

TUGAS AKHIR

**OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN
INLET, OUTLET DAN TEROWONGAN
(Studi Kasus Pembangunan Bangunan Pengelak Bendungan Bagong Trenggalek)**

Disusun Dan Ditujukan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Institut Teknologi Nasional Malang



Disusun Oleh:

RIFQI ADIYATMA PUTRA

1821141

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN
INLET, OUTLET DAN TEROWONGAN**

Disusun Oleh:

RIFQI ADIYATMA PUTRA

18.21.141

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan

Pada tanggal 11 Agustus 2025

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**

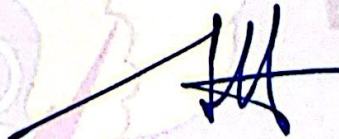
Pembimbing I



Dr. Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT.

NIP. Y. 103.0800.419

Pembimbing II



Ir. Maranatha W, ST, M.MT, Ph.D, IPU.

NIP. P. 103.1500.523

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



Dr. Yosimsoh P. Manaha, ST., MT.

NIP. P. 103.0300.383

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN INLET, OUTLET DAN TEROWONGAN

Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Penguji Tugas Akhir
Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal 11 Agustus 2025 Dan Diterima Untuk
Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh:

RIFQI ADIYATMA PUTRA

18.21.141

Dosen Penguji:

Dosen Penguji I



Dr. Ir. Ljes Kurniawati W., MT.

NIP. 7. 103 1500 485

Dosen Penguji II



Dr. Erni Yulianti, ST., MT.

NIP. P. 103 1300 469

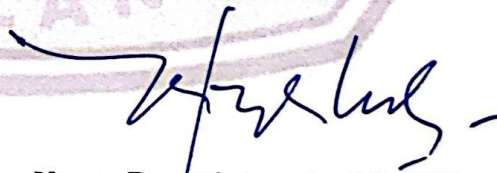
Disahkan Oleh:



Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.

NIP. P. 103 0300 383

Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1



Nenny Roostrianawaty, ST., MT.

NIP. P. 103 1700 533

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S-1 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Nasional Malang, yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : RIFQI ADIYATMA PUTRA

Nim : 18.21.141

Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1

Fakultas : FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul **“OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN INLET, OUTLET DAN TEROWONGAN”** merupakan karya asli dan bukan merupakan duplikat dan mengutip seluruh karya orang lain. Apabila di kemudian hari, Tugas Akhir saya disinyalir bukan merupakan karya asli, maka saya akan bersedia menerima segala konsekuensi apapun yang diberikan program studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Malang. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Malang, 11 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan


CA52AAMX451301593
Rifqi Adiyatma Putra
NIM 18.21.141

RINGKASAN

*Putra, Rifqi A. 2025. **Optimasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Inlet, Outlet dan Terowongan Studi Kasus : Proyek Pembangunan Bendungan Bagong Trenggalek.** Skripsi. Program Studi Teknik Sipil S-1 Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang. Pembimbing: (1) Dr. Lila Ayu Ratna Winanda, S.T.,MT. (2) Maranatha W, S.T., M.MT., Ph.D., IPU.*

Konstruksi Bendungan berada di Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Lokasinya berada di Jalan Ngumbul, Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek. Bangunan terowongan adalah bagian dari proyek ini. Dalam pekerjaan tersebut, berbagai alat berat diperlukan, sehingga perlu dilakukan optimasi untuk mengurangi biaya sewa alat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jumlah kebutuhan alat berat yang paling efisien dalam bentuk kombinasi alat berat dengan biaya terendah. Dalam proses pengoptimalan alat berat. 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. Optimasi memiliki tujuan untuk menemukan solusi terbaik dari suatu masalah yang diarahkan pada nilai maksimum atau minimum dari fungsi yang diinginkan. Hasil dari proses optimasi pada pekerjaan penggalian tanah inlet menunjukkan pemilihan dengan total biaya sebesar Rp. 1.716.100,172 per jam dan Rp. 319.728,092 selama pelaksanaan pekerjaan; Pada pekerjaan penggalian batu di inlet dengan total biaya sebesar Rp. 5.810.271,290. Selama jangka waktu pekerjaan berlangsung, total adalah Rp. 6.851.082.951; untuk pekerjaan galian tanah outlet dengan total biaya sebesar Rp. 1.965. 241,054 dan Selama periode pelaksanaan pekerjaan, jumlah total mencapai Rp. 462.352. 920; Dalam pekerjaan penggalian batu outlet, dengan total biaya sebesar Rp. 5.531.163,987 per jam dan Rp. 16.177.102.000 selama periode pelaksanaan pekerjaan; Untuk pekerjaan galian terowongan dengan total biaya sebesar Rp732. 756 per jam dan Rp2.547.237.194 untuk alternatif 1, sedangkan untuk alternatif 2 adalah Rp1.277.261.717 selama periode pekerjaan.

Kata kunci: Alat berat, galian *inlet*, *outlet* dan terowongan bangunan pengelak, optimasi

SUMMARY

*Putra, Rifqi A. 2025. **Optimizing the Use of Heavy Equipment in Inlet, Outlet, and Tunnel Excavation Work. Case Study: Bagong Dam Construction Project, Trenggalek**, Thesis. Undergraduate Civil Engineering Program, Civil Engineering Department, National Institute of Technology, Malang. Supervisors: (1) Dr. Lila Ayu Ratna Winanda, S.T., MT. (2) Maranatha W, S.T., M.MT., Ph.D., IPU.*

The dam construction project is located in Trenggalek Regency, East Java Province, specifically on Ngumbul Street, Bendungan District. The tunnel structure is part of this project. Various types of heavy equipment are required for the work, making it necessary to optimize their usage in order to reduce rental costs. Therefore, this study aims to identify the most efficient number and combination of heavy equipment with the lowest possible cost. In the process of optimizing heavy equipment usage, determining the right combination of equipment is a key method for deciding both the type and quantity to be deployed. Excavation works for the Bagong Dam construction require multiple types of heavy machinery. In this context, it is essential to calculate the productivity of each type of equipment to identify which has the highest efficiency in terms of time and cost. By doing so, project losses and delays can be minimized or even avoided. Optimization, in this case, seeks to determine the best possible solution to achieve either the maximum or minimum value of the desired objective function. The optimization results for the inlet soil excavation work indicate a selection with a total cost of IDR 1,716,100.172 per hour and IDR 319,728,092 over the duration of the work. For inlet rock excavation, the total cost is IDR 5,810,271.290 per hour, amounting to IDR 6,851,082,951 for the entire project duration. For outlet soil excavation, the total cost is IDR 1,965,241.054 per hour, with an overall project cost of IDR 462,352,920. For outlet rock excavation, the total cost is IDR 5,531,163.987 per hour, totaling IDR 16,177,102,000 over the project period. For tunnel excavation, the total cost is IDR 732,756 per hour and IDR 2,547,237,194 for Alternative 1, while Alternative 2 amounts to IDR 1,277,261,717 for the project duration.

Keywords: Heavy equipment, inlet, outlet, and tunnel excavation, diversion structure optimization

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penulisan skripsi yang berjudul “*Optimasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Inlet, Outlet dan Terowongan Bendungan Bagong Trenggalek*” dapat terselesaikan.

Penulisan skripsi ini merupakan syarat kelulusan pada Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang. Penulis menyadari sepenuhnya pada penulisan skripsi tidak dapat selesai tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan kali ini saya akan menyampaikan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, yang senantiasa mendukung penulis dengan doa, moril dan materil.
2. Ibu Dr. Lila Ayu Ratna Winanda, S.T.,MT., selaku dosen pembimbing I.
3. Ibu Ir. Maranatha W, S.T., M.MT., Ph.D., IPU., selaku dosen pembimbing II.
4. Bapak Vega Aditama, S.T.,M.T, selaku kepala studio skripsi teknik sipil.
5. Bapak, Dr. Yosimson P Manaha, S.T., M.T selaku Ketua Prodi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologo Nasional Malang.
6. Seluruh tim konsultan PT Ciriayasa Engineering Consultant,Kso. yang telah banyak memberikan ilmu serta informasi yang berkaitan dengan kondisi lapangan
7. Bapak Ir.Buhadi Hasan Trenggono, ST., M.T., yang sudah membimbing dan menuntun saya berkaitan dengan kondisi lapangan.
8. Wahyu Febrianto., S.T., yang selalu memberikan dukungan hingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang dan pembaca pada umumnya.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iii
RINGKASAN	iv
<i>SUMMARY</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Bangunan Pengelak.....	6
2.3 Volume Pekerjaan Konstruksi	6
2.4 Kondisi Tanah.....	7
2.5 Metode Pelaksanaan.....	8
2.6 Pengertian Alat Berat.....	9
2.7 Jenis Alat Berat dan Fungsinya.....	9
2.7.1 Alat Pengolah Lahan.....	9
2.7.2 Alat Penggali.....	9
2.7.3 Alat Pengangkut Material	9
2.7.4 Alat untuk Pemindahan Material	10
2.7.5 Alat Pemadat.....	10

2.7.6 Alat Pemproses Material.....	10
2.7.7 Alat Penempatan Akhir Material	10
2.7.8 Alat Pengaspalan.....	10
2.8 Produktivitas Alat Berat.....	10
2.8.1 Excavator	11
2.8.2 Bulldozer.....	13
2.8.3 Wheel loader	15
2.8.4 Hydraulic Breaker	16
2.8.5 Dump Truck	17
2.9 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat	19
2.10 Biaya Pasti Per Jam.....	19
2.10.1 Nilai Sisa Alat	19
2.10.2 Suku Bunga, Faktor Angsuran dan Faktor Pengembalian Modal	19
2.10.3 Asuransi dan Pajak.....	20
2.11 Biaya Operasional.....	21
2.12 Pengambilan Keputusan (Riset Operasi)	23
2.13 Optimasi.....	23
2.14 Penyusunan Penjadwalan.....	24
BAB III.....	25
METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Deskripsi Daerah Studi	25
3.1.1 Peta Lokasi.....	25
3.1.2 Peta Situasi (Site Plan).....	26
3.1.3 Data Teknis	26
3.2. Data	27
3.2.1 Data primer	27
3.2.2 Data sekunder.....	27
3.3 Deskripsi Proyek.....	27
3.4 Metode Analisis Data.....	28
3.5 Diagram alur pembahasan.....	31
BAB IV	33
ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Penentuan Item Pekerjaan Pada pekerjaan galian.....	33

4.1.1 WBS (Work Breakdown Structure) pekerjaan galian	33
4.2 Perhitungan Volume Pekerjaan.....	34
4.2.1 Perhitungan Volume Pekerjaan Galian Tanah Inlet.....	34
4.2.2 Perhitungan Volume Pekerjaan Galian Batu Inlet	35
4.2.3 Perhitungan Volume Pekerjaan Galian Tanah Outlet	37
4.2.4 Perhitungan Volume Pekerjaan Galian Batu Outlet.....	39
4.2.5 Perhitungan Volume Pekerjaan galian Terowongan.....	41
4.2.6 Rekapitulasi Volume Seluruh Pekerjaan.....	42
4.3 Metode Pelaksanaan.....	43
4.3.1 Pekerjaan Galian tanah Inlet	43
4.3.2 Pekerjaan Galian Batu Inlet	44
4.3.3 Pekerjaan Galian Tanah Outlet	44
4.3.4 Pekerjaan Galian Batu Outlet.....	45
4.3.5 Pekerjaan Galian Terowongan	46
4.4 Alat Berat Yang Digunakan Pada Pekerjaan Galian.....	47
4.4.1. Perhitungan Produktivitas Pekerjaan Galian Tanah Outlet.....	70
4.4.2. Perhitungan Produktivitas Pekerjaan Galian Batu Keras Outlet.....	81
4.4.3. Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat.....	102
4.5 Alternatif Kombinasi Alat Berat dan Perhitungan Kebutuhan Alat Berat	104
4.5.1. Alternatif Kombinasi Alat Pada Pekerjaan Galian Tanah inlet.....	104
4.5.2. Alternatif Kombinasi Alat Pada Pekerjaan Galian Batu inlet	105
4.5.3. Alternatif Kombinasi Alat Pada Pekerjaan Galian Tanah Outlet.....	106
4.5.4. Alternatif Kombinasi Alat Pada Pekerjaan Galian Batu Outlet	106
4.5.5. Alternatif Kombinasi Alat Pada Pekerjaan Galian Terowongan	107
4.6 Perhitungan Optimasi Penggunaan Alat Berat Pekerjaan Galian	108
4.6.1. Penentuan Biaya Sewa Dan Biaya Operasional Alat Berat	108
4.6.2. Optimasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian.....	111
4.6.3. Optimasi Pekerjaan Galian Tanah Inlet	111
4.6.4. Optimasi Pekerjaan Galian Batu Inlet.....	116
4.6.5. Optimasi Pekerjaan Galian Tanah Outlet.....	121
4.6.6. Optimasi Pekerjaan Galian Batu Outlet	126
4.6.7. Optimasi Pekerjaan Galian Terowongan	131
4.6.8. Penentuan kombinasi alat berat dengan biaya yang optimal.....	136

4.7 Penjadwalan Penggunaan Alat Berat	140
BAB V	142
PENUTUP.....	142
5.1 Kesimpulan	142
5.2 Saran	143
DAFTAR PUSTAKA.....	144
LAMPIRAN.....	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penampang Memanjang Pengelak Terowongan.....	6
Gambar 2.2 Excavator Komatsu Pc200-8	11
Gambar 2.3 Bulldozer	13
Gambar 2.4 Wheel Loader	15
Gambar 2.5 Hydraulic Breaker komatsu PC200	17
Gambar 2.6 Dump Truck 10 ton.....	17
Gambar 3.1 Lokasi Proyek Pembangunan Bendungan Bagong.....	25
Gambar 3.2 Site Plan Bendungan Bagong	26
Gambar 3.3 Diagram alur Pembahasan.	32
Gambar 4.1 WBS Pekerjaan Galian	33
Gambar 4.2 Potongan Melintang Galian Tanah Inlet STA 0	34
Gambar 4.3 Potongan Melintang Galian Tanah Inlet STA 1	34
Gambar 4.4 Potongan Melintang Galian Batu Inlet STA 1.....	36
Gambar 4.5 Potongan Melintang Galian Batu Inlet STA 2.....	36
Gambar 4.6 Potongan Melintang Galian Tanah Outlet STA 18.....	37
Gambar 4.7 Potongan Melintang Galian Tanah Outlet STA 19.....	38
Gambar 4.8 Potongan Melintang Galian Batu Outlet STA 18	39
Gambar 4.9 Potongan Melintang Galian Batu Outlet STA 19	39
Gambar 4.10 Potongan Melintang Galian Terowongan.....	41
Gambar 4.11 Ilustrasi Pekerjaan Galian Tanah Inlet.....	43
Gambar 4.12 Ilustrasi Pekerjaan Galian Batu Inlet	44
Gambar 4.13 Ilustrasi Pekerjaan Galian Tanah Outlet.....	45
Gambar 4.14 Ilustrasi Pekerjaan Galian Batu Outlet	46
Gambar 4.15 Ilustrasi Galian Terowongan	47
Gambar 4.16 Jadwal Penggunaan Alat Excavator.....	140
Gambar 4.17 Jadwal Penggunaan Alat Dump Truck	140
Gambar 4.18 Jadwal Penggunaan Alat Bulldozer	141
Gambar 4.19 Jadwal Penggunaan Alat Hydraulic Breaker	141
Gambar 4.20 Jadwal Penggunaan Alat Wheel Loader	141

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Konversi Perubahan Volume Tanah	7
Tabel 2.2 Faktor bucket.....	12
Tabel 2.3 Faktor konversi galian.....	13
Tabel 2.4 Faktor efisiensi kerja alat	13
Tabel 2.5 Waktu Siklus Standar	13
Tabel 2.6 Faktor	15
Tabel 2.7 <i>Faktor Bucket</i>	16
Tabel 2.8 Waktu Siklus Standar	16
Tabel 2.9 Kecepatan Tempuh Rata-rata Maksimum Dump Truck	18
Tabel 4.1 Perhitungan Volume Galian Tanah Inlet.....	35
Tabel 4.2 Perhitungan Volume Galian Batu Inlet	36
Tabel 4.3 Perhitungan Volume Galian Tanah Outlet	38
Tabel 4.4 Perhitungan Volume Galian batu Keras Outlet.....	40
Tabel 4.5 Perhitungan Volume Galian Terowongan.....	41
Tabel 4.6 Rekapitulasi Volume Seluruh Pe kerjaan pada Bangunan Pengelak.....	42
Tabel 4.7 Kode Alat Berat.....	48
Tabel 4.8 Kode Alat Berat.....	49
Tabel 4.9 Alat Berat Yang Digunakan Galian batu keras Inlet	59
Tabel 4.10 Alat Berat Yang Digunakan	71
Tabel 4.11 Alat Berat Yang Digunakan	81
Tabel 4.12 Alat Berat Yang Digunakan	92
Tabel 4.13 Rekapitulasi Produktivitas Pekerjaan Galian Tanah Inlet.....	103
Tabel 4.14 Rekapitulasi Produktivitas Pekerjaan Galian Batu Keras Inlet	103
Tabel 4. 15 Rekapitulasi Produktivitas Pekerjaan Galian Tanah Outlet	103
Tabel 4.16 Rekapitulasi Produktivitas Pekerjaan Galian Batu Keras Outlet	104
Tabel 4.17 Rekapitulasi Produktivitas Pekerjaan Galian Terowongan	104
Tabel 4.18 Alternatif Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah Inlet	105
Tabel 4.19 Alternatif Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Batu Inlet	105
Tabel 4.20 Alternatif Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah Outlet	106
Tabel 4.21 Alternatif Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Batu Outlet.....	107
Tabel 4.22 Alternatif Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Terowongan	107
Tabel 4.23 Rekapitulasi Biaya Operasional Dan Biaya Sewa Alat Berat	111

Tabel 4.24 Perbandingan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah Inlet	114
Tabel 4.25 Hasil Perhitungan Biaya Pada Kondisi Optimum Galian Tanah Inlet	115
Tabel 4.26 Perbandingan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Batu Inlet	119
Tabel 4.27 Perhitungan Biaya Alat Berat Pada Kondisi Optimum	120
Tabel 4.28 Perbandingan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah Outlet	124
Tabel 4.29 Hasil Perhitungan Biaya Kondisi Optimum Galian Tanah Outlet	125
Tabel 4.30 Perbandingan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Batu Outlet.....	129
Tabel 4.31 Hasil Perhitungan Biaya Kondisi Optimum Galian Batu Outlet.....	130
Tabel 4.32 Perbandingan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Terowongan	134
Tabel 4.33 Rekapitulasi Biaya Optimum penggunaan Alat Berat pekerjaan.galian	136
Tabel 4.34 Perhitungan Hasil Optimasi dan Mobilisasi.....	139
Tabel 4.35 Perbandingan Biaya Dan Waktu Kondisi Alternatif, Kondisi Eksisting	139