

# EFISIENSI BIAYA PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN PROYEK BENDUNGAN

Dita Anggraini Febrianti<sup>1</sup>, Lila Ayu Ratna Winanda<sup>2</sup>, Nenny Roostrianawaty<sup>3</sup>, Munasih<sup>4</sup>

<sup>1</sup>) Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jl Bendungan Sigura-gura No 2 Malang  
Email: [ditaanggrainifebriantii@gmail.com](mailto:ditaanggrainifebriantii@gmail.com)

<sup>2</sup>) Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jl Bendungan Sigura-gura No 2 Malang  
Email: [lilawinanda@lecturer.itn.ac.id](mailto:lilawinanda@lecturer.itn.ac.id)

<sup>3</sup>) Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jl Bendungan Sigura-gura No 2 Malang  
Email: [nennyroostrianawaty@lecturer.itn.ac.id](mailto:nennyroostrianawaty@lecturer.itn.ac.id)

<sup>4</sup>) Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jl Bendungan Sigura-gura No 2 Malang  
Email: [munasih@lecturer.itn.ac.id](mailto:munasih@lecturer.itn.ac.id)

## Abstrak

Alat berat merupakan hal yang sangat penting dalam sebuah perencanaan Pembangunan Bendungan. Salah satu aktivitas yang berkaitan adalah pekerjaan galian dan timbunan. Dalam perencanaan Pembangunan salah satu faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan pelaksanaan sebuah proyek adalah unsur biaya. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis efisiensi biaya dari sisi penggunaan alat berat. Untuk menyelesaikan permasalahan penelitian digunakan metode trial kombinasi alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan proyek bendungan dalam rangka mencapai efisiensi. Tahapan berikutnya adalah perhitungan produktivitas alat dan biaya operasional, untuk kemudian dianalisis antar kombinasi alat berat yang paling ekonomis, sebanyak 3 kombinasi. Data untuk mendukung analisis diperoleh dari perencanaan main dams bendungan Melawi. Bendungan Melawi ini berada di Sungai Pinoh kecamatan Pinoh Selatan provinsi Kalimantan barat. Bendungan Melawi ini memiliki luas DTA 3996,4 km<sup>2</sup>. Hasil analisis menunjukkan total biaya paling ekonomis diperoleh dari kombinasi 3 Rp. 193.288.829.552 dengan selisih biaya sebesar 77 %.

Kata Kunci : Alat Berat, Biaya Operasional, Efisiensi

## Abstract

Heavy equipment is very important in dam construction planning. One of the related activities is excavation and embankment work. In development planning, one of the important factors that influences the successful implementation of a project is the cost element. Therefore, the aim of this research is to analyze cost efficiency in using the heavy equipments. To solve the research problem, a trial method of combining heavy equipment was used in the excavation and embankment work of the dam project in order to achieve efficiency. The next stage was calculating equipment productivity and operational costs, then analyzing the most economical combination of heavy equipments, a total of 3 combinations. The data to support the analysis was obtained from the main dam planning of Melawi. The Melawi Dam is located on the Pinoh River, South Pinoh District, West Kalimantan Province. The Melawi Dam has a catchment area of 3996.4 km<sup>2</sup>. The analysis results show that the most economical total cost come from a combination of 4 Rp. 193,288,829,552 with a cost difference of 77%.

Keywords: Heavy Equipment, Operational Costs, Efficiency

## 1. PENDAHULUAN

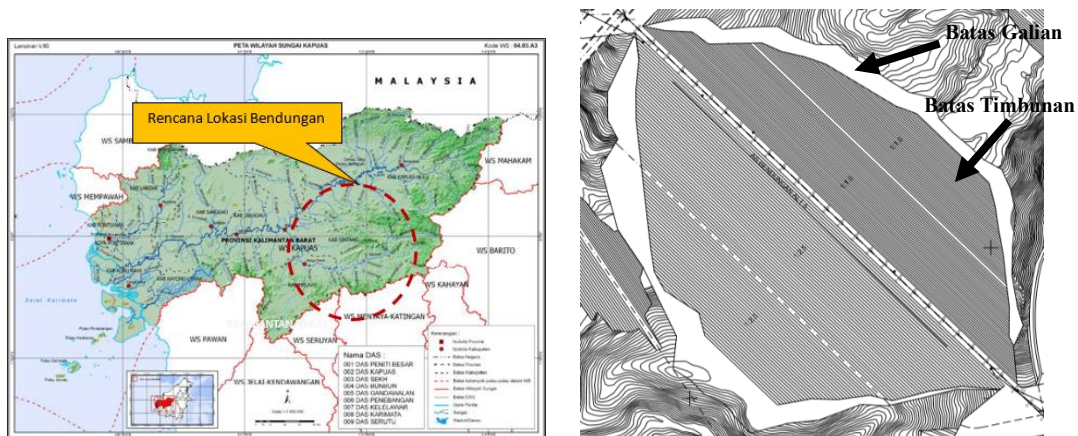
Bendungan adalah suatu tanggul, *rip-rap*, beton dan/atau pasangan bata yang dibangun tidak hanya untuk menahan dan menyimpan air, tetapi juga untuk menahan dan menampung limbah tambang atau menyerap lumpur sehingga membentuk suatu waduk (Peraturan Pemerintah No 37 Tahun 2010 Tentang Bendungan). Penggunaan peralatan konstruksi mutlak diperlukan dalam pelaksanaan bangunan bendungan yang sangat kompleks. Penelitian-penelitian terdahulu telah membahas tentang optimasi alat berat dengan beberapa metode. Metode tersebut yaitu metode *Vogel Approximation (VAM)* dan *Stepping Stone*, Program Linier, *Dynamic Programming*, *Integer Linear Programming*,

*Trial and Error*, dan Metode Simpleks Program Linier. Metode-metode tersebut digunakan untuk mencari optimasi berdasarkan biaya dan waktu. (Andrela Tessa Ferdinandus, 2022) (Dharma Aviva, 2019) (RB Rahardyan Putra Winarno, 2022) (Merdy Evalina Silaban, 2022) (Ari Syaiful Rahman Arifin, 2023) (Bagaskara Andri Pradipta, 2020).

Penelitian-penelitian terdahulu juga pernah membahas optimasi alat berat berdasarkan biaya. Pada proyek dermaga PT Berlian Manyar Sejahtera Gresik optimasi biayanya sebesar 271 % atau Rp.19.213.561.469,07. Pada proyek Gedung RSUD Sanjiwani Gianyar optimasi waktu sebesar 33,93% atau 95 jam dan optimasi biaya 22,62% sebesar Rp.47.468.500. Pada proyek pemeliharaan overlay ruas tol Cipularang jalur A optimasi biaya 41,89% atau sebesar Rp.309.791.496,70. Pada proyek pekerjaan timbunan Bendungan Utama Pamukkulu, Kab Takalar optimasi biaya 112% atau sebesar Rp. 4.745.257.259,22. (Astri Indah Mauludia, 2021) (I Ketut Ariadi, 2021) (Syapril Janizar, 2023) (Sugiarto Badaruddin, 2022). Dari penelitian yang dilakukan selama ini dapat disimpulkan bahwa pekerjaan yang dibahas adalah pekerjaan gedung, pekerjaan jalan, pekerjaan pelabuhan, pekerjaan sanitasi, pekerjaan tambang dan pekerjaan timbunan bendungan. Atas dasar ini, pekerjaan pengembangan lainnya harus didiskusikan dan diskusi yang lebih komprehensif tentang alat berat harus dilakukan.

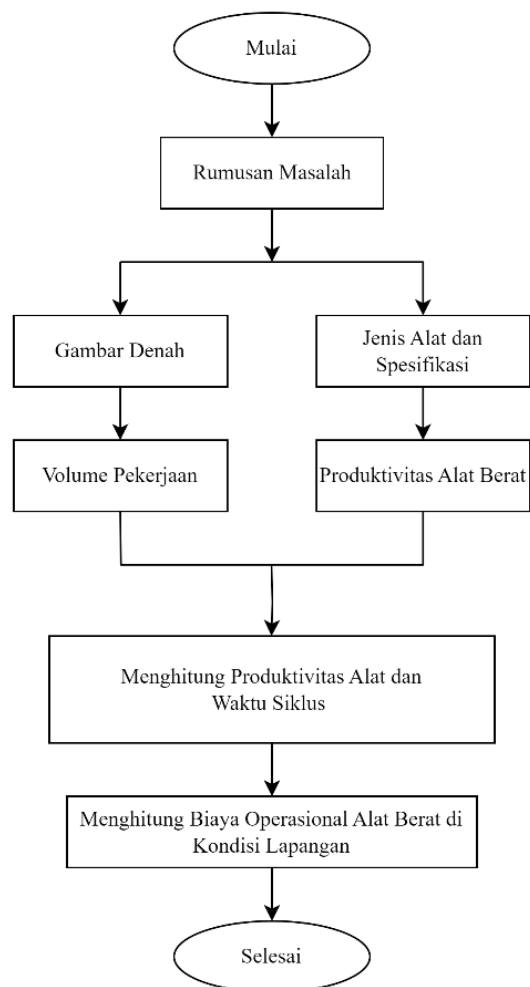
## 2. METODE PENELITIAN

Bendungan Melawi terletak di Kalimantan Barat. Enam lokasi alternatif untuk bendungan telah direncanakan. Lokasi yang dipilih adalah Alternatif 5, Desa Nanga Pak, Kecamatan Sayan, Kabupaten Melawi, Kalimantan Barat. Bendungan ini mempunyai luas DTA dan menerima masukan dari Sungai Pinoh sebesar 3996,4 km<sup>2</sup>, dan panjang sungai menuju as dam adalah 583,6 km. Bendungan ini digunakan untuk mengendalikan banjir dan menyediakan air baku. Peta lokasi dan *lay out* Bendungan Melawi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi dan *Layout* Bendungan Melawi

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu tata letak bendungan, volume pekerjaan, analisis biaya satuan pekerjaan, dan produktivitas alat berat. Kombinasi alat berat pada kajian ini diperoleh dengan cara coba-coba atau biasa disebut dengan metode trial. Diagram alir pada penelitian seperti tercantum pada gambar 2.2.



Gambar 2. Diagram Alir

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang diperoleh volume *clearing and grubbing* 123.681,56 m<sup>2</sup>, volume galian 240.517,47 m<sup>3</sup>, volume galian batu 360.776,205 m<sup>3</sup>, volume timbunan inti 270.062,36 m<sup>3</sup>, volume timbunan filter halus 136.869,75 m<sup>3</sup>, volume timbunan filter kasar 136.869,75 m<sup>3</sup>, volume timbunan random 1.996.398,95 m<sup>3</sup>, volume timbunan *rip-rap* 119.110,51 m<sup>3</sup>.

Berdasarkan pada hasil analisis penggunaan masing-masing alat berat untuk pekerjaan galian dan timbunan, maka dapat diperoleh nilai masing-masing produktivitas alat berat dan jumlah alat berat untuk setiap kombinasi yang digunakan sebagaimana tercantum pada Tabel 1 – Tabel 3.

Tabel 1 Produktivitas Alat Berat Kombinasi 1

Pekerjaan	Alat Berat	Produktivitas Alat	Jumlah Alat Berat
Clearing and Grubbing	Bulldozer 15 Ton	866,95	4
	Excavator 0,94 m <sup>3</sup>	2.880,99	1
	Dump Truck 24 Ton	1.242,53	3
Galian Tanah	Excavator 0,7 m <sup>3</sup>	528,18	19
	Dump Truck 24 Ton	374,86	27

Pekerjaan	Alat Berat	Produktivitas Alat	Jumlah Alat Berat
	Bulldozer 15 Ton	9.882,05	1
	Vibratory Roller SV520	1856,30	6
Galian Batu	Excavator Breaker	140	4
	Excavator 0,7 m <sup>3</sup>	522,90	1
	Dump Truck 24 Ton	385,49	2
Timbunan Inti	Excavator 0,8 m <sup>3</sup>	576,20	18
	Dump Truck 24 Ton	402,50	25
	Bulldozer 15 Ton	9.882,05	1
	Excavator 0,8 m <sup>3</sup>	576,20	18
	Dump Truck 24 Ton	403,84	25
	Bulldozer 15 Ton	9.882,05	1
	Motor Grader	1.764,00	6
	Water Tanker	498,00	20
	Vibratory Roller SV520	1.856,30	6
Timbunan Filter Halus	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	1.507,72	7
	Dump Truck 8 Ton	1.350,97	8
	Bulldozer D39PX-24	9.882,05	1
	Vibratory Roller SV201	1.856,30	6
Timbunan Filter Kasar	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	1.356,95	8
	Dump Truck 8 Ton	785,47	13
	Bulldozer D39PX-24	9.882,05	1
	Vibratory Roller SV201	1856,30	6
Timbunan Random Batu	Excavator Breaker	140,00	71
	Excavator 0,7 m <sup>3</sup>	528,18	19
	Dump Truck 24 Ton	375,05	27
	Excavator 0,7 m <sup>3</sup>	528,18	19
	Dump Truck 24 Ton	375,05	27
	Bulldozer 15 Ton	9.882,05	1
	Motor Grader	1.764,00	6
	Vibratory Roller SV520	1.856,30	6
Timbunan Rip-Rap	Excavator 0,7 m <sup>3</sup>	475,36	1
	Dump Truck 24 Ton	341,21	2
	Excavator Breaker	140,00	4
	Excavator 0,7 m <sup>3</sup>	475,36	1
	Dump Truck 24 Ton	342,49	2
	Excavator 0,94 m <sup>3</sup>	777,87	1

Tabel 2 Produktivitas Alat Berat Kombinasi 2

Pekerjaan	Alat Berat	Produktivitas Alat	Jumlah Alat Berat
Clearing and Grubbing	Bulldozer D39EXI-24	866,95	1
	Excavator 0,7 m <sup>3</sup>	528,18	2
	Dump Truck 8 Ton	332,67	3
Galian Tanah	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	528,18	19
	Dump Truck 26 Ton	332,67	30
	Bulldozer D39PX-24	9.882,05	1
	Vibratory Roller SV620	1995,74	5
Galian Batu	Excavator Breaker	140	7
	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	855,65	1
	Dump Truck 24 Ton	468,83	2
Timbunan Inti	Excavator 0,7 m <sup>3</sup>	528,18	19
	Dump Truck 8 Ton	331,25	30
	Bulldozer D39EXI-24	9.882,05	1
	Excavator 0,7 m <sup>3</sup>	528,18	19

Pekerjaan	Alat Berat	Produktivitas Alat	Jumlah Alat Berat
	Dump Truck 8 Ton	332,96	30
	Bulldozer D39EXI-24	9.882,05	1
	Motor Grader	1.764,00	6
	Water Tanker	498,00	20
	Vibratory Roller SV620	1995,74	5
Timbunan Filter Halus	Excavator 0,8 m <sup>3</sup>	576,20	18
	Dump Truck 26 Ton	672,30	15
	Bulldozer D39EX-24	9,882,05	1
	Vibratory Roller SV201	1.368,26	8
Timbunan Filter Kasar	Excavator 0,8 m <sup>3</sup>	518,58	20
	Dump Truck 26 Ton	382,81	26
	Bulldozer D39EX-24	9.882,05	1
	Vibratory Roller SV201	1368,26	8
Timbunan Random Batu	Excavator Breaker	140,00	71
	Excavator 0,8 m <sup>3</sup>	576,20	18
	Dump Truck 26 Ton	420,18	24
	Excavator 0,8 m <sup>3</sup>	576,20	18
	Dump Truck 26 Ton	420,18	24
	Bulldozer D39EXI-24	9,882,05	1
	Motor Grader	1.764,00	6
	Vibratory Roller SV520	1.856,30	6
Timbunan Rip-Rap	Excavator 0,8 m <sup>3</sup>	518,58	3
	Dump Truck 8 Ton	326,13	5
	Excavator Breaker	140,00	10
	Excavator 0,8 m <sup>3</sup>	518,58	3
	Dump Truck 8 Ton	328,34	5
	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	1.356,95	1

Tabel 3 Produktivitas Alat Berat Kombinasi 3

Pekerjaan	Alat Berat	Produktivitas Alat	Jumlah Alat Berat
Clearing and Grubbing	Bulldozer D39PX-24	823,61	2
	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	1.507,72	1
	Dump Truck 26 Ton	918,22	2
Galian Tanah	Excavator 0,94 m <sup>3</sup>	864,30	12
	Dump Truck 24 Ton	561,61	18
	Bulldozer D39EXI-24	9.882,05	1
	Vibratory Roller SV201	1368,26	8
Galian Batu	Excavator Breaker	140	7
	Excavator 0,94 m <sup>3</sup>	855,65	1
	Dump Truck 8 Ton	468,83	2
Timbunan Inti	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	1.507,72	7
	Dump Truck 26 Ton	913,89	11
	Bulldozer D39PXI-24	9.882,05	1
	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	1.507,72	7
	Dump Truck 26 Ton	919,09	11
	Bulldozer D39PXI-24	9.882,05	1
	Motor Grader	1.764,00	6
	Water Tanker	498,00	20
	Vibratory Roller SV201	1368,26	8
Timbunan Filter Halus	Excavator 0,7 m <sup>3</sup>	528,18	19
	Dump Truck 8 Ton	532,73	19
	Bulldozer 21 Ton	9,882,05	1

Pekerjaan	Alat Berat	Produktivitas Alat	Jumlah Alat Berat
	Vibratory Roller SV620	1995,74	5
Timbunan Filter Kasar	Excavator 0,7 m <sup>3</sup>	475,36	21
	Dump Truck 8 Ton	307,05	33
	Bulldozer 21 Ton	9.882,05	1
	Vibratory Roller SV620	1995,74	5
Timbunan Random	Excavator Breaker	140,00	71
	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	1.507,72	7
	Dump Truck 26 Ton	919,09	11
	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	1.507,72	7
	Dump Truck 26 Ton	919,09	11
	Bulldozer D39PX-24	9,882,05	1
	Motor Grader	1.764,00	6
Timbunan Rip-Rap	Vibratory Roller SV620	1995,74	5
	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	1.356,95	1
	Dump Truck 26 Ton	895,66	2
	Excavator Breaker	140,00	10
	Excavator 1,2 m <sup>3</sup>	1.356,95	1
	Dump Truck 26 Ton	900,79	2
	Excavator 0,55 m <sup>3</sup>	475,36	3

Berdasarkan pada hasil analisis produktivitas masing-masing alat berat untuk pekerjaan galian dan timbunan, maka dapat diperoleh biaya alat berat, biaya bahan bakar, dan biaya pelumas pada masing-masing pekerjaan dan setiap kombinasi sebagaimana tercantum pada Tabel 4 – Tabel 27.

Tabel. 4 Biaya Alat Berat Kombinasi 1

Pekerjaan Clearing and Grubbing	
Biaya Alat Berat	Rp. 5.169.704
Biaya Bahan Bakar	Rp. 378.165.865
Biaya Pelumas	Rp. 1.821.513.540
Total Biaya	Rp. 2.204.849.109

Tabel. 5 Biaya Alat Berat Kombinasi 1

Pekerjaan Galian Tanah	
Biaya Alat Berat	Rp. 30.434.965
Biaya Bahan Bakar	Rp. 110.014.905
Biaya Pelumas	Rp. 529.909.380
Total Biaya	Rp. 670.359.250

Tabel. 6 Biaya Alat Berat Kombinasi 1

Pekerjaan Galian Batu	
Biaya Alat Berat	Rp. 4.539.385
Biaya Bahan Bakar	Rp. 1.515.816.225
Biaya Pelumas	Rp. 7.301.240.100
Total Biaya	Rp. 8.821.595.710

Tabel. 7 Biaya Alat Berat Kombinasi 1

Pekerjaan Timbunan Inti	
Biaya Alat Berat	Rp. 80.592.816
Biaya Bahan Bakar	Rp. 643.495.930
Biaya Pelumas	Rp. 3.099.530.280
Total Biaya	Rp. 3.823.619.026

Tabel. 8 Biaya Alat Berat Kombinasi 1

Pekerjaan Timbunan Filter Halus	
Biaya Alat Berat	Rp. 13.489.325

Biaya Bahan Bakar	Rp. 149.839.305
Biaya Pelumas	Rp. 721.731.780
Total Biaya	Rp. 885.060.410

Tabel. 9 Biaya Alat Berat Kombinasi 1

Pekerjaan Timbunan Filter Kasar	
Biaya Alat Berat	Rp. 18.131.616
Biaya Bahan Bakar	Rp. 149.839.305
Biaya Pelumas	Rp. 721.731.780
Total Biaya	Rp. 889.702.701

Tabel. 10 Biaya Alat Berat Kombinasi 1

Pekerjaan Timbunan Random Batu	
Biaya Alat Berat	Rp. 101.889.922
Biaya Bahan Bakar	Rp. 4.126.388.613
Biaya Pelumas	Rp. 19.875.598.050
Total Biaya	Rp. 24.103.876.585

Tabel. 11 Biaya Alat Berat Kombinasi 1

Pekerjaan Timbunan Rip-Rap	
Biaya Alat Berat	Rp. 6.699.571
Biaya Bahan Bakar	Rp. 2.810.938.900
Biaya Pelumas	Rp. 13.539.464.400
Total Biaya	Rp. 16.357.102.871

Tabel. 12 Biaya Alat Berat Kombinasi 2

Pekerjaan Clearing and Grubbing	
Biaya Alat Berat	Rp. 2.756.521
Biaya Bahan Bakar	Rp. 235.461.765
Biaya Pelumas	Rp. 1.134.149.940
Total Biaya	Rp. 1.372.368.226

Tabel. 13 Biaya Alat Berat Kombinasi 2

Pekerjaan Galian Tanah	
Biaya Alat Berat	Rp. 22.950.148
Biaya Bahan Bakar	Rp. 76.579.003
Biaya Pelumas	Rp. 368.858.490
Total Biaya	Rp. 468.387.641

Tabel. 14 Biaya Alat Berat Kombinasi 2

Pekerjaan Galian Batu	
Biaya Alat Berat	Rp. 5.433.528
Biaya Bahan Bakar	Rp. 1.203.028.750
Biaya Pelumas	Rp. 5.794.635.000
Total Biaya	Rp. 7.003.097.278

Tabel. 15 Biaya Alat Berat Kombinasi 2

Pekerjaan Timbunan Inti	
Biaya Alat Berat	Rp. 57.201.928
Biaya Bahan Bakar	Rp. 459.971.820
Biaya Pelumas	Rp. 2.215.548.720
Total Biaya	Rp. 2.732.722.468

Tabel. 16 Biaya Alat Berat Kombinasi 2

Pekerjaan Timbunan Filter Halus	
Biaya Alat Berat	Rp. 30.126.337
Biaya Bahan Bakar	Rp. 142.870.035
Biaya Pelumas	Rp. 688.162.860

Total Biaya	Rp. 861.159.232
-------------	-----------------

Tabel. 17 Biaya Alat Berat Kombinasi 2

Pekerjaan Timbunan Filter Kasar	
Biaya Alat Berat	Rp. 42.154.943
Biaya Bahan Bakar	Rp. 142.870.035
Biaya Pelumas	Rp. 688.162.860
Total Biaya	Rp. 873.187.838

Tabel. 18 Biaya Alat Berat Kombinasi 2

Pekerjaan Timbunan Random Batu	
Biaya Alat Berat	Rp. 118.556.098
Biaya Bahan Bakar	Rp. 4.934.823.933
Biaya Pelumas	Rp. 23.769.592.770
Total Biaya	Rp. 28.822.972.801

Tabel. 19 Biaya Alat Berat Kombinasi 2

Pekerjaan Timbunan Rip-Rap	
Biaya Alat Berat	Rp. 15.687.398
Biaya Bahan Bakar	Rp. 2.644.837.965
Biaya Pelumas	Rp. 12.739.405.140
Total Biaya	Rp. 15.399.930.503

Tabel. 20 Biaya Alat Berat Kombinasi 3

Pekerjaan Clearing and Grubbing	
Biaya Alat Berat	Rp. 3.788.116
Biaya Bahan Bakar	Rp. 467.355.928
Biaya Pelumas	Rp. 2.251.115.790
Total Biaya	Rp. 2.722.259.834

Tabel. 21 Biaya Alat Berat Kombinasi 3

Pekerjaan Galian Tanah	
Biaya Alat Berat	Rp. 22.753.681
Biaya Bahan Bakar	Rp. 119.722.103
Biaya Pelumas	Rp. 576.666.090
Total Biaya	Rp. 719.141.874

Tabel. 22 Biaya Alat Berat Kombinasi 3

Pekerjaan Galian Batu	
Biaya Alat Berat	Rp. 5.433.528
Biaya Bahan Bakar	Rp. 1.203.028.750
Biaya Pelumas	Rp. 5.794.635.000
Total Biaya	Rp. 7.003.097.278

Tabel. 23 Biaya Alat Berat Kombinasi 3

Pekerjaan Timbunan Inti	
Biaya Alat Berat	Rp. 45.302.254
Biaya Bahan Bakar	Rp. 743.388.800
Biaya Pelumas	Rp. 3.580.684.800
Total Biaya	Rp. 4.369.375.854

Tabel. 24 Biaya Alat Berat Kombinasi 3

Pekerjaan Timbunan Filter Halus	
Biaya Alat Berat	Rp. 19.094.152
Biaya Bahan Bakar	Rp. 118.477.590
Biaya Pelumas	Rp. 570.671.640
Total Biaya	Rp. 708.243.382

Tabel. 25 Biaya Alat Berat Kombinasi 3



Pekerjaan Timbunan Filter Kasar	
Biaya Alat Berat	Rp. 26.467.866
Biaya Bahan Bakar	Rp. 118.477.590
Biaya Pelumas	Rp. 570.671.640
Total Biaya	Rp. 715.617.096

Tabel. 26 Biaya Alat Berat Kombinasi 3

Pekerjaan Timbunan Random Batu	
Biaya Alat Berat	Rp. 76.770.042
Biaya Bahan Bakar	Rp. 5.456.938.410
Biaya Pelumas	Rp. 26.284.464.360
Total Biaya	Rp. 31.818.172.812

Tabel. 27 Biaya Alat Berat Kombinasi 3

Pekerjaan Timbunan Rip-Rap	
Biaya Alat Berat	Rp. 12.081.325
Biaya Bahan Bakar	Rp. 3.603.112.590
Biaya Pelumas	Rp. 17.355.131.640
Total Biaya	Rp. 20.970.325.555

Berdasarkan hasil analisis kombinasi penggunaan peralatan, perhitungan produktivitas, perhitungan biaya alat berat, bahan bakar, dan pelumas diperoleh hasil kombinasi 1 yaitu Bulldozer 15 ton, Excavator 0,94 m<sup>3</sup>, Dump Truck 24 Ton, Excavator 0,7 m<sup>3</sup>, Vibratory Roller SV520, Excavator Breaker, Excavator 0,8 m<sup>3</sup>, Motor Grader, Water Tank Truck and Pump, Excavator 1,2 m<sup>3</sup>, Bulldozer D39PX-24, Vibratory Roller SV201 dengan biaya untuk kombinasi 1 yaitu Rp. 241.724.014.982. Sedangkan untuk kombinasi 2 digunakan alat berat berupa Bulldozer D39EXI-24, Excavator 0,7 m<sup>3</sup>, Dump Truck 8 Ton, Excavator 1,2 m<sup>3</sup>, Dump Truck 26 Ton, Vibratory Roller SV620, Excavator Breaker, Dump Truck 24 Ton, Excavator 0,8 m<sup>3</sup>, Motor Grader, Water Tank Truck and Pump, Excavator 1,2 m<sup>3</sup>, Bulldozer D39PX-24, Vibratory Roller SV201, Vibratory Roller SV520 dengan biaya untuk kombinasi 2 Rp.248.312.710.933. Alat berat yang digunakan pada kombinasi 3 adalah Bulldozer D39EXI-24, Excavator 0,7 m<sup>3</sup>, Dump Truck 8 Ton, Excavator 1,2 m<sup>3</sup>, Dump Truck 26 Ton, Vibratory Roller SV620, Excavator Breaker, Dump Truck 24 Ton, Motor Grader, Water Tank Truck and Pump, Bulldozer D39PX-24, Vibratory Roller SV201, Excavator 0,94 m<sup>3</sup>, Bulldozer 21 Ton, Excavator 0,55 m<sup>3</sup> dengan biaya untuk kombinasi 3 Rp. 193.288.829.552.

#### 4. KESIMPULAN

Kombinasi 3 adalah kombinasi alat berat yang paling ekonomis dengan alat berat Bulldozer D39EXI-24, Excavator 0,7 m<sup>3</sup>, Dump Truck 8 Ton, Excavator 1,2 m<sup>3</sup>, Dump Truck 26 Ton, Vibratory Roller SV620, Excavator Breaker, Dump Truck 24 Ton, Motor Grader, Water Tank Truck and Pump, Bulldozer D39PX-24, Vibratory Roller SV201, Excavator 0,94 m<sup>3</sup>, Bulldozer 21 Ton, Excavator 0,55 m<sup>3</sup> dengan biaya untuk kombinasi 3 Rp. 193.288.829.552. Sesuai dengan kombinasi peralatan yang digunakan, efisiensi terbesar didapatkan dari kombinasi 3 dengan efisiensi biaya sebesar 77%. Untuk penelitian lanjutan dapat dilakukan analisis produktivitas alat berat pada pekerjaan bangunan pengelak dengan menggunakan kapasitas alat berat yang berbeda berdasarkan kualitas material dan sistem transportasinya.

#### Daftar Pustaka

- Andrela Tessa Ferdinandus, C. B. (2022). Optimasi Biaya Distribusi Alat Berat Kontruksi Dengan Metode Vogel Approximation (VAM) Dan Stepping Stone Pada Proyek Daerah Kepulauan Di Provinsi Maluku. *Jurnal Simetrik*.
- Anisah Lukman, R. H. (2021). Tinjauan Kapasitas Bendungan Lau Simeme Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara.
- Ari Syaiful Rahman Arifin, N. N. (2023). Studi Optimasi Kombinasi Alat Berat pada Penambangan Batu Gamping PT Zila Jaya Nusantara di Alahan Panjang.

- Astri Indah Mauludia, D. L. (2021). Optimasi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Dermaga PT Berlian Manyar Sejahtera, Gresik.
- Bagaskara Andri Pradipta, S. S. (2020). Optimasi Alat Berat Pekerjaan Mainrod dan Interchange X Tol Pandaan-Malang.
- Dharma Aviva, H. M. (2019). Optimasi Pemakaian Alat Berat untuk Pekerjaan Sanitary Landfill di TPA Samarinda.
- I Ketut Ariadi, A. A. (2021). Optimasi Kombinasi Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Gedung RSUD Sanjiwani Gianyar.
- Merdy Evalina Silaban, I. A. (2022). Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat Terhadap Pekerjaan Cut dan Fill Dengan Metode Integer Linear Programming. *ilmiah Indonesia*.
- Peraturan Pemerintah No 37 Tahun 2010 Tentang Bendungan*. (n.d.).
- RB Rahardyan Putra Winarno, S. D. (2022). Optimasi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Bendungan Bendo Ponorogo. *Online Skripsi*.
- Sugiarto Badaruddin, D. Y. (2022). Analisis Pemilihan Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Bendungan Utama Pamukkulu, Kab. Takalar).
- Syapril Janizar, F. H. (2023). Efisiensi Waktu dan Biaya Dalam Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Pemeliharaan Overlay Ruas Tol Cipularang Jalur A.