXC3	2	Rp1.097.719			
	DT1	5	Rp1.845.905	Rp4.090.969	1357	Rp5.551.444.341
	BD1	2	Rp1.147.345			
Batu Outlet						
ALT 10	EXC4	1	Rp779.538			
	DT1	3	Rp1.107.543	Rp5.213.016	2300	Rp11.989.937.949
	HB1	8	Rp3.325.936			

Sumber : Hasil Analisa

Dari Tabel diatas dapat diketahui Total biaya akhir dari tiap-tiap pekerjaan kemudian penulis akan membandingkan dengan kondisi *existing* pada proyek. Untuk tabel perbandingan penghematan biaya dan durasi dapat dilihat pada Tabel 3.6

Tabel 3. 6 Rekapitulasi Penghematan Biaya dan Durasi

Pembangunan Bangunan	Kondisi Asli	Spillway	Tanah Outlet	Batu Outlet
Durasi Spillway (jam)	2400	2237		
Durasi Tanah Outlet (jam)	1440		1357	
Durasi Batu Outlet (jam)	2400			2300
Selisih Durasi	0	163	83	100
Efisiensi Durasi		7,3%	6,1%	4,3%
Total Biaya	Rp37.649.000.000		Rp35.559.174.016	
Selisih Biaya	0		Rp2.089.825.984	
Efisiensi Biaya			6%	

Sumber:Hasil Analisa

Berdasarkan Tabel 4.22 penulis dapat menyimpulkan bahwa dengan menggunakan alternative kombinasi tersebut dapat menghemat biaya operasional sebesar 6% atau sekitar Rp2.089.825.984.

4. KESIMPULAN

Pada proyek ini pekerjaan yang penulis tinjau meliputi pekerjaan *Spillway*, Tanah *Outlet*,Batu *Outlet*,dan pada tiap tiap pekerjaan memiliki hasil analisis optimalisasi yang berbeda beda.Yang pertama yaitu pekerjaan *Spillway*, berdasarkan Tabel 4.20 dapat dilihat bahwa masing masing alat berat memiliki total biaya yang berbeda dari yang termurah yaitu alternatif kombinasi 7 terdiri dari 3EXC2 + 9DT1 + 5BD1 dengan total harga Rp18.017.791.726 dan dapat dipercepat sebesar 7,3%. Berdasarkan Tabel dapat di simpulkan bahwa dengan alternative kombinasi tersebut dapat menghemat biaya sebesar 6% dari total biaya sebesar Rp37.649.000.000 atau sekitar Rp2.089.825.984 dan pada durasi waktu pekerjaan *Spillway* dapat dipercepat sebesar 7,3%, tanah *Outlet* sebesar 6,1% dan Batu outlet sebesar 4,3%.

DAFTAR PUSTAKA

- Hotniar Siringoringo. 2005. Seri Teknik Riset Operasional Pemrograman Linear. Jakarta : Graha Ilmu
- Ageng Tirto Hadi Kusumo, H. Triwuryanto, Rizal Maulana, S. N. S. (2022). *Analisis Pemilihan Alat Berat Dalam Pekerjaan Galian*. 03(01), 55–64. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj8pbjwPj7AhXIIlCAHe6dCyEQFnoECBIQAw&url=https%3A%2F%2Fjournal.itny.ac.id%2Findex.php%2Fequilib%2Farticle%2Fview%2F3084%2F1344&usq=AOvVaw0ZPIZsKuBwtE5bPdhIL7SN>
- Anisari, R. (2012). Keserasian Alat Muat Dan Angkut Untuk Kecapaian Target Produksi Pengupasan Batuan Penutup Pada Pt. Adaro Indonesia Kalimantan Selatan. *Poros Teknik*, 4(1), 19–23.
- Asshiddiqie, H., Khamim, M., & Setiono, J. (2020). Optimasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Dan Timbunan Proyek Pembangunan Kolam Regulasi Nipa – Nipa Makassar. *Jurnal JOS-MRK*, 1(September), 71–77. <https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2020.01.02.71-77>
- Elsina, K., Mandagi, L. R. J. M., Tarore, H., & Malingkas, G. Y. (2013). Optimasi Biaya Dan Durasi Proyek Menggunakan Program Lindo (Studi Kasus: Pembangunan Dermaga Penyeberangan Salakan Tahap Ii). *Jurnal Sipil Statik*, 1(4), 226–232.
- Fitri, I. (2020). Analisis Produktivitas, Biaya Dan Waktu Penggunaan Alat Berat *Excavator* Dan *Dump Truck* Pada Pekerjaan Galian Tanah (Studi Kasus : Proyek Penggantian Jembatan Sungai Berangas). *Repository UNISKA*, 1–11.