

SKRIPSI

**OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA
PEKERJAAN PENGGALIAN DAN PENGANGKUTAN
TANAH DENGAN METODE INTEGER LINEAR
PROGRAMMING**



**CHRISTO MARIO
NPM : 2014410155**

PEMBIMBING: Ir. Zulkifli Bachtiar Sitompul, MSIE.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JULI 2021**

SKRIPSI
OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA
PEKERJAAN PENGGALIAN DAN PENGANGKUTAN
TANAH DENGAN METODE INTEGER LINEAR
PROGRAMMING



NAMA: Christo Mario
NPM: 2014410155

PEMBIMBING: : Ir. Zulkifli B. Sitompul, MSIE.

KO-PEMBIMBING: : -

PENGUJI 1: : Dr.-Ing. Andreas Wibowo

PENGUJI 2: : Dr. Felix Hidayat

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No.1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JULI 2021

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Christo Mario

NPM : 2014410155

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

"Optimasi Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Penggalan dan Pengangkutan Tanah dengan Metode *Integer Linear Programming*" adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Jakarta

Tanggal: 19 Juli 2021



Christo Mario (2014410155)

OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN PENGGALIAN DAN PENGANGKUTAN TANAH DENGAN METODE INTEGER LINEAR PROGRAMMING

**Christo Mario
NPM: 2014410155**

Pembimbing: Ir. Zulkifli Bachtiar Sitompul, MSIE.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JULI 2021**

ABSTRAK

Alat berat bertujuan untuk membantu kerja manusia terutama dalam pekerjaan konstruksi dengan skala besar sebagai contoh yaitu penggalian dan pengangkutan tanah. Walau pun penggunaan alat berat membantu kerja manusia, tetapi penggunaan alat berat yang berlebihan menyebabkan kenaikan biaya konstruksi yang cukup besar. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi penggunaan alat berat pada pekerjaan tanah yang akan dianalisa pada pekerjaan tanah proyek Bandar Udara Dhoho, Kediri. Optimasi penggunaan alat berat dimulai dengan menghitung masing-masing biaya dan produktivitas alat berat yang kemudian dibentuk menjadi model matematis. Biaya dan produktivitas alat berat sendiri dipengaruhi oleh spesifikasi alat berat dan waktu siklus alat berat itu sendiri. Model matematis ini kemudian dianalisa dengan metode integer linear programming pada perangkat lunak *LINGO 19.0* untuk mendapatkan kombinasi alat berat optimum dengan batasan-batasan yang ada yaitu batasan volume galian, batasan produktivitas, dan batasan antrian. Dari hasil analisa alat berat menggunakan *integer linear programming* didapatkan kombinasi alat berat optimum untuk menggali tanah dengan volume 3.679.473,524 m³ yaitu 4 unit excavator SK200, 2 unit SK330, 17 unit excavator SK480/SK520, 4 unit FM 260 JD, dan 135 unit dump truck Hino Dutro 130 HD. Total biaya yang dikeluarkan untuk menggali dan mengangkut tanah sebesar Rp 95.902.261.510 dengan durasi pengerjaan selama 95 hari.

Kata Kunci: Alat berat, *Excavator*, *Dump Truck*, *Integer Linear Programming*, Optimasi

OPTIMIZATION OF HEAVY EQUIPMENT USAGE IN EXCAVATION AND TRANSPORT WORK USING INTEGER LINEAR PROGRAMMING METHOD

Christo Mario
NPM: 2014410155

Advisor: Ir. Zulkifli Bachtiar Sitompul, MSIE.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JULY 2021

ABSTRACT

Heavy equipment aims to assist human work, especially in large-scale construction work, for example, excavation and transport of soil. Although the use of heavy equipment helps human work, the excessive use of heavy equipment causes a large increase in construction costs. This study aims to optimize the use of heavy equipment in earthworks which will be analyzed in the earthworks project at Dhoho Airport, Kediri. Optimization of the use of heavy equipment begins with calculating the costs and productivity of heavy equipment which is then formed into a mathematical model. The costs and productivity of the machine itself is affected by the specifications of the machine and the cycle time of the machine itself. This mathematical model is then analyzed using the integer linear programming method on LINGO 19.0 software to obtain the optimum combination of heavy equipment with existing constraints, such as the excavation volume limit, productivity limit, and queue limit. From the results of heavy equipment analysis using integer linear programming, the optimum combination of heavy equipment for digging soil with a volume of 3,679,473,524 m³ is 4 units of SK200 excavators, 2 units of SK330 excavators, 17 units of SK480/SK520 excavators, 4 units of Hino FM 260 JD dump trucks and 135 units of Hino Dutro 130 HD dump trucks. The total cost to excavate and transport the soil is Rp95.902.261.510 with a duration of 95 days.

Keywords: Heavy Equipment, Excavator, Dump Truck, Integer Linear Programming, Optimization

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat, rahmat, dan kasih-Nya yang senantiasa menyertai penulis, skripsi yang berjudul “OPTIMASI PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN PENGGALIAN DAN PENGANGKUTAN TANAH DENGAN METODE *INTEGER LINEAR PROGRAMMING*” ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam upaya memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan. Proses dalam penyusunan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari adanya hambatan yang dialami penulis. Namun, hambatan tersebut dapat teratasi oleh karena bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Maka, dalam kesempatan yang baik ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Orang tua terkasih Sumin Sunjaya dan Justina Maria Gozali yang telah memberikan doa, dukungan, perhatian, kasih sayang, pengorbanan dan segala jenis bantuan lain kepada penulis sampai saat ini.
2. Bapak Ir. Zulkifli Bachtiar Sitompul, MSIE. selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberikan arahan, saran, dan waktu hingga skripsi dapat terselesaikan.
3. Ibu Dr. Eng. Mia Wimala, selaku Koordinator Komunitas Bidang Ilmu Manajemen Rekayasa Konstruksi.
4. Bapak Dr. Felix Hidayat, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
5. Seluruh dosen pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang sangat bermanfaat bagi penulis.
6. Bapak dan/atau Ibu dosen penguji skripsi.
7. Bapak Hendarin Achmad selaku direktur proyek pembangunan Bandar Udara Dhoho, Kediri yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian terhadap proyeknya.
8. Ibu Putri selaku staff dari LMA Konsorsium yang telah memberikan informasi terkait proyek pembangunan Bandar Udara Dhoho, Kediri.

9. Maria Mudi yang selalu memberikan dukungan, masukan, dan waktu untuk menemani penulis dalam membuat skripsi ini.
10. Teman-teman PSM Unpar yang selalu memberikan waktu bernyanyi bersama. Terima kasih atas waktunya untuk menghibur penulis dalam kepenatan yang dirasakan penulis.
11. Teman-teman teknik sipil 2014 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas pengalaman yang telah diberikan selama ini.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini memiliki banyak kekurangan karena keterbatasan dari segi pengetahuan dan pengalaman. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dari pihak pembaca. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi setiap pembaca dan pihak yang membutuhkan serta dapat menjadi referensi dalam bidang ilmu pengetahuan.



Bandung, Juli 2021

(Christo Mario)

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Perumusan Masalah.....	1-1
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-2
1.5 Sistematika Penulisan.....	1-2
BAB 2 DASAR TEORI.....	2-1
2.1 Alat Berat.....	2-1
2.1.1 Excavator.....	2-1
2.1.2 Dump Truck.....	2-2
2.1.3 Waktu Siklus (<i>Cycle Time</i>).....	2-3
2.1.4 Produktivitas.....	2-5
2.1.4 Faktor Keserasian.....	2-7
2.2 Harga Satuan Dasar Alat.....	2-8
2.2.1 Masukan dalam Perhitungan Harga Satuan Dasar Alat.....	2-8
2.2.2 Biaya Pasti.....	2-9
2.2.2 Biaya Tidak Pasti.....	2-11

2.2.3	Keluaran Harga Satuan Dasar Alat.....	2-13
2.3	Riset Operasi.....	2-13
2.2.1	Linear Programming.....	2-15
2.2.2	Interger Linear Programming.....	2-15
BAB 3	Metodologi penelitian	3-1
3.1	Umum	3-1
3.2	Tahapan Penelitian.....	3-1
3.2.1	Studi Literatur.....	3-1
3.2.2	Pengumpulan Data.....	3-1
3.2.3	Analisa Perhitungan Alat Berat	3-2
3.2.4	Pembuatan Model Matematis	3-3
3.2.5	Analisa <i>Integer Linear Programming</i>	3-5
3.2.6	Kesimpulan dan Saran	3-6
3.3	Diagram Alir	3-6
BAB 4	ANALISIS DATA.....	4-1
4.1	Gambaran Umum Proyek	4-1
4.2	Spesifikasi Alat Berat	4-3
4.3	Waktu Siklus.....	4-3
4.3.1	Waktu Siklus <i>Excavator</i>	4-4
4.3.2	Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	4-4
4.4	Produktivitas	4-6
4.4.1	Produktivitas <i>Excavator</i>	4-6
4.4.2	Produktivitas <i>Dump Truck</i>	4-7
4.5	Biaya Penggunaan Alat Berat	4-8
4.6	Biaya per Volume Material.....	4-11
4.6.1	Biaya per Volume Pekerjaan <i>Excavator</i>	4-12

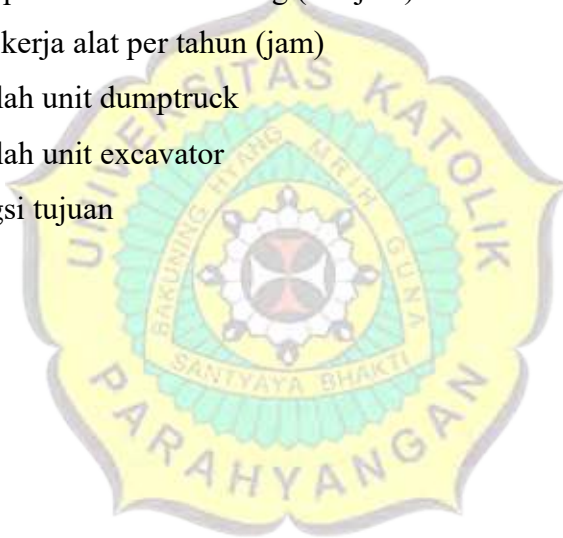
4.6.1	Biaya per Volume Pekerjaan <i>Dump Truck</i>	4-12
4.7	Permodelan	4-12
4.7.1	Skema Satu Jenis <i>Dump Truck</i>	4-13
4.7.1	Skema Dua Jenis <i>Dump Truck</i>	4-15
4.8	Perhitungan Kombinasi Alat Berat Optimal	4-17
4.8.1	Perhitungan Kombinasi Alat Berat Optimal Satu Jenis <i>Dump Truck</i>	4-17
4.8.2	Perhitungan Kombinasi Alat Berat Optimal Dua Jenis <i>Dump Truck</i>	4-19
4.8.3	Perhitungan Kombinasi Alat Berat dengan Metode <i>Linear Programming</i>	4-21
4.9	Pembahasan	4-24
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran.....	5-1
DAFTAR PUSTAKA		xviii



DAFTAR NOTASI

A	: umur ekonomis alat (tahun)
B	: harga pokok alat (Rp)
BD	: biaya penggunaan dump truck (Rp/jam)
BE	: biaya penggunaan excavator (Rp/jam)
C	: Nilai sisa alat (Rp)
Cb	: kapasitas bucket excavator (m^3)
Cp	: Kapasitas alat (m^3)
CT	: Cycle Time (Waktu Siklus) (detik)
D	: faktor angsuran modal
E	: efisiensi kerja
E	: biaya pengembalian modal (Rp/jam)
F	: biaya asuransi (Rp/jam)
FF	: fill factor
G	: biaya pasti (Rp/jam)
H	: biaya bahan bakar (Rp/jam)
i	: tingkat suku bunga (% per tahun)
I	: biaya pelumas (Rp/jam)
J	: biaya bengkel (Rp/jam)
K	: biaya perbaikan (Rp/jam)
L	: jarak tempuh dump truck (km)
L	: biaya operator (Rp/jam)
M	: biaya pembantu operator (Rp/jam)
MF	: match factor (faktor keserasian)
Mp	: harga pelumas (Rp/liter)
Ms	: harga bahan bakar solar (Rp/liter)
n	: jumlah pengulangan siklus excavator
P	: biaya operasi (Rp/jam)
PD	: Produktivitas dump truck (m^3 /jam)
PE	: Produktivitas excavator (m^3 /jam)
Pw	: Tenaga mesin (HP)
S	: biaya total (Rp/jam)

- SF : swell factor
- T₁ : waktu muat *dump truck* (menit)
- T₂ : waktu tempuh isi *dump truck* (menit)
- T₃ : waktu tempuh kosong *dump truck* (menit)
- T₄ : waktu bongkar *dump truck* (menit)
- TD : waktu siklus *dump truck* (menit)
- TE : waktu siklus excavator (detik)
- U1 : upah operator (Rp/orang)
- U2 : upah pembantu operator (Rp/orang)
- V : volume tanah (m³)
- V1 : kecepatan rata-rata bermuatan (km/jam)
- V2 : kecepatan rata-rata kosong (km/jam)
- W : jam kerja alat per tahun (jam)
- XD : jumlah unit *dumptruck*
- XE : jumlah unit excavator
- Z : fungsi tujuan



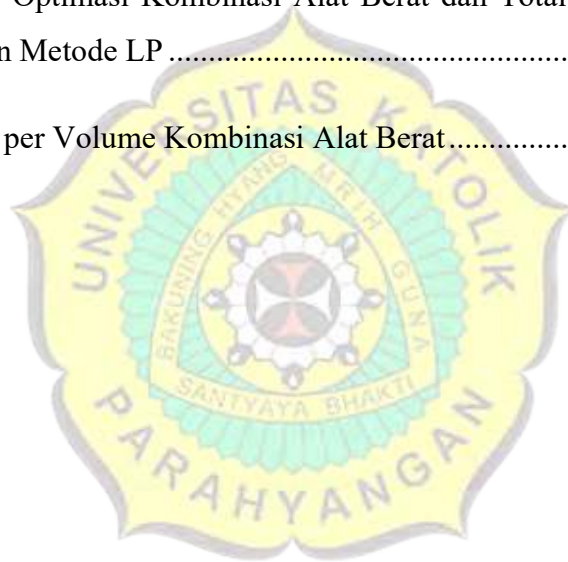
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Excavator</i>	2-2
Gambar 2. 2 Dump Truck.....	2-3
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	3-6
Gambar 4. 1 Peta Proyek Bandar Udara Dhoho.....	4-1
Gambar 4. 2 Lokasi Bandar Udara Dhoho	4-2
Gambar 4. 3 Denah Lokasi Pembuangan	4-2
Gambar 4. 4 Contoh Pemodelan Skema 1 jenis <i>Dump Truck</i> pada LINGO 19.0	4- 17
Gambar 4.5 Hubungan Biaya Total Penggunaan Alat Berat dan Waktu Pekerjaan Skema Satu.....	4-18
Gambar 4.6 Contoh Pemodelan Skema 2 jenis <i>Dump Truck</i> pada LINGO 19.0....	4-20
Gambar 4.7 Hubungan Biaya Total Penggunaan Alat Berat dan Waktu Pekerjaan Skema Dua	4-20
Gambar 4. 8 Hubungan Biaya Total Penggunaan Alat Berat dan Waktu Pekerjaan Skema Satu dan Dua dengan metode LP	4-23
Gambar 4. 9 Hubungan Biaya Total Penggunaan Alat Berat dan Waktu Pekerjaan Skema Satu dan Dua dengan metode ILP dan LP.....	4-25

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Waktu Siklus Excavator Dalam Kondisi Rata-Rata.....	2-4
Tabel 2.2 Kecepatan dump truck.....	2-5
Tabel 2.3 <i>Bucket fill factor excavator</i> (Faktor pengisian bucket)	2-6
Tabel 2.4 Faktor efisiensi kerja <i>excavator</i>	2-6
Tabel 2.5 S_w dan SF beberapa jenis tanah.....	2-6
Tabel 2.6 Faktor efisiensi kerja <i>dump truck</i>	2-7
Tabel 4. 1 Spesifikasi <i>Excavator</i>	4-3
Tabel 4. 2 Spesifikasi <i>Dump Truck</i>	4-3
Tabel 4. 3 Waktu siklus <i>excavator</i>	4-4
Tabel 4. 4 Waktu pemuatan <i>dump truck</i> (T_1).....	4-5
Tabel 4.5 Waktu siklus <i>dump truck</i>	4-6
Tabel 4.6 Produktivitas <i>excavator</i>	4-7
Tabel 4.7 Produktivitas <i>dump truck</i>	4-7
Tabel 4.8 Biaya penggunaan alat berat <i>excavator</i>	4-10
Tabel 4. 9 Biaya penggunaan alat berat <i>excavator</i>	4-11
Tabel 4.10 Biaya per volume pekerjaan <i>excavator</i>	4-12
Tabel 4.11 Biaya per volume pekerjaan <i>dump truck</i>	4-12
Tabel 4.12 Hasil Optimasi Kombinasi Alat Berat dan Biaya Total Penggunaan Skema Satu.....	4-18

Tabel 4.13 Hasil Optimasi Kombinasi Alat Berat dan Total Volume Pekerjaan Skema Satu	4-19
Tabel 4.14 Hasil Optimasi Kombinasi Alat Berat dan Biaya Total Penggunaan Skema Dua.....	4-20
Tabel 4.15 Hasil Optimasi Kombinasi Alat Berat dan Total Volume Pekerjaan Skema Dua.....	4-21
Tabel 4. 16 Hasil Optimasi Kombinasi Alat Berat dan Total Biaya Penggunaan Skema Satu dengan Metode LP.....	4-22
Tabel 4. 17 Hasil Optimasi Kombinasi Alat Berat dan Total Biaya Penggunaan Skema Dua dengan Metode LP	4-23
Tabel 4. 18 Biaya per Volume Kombinasi Alat Berat.....	4-24



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil Optimasi *LINGO 19.0*
- Lampiran 2 Jadwal Rencana Kerja Galian
- Lampiran 3 Tabel Suku Bunga Pinjaman Rupiah yang Diberikan Menurut Kelompok Bank dan Jenis Pinjaman



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di Indonesia tidak pernah berhenti, mulai dari pembangunan gedung, jembatan, bendungan, dan sarana dan prasarana transportasi. Salah satu contoh pembangunan sarana dan prasarana transportasi ialah Proyek Bandar Udara Dhoho, Kediri, Jawa Timur. Dalam proyek ini dibutuhkan penggalian dan pengangkutan tanah untuk merapikan kontur tanah agar sesuai dengan disain bandar udara.

Agar pekerjaan penggalian dan pengangkutan tanah lebih efektif dan efisien, maka dibutuhkan penggunaan alat berat. Penggunaan alat berat sendiri bertujuan untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat (Rostiyanti, 2008). Contoh alat berat yang digunakan untuk menggali tanah adalah *excavator* dan untuk mengangkut tanah adalah *dump truck*.

Walaupun penggunaan alat berat dapat membantu pekerjaan manusia, tetapi penggunaan alat berat yang berlebihan menyebabkan kenaikan biaya konstruksi yang cukup besar. Maka dibutuhkan perencanaan dalam jumlah alat berat yang digunakan agar mencapai keadaan optimal, yaitu biaya yang dikeluarkan seminimal mungkin tanpa menambah durasi pekerjaan dari jadwal yang telah ditentukan. Metode yang bisa digunakan untuk perencanaan ini yaitu metode program linear.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah menentukan jumlah alat berat yang optimal untuk digunakan pada pekerjaan galian dan pengangkutan tanah.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah menentukan kombinasi alat berat yang optimal sehingga diperoleh biaya pekerjaan yang minimum pada pekerjaan penggalian dan pengangkutan tanah.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Pekerjaan galian tanah yang diteliti adalah pekerjaan galian tanah pada pembangunan Bandar Udara Dhoho, Kediri, Jawa Timur.
2. Jenis alat berat yang digunakan adalah *excavator* dan *dump truck*.
3. Waktu kerja dalam satu hari adalah 10 jam.
4. Rentang waktu proyek yang diteliti mulai Mei 2021 sampai November 2021.
5. Volume pekerjaan galian tanah sebesar 3.679.474 m³.
6. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak *LINGO 19.0*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. BAB 1 PENDAHULUAN
Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. BAB 2 DASAR TEORI
Bab ini berisi dasar teori mengenai alat-alat berat yang digunakan yaitu *excavator* dan *dump truck*, dan riset operasi.
3. BAB 3 METODE PENELITIAN
Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dan alur dalam penelitian.
4. BAB 4 ANALISIS DATA
Bab ini berisi pembahasan proses analisis alat berat, hasil pemodelan matematika, dan optimasi dengan metode *integer linear programming*.
5. BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN
Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan saran yang diberikan atas dasar pengalaman dalam penelitian.