

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA
PEKERJAAN TIMBUNAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN
JALAN TOL SOLO - YOGYAKARTA - YOGYAKARTA
INTERNATIONAL AIRPORT KULON PROGO
(ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT PRODUCTIVITY IN
STOCKPILING WORK ON THE SOLO - YOGYAKARTA -
YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT TOLL ROAD
CONSTRUCTION PROJECT)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Alfi Aldi Miftahul Rizqi

20511307

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL – PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025**

TUGAS AKHIR

ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TIMBUNAN
PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL SOLO - YOGYAKARTA -
YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT KULON PROGO
(ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT PRODUCTIVITY IN EMBANKMENT WORK
ON THE SOLO - YOGYAKARTA - YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT
TOLL ROAD CONSTRUCTION PROJECT)

Disusun oleh



Pembimbing I

Ir. Fitri Nugraheni,
S.T., M.T., Ph.D.,
IPM.
NIK: 005110101

Penguji I

Albani Musyafa',
S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 955110102

Penguji II

Ir. Tri Nugroho S.,
S.T., M.T.
NIK: 195110502



Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng). IPM.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila ditemukan seluruh laporan Tugas Akhir ini bukan karya saya sendiri, saya bersedia menerima sanksi.

Yogyakarta, 20 Mei 2025

Yang Membuat Surat Pernyataan



Alfi Aldi Miftahul Rizqi

(20511307)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmad dan keruniannya yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Analisa Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo - Yogyakarta - Yogyakarta *International Airport* Kulon Progo dengan baik. Tugas Akhir ini dibuat guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penyelesaian penyusunan Tugas Akhir ini, mendapatkan dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Albani Musyafa'. S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji I dalam Sidang Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Tri Nugroho S., S.T., M.T. selaku dosen penguji II dalam Sidang Tugas Akhir.
5. Semua pihak instansi terkait yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengambil data di proyek dalam Menyusun Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki penulis. Sehingga, penulis berharap atas kritik serta saran yang membangun sebagai perbaikan pada penulisan selanjutnya. Penulis berharap semoga Tugas

Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membaca dan dapat dijadikan sebagai informasi tambahan bagi pihak yang berkepentingan.

Yogyakarta, Mei 2025

Penulis,

Alfi Aldi Miftahul Rizqi
(20511307)

HALAMAN DEDIKASI

Terima kasih ya Allah atas rahmat Mu sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat selesai dan ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT karena telah memberikan kesehatan, keberuntungan, kemudahan, serta rejeki kepada saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua, Papa Bambang Harianto dan Mama Sri Wahyuni serta adik Muhammad Hasri Verdiansyah dan adik Maura Jasmine Mutiara Afifah yang hingga saat ini telah mendidik, membimbing, dan memberikan dukungan baik spiritual maupun material dengan penuh kesabaran serta mengarahkan yang terbaik untuk masa depan anaknya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan dan keselamatan bagi mereka dan semoga Allah SWT juga membalas jasa-jasa yang telah mama dan papa berikan. Amiin.
3. Pasangan penulis Sallza Kharisa Jati, S.Ak. yang selalu memberikan doa dan dukungan
4. *Nemo orange* kendaraan penulis yang selalu siap
5. Teman teman KSR yang sudah memberikan dukungan.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN DEDIKASI	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Penelitian Terdahulu	4
2.2.1 Perhitungan Produktivitas dan Efektivitas Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Solo Tahap II : Bawen – Solo Seksi 3 : Bawen – Salatiga Paket 3.3 : Sidorejo – Tengaran (Sta. 36+100 – Sta. 40+409).	4
2.2.2 Kajian Perbandingan Biaya dan Waktu Kombinasi Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan pada Proyek Pembangunan	

Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang.	5
2.2.3 Produktivitas Alat Berat untuk Pekerjaan Timbunan Tanah pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Kertosono Paket 2A Sta. 56+050 – Sta. 79+000.	5
2.2.4 Perhitungan Produktivitas Alat Berat Jenis <i>Bulldozer</i> pada Pekerjaan <i>Cut and Fill</i> pada Proyek Pembangunan Bandara Baru Internasional Yogyakarta Sta. 4+000 – Sta. 4+300 di Kecamatan Temon Kabupaten Kulonprogo.	5
2.2.5 Analisa Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang Demak Paket 2 Sta. 10+394 – Sta. 26+704.	6
2.3 Perbedaan Penelitian	6
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Tinjauan Umum	11
3.2 Proyek	11
3.2.1 Definisi Proyek	11
3.2.2 Jenis-Jenis Proyek	12
3.2.3 Proyek Konstruksi	13
3.3 Material Timbunan Tanah	13
3.4 Alat Berat	14
3.4.2 Manajemen Alat Berat	15
3.5 Klasifikasi Alat Berat	17
3.6.1 Klasifikasi Fungsional Alat Berat	17
3.6 Fungsi dan Cara Kerja Alat Berat	18
3.6.1 <i>Excavator</i>	18
3.6.2 <i>Bulldozer</i>	19
3.6.3 <i>Dump Truck</i>	20
3.6.4 <i>Vibro Roller</i>	21
3.6.5 <i>Sheepfoot Roller</i>	21
3.7 Taksiran Faktor Koreksi Produksi	22

3.7.1	Faktor Efisiensi Waktu	22
3.7.2	Faktor Efisiensi Kerja	22
3.7.3	Faktor Efisiensi Operator	23
3.7.4	Faktor Ketersediaan Alat	23
3.7.5	Faktor Efisiensi Alat	23
3.8	Waktu Siklus	24
3.9	Taksiran Produktivitas Alat berat	25
3.9.1	Taksiran Produktivitas Alat Berat <i>Excavator</i>	25
3.9.2	Taksiran Produktivitas Alat Berat <i>Bulldozer</i>	28
3.9.3	Taksiran Produktivitas Alat Berat <i>Dump Truck</i>	30
3.9.4	Taksiran Produktivitas Alat Berat <i>Vibro Roller</i>	32
3.9.5	Taksiran Produktivitas Alat Berat <i>Sheepfoot Roller</i>	33
BAB IV	METODE PENELITIAN	35
4.2	Subjek dan Objek Penelitian	35
4.2.1	Subjek Penelitian	35
4.2.2	Objek Penelitian	36
4.3	Metode Penelitian	36
4.4	Item Pekerjaan Proyek	37
4.5	Data dan Metode Pengumpulan Data	37
5.4.1	Data Penelitian	37
5.4.2	Metode Pengumpulan Data	38
4.6	Metode Pengolahan Data	40
4.7	Bagan Alir Tugas Akhir	41
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	45
5.1	Tinjauan Umum	45
5.2	Analisis Data	46
5.2.1	Perhitungan Volume Timbunan	46
5.3	Tahapan Pekerjaan	48
5.4	Taksiran Produktivitas Alat Berat	49
5.4.1	Perhitungan Taksiran Produktivitas <i>Excavator</i>	49
5.4.2	Perhitungan Taksiran Produktivitas <i>Bulldozer</i>	49

5.4.3	Perhitungan Taksiran Produktivitas <i>Dump Truck</i>	50
5.4.4	Perhitungan Taksiran Produktivitas <i>Vibro Roller</i>	51
5.4.5	Perhitungan Taksiran Produktivitas <i>Sheep Foot Roller</i>	51
5.5	Rencana Waktu Kerja Alat	52
5.5.1	Rencana Waktu Kerja <i>Excavator</i>	52
5.5.2	Rencana Waktu Kerja <i>Bulldozer</i>	52
5.5.3	Rencana Waktu Kerja <i>Dump Truck</i>	53
5.5.4	Rencana Waktu Kerja <i>Vibro Roller</i>	53
5.5.5	Rencana waktu Kerja <i>Sheep Foot Roller</i>	53
5.5.6	Rekapitulasi Rencana Waktu Kerja Alat Berat	54
5.6	Produktivitas <i>Real</i> Alat Berat di Lapangan	54
5.6.1	Produktivitas <i>Excavator Real</i> di Lapangan	54
5.6.2	Produktivitas <i>Bulldozer Real</i> di Lapangan	55
5.6.3	Produktivitas <i>Dump Truck Real</i> di Lapangan	57
5.6.4	Produktivitas <i>Vibro Roller Real</i> di Lapangan	59
5.6.5	Produktivitas <i>Sheep Foot Roller Real</i> di Lapangan	59
5.7	Penetapan Efektivitas Alat Berat	60
5.8	Perencanaan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat	62
5.8.1	Perhitungan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat <i>Excavator</i>	62
5.8.2	Perhitungan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat <i>Bulldozer</i>	62
5.8.3	Perhitungan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat <i>Dump Truck</i>	63
5.8.4	Perhitungan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat <i>Vibro Roller</i>	63
5.8.5	Perhitungan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat <i>Sheep Foot Roller</i>	64
5.8.6	Rekapitulasi Waktu Kerja Alat Berat	64
5.8.7	Efektivitas Alat Berat Setelah Perencanaan Ulang	65
5.9	Analisis Rencana Biaya Sewa Alat Berat Rencana	66
5.9.1	Biaya Pelaksanaan Alat Berat <i>Excavator</i>	66
5.9.2	Biaya Pelaksanaan Alat Berat <i>Bulldozer</i>	67

5.9.3 Biaya Pelaksanaan Alat Berat <i>Dump Truck</i>	68
5.9.4 Biaya Pelaksanaan Alat Berat <i>Vibro Roller</i>	69
5.9.5 Biaya Pelaksanaan Alat Berat <i>Sheep Foot Roller</i>	70
5.10 Analisis Rencana Biaya Sewa Alat Berat <i>Real</i> di Lapangan	71
5.10.1 Biaya Pelaksanaan Alat Berat <i>Excavator</i>	71
5.10.2 Biaya Pelaksanaan Alat Berat <i>Bulldozer</i>	72
5.10.3 Biaya Pelaksanaan Alat Berat <i>Dump Truck</i>	73
5.10.4 Biaya Pelaksanaan Alat Berat <i>Vibro Roller</i>	74
5.10.5 Biaya Pelaksanaan Alat Berat <i>Sheep Foot Roller</i>	75
5.11 Perbandingan antara Perencanaan Awal dan Perencanaan Ulang	76
5.12 Faktor-faktor yang Menghambat Pekerjaan Timbunan di Lapangan	78
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	79
6.1 Kesimpulan	79
6.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu	7
Tabel 3.1 Sifat-Sifat Tanah	14
Tabel 3. 2 Faktor Efisiensi Waktu	22
Tabel 3.3 Faktor Efisiensi Kerja	22
Tabel 3.4 Faktor Efisiensi Operator	23
Tabel 3.5 Faktor Efisiensi Alat	23
Tabel 3.6 Efisiensi Kerja Berdasarkan Operasional Alat	26
Tabel 3.7 Faktor <i>Bucket Excavator</i>	26
Tabel 3.8 Konversi Faktor Kedalaman dan Kondisi Penggalian	27
Tabel 3.9 <i>Cycle Time Excavator</i>	28
Tabel 3.10 Waktu Tetap (<i>Z</i>)	30
Tabel 3.11 Kecepatan <i>Bulldozer</i>	30
Tabel 3.12 Waktu <i>Dumping</i> dan Persiapan Loading Berdasarkan	32
Tabel 3.13 Kecepatan <i>Dump Truck</i>	32
Tabel 3.14 Kecepatan <i>SheepFoot Roller</i>	33
Tabel 3.15 Lebar Efektif Pemasangan	33
Tabel 3. 16 Jumlah Lintasan untuk Pemasangan	34
Tabel 4.1 Item Pekerjaan Proyek Pembangunan Jalan Tol	37
Tabel 4.2 Formulir Pertanyaan Faktor Penyebab Produktivitas Alat Berat	40
Tabel 5.1 Jenis Alat Berat	45
Tabel 5.2 Rekapitulasi Volume Timbunan	47
Tabel 5.3 Rekapitulasi Rencana Waktu Kerja Alat Berat <i>Real</i> di Lapangan	54
Tabel 5.4 Waktu Siklus <i>Excavator</i> di Lapangan	54
Tabel 5. 5 Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> di Lapangan	56
Tabel 5. 6 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> di Lapangan	57
Tabel 5.7 Waktu Siklus <i>Vibro Roller</i> di Lapangan	59
Tabel 5.8 Waktu Siklus <i>Sheepfoot roller</i> di Lapangan	60
Tabel 5.9 Parameter Tingkat Efektivitas	61

Tabel 5.10 Perbandingan Produktivitas Rencana dan <i>Real</i> di Lapangan	61
Tabel 5.11 Rekapitulasi Waktu Kerja Alat Berat	64
Tabel 5. 12 Kriteria Tingkat Efektivitas	65
Tabel 5.13 Efektivitas Alat Berat setelah Perencanaan Ulang	66
Tabel 5.14 Total Biaya Pelaksanaan <i>Excavator</i>	67
Tabel 5.15 Total Biaya Pelaksanaan <i>Bulldozer</i>	68
Tabel 5.16 Total Biaya Pelaksanaan <i>Dump Truck</i>	68
Tabel 5. 17 Total Biaya Pelaksanaan <i>Vibro Roller</i>	69
Tabel 5. 18 Total Biaya Pelaksanaan <i>Sheepfoot roller</i>	70
Tabel 5. 19 Analisis Rencana Biaya Sewa Alat Berat Rencana	71
Tabel 5.20 Total Biaya Pelaksanaan <i>Excavator</i>	72
Tabel 5.21 Total Biaya Pelaksanaan <i>Bulldozer</i>	73
Tabel 5. 22 Total Biaya Pelaksanaan <i>Dump Truck</i>	73
Tabel 5. 23 Total Biaya Pelaksanaan <i>Vibro Roller</i>	74
Tabel 5. 24 Total Biaya Pelaksanaan <i>Sheepfoot roller</i>	75
Tabel 5. 25 Analisis Rencana Biaya Sewa Alat Berat <i>Real</i> di Lapangan	76
Tabel 5.26 Perbandingan Perencanaan Awal dan Perencanaan Ulang	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Jarak <i>Quarry</i> dengan Lokasi Proyek	14
Gambar 3. 2 Alat Berat <i>Excavator</i>	18
Gambar 3.3 Alat Berat <i>Bulldozer</i>	19
Gambar 3.4 Alat Berat <i>Dump Truk</i>	20
Gambar 3.5 Alat Berat <i>Vibro Roller</i>	21
Gambar 3.6 Alat Berat <i>Sheepfoot Roller</i>	21
Gambar 3.7 Kapasitas <i>Blade</i>	29
Gambar 3. 8 Dasar Operasi <i>Dump Truck</i>	30
Gambar 5. 1 Pekerjaan Timbunan	45
Gambar 5. 2 Potongan Melintang STA 5+500	46
Gambar 5. 3 Potongan Melintang STA 5+900	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran. 1 Gambar Lokasi	84
Lampiran. 2 Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi	85
Lampiran. 3 Penempatan Material Timbunan	86
Lampiran. 4 Antrian <i>Dump Truck</i> Yang Membawa Material Timbunan	87

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

BF	= <i>Bucket factor</i>
C	= Kapasitas <i>dump truck</i> (m ³)
Cms	= Waktu muat (menit)
CT	= <i>Cycle time</i> atau Waktu siklus
D	= Jarak angkut <i>dump truck</i> (m)
DT	= <i>Dumping time</i> atau waktu bongkar
E	= Efisiensi kerja alat
F	= Kecepatan maju (m/menit)
FK	= Faktor koreksi
H	= Tinggi lapisan (m)
H	= Tinggi sudu (<i>blade</i>), (m, yd)
HT	= <i>Hauling time</i> atau Waktu angkut
J	= Jarak dorong (m)
KB	= Kapasitas <i>blade</i> (m ³)
L	= Lebar sudu (<i>blade</i>), (m, yd)
LT	= <i>Loading time</i> atau waktu muat
N	= Jumlah lintasan
n	= Jumlah siklus pada <i>excavator</i> untuk mengisi bak <i>dump truck</i>
Q	= Produksi per jam (m ³ /jam)
R	= Kecepatan mundur (m/menit)
RT	= <i>Return time</i> atau waktu kembali
ST	= <i>Spotting time</i> atau waktu tunggu
t1	= Waktu buang/ <i>dumping</i> (menit)
t2	= Waktu akan mengisi atau memuat (menit)
TP	= Produksi per jam (m ³ /jam)
v	= Kecepatan rata-rata (km/jam)
V1	= Kecepatan angkut (m/menit)
V2	= Kecepatan kembali (m/menit)

We = Lebar efektif ban (m)

Z = Waktu tetap (menit)

ABSTRAK

Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport* memiliki fungsi agar tidak membutuhkan waktu tempuh yang lama. Pada proyek ini digunakan beberapa macam alat berat seperti, *excavator*, *bulldozer*, *dump truck*, *vibro roller*, dan *sheep foot roller* untuk pekerjaan timbunan dengan volume material tanah sebesar 5433 m³. Alat berat memiliki peran penting dalam menunjang pekerjaan timbunan dengan kondisi lapangan yang ada, sehingga diperlukan analisis produktivitas alat berat beserta kombinasi alat berat tersebut. Hal ini bertujuan mendapatkan jumlah alat berat yang digunakan, biaya dan waktu dalam menyelesaikan pekerjaan serta mendapatkan kombinasi alat berat yang efektif dan efisien sesuai dengan kondisi di lapangan.

Penelitian ini dilakukan dengan pengamatan terhadap jam kerja pada masing-masing alat berat serta dokumentasi spesifikasi alat berat, durasi pekerjaan, dan data pekerjaan yang dibutuhkan. Setelah itu, proses perhitungan produktivitas alat berat, biaya sewa alat berat, jumlah alat berat yang dibutuhkan serta kombinasi alat berat yang digunakan untuk pekerjaan dengan durasi pekerjaan yang telah ditentukan. Lalu kombinasi alat berat akan dihitung selisih waktu dan biaya yang lebih efektif dan efisien dibandingkan kondisi di lapangan.

Berdasarkan hasil perhitungan, kombinasi alat berat 2 unit *excavator*, 2 unit *bulldozer*, 31 unit *dump truck*, 1 unit *vibro roller*, dan 1 unit *sheep foot roller*. Untuk alat berat *excavator*, *bulldozer*, dan *dump truck* membutuhkan 8 jam kerja per hari. Sedangkan untuk alat berat *vibro roller* membutuhkan 5 jam kerja per hari dan alat berat *sheep foot roller* membutuhkan 3 jam kerja per hari. Selisih biaya jika dibandingkan perencanaan awal dan perencanaan ulang sebesar Rp 262.488.000. Biaya tersebut lebih murah dibandingkan dengan biaya perencanaan awal sehingga pekerjaan dapat diselesaikan dengan alat berat yang efektif, biaya yang lebih murah, dan dapat diselesaikan sesuai waktu yang telah direncanakan.

Kata kunci: Kombinasi alat berat, produktivitas, efektifitas

ABSTRACT

The construction of the Solo–Yogyakarta–Yogyakarta International Airport Toll Road aims to reduce travel time. This project utilizes various types of heavy equipment, including excavators, bulldozers, dump trucks, vibro rollers, and sheep foot rollers, for embankment work involving a soil material volume of 5,433 m³. Heavy equipment plays a crucial role in supporting embankment work under existing field conditions; therefore, an analysis of equipment productivity and the optimal combination of machinery is necessary. The objective is to determine the required number of machines, associated costs, and project duration while identifying the most effective and efficient combination of heavy equipment suited to field conditions.

This study was conducted through observations of working hours for each type of heavy equipment, along with documentation of machine specifications, work duration, and relevant project data. Calculations were then performed to determine equipment productivity, rental costs, the required number of machines, and the optimal combination for completing the work within the specified duration. The analysis included a comparison of the revised equipment combination against the initial planning to assess differences in time efficiency and cost-effectiveness.

Based on the calculations, the optimal combination consists of 2 excavators, 2 bulldozers, 31 dump trucks, 1 vibro roller, and 1 sheep foot roller. The excavators, bulldozers, and dump trucks require 8 working hours per day, whereas the vibro roller requires 5 hours per day, and the sheep foot roller requires 3 hours per day. The cost difference between the initial and revised plans is Rp 262,488,000, with the revised plan being more cost-effective. This optimization ensures that the project is completed using an effective combination of heavy equipment, lower costs, and adherence to the planned schedule.

Keyword: *heavy equipment combination, productivity, effectiveness*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Definisi Jalan Tol menurut PP No 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol berbunyi, “jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar”. Pembangunan jalan tol memiliki fungsi sebagai penghubung antara pusat produksi dengan pasar global yang dapat memudahkan aktivitas bisnis serta dapat mempercepat arus keluar dan masuk suatu barang. Selain itu, jalan tol dapat menghubungkan antara kota dan provinsi dengan lebih cepat dan nyaman (Nasrullah Hidayat, 2023). Padatnya aktivitas mobilitas masyarakat pemerintah memberikan cara untuk mengatasi kemacetan dengan membangun jalan tol, salah satu jalan tol yang dibangun pemerintah adalah jalan tol. Tol Solo – Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport*.

Badan Pengatur Jalan Tol Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat memberikan informasi bahwa proyek Jalan Tol Solo - Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport* melewati dua provinsi yaitu Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Jalan Tol Solo - Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport* terbentang sepanjang 35,64 di wilayah Provinsi Jawa Tengah dan sepanjang 60,93 km di wilayah Provinsi D.I Yogyakarta, sehingga total Panjang Jalan Tol Solo - Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport* adalah 96,57 km (Bpjt.pu.go.id., 2020).

Pembangunan jalan tol ini akan mengurangi waktu tempuh yang dibutuhkan oleh masyarakat untuk menuju Bandara *International* Yogyakarta. Selain itu, pembangunan Jalan Tol Solo - Yogyakarta - Bandara *International* Yogyakarta juga memiliki peran penting dalam memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan perekonomian masyarakat di kawasan segitiga emas sektor pariwisata, yaitu Joglosemar (Yogyakarta, Solo, dan Semarang).

Salah satu elemen kunci dari proyek jalan adalah pekerjaan tanah. Di sini, pekerjaan tanah meliputi penimbunan dan penggalian, alat berat biasanya digunakan untuk menyelesaikan tugas tersebut. Ide penggunaan alat berat adalah untuk memfasilitasi pekerjaan konstruksi sehingga orang dapat mencapai hasil yang diinginkan dengan lebih cepat dan efisien, serta meningkatkan produktivitas. Kapasitas produksi alat berat menunjukkan kegunaan penggunaan alat berat. Menggunakan alat berat yang tidak sesuai dengan keadaan atau kondisi kerja akan mengakibatkan kerugian seperti produksi yang rendah, melesetnya tenggat waktu atau target, atau kerugian akibat perbaikan yang tidak perlu. Oleh karena itu, untuk mencapai waktu kerja yang diinginkan, perlu dilakukan pengaturan penggunaan alat berat dan prosedur kerja yang memadai.

Metode untuk menghitung produksi setiap alat berat dalam kaitannya dengan waktu siklusnya adalah analisis produktivitas. Evaluasi tambahan dilakukan dengan menggunakan kombinasi setelah setiap alat berat yang digunakan untuk pekerjaan penggalian dan timbunan diketahui produktivitasnya. Kombinasi alat berat dari berbagai jenis juga menentukan jumlah alat yang akan digunakan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil pekerjaan yang terbaik dengan biaya yang seminimal mungkin.

Latar belakang ini menjadi dasar dilakukannya penelitian mengenai efisiensi alat berat yang digunakan dalam kegiatan penggalian dan penimbunan di area proyek pembangunan Jalan Tol Solo - Yogyakarta - Bandara *International* Yogyakarta.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dan latar belakang yang telah disampaikan, penyusun merumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam hal sebagai berikut.

1. Berapakah nilai produktivitas yang dihasilkan oleh alat berat pada pekerjaan timbunan Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport*?

2. Berapakah jumlah kombinasi alat berat yang lebih baik pada pekerjaan timbunan Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pertimbangan berbagai masalah yang dihadapi, penulis melakukan penelitian ini dengan tujuan sebagai berikut.

1. Menemukan kombinasi jumlah alat berat yang diperlukan pada pekerjaan timbunan.
2. Mendapatkan nilai produktivitas yang dihasilkan alat berat pada pekerjaan timbunan.

1.4 Manfaat Penelitian

Peneliti dalam menyusun penelitian ini ingin menghasilkan manfaat yang dapat dinikmati oleh para pembaca. Manfaat penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kombinasi jumlah alat berat yang paling ekonomis dari segi biaya dan waktu pada pekerjaan timbunan.
2. Mengetahui nilai produktivitas yang dihasilkan alat berat pada pekerjaan timbunan.

1.5 Batasan Penelitian

Peneliti dalam menyusun penelitian ini membatasi permasalahan yang akan dibahas agar pokok tujuan dalam penelitian dapat tercapai. Adapun Batasan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya diamati pada pekerjaan timbunan.
2. Penelitian ini hanya mengamati pada pekerjaan timbunan STA 5+000 – 6+000.
3. Alat berat yang digunakan saat ini adalah *excavator*, *vibro roller*, *sheepfoot roller*, *bulldozer*, dan *dump truck*. Jam kerja dengan waktu normal yaitu 8 jam/hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pada BAB II ini akan dipaparkan temuan-temuan penelitian yang sudah pernah dilaksanakan. Hal ini dimaksudkan untuk menjadi panduan dan titik acuan untuk penelitian ini.

Diskusi sebelumnya mengenai penelitian tentang alat berat dalam pekerjaan timbunan telah bervariasi dalam hal variabel dan metodologi penelitian yang digunakan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian sebelumnya mengenai alat berat pada pekerjaan timbunan dengan variable maupun metode yang berbeda telah dilakukan. Pada bab 1 telah dijelaskan latar belakang penelitian yang akan dilakukan peneliti. Dalam bab ini, akan memaparkan tentang penelitian terdahulu tentang produktivitas alat berat yang sudah pernah dilaksanakan sebelumnya. Langkah ini dilakukan bertujuan untuk menambah referensi dalam membuat penelitian dan membandingkan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang sedang dilaksanakan.

2.2.1 Perhitungan Produktivitas dan Efektivitas Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Solo Tahap II : Bawen – Solo Seksi 3 : Bawen – Salatiga Paket 3.3 : Sidorejo – Tenganan (Sta. 36+100 – Sta. 40+409).

Penelitian yang dilakukan (Lestari, 2016) menjelaskan bahwa penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai produktivitas dan efektivitas alat berat jenis *bulldozer* pada pekerjaan galian timbunan dan juga mengetahui kombinasi dari penggunaan *bulldozer* yang paling efektif dan efisien. Metode yang digunakan pada penelitian adalah observasi lapangan, wawancara serta dokumentasi lapangan. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah nilai

produktivitas perhari unit *bulldozer* serta menunjukkan kombinasi yang paling efektif segi biaya dan waktu.

2.2.2 Kajian Perbandingan Biaya dan Waktu Kombinasi Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan pada Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang.

Penelitian yang dilakukan oleh (Firdaus, 2021) menjelaskan bahwa penelitian tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kombinasi alat berat yang dapat digunakan pada proyek tersebut. Metode yang digunakan adalah menggabungkan alat berat kedalam beberapa opsi yaitu mencari tau produksi setiap alat berat, mencari tahu berapa biaya yang harus dikeluarkan untuk biaya operasional masing-masing alat berat. Hasil yang diperoleh merekomendasikan alternatif 2 yang terdiri dari 2 unit *excavator* Komatsu PC 300-9, 4 alat berat *dumpt truck* Hino Dutro, 1 Unit *bulldozer Caterpillar* D8R, dan 1 *vibro roller sakkal*.

2.2.3 Produktivitas Alat Berat untuk Pekerjaan Timbunan Tanah pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Kertosono Paket 2A Sta. 56+050 – Sta. 79+000.

Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan (2017) menjelaskan bahwa penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui jumlah kebutuhan alat berat yang diperlukan pada pekerjaan timbunan tanah pada proyek tersebut. Metode yang digunakan berupa wawancara, observasi lapangan serta dokumentasi. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah mengetahui nilai produktivitas dari alat berat dan mengetahui faktor dominan yang mempengaruhi produktivitas tersebut.

2.2.4 Perhitungan Produktivitas Alat Berat Jenis *Bulldozer* pada Pekerjaan *Cut and Fill* pada Proyek Pembangunan Bandara Baru Internasional Yogyakarta Sta. 4+000 – Sta. 4+300 di Kecamatan Temon Kabupaten Kulonprogo.

Penelitian yang dilakukan oleh Pradana (2018) mempunyai tujuan untuk mengetahui nilai produktivitas dan efektivitas alat berat jenis *bulldozer* pada pekerjaan galian dan timbunan serta mengetahui kombinasi penggunaan *bulldozer* yang paling efektif. Metode yang digunakan berupa wawancara, observasi lapangan serta dokumentasi. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah

Menunjukkan nilai produktivitas perhari unit *Bulldozer* serta menunjukkan kombinasi yang paling efektif dan efisien dari segi biaya dan waktu.

2.2.5 Analisa Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang Demak Paket 2 Sta. 10+394 – Sta. 26+704.

Penelitian yang dilakukan oleh Amin (2022) bertujuan menentukan penggunaan alat berat yang optimal segi biaya maupun waktu pada pekerjaan galian dan timbunan. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode penelitian kuantitatif deskriptif. Dari Analisa, didapatkan hasil dari penelitian ini adalah taksiran biaya pemakaian alat berat yang dipakai.

2.3 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan studi terdahulu mengenai alat berat pada pekerjaan timbunan dilakukan untuk mencapai kombinasi alat berat yang paling efektif baik dari segi biaya maupun waktu. Namun, metode yang sama telah digunakan pada penelitian terdahulu tetapi dengan hasil yang berbeda. Hal ini dikarenakan oleh variasi jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, biaya sewa, dan penggunaan alat berat. Adapun perbedaan dan persamaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang sedang berlangsung pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Subjek Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
Lestari	2016	Perhitungan Produktivitas dan Efektivitas Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Solo Tahap II: Bawen – Solo Seksi 3: Bawen – Salatiga Paket 3.3: Sidorejo – Tengarani (Sta. 36+100 – Sta. 40+409)	<i>Bulldozer</i>	Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Solo Tahap II: Bawen – Solo Seksi 3: Bawen – Salatiga Paket 3.3: Sidorejo – Tengarani (Sta. 36+100 – Sta. 40+409)	Wawancara, observasi lapangan serta dokumentasi	Menunjukkan nilai produktivitas serta efektivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian dan timbunan serta mengetahui tafsiran waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Subjek Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
Firdaus dan Ratnayanti	2021	Kajian Perbandingan Biaya dan Waktu Kombinasi Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang	<i>Excavator, Bulldozer, Dump Truck, vibrator Roller, dan Motor Grader</i>	Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang	Kombinasi alat berat, produktivitas alat berat.	Merekomendasikan alternatif 2 yang terdiri dari 2 unit <i>excavator</i> Komatsu PC 300-9, 4 alat berat <i>dumpt truck</i> Hino Dutro, 1 Unit <i>bulldozer Caterpillar</i> D8R, dan 1 <i>vibro roller sakkal</i>
Setiawan	2017	Produktivitas Alat Berat untuk Pekerjaan Timbunan Tanah pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo - Kertosono Paket 2A Sta.56+560 – 79+000.	<i>Excavator, Dump truck, Bulldozer, Sheepfoot roller, dan Vibro roller</i>	Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo - Kertosono	Wawancara, observasi lapangan, dan dokumentasi	Menunjukkan alat berat yang digunakan, mendapatkan nilai produktivitas dari alat berat tersebut dan.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Subjek Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
Pradana	2018	Perhitungan Produktivitas Alat Berat Jenis <i>Bulldozer</i> pada Pekerjaan <i>Cut and Fill</i> pada Proyek Pembangunan Bandara Baru <i>International</i> Yogyakarta Sta. 4+000 – Sta. 4+300 di Kecamatan Temon Kabupaten Kulonprogo.	<i>Bulldozer</i>	Pekerjaan <i>Cut and Fill</i> pada Proyek Pembangunan Bandara Baru <i>International</i> Yogyakarta	Wawancara, observasi lapangan, dan dokumentasi.	Menunjukkan nilai produktivitas perhari unit <i>Bulldozer</i> serta menunjukkan kombinasi yang paling efektif dan efisien dari segi biaya dan waktu.
Amin	2022	Analisa Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Demak Paket 2 – Sta. 10+394 – Sta. 26+704	<i>Bulldozer, Excavator, Motor Grader, Vibrator roller.</i>	Pekerjaan Galian dan Timbunan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Demak	Penelitian kuantitatif deskriptif.	Mendapatkan taksiran biaya pemakaian alat berat yang digunakan.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Subjek Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
Aldi	2023	Analisa Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – Yogyakarta <i>International Airport</i> Seksi 1 Paket 1.1 Sta. 5+000 – 6+000	<i>Excavator, bulldozer, dump truck, sheepfoot roller, dan vibro roller.</i>	Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – Yogyakarta <i>International Airport</i> Seksi 1 Paket 1.1 Sta. 5+000 – 6+000	<i>Time Study</i> , observasi, dokumentasi lapangan, dan wawancara.	Mendapatkan taksiran produktivitas alat berat yang digunakan, mendapatkan kombinasi alat berat yang dibutuhkan untuk pekerjaan di lapangan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Proyek konstruksi yang menggunakan alat berat sangat perlu dilakukan perencanaan seperti menghitung kapasitas produksi sebuah alat berat. Maka dari itu perlu dilakukan perhitungan kapasitas alat berat agar mendapatkan kapasitas produksi dari alat berat sehingga dalam perencanaan dapat memperkirakan waktu penyelesaian untuk suatu pekerjaan. Pada Bab 2 telah dipaparkan terkait penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilaksanakan. Pada bab ini, akan menampilkan penjelasan tentang alat-alat berat yang akan digunakan.

3.2 Proyek

3.2.1 Definisi Proyek

Dipohusodo (1995) menyatakan bahwa suatu proyek merupakan upaya yang mengerahkan sumber daya yang tersedia, yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan penting tertentu serta harus diselesaikan dalam jangka waktu terbatas sesuai dengan kesepakatan. Ahuja (1994) menyebutkan bahwa proyek (konstruksi atau lainnya) adalah sebuah perbuatan atau pekerjaan unik yang pada dasarnya mempunyai satu tujuan yang telah ditetapkan bidang atau lapangan, mutu atau kualitas, waktu dan harga yang diinginkan. Bintoro (1971) mendefinisikan bahwa proyek adalah unit yang paling baik untuk pelaksanaan perencanaan operasional dari aktivitas investasi dengan kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai hasil tujuan tertentu, dalam jangka waktu tertentu. Hosaini dkk. (2021) menyebutkan bahwa proyek adalah suatu usaha yang dimulai dan selesai pada tanggal yang pasti untuk menghasilkan suatu produk atau jasa. Berdasarkan pengertian proyek menurut beberapa ahli tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa proyek adalah sebuah pekerjaan yang

mengerahkan sumber daya yang tersedia untuk mencapai tujuan tertentu baik dari waktu, biaya, mutu atau kualitas dalam jangka waktu tertentu.

3.2.2 Jenis-Jenis Proyek

Jenis-jenis proyek menurut Hosaini dkk (2021) adalah sebagai berikut.

1. Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi adalah proyek yang kegiatan utamanya menelaah kelayakan, desain *engineering*, pengadaan dan konstruksi dan menghasilkan suatu produk seperti jembatan, gedung, jalan raya berdasarkan lokasi, keadaan alam, serta teknologi yang dipakai.

2. Proyek Manufaktur

Proyek Manufaktur adalah proyek yang memiliki kegiatan seperti pengembangan produk, desain *engineering*, pengadaan manufaktur juga uji coba produk dan pemasaran yang diproduksi dengan skala besar, lalu dapat digunakan oleh banyak orang.

3. Proyek Penelitian

Proyek penelitian merupakan proyek yang kegiatan utamanya melakukan penelitian, mengembangkan suatu program untuk menghasilkan produk tertentu dengan tujuan untuk meningkatkan pelayanan, produk, dan metode produksi.

4. Proyek Infrastruktur

Proyek infrastruktur merupakan proyek yang direncanakan dan dilakukan untuk penyediaan kebutuhan infrastruktur masyarakat seperti Pembangunan jalan dan jembatan, pengembangan transportasi publik, serta sarana dan prasarana lainnya.

5. Proyek Pelayanan Manajemen

Proyek pelayanan manajemen adalah kegiatan yang berhubungan dengan proyek perusahaan tertentu pada produk jasa atau non fisik yang hasil akhirnya merupakan rekomendasi untuk standar operasional prosedur perusahaan.

3.2.3 Proyek Konstruksi

Proyek adalah sebuah pekerjaan yang mengerahkan sumber daya yang tersedia untuk mencapai tujuan baik dari waktu, biaya, mutu atau kualitas dalam jangka waktu tertentu. Ervianto (2002) menyebutkan bahwa proyek konstruksi merupakan suatu ikatan kegiatan yang hanya dilakukan satu kali dan umumnya berjangka waktu yang pendek. Dalam rangkaian tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan yang dimana didalam proses tersebut melibatkan pihak-pihak yang terkait baik secara langsung maupun secara tidak langsung.

3.3 Material Timbunan Tanah

Sebelum memulai pekerjaan tanah, perlu diketahui terlebih dahulu mengenai sifat tanahnya. Pekerjaan tanah yang berkaitan dengan pemindahan, pembuangan dan pemadatan dapat mengubah sifat tanah lantaran kepadatannya akan sudah berubah (Kurniawan, 2021) . Berikut merupakan kondisi tanah yang mempengaruhi volume:

1. Keadaan Asli (*Bank Condition*)

Keadaan dalam kondisi bahan masih alami dan tidak terjadi kendala teknis seperti penggalian, pemindahan, dan pemadatan.

2. Keadaan Gembur (*Loose*)

Keadaan ketika bahan sudah digali dari tempat asalnya (kondisi asli). Volume tanah akan berubah dan mengembang yang disebabkan oleh peningkatan rongga udara diantara bahan-bahan tersebut.

3. Keadaan Padat (*Compact*)

Keadaan ketika material menjadi padat yang akan menyebabkan tanah mengalami penurunan volume. Perubahan volume itu disebabkan oleh hilangnya rongga udara diantara butiran-butiran material tersebut.

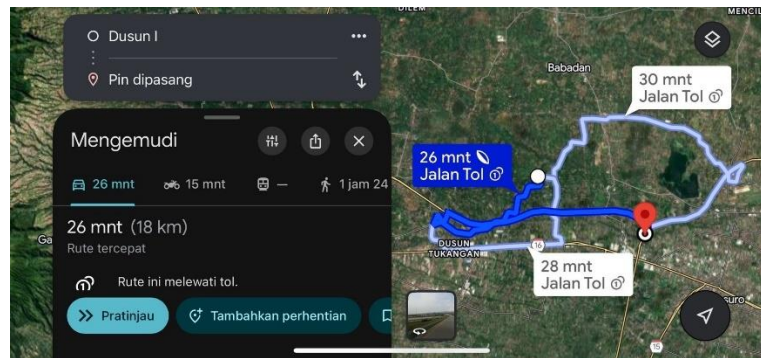
Adapun sifat-sifat tanah dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Tanah

No	Jenis Tanah	Swell (%)	Load Factor
1	Lempung alami	38	0,72
2	Lempung berkerikil kering	36	0,73
3	Lempung berkerikil basah	33	0,73
4	Tanah biasa baik kering	24	0,81
5	Tanah biasa baik basah	26	0,79
6	Kerikil	14	0,88
7	Pasir kering	11	0,9
8	Pasir basah	12	0,89
9	Batu	26	0,61

(Sumber: Haryanto dan Hendra 1998)

Material yang digunakan pada proyek pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport* diperoleh dari *quarry* yang terletak di boyolali dengan jarak tempuh 18 km. Berikut merupakan lokasi *quarry*.



Gambar 3.1 Jarak Quarry dengan Lokasi Proyek

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.4 Alat Berat

3.4.1 Pengertian Alat Berat

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan dan pertambangan. Pada umumnya alat yang

digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu infrastruktur di bidang konstruksi merupakan ilmu teknik sipil pada alat berat. Alat berat merupakan faktor penting dalam pelaksanaan proyek terutama proyek yang cukup besar dengan tujuan untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaannya sehingga mencapai hasil yang diharapkan dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat dan diharapkan hasilnya lebih baik Rostiyanti (2008).

Adapun keuntungan-keuntungan yang diperoleh dalam menggunakan alat berat antara lain (Wilopo, 2009).

1. Waktu pekerjaan lebih cepat, mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
2. Tenaga besar, melaksanakan pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia.
3. Ekonomis, karena efisien, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor-faktor ekonomis lainnya.
4. Mutu hasil kerja yang lebih baik, dengan memakai peralatan berat.

3.4.2 Manajemen Alat Berat

Manajemen alat berat merupakan suatu proses manajemen terhadap semua aspek alat berat sepanjang sisa hidupnya mulai dari proses pemilihan sampai peremajaan. Menurut Rostiyanti (2008) dalam pemilihan alat berat terdapat faktor-faktor penentu seperti tahap perencanaan, jenis, jumlah, dan kapasitas alat berat. Maka dari itu, dalam pelaksanaan konstruksi sangat perlu pemilihan alat berat yang tepat jika diperlukan. Efek yang akan ditimbulkan jika terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat seperti keterlambatan dalam pelaksanaan, biaya yang dikeluarkan proyek akan besar, mundurnya target penyelesaian, dan hasil yang tidak sesuai dengan rencana.

Adapun faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat antara lain sebagai berikut.

1. Kapasitas Alat Berat

Kapasitas alat berat harus yang dipilih harus ditentukan sesuai pekerjaan dilapangan agar pekerjaan dapat selesai sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan.

2. Fungsi yang Harus Dilakukan

Fungsi dari alat berat seperti menggali, mengangkut serta meratakan tanah merupakan tindakan dalam pengelompokan alat berat sesuai dengan fungsinya.

3. Cara Operasi

Pemilihan alat berat berdasarkan arah (*horizontal* atau *vertical*) dan jarak gerakan, kecepatan, dan frekuensi gerakan.

4. Jenis Proyek

Alat berat yang dipilih sesuai dengan jenis proyeknya seperti proyek Gedung, jalan, jembatan, pelabuhan, irigasi, dan penggundulan hutan.

5. Lokasi Proyek

Lokasi proyek yang tidak menentu seperti di dataran tinggi atau dataran rendah pasti membutuhkan alat berat yang berbeda.

6. Ekonomi

Pemilihan alat berat harus mempertimbangkan dari segi biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya pemeliharaan.

7. Kondisi Lapangan

Kondisi lapangan dengan medan yang sulit dan kondisi lapangan dengan medan yang baik merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

Berdasarkan penjelasan faktor-faktor diatas, dapat disimpulkan bahwa pemilihan alat berat perlu dilakukan dengan baik agar dapat digunakan secara maksimal. Adapun hal yang dapat dilakukan dalam pemilihan alat berat yaitu sebagai berikut.

1. Memilih alat berat sesuai dengan pekerjaan yang akan dilaksanakan.

Fungsi alat berat yang berbeda-beda mengharuskan pemilihan alat berat yang benar. Seperti *dump truck* berfungsi untuk memuat dan mengangkut material dari *quarry* ke lokasi proyek, *excavator* berfungsi untuk menggali,

dan *vibro roller* atau *sheepfoot roller* berfungsi untuk memadatkan material. Kombinasi alat berat tersebut dipilih sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan di lokasi proyek seperti pekerjaan timbunan.

2. Memilih alat berat sesuai dengan biaya dan waktu proyek.
Pemilihan alat berat sangat berpengaruh terhadap biaya dan waktu proyek. Pada proyek dengan skala besar tetapi waktunya sedikit pastinya membutuhkan jumlah alat berat yang lebih banyak dan sesuai dengan spesifikasinya. Akan tetapi, jika proyek dalam skala besar tetapi lama maka alat berat yang digunakan jumlahnya dapat lebih sedikit.
3. Membuat keputusan untuk membeli atau menyewa.
Pada pelaksanaan proyek berlangsung, kontraktor dapat menyediakan peralatan tersebut dengan cara membeli atau menyewa. Masing-masing cara memiliki kelebihan dan kekurangan. Adapun kelebihan seperti alat berat dapat digunakan kapanpun, dimanapun tanpa ada ketergantungan dengan pihak lain. Namun kekurangannya adalah biaya yang dikeluarkan cukup besar dan pemeliharaan alat harus sangat diperhatikan.
4. Memastikan alat berat memiliki sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.
Dalam pemilihan alat berat tentu memiliki kapasitas yang berbeda-beda. Pemilihan alat berat didasarkan dengan jenis dan kapasitasnya yang disesuaikan dengan kondisi lapangan. Jika memerlukan volume yang besar maka dapat menggunakan alat berat yang mempunyai kapasitas besar. Apabila terjadi ketidaksesuaian pemilihan alat berat dengan kondisi lapangan dapat menyebabkan alat berat mudah rusak.

3.5 Klasifikasi Alat Berat

Alat berat dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, antara lain berdasarkan fungsional alat berat dan operasional alat berat.

3.6.1 Klasifikasi Fungsional Alat Berat

Alat berat diklasifikasikan berdasarkan fungsi-fungsi utama. Adapun fungsinya sebagai berikut.

1. Alat pengolahan lahan seperti *Bulldozer*;

2. Alat penggali seperti *Excavator*,
3. Alat pengangkut material seperti *Dump Truck*,
4. Alat pemindahan material seperti *Bulldozer*,
5. Alat pemadat seperti *Vibro roller & Sheepfoot roller*.

3.6 Fungsi dan Cara Kerja Alat Berat

3.6.1 *Excavator*



Gambar 3. 2 Alat Berat *Excavator*

(Sumber: dokumentasi pribadi)

Pekerjaan berat biasanya tidak dapat diselesaikan oleh tenaga manusia, maka dari itu dapat dibantu dengan bantuan *Excavator*. Alat ini memiliki sebuah roda yang lengkap dengan lengan (*arm*) dan alat pengeruk (*bucket*). Kelebihan dari alat ini dapat mempermudah dalam mengatur muatan material sehingga muatan material di dalam *dump truck* lebih seimbang.

Penggalian tanah diawali dengan *bucket excavator* dijulurkan kedepan ketempat kalian, apabila posisi *bucket* sudah sesuai dengan keinginan lalu *bucket* diayukan kebawah, kemudian lengan *bucket* diputar kearah alatnya. Setelah *bucket* terisi penuh lalu diangkat dari tempat penggalian dan dilakukan proses *swing*. Pembuangan material hasil galian dapat dilakukan dan dipindahkan menuju ke tempat pembuangan.

3.6.2 *Bulldozer*



Gambar 3.3 Alat Berat *Bulldozer*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Alat berat *bulldozer* merupakan alat berat yang memiliki pisai pendorong dan berfungsi seperti meratakan, mendorong beban, menarik beban, menimbun serta menggali tanah. Menurut Rochmanhadi (1992) *Bulldozer* sering digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi terutama pada pemedahan tanah, pembersihan area, penimbunan serta penghamparan tanah.

3.6.3 *Dump Truck*



Gambar 3.4 Alat Berat *Dump Truk*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Dump truck merupakan kendaraan jarak jauh dimana mobilitasi melalui jalur yang ditempuh adalah jalur datar, tanjakan maupun turunan. Pengemudi *dump truck* dibutuhkan keterampilan mengemudi yang baik dalam menyetir *dump truck*. Apabila medan jalan sudah tidak memungkinkan untuk ditempuh dengan gigi tinggi maka dapat dipindahkan ke gigi rendah. Hal tersebut dilakukan guna mencegah *dump truck* bergerak mundur karena tidak dapat menanjak ketika sudah terlambat pindah ke gigi rendah. Pada medan jalan menurun juga harus memperhatikan penggunaan gigi rendah karena kebiasaan mengendarai gigi tinggi juga dapat menyebabkan dampak buruk.

3.6.4 *Vibro Roller*



Gambar 3.5 Alat Berat *Vibro Roller*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Vibro Roller merupakan alat berat yang berfungsi memadatkan material ke tingkat kepadatan yang diinginkan. Roda pada alat berat ini terbuat dari besi secara keseluruhannya atau ditambah dengan pemberat seperti air atau pasir. Alat berat ini mampu memadatkan material seperti pasir, kerikil, dan batuan pecah karena alat ini mampu memberikan tekanan dan getaran terhadap material yang dibawahnya. Oleh karena itu alat berat ini memiliki kemampuan pemadatan yang sangat baik.

3.6.5 *Sheepfoot Roller*



Gambar 3.6 Alat Berat *Sheepfoot Roller*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Sheepfoot roller merupakan jenis alat berat yang memiliki peran penting dalam pemadatan tanah lempung ataupun campuran antara lempung dan juga pasir. Alat berat ini mempunyai prinsip yaitu sebuah silinder dengan kaki-kaki yang terpasang diluar dan memiliki fungsi yang cocok pada tanah yang berpasir dengan kandungan lempung rendah, tanah plastis, dan kohesif.

3.7 Taksiran Faktor Koreksi Produksi

3.7.1 Faktor Efisiensi Waktu

Efisiensi waktu merupakan salah satu faktor yang harus diperhitungkan dalam penentuan taksiran produksi alat yang digunakan (Tenriajeng, 2003). Adapun faktor efisiensi waktu dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Faktor Efisiensi Waktu

Kondisi Kerja	Efisiensi
Menyenangkan	0,90
Normal	0,83
Buruk/Jelek	0,75

(Sumber: Tenriajeng, 2003)

3.7.2 Faktor Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja juga harus diperhitungkan untuk menentukan taksiran produksi alat dengan memperhatikan keadaan medan dan keadaan alat. Adapun faktor efisiensi kerja dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Faktor Efisiensi Kerja

Keadaan Medan	Keadaan Alat			
	Memuaskan	Bagus	Biasa	Buruk
Memuaskan	0,84	0,81	0,76	0,70
Bagus	0,78	0,75	0,71	0,65
Biasa	0,72	0,69	0,65	0,60
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52

Sumber: (Tenriajeng, 2003)

3.7.3 Faktor Efisiensi Operator

Faktor efisiensi operator juga harus diperhitungkan dalam menentukan taksiran produktivitas alat berat. Adapun tabel faktor efisiensi operator dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Faktor Efisiensi Operator

Kondisi Kerja	Efisiensi
Baik	0,90 – 1,00
Normal	0,83
Jelek	0,50 – 0,60

Sumber: (Tenriajeng, 2003)

3.7.4 Faktor Ketersediaan Alat

Faktor ketersediaan alat adalah ketersediaan mesin agar selalu dapat dioperasikan. Hal ini tidak hanya tergantung kepada kualitas maupun kemampuan mesin, tetapi juga tergantung pada dukungan *spare parts* dan *service* dari *dealer* atau pabrik pembuat alat. Demikian juga dengan kualitas kemampuan pemeliharaan, fasilitas *workshop* dan *parts stock* yang dimiliki *user* sangat mempengaruhi ketersediaan mesin (Tenriajeng, 2003).

3.7.5 Faktor Efisiensi Alat

Produksi alat berat di lokasi pekerjaan sering kurang dari kondisi ideal. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi hal tersebut seperti topografi, kemampuan operator, metode pengoperasian yang digunakan, dan perawatan. Faktor tersebut dapat diketahui pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Faktor Efisiensi Alat

Kondisi Operasi	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54

Lanjutan Tabel 3.5 Faktor Efisiensi Alat

Kondisi Operasi	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,53	0,50	0,47	0,42	0,32

(Sumber: Tenriajeng, 2003)

3.8 Waktu Siklus

Menurut Rostiyanti (2008) siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Pekerjaan utama didalam kegiatan tersebut adalah menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan dan kembali ke kegiatan awal. Waktu siklus terdiri dari beberapa unsur, yaitu waktu muat atau *loading time* (LT), waktu angkut atau *hauling time* (HT), waktu kembali atau *return time* (RT), waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT), dan waktu tunggu atau *spotting time* (ST).

Unsur pertama adalah waktu muat atau *loading time* (LT). Waktu muat merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk memuat material ke dalam alat angkut sesuai dengan kapasitas alat angkut tersebut. Nilai LT dapat ditentukan tergantung dari jenis tanah, ukuran unit pengangkut (*blade, bowl, bucket, dst*) (Rostiyanti, 2008).

Unsur kedua adalah waktu angkut atau *hauling time* (HT). waktu angkut merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu alat, untuk bergerak dari tempat pemuatan ke tempat pembongkaran. Waktu angkut tergantung dari jarak angkut, kondisi jalan, tenaga alat, dan lain-lain (Rostiyanti, 2008).

Unsur ketiga adalah waktu kembali atau *return time* (RT). Waktu kembali lebih singkat daripada waktu berangkat karena kendaraan dalam keadaan kosong (Rostiyanti, 2008).

Unsur keempat adalah waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT). Waktu ini tergantung dari jenis tanah, jenis alat dan metode yang dipakai. Waktu pembongkaran merupakan bagian terkecil dari waktu siklus (Rostiyanti, 2008).

Unsur kelima waktu tunggu atau *spotting time* (ST). Pada saat alat kembali ke tempat pemuatan adakalanya alat tersebut perlu antre dan menunggu sampai alat diisi kembali. Saat mengantre dan menunggu ini yang disebut waktu tunggu (Rostiyanti, 2008).

Berdasarkan dari unsur-unsur diatas, didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$CT = LT + HT + DT + RT + ST \quad (3.1)$$

Keterangan:

- CT = *Cycle time* atau Waktu siklus
- LT = *Loading time* atau waktu muat
- HT = *Hauling time* atau waktu angkut
- DT = *Dumping time* atau waktu bongkar
- RT = *Return time* atau waktu kembali
- ST = *Spotting time* atau waktu tunggu

3.9. Taksiran Produktivitas Alat berat

3.9.1 Taksiran Produktivitas Alat Berat *Excavator*

Taksiran produktivitas *excavator* merupakan cara menghitung kapasitas produksi alat berat yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan penggunaan alat berat. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas alat berat *excavator* sebagai berikut (Nugraha, 2020).

1. Keadaan pekerjaan, keadaan dan jenis tanah merupakan salah satu faktor dari keadaan pekerjaan yang berpengaruh. Jarak pembangunan dan kemampuan operator mengendalikan alat berat serta banyak faktor yang berpengaruh lainnya.
2. Keadaan mesin, alat berat yang akan dipakai harus dicek secara berkala sebelum digunakan.
3. Kapasitas pengangkatan, hal ini akan berpengaruh pada kedalaman galian dan sudut putaran.

Produksi *excavator* dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini.

$$TP = \frac{KB \times BF \times 3600 \times fk}{CT} \quad (3.2)$$

Keterangan:

- TP = Produksi per jam (m^3/jam)
 KB = Kapasitas bucket (m^3)
 BF = *Bucket Factor*
 FK = Faktor Koreksi
 CT = *Cycle time* atau Waktu siklus (detik).

Penguasaan alat berat oleh operator, *machine availability*, efisiensi kerja, akan mempengaruhi besarnya nilai faktor koreksi (FK). Nilai efisiensi kerja dapat dipengaruhi oleh kondisi operasional peralatan yang dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Efisiensi Kerja Berdasarkan Operasional Alat

Kondisi Operasi	Efisiensi Kerja
Baik	0,83
Normal – Sedang	0,75
Kurang Baik	0,67
Buruk	0,58

Sumber: (Tenriajeng, 2003)

Adapun nilai *bucket factor* (BF) dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Faktor *Bucket Excavator*

Kondisi Pemuatan		Faktor
Mudah	Tanah <i>Clay</i> , agak lunak	1,2 – 1,1
Sedang	Tanah asli kering, berpasir	1,1 – 1,0
Agak Sulit	Tanah asli berpasir dan kerikil	1,0 – 0,8
Sulit	Tanah keras dan bekas ledakan	0,8 – 0,7

Sumber: (Tenriajeng, 2003)

Untuk konversi faktor kedalaman dan juga kondisi penggalian dengan *excavator* dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Konversi Faktor Kedalaman dan Kondisi Penggalian

Kedalaman galian	Kondisi Penggalian			
	Mudah	Normal	Agak sulit	Sulit sekali
<40%	0,7	0,9	1,1	1,4
40 – 75%	0,8	1,0	1,3	1,6
>75%	0,9	1,1	1,5	1,8

Untuk nilai *cycle time* alat berat *excavator* dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.9 Cycle Time Excavator

Type Backhoe	Single Angle (detik)	
	45° - 90°	90° - 180°
PC 60	10 – 13	13 – 16
PW 60	10 – 13	13 – 16
PC 80	11 – 14	14 – 17
PC 100	11 – 14	14 – 17
PW 100	11 – 14	14 – 17
PC 120	11 – 14	14 – 17
PC 150	13 – 16	16 – 19
PC 180	13 – 16	16 – 19
PC 200	13 – 16	16 – 19
PC 210	14 – 17	17 – 20
PW 210	14 – 17	17 – 20
PC 220	14 – 17	17 – 20
PC 240	15 – 18	18 – 21
PC 280	15 – 18	18 – 21
PC 300	15 – 18	18 – 21
PC 360	16 – 19	19 – 22
PC 400	16 – 19	19 – 22
PC 650	18 – 21	21 – 24
PC 1000	22 – 25	25 – 28
PC 1600	24 – 27	27 – 30

Sumber: (Tenriajeng, 2003)

3.9.2 Taksiran Produktivitas Alat Berat *Bulldozer*

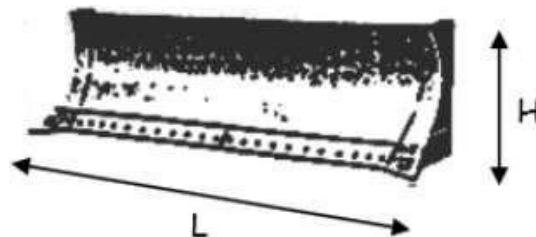
Produktivitas alat berat *bulldozer* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$TP = \frac{KB \times 60 \times FK}{\frac{1}{F} + \frac{1}{R} + Z} \quad (3.3)$$

Keterangan:

- TP = Produksi per jam (m^3/jam)
 KB = Kapasitas *blade* (m^3)
 FK = Faktor koreksi
 J = Jarak dorong (m)
 F = Kecepatan maju (m/menit)
 R = Kecepatan mundur (m/menit)
 Z = Waktu tetap (menit)

Kapasitas *blade* juga mempengaruhi dalam perhitungan produktivitas alat berat *Bulldozer*. Pada umumnya kapasitas *blade* dicantumkan oleh pabrik pembuat alat dalam *hand book* atau dapat dihitung secara empiris sebagai berikut.



Gambar 3.7 Kapasitas Blade
 (Sumber: ruangmesin.com)

$$KB = L \times H^2 \quad (3.4)$$

Keterangan

L = Lebar sudu (*blade*), (m, yd)

H = Tinggi sudu (*blade*), (m, yd)

Waktu tetap yang digunakan untuk ganti persneling pada Tabel 3.10 sebagai berikut.

Tabel 3.10 Waktu Tetap (Z)

Jenis	Waktu untuk ganti persneling (Z)
Mesin gerak langsung dengan tongkat tunggal	0,10 menit
Mesin gerak langsung dengan tongkat ganda	0,20 menit
<i>Torqueflow</i>	0,05 menit

Sumber: (Tenriajeng, 2003)

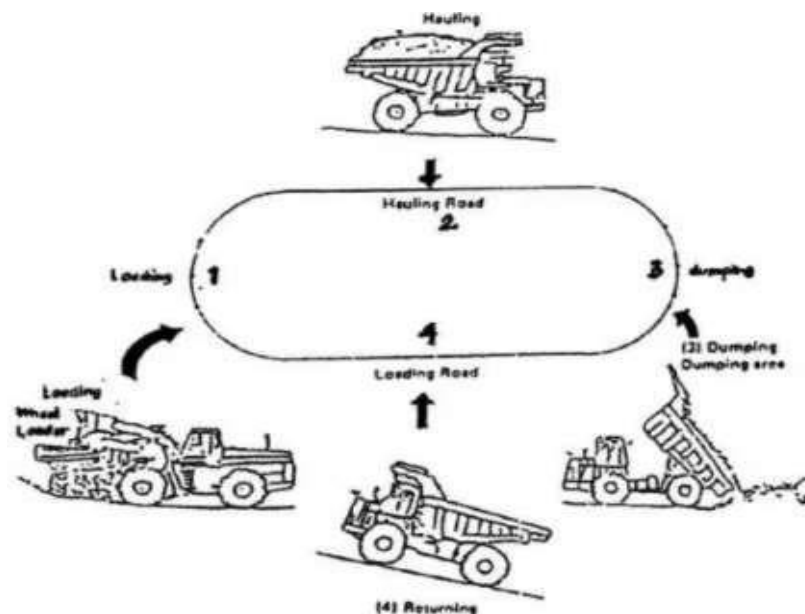
Untuk kecepatan maju dan mundur dapat dilihat pada Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3.11 Kecepatan *Bulldozer*

<i>Travel Speed</i>	<i>Forward</i>	<i>Reverse</i>
1	0 – 3,4 km/jam	0 – 4,4 km/jam
2	0 – 5,8 km/jam	0 – 7,5 km/jam
3	0 – 0,9 km/jam	0 – 11 km/jam

Sumber: (Tenriajeng, 2003)

3.9.3 Taksiran Produktivitas Alat Berat *Dump Truck*

**Gambar 3. 8 Dasar Operasi *Dump Truck***

(Sumber: Buku Pemindahan Tanah Mekanis)

Taksiran produksi *dump truck* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$TP = \frac{C \times 60 \times FK}{CT} \quad (3.5)$$

Keterangan:

Q = Produksi per jam (m^3 /jam)

C = Kapasitas *dump truck* (m^3)

FK = Faktor koreksi

CT = *Cycle time* atau Waktu siklus (menit)

Untuk mendapatkan nilai dari kapasitas *dump truck* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$C = n \times KB \times BF \quad (3.6)$$

C = Kapasitas *dump truck* (m^3)

n = Jumlah siklus pada *excavator* untuk mengisi bak *dump truck*

KB = Kapasitas *bucket*

BF = *Bucket factor*

Sedangkan untuk mendapatkan nilai waktu siklus dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$CT = LT + HT + RT + t_1 + t_2 \quad (3.7)$$

$$CT = (n \times Cms) + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2 \quad (3.8)$$

Keterangan:

CT = *Cycle time* atau Waktu siklus

LT = *Loading time* atau Waktu *loading*

HT = *Hauling time* atau Waktu *hauling*

RT = *Return time* atau waktu kembali

n = Jumlah siklus pada *excavator* untuk mengisi bak *dump truck*

Cms = Waktu muat (menit)

D = Jarak angkut *dump truck* (m)

V_1 = Kecepatan angkut (m/menit)

V_2 = Kecepatan kembali (m/menit)

t_1 = Waktu buang/*dumping* (menit)

t_2 = waktu akan mengisi atau memuat (menit)

Tabel 3.12 Waktu *Dumping* dan Persiapan Loading Berdasarkan Kondisi Operasi

Kondisi Operasi Kerja	Baik	Sedang	Buruk
Waktu Buang/ <i>dumping</i> (menit)	0,5 – 0,7	1,0 – 1,3	1,5 – 2,0
Waktu siap <i>loading</i> (menit)	0,1 – 0,2	0,25 – 0,35	0,4 – 0,5

Sumber:(Tenriajeng, 2003)

Adapun kecepatan *dump truck* dapat dilihat pada Tabel 3.13 sebagai berikut.

Tabel 3.13 Kecepatan *Dump Truck*

Kondisi	Datar		Menanjak		Menurun	
	Dengan Beban	Tanpa Beban	Dengan Beban	Tanpa Beban	Dengan Beban	Tanpa Beban
Kecepatan	30 km/jam	50 km/jam	20 km/jam	40 km/jam	20 km/jam	20 km/jam

(Sumber: Tenriajeng, 2003)

3.9.4 Taksiran Produktivitas Alat Berat *Vibro Roller*

Produksi per jam alat berat *vibro roller* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$TP = \frac{We \times v \times H \times 1000 \times E}{N} \quad (3.9)$$

Keterangan:

TP = Produksi per jam (m³/jam)

We = Lebar efektif ban (m)

v = Kecepatan rata-rata (km/jam)

H = Tinggi lapisan (m)

E = Efisiensi kerja alat

N = Jumlah lintasan

3.9.5 Taksiran Produktivitas Alat Berat *Sheepfoot Roller*

Produksi per jam alat berat *SheepFoot Roller* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$TP = \frac{We \times v \times H \times 1000 \times E}{N} \quad (3.10)$$

Keterangan:

- TP = Produksi per jam (m³/jam)
 We = Lebar efektif ban (m)
 v = Kecepatan rata-rata (km/jam)
 H = Tinggi lapisan (m)
 E = Efisiensi kerja alat
 N = Jumlah lintasan

Untuk mengetahui kecepatan operasi, lebar pemadatan, efektif pemadatan, dan jumlah lintasan untuk pemadatan *SheepFoot Roller* dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut.

Tabel 3.14 Kecepatan *SheepFoot Roller*

Jenis Roda	Kecepatan (km/jam)
Mesin gilas roda besi	Sekitar 2,0 km/jam
Mesin gilas roda ban	Sekitar 2,5 km/jam
Mesin gilas – getar	Sekitar 1,5 km/jam
Kompaktor tanah	4 – 10 km/jam

(Sumber: Tenriajeng, 2003)

Tabel 3.15 Lebar Efektif Pemadatan

Tipe Peralatan	Lebar Efektif
Tipe gilas makadem	Lebar roda gerak : 0,2 m
Mesin gilas tandem	Lebar roda gerak : 0,2 m
Kompaktor tanah	Lebar roda gerak x 2 : 0,2 m
Mesin gilas roda ban	Jarak antar bagian paling luar dari ban-ban paling luar

Lanjutan Tabel 3.15 Lebar Efektif Pemasangan

Tipe Peralatan	Lebar Efektif
Mesin gilas roda ban	Lebar <i>roller</i> : 0,2 m
Mesin gilas getar kecil	Lebar <i>roller</i> : 0,1 m

(Sumber: Tenriajeng, 2003)

Tabel 3. 16 Jumlah Lintasan untuk Pemasangan

Jenis Roda	Jumlah Lintasan
Mesin gilas ban	3 – 5
Mesin gilas roda besi	4 – 8
Mesin gilas getar	4 – 8
Kompaktor tanah	4 – 10

(Sumber: Tenriajeng, 2003)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Menurut Sugiyono (2012), Metode Penelitian adalah cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dapat dideskripsikan, dibuktikan, dikembangkan, dan ditemukan pengetahuan, teori, untuk memahami, memecahkan, dan mengantisipasi masalah dalam kehidupan manusia. Metode pengamatan yang dilakukan dengan cara *Time Study*, yaitu pengamatan langsung di lapangan untuk memperoleh waktu siklus. Pada bab 3 telah dijelaskan mengenai landasan teori terkait dengan penelitian, jenis-jenis alat berat yang digunakan pada proyek, taksiran faktor koreksi produksi, dan waktu siklus. Dalam bab ini, akan membahas tentang metode penelitian. Langkah awal yang diambil dengan melakukan tinjauan pustaka untuk mengetahui informasi dan data-data yang berkaitan dengan pokok penelitian. Data tersebut dapat diperoleh dari hasil wawancara, observasi, media internet, bahan kuliah maupun sumber lainnya.

4.2 Subjek dan Objek Penelitian

Subjek dan objek penelitian harus ditentukan terlebih dahulu sebelum melakukan pengumpulan data. Penelitian akan lebih mudah jika subjek dan objek penelitian sudah ditentukan, sehingga dapat menentukan teknik pengambilan data yang digunakan. Ada beberapa teknik pengambilan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu, wawancara, observasi, dan dokumentasi ke lokasi proyek. Sedangkan untuk subjek dan objek penelitian adalah sebagai berikut.

4.2.1 Subjek Penelitian

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, subjek adalah orang, tempat, atau benda yang diamati dalam rangka pembuntutan sebagai saran. Definisi lain subjek menurut Amirin (1995) subjek adalah bagian sumber riset yang ditentukan guna

memperoleh keterangan. Dari dua pengertian tersebut maka dapat diartikan bahwa subjek penelitian berupa orang, tempat, maupun benda yang digunakan sebagai data informasi penelitian. Pada penelitian produktivitas alat berat pada proyek pembangunan jalan tol Solo – Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport*, subjek penelitiannya adalah alat berat pada pekerjaan timbunan yaitu, *Vibro roller*, *Sheepfoot roller*, *Bulldozer*, dan *Dump truck*.

4.2.2 Objek Penelitian

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, objek adalah perkara, hal, atau orang yang menjadi pokok pembicaraan. Definisi lain objek menurut Sugiyono (2018), objek adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Menurut sumbernya, objek penelitian ini terdiri dari tiga komponen yaitu aktivitas, tempat, dan pelaku. Pada penelitian produktivitas alat berat pada pekerjaan timbunan di Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport*, objek penelitiannya adalah Pekerjaan Timbunan di STA 5+000 s/d 6+000.

4.3 Metode Penelitian

Menurut (Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)) , metode adalah cara teratur yang digunakan untuk melaksanakan suatu pekerjaan agar tercapai sesuai dengan yang dikehendaki. Sedangkan pengertian Penelitian menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), penelitian adalah kegiatan pengumpulan, pengolahan, analisis serta penyajian data secara sistematis dan obyektif, untuk memecahkan masalah atau menguji hipotesis. Definisi lain penelitian menurut Sandu Siyoto, penelitian adalah suatu penyelidikan teror atau penyelidikan yang hati-hati dan kritis dalam mencari fakta menentukan sesuatu. Berdasarkan pengertian diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa metode penelitian adalah cara mencari kebenaran dan asas-asas gejala alam, masyarakat, atau kemanusiaan berdasarkan disiplin ilmu yang bersangkutan. Pada penelitian ini, metode penelitian disusun mulai dari menentukan topik penelitian, memilih lokasi penelitian, melakukan pengumpulan

data baik data primer maupun data sekunder, melakukan analisis data, melakukan pembahasan, kemudian memberikan hasil dan kesimpulan.

4.4 Item Pekerjaan Proyek

Adapun rangkaian pekerjaan yang ada di Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo - Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport* adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.1 Item Pekerjaan Proyek Pembangunan Jalan Tol
Solo - Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport***

No	Jenis Pekerjaan
A	Pekerjaan Persiapan dan Timbunan
1.	Pekerjaan Persiapan
2.	Pekerjaan Pematatan Timbunan
B	Pekerjaan Perkuatan dan Pembentukan Lereng
C	Pekerjaan Perkuatan dan Pembentukan Lereng

Pekerjaan yang diamati pada penelitian ini, hanya pada pekerjaan timbunan untuk tanah. Pengamatan bertujuan untuk mengetahui produktivitas dari *Excavator, Bulldozer, Vibro roller, Sheepfoot roller, dan dump truck* ketika mengerjakan pekerjaan tersebut.

4.5 Data dan Metode Pengumpulan Data

Sebelum melakukan pengolahan data, maka perlu diketahui data penelitian yang dibutuhkan, baik primer maupun sekunder. Setelah itu menentukan metode pengumpulan data tersebut. Penjelasan mengenai data dan metode pengumpulan data adalah sebagai berikut.

5.4.1 Data Penelitian

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), data adalah keterangan yang benar dan nyata, keterangan atau bahan nyata yang dapat dijadikan dasar kajian (analisis atau kesimpulan), atau informasi dalam bentuk yang dapat diproses oleh *computer*, seperti representasi digital dari teks, angka, gambar grafis, atau suara. Menurut Sitoyo (2015), data adalah sesuatu yang belum

mempunyai arti bagi penerimanya dan masih memerlukan adanya suatu pengolahan. Berdasarkan pengertian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa data merupakan rangkuman fakta dan angka yang digunakan sebagai sumber informasi. Data meliputi data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Menurut Siyoto (2015) , data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh peneliti secara langsung dari sumber datanya. Data primer disebut juga sebagai data asli atau data baru yang memiliki sifat *up to date*. Metode yang digunakan pada data primer dapat melalui wawancara, *survey*, observasi untuk memperoleh data lapangan. Dalam mendapatkan data primer membutuhkan waktu yang cukup lama.

2. Data Sekunder

Menurut Siyoto (2015) , data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan peneliti dari berbagai sumber yang telah ada (peneliti sebagai tangan kedua). Data gemini biasanya berbentuk diagram, grafik, atau tabel. Data primer dapat diperoleh melalui internet, buku, laporan, jurnal, dan lain-lain. Pada penelitian ini, data sekunder berupa:

- a. Denah lokasi,
- b. Spesifikasi alat berat,
- c. Data-data pekerjaan.

5.4.2 Metode Pengumpulan Data

Menurut Waluyo (2007) , metode pengumpulan data dapat ditentukan setelah menentukan latar belakang, tujuan, dan manfaat penelitian. Menurut Siyoto (2015), metode pengumpulan data adalah suatu metode yang digunakan untuk mendapatkan data melalui pengumpulan dari orang dan digunakan sebagai sampel. Tujuan adanya metode pengumpulan data adalah untuk mendapatkan informasi yang valid dan akurat untuk menjelaskan suatu hal pada kondisi tertentu.

Metode pengumpulan data penelitian ini adalah melalui metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. Menurut Sugiyono (2012), metode kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk

meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrument penelitian. Menurut Sugiyono (2012), metode yang digunakan untuk mendapatkan data primer adalah melalui wawancara dan observasi. Sedangkan, cara untuk memperoleh data sekunder melalui dokumentasi.

1. Wawancara

Menurut Sugiyono (2012) wawancara adalah teknik pengumpulan data apabila peneliti akan melaksanakan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti dan juga peneliti ingin mengetahui hal-hal dari responden yang mendalam dan jumlah respondennya sedikit. Wawancara dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh informasi permasalahan terkait faktor-faktor penyebab produktivitas di lapangan. Wawancara dilakukan dengan mengajukan beberapa pertanyaan terhadap beberapa pihak terkait.

2. Observasi

Menurut Siyoto (2015), observasi adalah pengumpulan data dengan melengkapi format atau blangko sebagai instrument. Format yang disusun berisi item tentang kejadian yang akan terjadi. Observasi bertujuan melakukan pengamatan langsung di lapangan menggunakan metode *Time Study*. Pengamatan tersebut dilakukan untuk mendapatkan waktu siklus dan informasi alat berat yang akan digunakan, data peta lokasi proyek, dan *schedule* pekerjaan.

3. Dokumentasi

Menurut Sitoyo (2015), dokumentasi adalah teknik pengumpulan data melalui pencarian data mengenai hal-hal atau variabel yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, lengger, agenda, dan sebagainya.

Adapun formulir untuk pertanyaan terkait faktor penyebab yang diajukan pada narasumber dapat dilihat pada Tabel 4.2 Berikut.

Tabel 4.2 Formulir Pertanyaan Faktor Penyebab Produktivitas Alat Berat

No	Kontraktor / Sub Kontraktor	Operator Alat Berat
1	Kapan awal mula pekerjaan timbunan dilakukan?	Apa jenis alat berat yang digunakan operator di lapangan?
2	Apa saja alat berat yang digunakan pada saat melakukan pekerjaan timbunan?	Berapa jarak yang ditempuh <i>dump truck</i> untuk mengangkut material ke lokasi pekerjaan?
3	Berapa jarak pengangkutan material menuju lokasi pekerjaan?	Berapa jumlah alat berat yang digunakan?
4	Apa faktor yang menjadi kendala dalam melakukan pekerjaan timbunan?	Bagaimana kondisi medan pekerjaan yang akan dilalui?
5	Bagaimana cara mengatasi kendala yang ada di lapangan?	Apa saja kendala pada saat mengoperasikan alat berat?

4.6 Metode Pengolahan Data

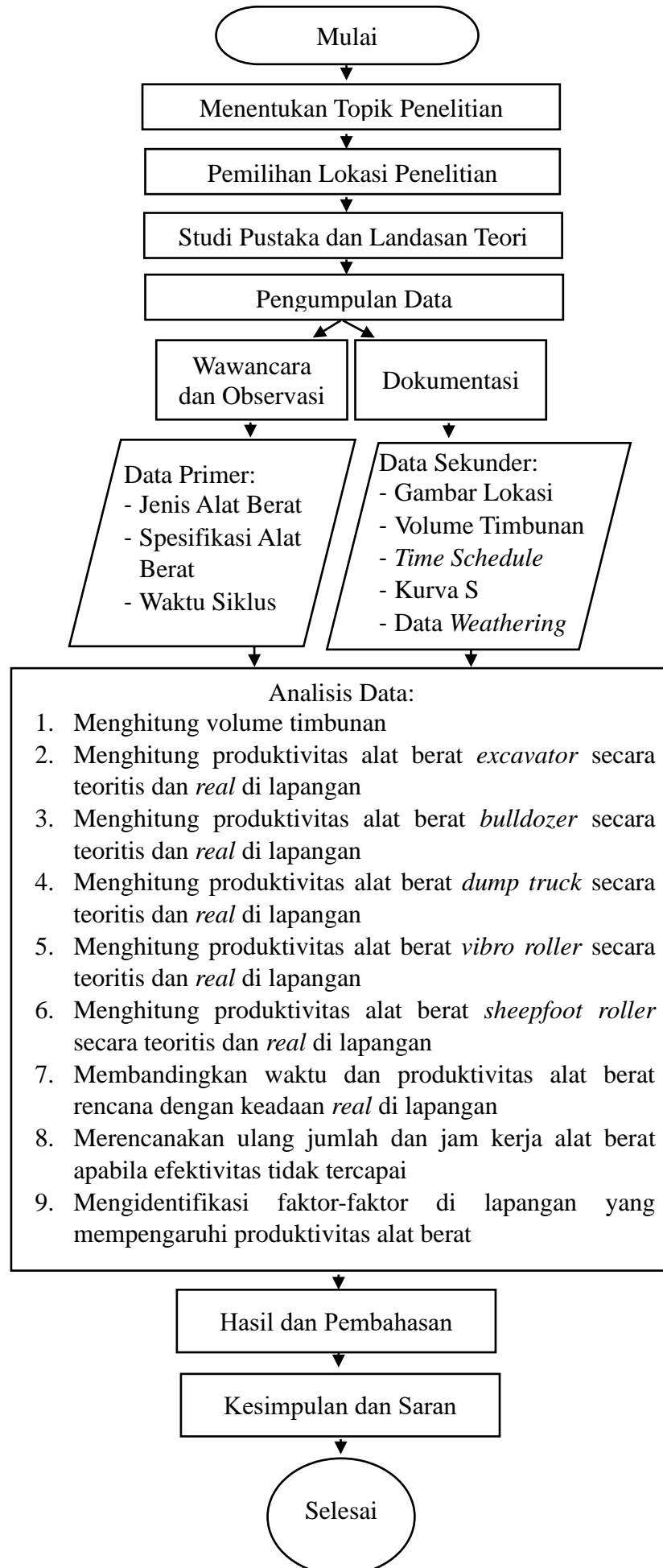
Menurut Sugiyono (2012), metode pengolahan data merupakan suatu proses pengolahan data yang dilakukan peneliti untuk mencari dan Menyusun secara sistematis data yang diperoleh melalui hasil wawancara, dokumentasi, dan catatan lapangan sehingga mudah dipahami oleh diri sendiri dan orang lain. Tujuan dari dilakukan pengolahan data agar tercapainya hasil yang lebih akurat. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan perhitungan produktivitas alat berat yang bertujuan mengetahui kombinasi alat berat untuk pekerjaan timbunan dan penataan yang dapat digunakan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo - Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport*.

Tahapan – tahapan yang dilakukan sebelum melakukan pengolahan data adalah sebagai berikut.

1. Melakukan studi pustaka.
2. Mencari teori-teori penting yang berkaitan dengan manajemen konstruksi.
3. Mengumpulkan data primer dan data sekunder.
4. Melakukan analisis data.
5. Hasil dan Pembahasan.
6. Kesimpulan dan Saran.

4.7 Bagan Alir Tugas Akhir

Berikut ini merupakan flowchart untuk pembuatan Tugas Akhir sebagai acuan peneliti.



BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Studi kasus pada penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – Yogyakarta *International Airport* Kulon Progo. Adapun data proyek yang diperoleh sebagai berikut. Penelitian ini dilakukan pada STA 5+500 – 5+900 karena pada lokasi tersebut mempunyai masalah pada medan jalan yang kurang baik.

Alat berat yang digunakan pada pada pekerjaan timbunan ini dapat dilihat pada Table 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Jenis Alat Berat

Nama Alat Berat	Tipe	Jumlah Unit Alat Berat
<i>Excavator</i>	Komatsu PC 200	4
<i>Bulldozer</i>	Komatsu D65E-12	2
<i>Dump Truck</i>	Mitsubishi 120 Ps	25
<i>Vibro Roller</i>	Sakai SV 512 TF	1
<i>Sheepfoot Roller</i>	Sakai SV 400 T	1

(Sumber: Pengamatan Pribadi)



Gambar 5. 1 Pekerjaan Timbunan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Luas rata-rata	= 217,32
Volume	= Luas rata-rata x Panjang Interval
Volume	= 217,32 x 25
Volume	= 5433 m ³

Tabel 5.2 Rekapitulasi Volume Timbunan

STA	Panjang (m)	Timbunan		
		Luas (m ²)	Luas rata-rata	Volume (m ³)
5+500		200,57		
	25		217,32	5433,03
5+525		234,07		
	25		239,40	5984,95
5+550		244,72		
	25		262,95	6573,65
5+575		281,17		
	25		273,23	4733,89
5+650		221,48		
	25		233,21	5830,20
5+675		244,93		
	25		238,96	5974,00
5+700		232,99		
	25		215,64	5391,04
5+725		198,30		
	25		220,16	5504,06
5+750		242,03		
	25		246,80	6169,90
5+775		251,56		
	25		247,47	6186,78

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Volume Timbunan

STA	Panjang (m)	Timbunan		
		Luas (m ²)	Luas rata-rata	Volume (m ³)
5+800		243,38		
	25		243,05	6076,30
5+825		242,72		
	25		258,78	6469,61
5+850		274,85		
	25		279,61	6990,23
5+875		284,37		
	25		280,08	7001,99
5+900		275,79		
	25		251,41	6285,25
Volume Total		Volume Total		97070,44

(Sumber: PT Jogjasolo Marga Makmur)

Pada Tabel 5.2 dipaparkan bahwa volume tanah total untuk pekerjaan timbunan adalah 97070,44 m³ dalam keadaan padat. Proses konversi kondisi tanah gembur dari jenis material tanah padas dapat dihitung dengan proses konversi seperti berikut.

Faktor konversi jenis tanah cadas dari kondisi tanah padat ke gembur 1,1

Sehingga, volume tanah timbunan pada kondisi gembur adalah sebagai berikut.

$$\text{Volume tanah timbunan} = \text{volume tanah total} \times 1,1$$

$$\text{Volume tanah timbunan} = 97070,44 \times 1,1$$

$$\text{Volume tanah timbunan} = 106.777,9 \text{ m}^3$$

5.3 Tahapan Pekerjaan

Material yang digunakan pada pekerjaan timbunan berasal dari *quarry* yang sudah terpilih berdasarkan spesifikasi material yang ditetapkan. Namun material tanah bekas galian juga dapat digunakan apabila memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

Pekerjaan yang harus dilakukan adalah menghampar material tanah dengan menggunakan alat berat *bulldozer*. Hal ini dilakukan agar proses pekerjaan penghamparan dapat dilakukan dengan tepat sesuai dengan fungsi dari alat berat tersebut. Pekerjaan penghamparan dilakukan bertahap yaitu per *layer* yang dimana tiap *layer* memiliki ketebalan 20 cm.

Selanjutnya pekerjaan pemadatan dilakukan pada setiap *layer* dengan menggunakan alat berat *vibro roller* dan *sheepfoot roller*. Masing-masing alat berat dilakukan percobaan dengan tujuan untuk mendapatkan kepadatan tanah yang sesuai spesifikasi. Pada lapisan kurang lebih 30 cm dibawah elevasi tanah dasar harus mencapai kepadatan tanah 100%.

5.4 Taksiran Produktivitas Alat Berat

5.4.1 Perhitungan Taksiran Produktivitas *Excavator*

Adapun perhitungan taksiran produktivitas alat berat *excavator* sebagai berikut.

Type alat	= Komatsu PC 200
Kapasitas bucket	= 0,93 m ³
<i>Machine Availability</i>	= 0,9
Efisiensi waktu	= 0,83 (normal, Tabel 3.2)
Efisiensi kerja alat	= 0,75 (bagus, Tabel 3.3)
Efisiensi operator	= 0,83 (normal, Tabel 3.5)
Faktor koreksi (FK)	= 0,9 x 0,83 x 0,75 x 0,83
Faktor koreksi (FK)	= 0,47
<i>Bucket faktor</i> (FK)	= 0,8 (Tabel 3.7)
<i>Cycle time</i> (CT)	= 14 (Tabel 3.9)
TP <i>Excavator</i>	= $\frac{0,93 \times 0,8 \times 3600 \times 0,47}{14}$
TP <i>Excavator</i>	= 89,92 m ³ /jam

5.4.2 Perhitungan Taksiran Produktivitas *Bulldozer*

Adapun perhitungan taksiran produktivitas alat berat *bulldozer* adalah sebagai berikut.

Type alat	= Komatsu D65E-12
-----------	-------------------

Kapasitas <i>Blade</i>	= 3,5 m ³
<i>Machine Availability</i>	= 0,9
Jarak dorong	= 50 m
Kecepatan maju (F)	= 3,4 km/jam (Tabel 3.11)
Kecepatan maju (F)	= 56,7 m/menit
Kecepatan mundur (R)	= 4,4 km/jam (Tabel 3.11)
Kecepatan mundur (R)	= 73,3 m/menit
Waktu ganti (Z)	= 0,1
Efisiensi waktu	= 0,83 (normal, Tabel 3.2)
Efisiensi kerja alat	= 0,75 (bagus, Tabel 3.3)
Efisiensi operator	= 0,83 (normal, Tabel 3.5)
Faktor koreksi (FK)	= 0,9 x 0,83 x 0,75 x 0,83
Faktor koreksi (FK)	= 0,47
Bucket faktor (FK)	= 0,8
TP <i>Bulldozer</i>	= $\frac{3,55 \times 60 \times 0,47}{\frac{50}{56,67} + \frac{50}{73,33} + 0,1}$
TP <i>Bulldozer</i>	= 60,3 m ³ /jam

5.4.3 Perhitungan Taksiran Poduktivitas *Dump Truck*

Adapun perhitungan taksiran produktivitas *dump truck* adalah sebagai berikut.

Type alat	= Mitsubishi 120 Ps
Kapasitas <i>dump truck</i>	= 9 m ³
Kecepatan angkut	= 30 km/jam (Tabel 3.13)
Kecepatan kembali	= 50 km/jam (Tabel 3.13)
Jarak angkut	= 17800 m
<i>Machine availability</i>	= 0,9
Efisiensi waktu	= 0,83 (normal, Tabel 3.2)
Efisiensi kerja alat	= 0,75 (bagus, Tabel 3.3)
Efisiensi operator	= 0,83 (normal, Tabel 3.5)
Faktor koreksi (FK)	= 0,9 x 0,83 x 0,75 x 0,83
Faktor koreksi (FK)	= 0,47

$$\begin{aligned}
\text{Waktu } \textit{dumping} &= 1,1 \text{ menit} \\
\text{Waktu } \textit{loading} &= \frac{\textit{kapasitas vessel}}{\textit{produktivitas excavator}} \times 60 \\
\text{Waktu } \textit{loading} &= \frac{9}{89,92} \times 60 \\
\text{Waktu } \textit{loading} &= 6 \text{ menit} \\
\text{Waktu } \textit{hauling} &= \frac{\textit{jarak}}{\textit{kecepatan hauling}} \times 60 \\
\text{Waktu } \textit{hauling} &= \frac{17,9}{30} \times 60 \\
\text{Waktu } \textit{hauling} &= 35,8 \text{ menit} \\
\text{Waktu } \textit{returning} &= \frac{\textit{jarak}}{\textit{kecepatan returning}} \times 60 \\
\text{Waktu } \textit{returning} &= \frac{1}{50} \times 60 \\
\text{Waktu } \textit{returning} &= 21,5 \text{ menit} \\
\text{Waktu siklus} &= 1,1 + 6 + 35,8 + 21,5 \\
\text{Waktu siklus} &= 64,4 \\
\text{TP } \textit{Dump Truck} &= \frac{C \times 60 \times FK}{CT} \\
\text{TP } \textit{Dump Truck} &= \frac{9 \times 60 \times 0,47}{64,4} \\
\text{TP } \textit{Dump Truck} &= 3,94 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

5.4.4 Perhitungan Taksiran Produktivitas *Vibro Roller*

Adapun perhitungan taksiran produktivitas *vibro roller* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\text{Lebar efektif ban (We)} &= 2 \text{ m} \\
\text{Kecepatan rata-rata (v)} &= 4 \text{ km/jam (Tabel 3.14)} \\
\text{Tinggi lapisan (H)} &= 0,20 \\
\text{Efisiensi kerja alat (E)} &= 0,8 \\
\text{Jumlah lintasan (N)} &= 10 \text{ (Tabel 3.16)} \\
\text{TP } \textit{Vibro roller} &= \frac{2 \times 4 \times 0,20 \times 1000 \times 0,8}{10} \\
\text{TP } \textit{Vibro roller} &= 128 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

5.4.5 Perhitungan Taksiran Produktivitas *Sheepfoot roller*

Adapun perhitungan taksiran produktivitas *sheepfoot roller* adalah sebagai berikut.

Lebar efektif ban (We)	= 2 m ³
Kecepatan rata-rata (v)	= 4 km/jam (Tabel 3.14)
Tinggi lapisan (H)	= 0,20 m
Efisiensi kerja alat (E)	= 0,8
Jumlah lintasan (N)	= 6 (Tabel 3.16)
TP <i>Sheepfoot roller</i>	= $\frac{2 \times 4 \times 0,20 \times 1000 \times 0,8}{6}$
TP <i>Sheepfoot roller</i>	= 213,3 m ³ /jam

5.5 Rencana Waktu Kerja Alat

5.5.1 Rencana Waktu Kerja *Excavator*

Berdasarkan fungsi, alat berat *excavator* dipakai dalam pekerjaan timbunan yang mempunyai volume sebesar 106.777,9 m³.

Produktivitas per <i>excavator</i>	= 89,9 m ³ /jam
Produktivitas per hari	= 89,9 m ³ /jam x 8 jam
Produktivitas per hari	= 719,4 m ³ /hari
Produktivitas 4 <i>excavator</i>	= 719,4 m ³ /hari x 4
Produktivitas 4 <i>excavator</i>	= 2.877,4 m ³ /hari
Lama kerja alat	= $\frac{106.777,9 \text{ m}^3}{2.877,4 \text{ m}^3/\text{hari}}$
Lama kerja alat	= 38 hari

5.5.2 Rencana Waktu Kerja *Bulldozer*

Waktu yang dibutuhkan *bulldozer* untuk menghamparkan 106.777,9 m³.

Produktivitas 1 <i>bulldozer</i>	= 60,4 m ³
Produktivitas per hari	= 60,4 m ³ /jam x 8 jam
Produktivitas per hari	= 482,4 m ³ /hari
Produktivitas 2 <i>bulldozer</i>	= 482,4 m ³ /hari x 2
Produktivitas 2 <i>bulldozer</i>	= 964,8 m ³ /hari
Lama kerja alat	= $\frac{106.777,9 \text{ m}^3}{964,8 \text{ m}^3/\text{hari}}$
Lama kerja alat	= 111 hari

5.5.3 Rencana Waktu Kerja *Dump Truck*

Rencana waktu kerja *dump truck* untuk mengangkut material timbunan dengan volume sebesar 106.777,9 m³.

Produktivitas 1 dt	= 3,94 m ³ /jam
Produktivitas per hari	= 3,94 m ³ /jam x 8 jam
Produktivitas per hari	= 31,53 m ³ /hari
Produktivitas 25 dt	= 31,53 m ³ /hari x 25
Produktivitas 25 dt	= 788,5 m ³ /hari
Lama kerja alat	= $\frac{106.777,9 \text{ m}^3}{788,5 \text{ m}^3/\text{hari}}$
Lama kerja alat	= 135,5
Lama kerja alat	= 136 hari

5.5.4 Rencana Waktu Kerja *Vibro Roller*

Waktu yang dibutuhkan setiap *vibro roller* untuk memadatkan material timbunan sebesar 106.777,9 m³.

Produktivitas 1 <i>vibro roller</i>	= 128 m ³ /jam
Produktivitas per hari	= 128 m ³ /jam x 8 jam
Produktivitas per hari	= 1.024 m ³ /hari
Lama kerja alat	= $\frac{106.777,9 \text{ m}^3}{1.024 \text{ m}^3/\text{hari}}$
Lama kerja alat	= 104,2 hari
Lama kerja alat	= 104 hari

5.5.5 Rencana waktu Kerja *Sheepfoot roller*

Waktu yang dibutuhkan setiap *sheepfoot roller* untuk memadatkan material timbunan sebesar 106.777,9 m³.

Produktivitas 1 <i>sheepfoot roller</i>	= 213,3 m ³ /jam
Produktivitas per hari	= 213,3 m ³ /jam x 8 jam
Produktivitas per hari	= 1.706,3 m ³ /hari
Lama kerja alat	= $\frac{106.777,9 \text{ m}^3}{1.706,3 \text{ m}^3/\text{hari}}$
Lama kerja alat	= 62,8 hari
Lama kerja alat	= 63 hari

5.5.6 Rekapitulasi Rencana Waktu Kerja Alat Berat

Dalam penyelesaian pekerjaan timbunan dengan volume 106.777,9 m³ dibutuhkan waktu selama 136 hari dengan kapasitas produksi perhari sebanyak 788 m³/hari (berdasarkan produktivitas *dump truck* per hari). Adapun rekapitulasi produktivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan timbunan dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Rencana Waktu Kerja Alat Berat *Real* di Lapangan

No	Item	Jumlah Alat	Jam Kerja (jam)	Produktivitas per hari	Durasi Pekerjaan
1	<i>Excavator</i>	4	8	2877,4	38
2	<i>Bulldozer</i>	2	8	964,8	111
3	<i>Dump Truck</i>	25	8	788,5	136
4	<i>Vibro Roller</i>	1	8	1.024	105
5	<i>Sheep Foot</i>	1	8	1.706,3	63

5.6 Produktivitas *Real* Alat Berat di Lapangan

5.6.1 Produktivitas *Excavator* *Real* di Lapangan

Produktivitas *excavator* di lapangan dapat dilakukan perhitungan menggunakan waktu siklus pengangkutan material di lapangan yang dapat dilihat pada Tabel 5.4. Berikut merupakan taksiran produktivitas *real* alat berat *excavator*.

Tabel 5.4 Waktu Siklus *Excavator* di Lapangan

Siklus	Waktu Gali	Waktu Putar (Isi)	Waktu Putar (Kosong)	Waktu Buang
1	8,51	3,81	3,62	3,42
2	9,03	4,22	3,11	3,15
3	10,94	4,82	4,15	3,67
4	11,32	5,56	4,11	3,35

Lanjutan Tabel 5.4 Waktu Siklus *Excavator* di Lapangan

5	9,58	4,52	3,91	4,05
6	8,54	4,32	3,26	3,27
7	8,94	4,87	4,04	4,12
8	7,34	3,97	3,87	3,55
9	6,58	4,55	4,26	3,62
10	11,58	5,09	4,22	4,22
Rata-rata	9,23	4,55	3,84	3,64
Total Waktu siklus rata	21,29			

Kapasitas *Bucket* = 0,93 m³

Bucket Factor = 0,8

Faktor Koreksi

Efisiensi Kerja = 0,75 (Keadaan alat dan medan bagus)

Skill Operator = 1 (Baik)

Efisiensi Waktu = 0,83 (Normal)

Ketersediaan Alat = 0,83 (Mesin Normal)

Total Faktor Koreksi = 0,52

Total Waktu Siklus = 21,29 detik

Produktivitas *Excavator* = $\frac{KB \times BF \times 3600 \times FK}{CT}$

Produktivitas *Excavator* = $\frac{0,93 \times 0,8 \times 3600 \times 0,52}{21,29}$

Produktivitas *Excavator* = 65,44 m³/jam

5.6.2 Produktivitas *Bulldozer Real* di Lapangan

Perhitungan produktivitas alat berat *bulldozer* di lapangan dapat dihitung menggunakan waktu siklus pengangkutan material di lapangan yang dapat dilihat pada Tabel 5.5. Berikut merupakan perhitungan produktivitas alat berat *bulldozer*:

Tabel 5. 5 Waktu Siklus *Bulldozer* di Lapangan

No	Jarak dorong	Kecepatan rata-rata (km/jam)		Maju (menit)	Mundur (menit)
		Maju	Mundur		
1	50	2,2	4,1	1,4	4,1
2	50	2,3	5,7	1,3	5,7
3	50	2,5	4,7	1,2	4,7
4	50	3,1	5,7	1	5,7
5	50	2,4	5	1,3	5
6	50	3	5,4	1,1	5,3
7	50	4,5	6,5	0,7	6,5
8	50	3,5	4,4	0,9	4,4
9	50	3,5	4,7	0,9	4,7
10	50	3,5	5,6	0,9	5,6
Rata-rata		3,05	5,1		

Kapasitas *Blade* (V) = 3,55 m³

Efisiensi Waktu = 0,83

Efisiensi Kerja Alat = 0,75

Efisiensi Operator = 0,83

Faktor Koreksi (FK) = 0,9 x 0,83 x 0,75 x 0,83

Faktor Koreksi (FK) = 0,47

Kecepatan Maju (F) = 3,06 km/jam

Kecepatan Mundur (R) = 5,17 km/jam

Panjang Hampanan (Lh) = 50 m

Waktu Siklus

Waktu Maju (T1) = $\frac{Lh \times 60}{F \times 1000}$

Waktu Maju (T1) = $\frac{50 \times 60}{3,06 \times 1000}$

Waktu Maju (T1) = 0,98 menit

Waktu Mundur (T2) = $\frac{Lh \times 60}{R \times 1000}$

$$\text{Waktu Mundur (T2)} = \frac{50 \times 60}{5,17 \times 1000}$$

$$\text{Waktu Mundur (T2)} = 0,58 \text{ menit}$$

Sehingga,

$$\text{Total Waktu Siklus} = T1 + T2$$

$$\text{Total Waktu Siklus} = 0,98 \text{ menit} + 0,58 \text{ menit}$$

$$\text{Total Waktu Siklus} = 1,56 \text{ menit}$$

$$\text{Produktivitas Bulldozer} = \frac{V \times FK \times 60}{CT}$$

$$\text{Produktivitas Bulldozer} = \frac{3,55 \times 0,47 \times 60}{1,56}$$

$$\text{Produktivitas Bulldozer} = 64,17 \text{ m}^3/\text{jam}$$

5.6.3 Produktivitas *Dump Truck Real* di Lapangan

Produktivitas alat berat *dump truck* dapat dilakukan perhitungan waktu siklus pengangkutan material dari lokasi *quarry* menuju lokasi pekerjaan timbunan pada Tabel 5.6. Berikut merupakan perhitungan produktivitas *real* alat berat *dump truck* di lapangan.

Tabel 5. 6 Waktu Siklus *Dump Truck* di Lapangan

No	Durasi Proyek	Pembuanagan	Durasi Quarry	Jarak (m)	Kecepatan rata-rata	
					Muatan	Kosong
1	35	0,37	31	17900	30,68	34,64
2	31	0,45	31	17900	34,64	34,64
3	38	0,47	35	17900	28,26	30,68
4	33	0,76	37	17900	32,54	29,02
5	35	0,87	35	17900	30,68	30,68
6	36	0,32	34	17900	29,83	31,58
7	34	0,75	35	17900	31,58	30,68
8	40	0,61	35	17900	26,84	30,68
9	37	0,84	32	17900	29,02	33,56
10	37	0,86	33	17900	29,02	32,54
Rata-rata		0,63			30,31	31,87

Kapasitas bak (v)	= 9 m ³
Kecepatan rata-rata isi	= 30,33 km/jam
Kecepatan rata-rata kosong	= 32,11 km/jam
Jarak	= 17,9 km
<i>Machine availability</i>	= 0,9
Efisiensi waktu	= 0,83
Efisiensi kerja alat	= 0,75
Efisiensi operator	= 0,83
Faktor koreksi (FK)	= 0,9 x 0,83 x 0,75 x 0,83
Faktor koreksi (FK)	= 0,47
Waktu siklus	
Waktu tempuh isi (T1)	= $\frac{L \times 60}{\text{kecepatan rata-rata muatan}}$
Waktu tempuh isi (T1)	= $\frac{17,9 \times 60}{30,31}$
Waktu tempuh isi (T1)	= 35,44 menit
Waktu tempuh kosong (T2)	= $\frac{L \times 60}{\text{kecepatan rata-rata muatan}}$
Waktu tempuh kosong (T2)	= $\frac{17,9 \times 60}{31,87}$
Waktu tempuh kosong (T2)	= 33,67 menit
Waktu loading (T3)	= $\frac{V \times 60}{\text{produktivitas excavator}}$
Waktu loading (T3)	= $\frac{9 \times 60}{65,43}$
Waktu loading (T3)	= 8,25 menit
Waktu buang (T4)	= 0,63 menit
Sehingga	
Waktu siklus	= T1 + T2 + T3 + T3 + T4
Waktu siklus	= 35,44 + 33,67 + 8,25 + 0,63
Waktu siklus	= 77,99
Produktivitas <i>dump truck</i>	= $\frac{9 \times 0,47 \times 60}{77,99}$
Produktivitas <i>dump truck</i>	= 3,26 m ³ /jam

5.6.4 Produktivitas *Vibro Roller Real* di Lapangan

Produktivitas alat berat *vibro roller* di lapangan dapat dihitung menggunakan waktu siklus pengangkutan material di lapangan yang dapat dilihat pada Tabel 5.7. Berikut merupakan perhitungan produktivitas alat berat *vibro roller* di lapangan.

Tabel 5.7 Waktu Siklus *Vibro Roller* di Lapangan

No	Maju	Jarak dorong	Kecepatan rata-rata
1	0,51	50	5,95
2	0,75	50	4,11
3	0,54	50	5,62
4	0,51	50	6,07
5	0,62	50	5,06
6	0,45	50	6,75
7	0,41	50	7,40
8	0,69	50	4,40
9	0,7	50	4,34
10	0,76	50	3,99
Rata-rata			5,36

Kecepatan rata-rata alat (v) = 5,36 km/jam

Tebal lapisan (H) = 20 cm

Tebal lapisan (H) = 0,20 m

Lebar efektif penggilas (W_e) = 2 m

Faktor efisiensi alat = 0,83

Jumlah lintasan (n) = 10

Produktivitas *Vibro Roller* = $\frac{2 \times 5,36 \times 0,20 \times 1000 \times 0,83}{10}$

Produktivitas *Vibro Roller* = 177,95 m³/jam

5.6.5 Produktivitas *Sheepfoot roller Real* di Lapangan

Produktivitas alat berat *sheepfoot roller* di lapangan dapat dihitung menggunakan waktu siklus pengangkutan amterial di lapangan yang dapat dilihat

pada Tabel 5.8. Berikut merupakan produktivitas alat berat *sheepfoot roller* di lapangan.

Tabel 5.8 Waktu Siklus *Sheepfoot roller* di Lapangan

No	Maju	Jarak dorong	Kecepatan rata-rata
1	0,65	50	4,67
2	0,82	50	3,70
3	0,54	50	5,62
4	0,5	50	6,07
5	0,72	50	4,22
6	0,45	50	6,75
7	0,51	50	5,95
8	0,56	50	5,42
9	0,7	50	4,34
10	0,86	50	3,53
Rata-rata			5,03

Kecepatan rata-rata alat (v) = 5,03 km/jam

Tebal lapisan (H) = 20 cm

Tebal lapisan (H) = 0,20 m

Lebar efektif penggilas (W_e) = 2 m

Faktor efisiensi alat = 0,83

Jumlah lintasan (n) = 6

Produktivitas *Vibro Rolller* = $\frac{2 \times 5,03 \times 0,20 \times 1000 \times 0,83}{6}$

Produktivitas *Vibro Roller* = 278,37 m³/jam

5.7 Penetapan Efektivitas Alat Berat

Untuk mengukur efektivitas alat berat pada sebuah pekerjaan, ada banyak perspektif yang dapat digunakan. Jika ditinjau dari sudut produktivitas, alat berat, salah satu aspek yang dapat dipertimbangkan melalui kualitas dan kuantitas yang dihasilkan oleh alat berat tersebut.

Salah satu cara untuk menentukan efektivitas alat berat adalah dengan membandingkan hasil produktivitas rencana dengan hasil produktivitas *real* di lapangan. Apabila hasil pekerjaan di *real* lapangan lebih kecil dibanding dengan hasil produktivitas rencana, maka pekerjaan tersebut tidak efektif. Jika yang dihasilkan adalah pekerjaan yang tidak efektif maka biaya yang dikeluarkan perusahaan juga akan semakin tinggi. Parameter Tingkat efektivitas alat berat dilapangan dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Parameter Tingkat Efektivitas

Parameter	Tingkat Efektivitas
Produktivitas <i>Real</i> \geq Rencana	Efektif
Produktivitas <i>Real</i> \leq Rencana	Tidak Efektif

Perbandingan produktivitas rencana dan *real* di lapangan dapat dilihat pada tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Perbandingan Produktivitas Rencana dan *Real* di Lapangan

No	Alat Berat	Produktivitas (m ³ /jam)		Keterangan
		Rencana	<i>Real</i>	
1	<i>Excavator</i>	89,92	65,44	Tidak Efektif
2	<i>Bulldozer</i>	60,3	64,17	Efektif
3	<i>Dump Truck</i>	3,94	3,26	Tidak Efektif
4	<i>Vibro Roller</i>	127,1	177,95	Efektif
5	<i>Sheepfoot roller</i>	214,3	278,37	Efektif

Berdasarkan tabel, nilai produktivitas rencana kurang dari produktivitas *real* di lapangan. Sehingga menyebabkan pekerjaan timbunan akan tertunda atau berjalan tidak sesuai dengan rencana.

Perencanaan ulang terkait jumlah alat berat dan jam kerja alat berat harus dilakukan agar penggunaan alat berat dapat mencapai produktivitas yang lebih efektif dan efisien.

5.8 Perencanaan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat

5.8.1 Perhitungan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat *Excavator*

Volume tanah timbunan	= 106.777,9 m ³
Jam kerja alat berat per hari	= 8 jam/hari
Produktivitas <i>real</i> di lapangan	= 65,44 m ³ /jam
Produktivitas minimal per hari	= $\frac{106.777,9 \text{ m}^3}{136 \text{ hari}}$
Produktivitas minimal per hari	= 785,1 m ³ /hari
Produktivitas per hari	= produktivitas per jam x 8 jam kerja
Produktivitas per hari	= 65,44 m ³ /jam x 8 jam
Produktivitas per hari	= 522,72 m ³ /hari
Jumlah alat berat yang digunakan	= $\frac{\text{produktivitas minimal per hari}}{\text{produktivitas per hari}}$
Jumlah alat berat yang digunakan	= $\frac{785,13}{522,72}$
Jumlah alat berat yang digunakan	= 1,5
Jumlah alat berat yang digunakan	= 2 unit
Produktivitas 2 unit alat berat	= produktivitas per hari x jumlah alat
Produktivitas 2 unit alat berat	= 522,72 x 2
Produktivitas 2 unit alat berat	= 1.045,44 m ³ /hari

5.8.2 Perhitungan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat *Bulldozer*

Volume tanah timbunan	= 106.777,9 m ³
Jam kerja alat berat per hari	= 8 jam/hari
Produktivitas <i>real</i> di lapangan	= 64,17 m ³ /jam
Produktivitas minimal per hari	= $\frac{106.777,9 \text{ m}^3}{136 \text{ hari}}$
Produktivitas minimal per hari	= 785,1 m ³ /hari
Produktivitas per hari	= produktivitas per jam x 8 jam kerja
Produktivitas per hari	= 64,17 m ³ /jam x 8 jam
Produktivitas per hari	= 513,36 m ³ /hari
Jumlah alat berat yang digunakan	= $\frac{\text{produktivitas minimal per hari}}{\text{produktivitas per hari}}$
Jumlah alat berat yang digunakan	= $\frac{785,13}{513,36}$

Jumlah alat berat yang digunakan	= 1.5 unit
Jumlah alat berat yang digunakan	= 2 unit
Produktivitas 2 unit alat berat	= produktivitas per hari x jumlah alat
Produktivitas 2 unit alat berat	= 513,36 m ³ /hari x 2
Produktivitas 2 unit alat berat	= 1.026,72 m ³ /hari

5.8.3 Perhitungan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat *Dump Truck*

Volume tanah timbunan	= 106.777,9 m ³
Jam kerja alat berat per hari	= 8 jam/hari
Produktivitas <i>real</i> di lapangan	= 3,26 m ³ /jam
Produktivitas minimal per hari	= $\frac{106.777,9 \text{ m}^3}{136 \text{ hari}}$
Produktivitas minimal per hari	= 785,1 m ³ /hari
Produktivitas per hari	= produktivitas per jam x 8 jam kerja
Produktivitas per hari	= 3,26 m ³ /jam x 8 jam
Produktivitas per hari	= 26,04 m ³
Jumlah alat berat yang digunakan	= $\frac{\text{produktivitas minimal per hari}}{\text{produktivitas per hari}}$
Jumlah alat berat yang digunakan	= $\frac{785,13}{26,04}$
Jumlah alat berat yang digunakan	= 31 unit
Produktivitas 31 unit alat berat	= produktivitas per hari x jumlah alat
Produktivitas 31 unit alat berat	= 26,04 x 31
Produktivitas 31 unit alat berat	= 804,14 m ³ /hari

5.8.4 Perhitungan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat *Vibro Roller*

Volume tanah timbunan	= 106.777,9 m ³
Produktivitas <i>real</i> di lapangan	= 178,15 m ³ /jam
Produktivitas minimal per hari	= $\frac{106.777,9 \text{ m}^3}{136 \text{ hari}}$
Produktivitas minimal per hari	= 785,1 m ³ /hari
Jam kerja alat berat per hari	= $\frac{785,1}{178,15}$
Jam kerja alat berat per hari	= 5 jam
Produktivitas per hari	= produktivitas per jam x jam kerja
Produktivitas per hari	= 178,15 m ³ /jam x 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas per hari} &= 891,75 \text{ m}^3 \\ \text{Jumlah alat berat yang digunakan} &= \frac{\text{produktivitas minimal per hari}}{\text{produktivitas per hari}} \\ \text{Jumlah alat berat yang digunakan} &= \frac{785,13}{891,75} \\ \text{Jumlah alat berat yang digunakan} &= 0,95 \text{ unit} \\ \text{Jumlah alat berat yang digunakan} &= 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

5.8.5 Perhitungan Ulang Jumlah dan Jam Kerja Alat Berat *Sheepfoot roller*

$$\begin{aligned} \text{Volume tanah timbunan} &= 106.777,9 \text{ m}^3 \\ \text{Produktivitas real di lapangan} &= 278,37 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Produktivitas minimal per hari} &= \frac{106.777,9 \text{ m}^3}{136 \text{ hari}} \\ \text{Produktivitas minimal per hari} &= 785,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Jam kerja alat berat per hari} &= \frac{785,1}{278,37} \\ \text{Jam kerja alat berat per hari} &= 3 \text{ jam} \\ \text{Produktivitas per hari} &= \text{produktivitas per jam} \times \text{jam kerja} \\ \text{Produktivitas per hari} &= 278,37 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam} \\ \text{Produktivitas per hari} &= 835,11 \text{ m}^3 \\ \text{Jumlah alat berat yang digunakan} &= \frac{\text{produktivitas minimal per hari}}{\text{produktivitas per hari}} \\ \text{Jumlah alat berat yang digunakan} &= \frac{785,13}{835,11} \\ \text{Jumlah alat berat yang digunakan} &= 0,95 \text{ unit} \\ \text{Jumlah alat berat yang digunakan} &= 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

5.8.6 Rekapitulasi Waktu Kerja Alat Berat

Tabel 5.11 Rekapitulasi Waktu Kerja Alat Berat

No	Alat Berat	Jumlah Unit	Jam Kerja	Produktivitas Real (m ³ /jam)	Produktivitas Perhari (m ³ /jam)	Durasi Pekerjaan (hari)
1	<i>Excavator</i>	2	8	65,34	1.045,44	136
2	<i>Bulldozer</i>	2	8	64,17	1.026,72	136

Lanjutan Tabel 5.11 Rekapitulasi Waktu Kerja Alat Berat

No	Alat Berat	Jumlah Unit	Jam Kerja	Produktivitas Real (m ³ /jam)	Produktivitas Perhari (m ³ /jam)	Durasi Pekerjaan (hari)
3	<i>Dump Truck</i>	31	8	3,26	804,14	136
4	<i>Vibro Roller</i>	1	3	178,15	891,75	136
5	<i>Sheepfoot Roller</i>	1	5	278,37	835,11	136

5.8.7 Efektivitas Alat Berat Setelah Perencanaan Ulang

Setelah dilakukan perencanaan ulang, produktivitas alat berat per hari dapat dibandingkan dengan produktivitas yang dihasilkan. Berikut merupakan kriteria yang digunakan untuk mengukur tingkat efektivitas dari produktivitas alat berat di lapangan pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5. 12 Kriteria Tingkat Efektivitas

Perbandingan Perencanaan Ulang	Keterangan
Produktivitas minimal perhari ≥ 1	Efektif
Produktivitas minimal perhari ≤ 1	Tidak Efektif

Pada Tabel 5.13 berikut merupakan perbandingan produktivitas rencana dan produktivitas yang dihasilkan oleh masing-masing alat berat.

Tabel 5.13 Efektivitas Alat Berat setelah Perencanaan Ulang

No	Alat Berat	Jumlah Unit	Produktivitas Minimal Perhari (m³/jam)	Produktivitas Perencanaan Ulang (m³/jam)	Nilai Perbandingan	Keterangan
1	<i>Excavator</i>	2	785,13	1046,88	1,3	Efektif
2	<i>Bulldozer</i>	2	785,13	1026,72	1,3	Efektif
3	<i>Dump Truck</i>	31	785,13	803,52	1	Efektif
4	<i>Vibro Roller</i>	1	785,13	889,75	1,1	Efektif
5	<i>Sheepfoot roller</i>	1	785,13	835,11	1,1	Efektif

5.9 Analisis Rencana Biaya Sewa Alat Berat Rencana

5.9.1 Biaya Pelaksanaan Alat Berat *Excavator*

Adapun perhitungan biaya operasi alat berat sebagai berikut.

1. Jumlah Unit = 4
2. Data Harga Sewa Peralatan
 - Biaya Mobilisasi = Rp1.500.000/unit
 - Biaya Mobilisasi = Rp6.000.000/4 unit
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp160.000/jam
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp1.280.000/hari
3. Biaya Operator = Rp20.000/jam
 - Biaya Operator = Rp20.000 x 8 jam
 - Biaya Operator = Rp160.000/hari
4. Biaya Bahan Bakar = Rp6.800/liter
 - Bahan bakar /jam = 11 liter

Bahan bakar /hari = 88 jam

Perhitungan total biaya pelaksanaan *excavator* dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Total Biaya Pelaksanaan *Excavator*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Biaya Mobilisasi	4	Unit	Rp1.500.000	Rp6.000.000
2	Biaya Sewa <i>Excavator</i>	136	Hari	Rp1.280.000	Rp696.320.000
3	Biaya Operator	136	Hari	Rp160.000	Rp87.040.000
4	Biaya Bahan Bakar	136	Hari	Rp598.400	Rp325.529.600
Total Biaya					Rp 1.114.889.600

5.9.2 Biaya Pelaksanaan Alat Berat *Bulldozer*

Adapun perhitungan biaya operasi alat berat sebagai berikut.

1. Jumlah Unit = 2
2. Data Harga Sewa Peralatan
 - Biaya Mobilisasi = Rp1.500.000/unit
 - Biaya Mobilisasi = Rp3.000.000/2 unit
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp250.000/jam
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp2.000.000/hari
3. Biaya Operator = Rp30.000/jam
 - Biaya Operator = Rp30.000 x 8 jam
 - Biaya Operator = Rp240.000/hari
4. Biaya Bahan Bakar = Rp6.800/liter
 - Bahan bakar /jam = 11 liter
 - Bahan bakar /hari = 88 liter

Perhitungan total biaya pelaksanaan *bulldozer* dapat dilihat pada tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Total Biaya Pelaksanaan *Bulldozer*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Biaya Mobilisasi	2	Unit	Rp1.500.000	Rp3.000.000
2	Biaya Sewa <i>Bulldozer</i>	136	Hari	Rp2.000.000	Rp544.000.000
3	Biaya Operator	136	Hari	Rp240.000	Rp65.280.000
4	Biaya Bahan Bakar	136	Hari	Rp598.400	Rp162.764.800
Total Biaya					Rp775.044.800

5.9.3 Biaya Pelaksanaan Alat Berat *Dump Truck*

Adapun perhitungan biaya operasi alat berat sebagai berikut.

1. Jumlah Unit = 25
2. Data Harga Sewa Peralatan
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp130.000/jam
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp1.040.000/hari
3. Biaya Operator = Rp20.000/jam
 - Biaya Operator = Rp20.000 x 8 jam
 - Biaya Operator = Rp160.000/hari
4. Biaya Bahan Bakar = Rp6.800/liter
 - Bahan bakar = 9 liter/hari

Perhitungan total biaya pelaksanaan *dump truck* dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Total Biaya Pelaksanaan *Dump Truck*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Biaya Sewa <i>Dump Truck</i>	25	Unit	Rp 1.040.000	Rp 3.536.000.000

Lanjutan Tabel 5.16 Total Biaya Pelaksanaan *Dump Truck*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
2	Biaya Operator	136	Hari	Rp 160.000	Rp 544.000.000
3	Biaya Bahan Bakar	136	Hari	Rp 61.200	Rp 208.080.000
Total Biaya					Rp 4.288.080.000

5.9.4 Biaya Pelaksanaan Alat Berat *Vibro Roller*

Adapun perhitungan biaya operasi alat berat sebagai berikut.

1. Jumlah Unit = 1
2. Data Harga Sewa Peralatan
 - Biaya Mobilisasi = Rp 1.500.000/unit
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp 250.000/jam
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp 2.000.000/hari
3. Biaya Operator = Rp 10.000/jam
 - Biaya Operator = Rp 40.000 x 8 jam
 - Biaya Operator = Rp 320.000/hari
4. Biaya Bahan Bakar = Rp 6.800/liter
 - Bahan bakar = 11 liter/jam
 - Bahan bakar = 88 liter/hari

Perhitungan total biaya pelaksanaan *vibro roller* dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5. 17 Total Biaya Pelaksanaan *Vibro Roller*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Biaya Mobilisasi	1	Unit	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
2	Biaya Sewa <i>Vibro Roller</i>	1	Unit	Rp 250.000	Rp 272.000.000

Lanjutan Tabel 5.17 Total Biaya Pelaksanaan *Vibro Roller*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
3	Biaya Operator	136	Hari	Rp 40.000	Rp 43.520.000
4	Biaya Bahan Bakar	136	Hari	Rp 598.400	Rp 81.382.400
Total Biaya					Rp 398.402.400

5.9.5 Biaya Pelaksanaan Alat Berat *Sheepfoot roller*

Adapun perhitungan biaya operasi alat berat sebagai berikut.

1. Jumlah Unit = 1
2. Data Harga Sewa Peralatan
 - Biaya Mobilisasi = Rp1.500.000/unit
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp250.000/jam
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp2.000.000/hari
3. Biaya Operator = Rp50.000/jam
 - Biaya Operator = Rp50.000 x 8 jam
 - Biaya Operator = Rp400.000/hari
4. Biaya Bahan Bakar = Rp6.800/liter
 - Bahan bakar = 11 liter/jam
 - Bahan bakar = 88 liter/jam

Perhitungan total biaya pelaksanaan *sheepfoot roller* dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5. 18 Total Biaya Pelaksanaan *Sheepfoot roller*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Biaya Mobilisasi	1	Unit	Rp1.500.000	Rp1.500.000
2	Biaya Sewa <i>Sheepfoot roller</i>	1	Unit	Rp250.000	Rp272.000.000
3	Biaya Operator	136	Hari	Rp40.000	Rp43.520.000

Lanjutan Tabel 5.18 Total Biaya Pelaksanaan *Sheepfoot roller*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
4	Biaya Bahan Bakar	136	hari	Rp598.400	Rp81.382.400
Total Biaya					Rp398.402.400

Berikut merupakan total analisis rencana biaya sewa alat berat *real* di lapangan.

Tabel 5. 19 Analisis Rencana Biaya Sewa Alat Berat Rencana

No	Alat Berat	Jumlah Unit	Jam Kerja (Jam)	Durasi Pekerjaan (hari)	Harga Satuan (per jam)	Total Biaya Sewa
1	<i>Excavator</i>	4	8	136	Rp900.000	Rp1.114.889.600
2	<i>Bulldozer</i>	2	8	136	Rp700.000	Rp775.044.800
3	<i>Dump Truck</i>	25	8	136	Rp150.000	Rp4.288.080.000
4	<i>Vibro Roller</i>	1	8	136	Rp550.000	Rp398.402.400
5	<i>Sheepfoot roller</i>	1	8	136	Rp550.000	Rp398.402.400
Total						Rp6.974.819.200

5.10 Analisis Rencana Biaya Sewa Alat Berat *Real* di Lapangan

5.10.1 Biaya Pelaksanaan Alat Berat *Excavator*

Adapun perhitungan biaya operasi alat berat sebagai berikut.

1. Jumlah Unit = 2
2. Data Harga Sewa Peralatan
 - Biaya Mobilisasi = Rp1.500.000/unit
 - Biaya Mobilisasi = Rp3.000.000/2 unit
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp160.000/jam
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp1.280.000/hari
3. Biaya Operator = Rp20.000/jam

- Biaya Operator = Rp20.000 x 8 jam
 Biaya Operator = Rp160.000/hari
 4. Biaya Bahan Bakar = Rp6.800/liter
 5. Bahan bakar /jam = 11 liter

Perhitungan total biaya pelaksanaan *excavator* dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Total Biaya Pelaksanaan *Excavator*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Biaya Mobilisasi	2	Unit	Rp1.500.000	Rp3.000.000
2	Biaya Sewa <i>Excavator</i>	136	Hari	Rp1.280.000	Rp348.160.000
3	Biaya Operator	136	Hari	Rp160.000	Rp43.520.000
4	Biaya Bahan Bakar	136	Hari	Rp598.400	Rp162.764.800
Total Biaya					Rp557.444.800

5.10.2 Biaya Pelaksanaan Alat Berat *Bulldozer*

Adapun perhitungan biaya operasi alat berat sebagai berikut.

1. Jumlah Unit = 2
2. Data Harga Sewa Peralatan
 - Biaya Mobilisasi = Rp1.500.000/unit
 - Biaya Mobilisasi = Rp3.000.000/2 unit
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp250.000/jam
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp2.000.000/hari
3. Biaya Operator = Rp30.000/jam
 - Biaya Operator = Rp30.000 x 8 jam
 - Biaya Operator = Rp240.000/hari
4. Biaya Bahan Bakar = Rp6.800/liter
5. Bahan bakar /jam = 11 liter

Perhitungan total biaya pelaksanaan *bulldozer* dapat dilihat pada tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Total Biaya Pelaksanaan *Bulldozer*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Biaya Mobilisasi	2	Unit	Rp1.500.000	Rp3.000.000
2	Biaya Sewa <i>Bulldozer</i>	136	Hari	Rp2.000.000	Rp544.000.000
3	Biaya Operator	136	Hari	Rp240.000	Rp65.280.000
4	Biaya Bahan Bakar	136	Hari	Rp598.400	Rp162.764.800
Total Biaya					Rp775.044.800

5.10.3 Biaya Pelaksanaan Alat Berat *Dump Truck*

Adapun perhitungan biaya operasi alat berat sebagai berikut.

1. Jumlah Unit = 31
2. Data Harga Sewa Peralatan
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp130.000/jam
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp1.040.000/hari
3. Biaya Operator = Rp10.000/jam
 - Biaya Operator = Rp10.000 x 8 jam
 - Biaya Operator = Rp80.000/hari
4. Biaya Bahan Bakar = Rp6.800/liter
 - Bahan bakar = 9 liter/hari

Perhitungan total biaya pelaksanaan *dump truck* dapat dilihat pada tabel 5.22 berikut.

Tabel 5. 22 Total Biaya Pelaksanaan *Dump Truck*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Biaya Sewa <i>Dump Truck</i>	31	Unit	Rp130.000	Rp4.384.640.000

Lanjutan Tabel 5.22 Total Biaya Pelaksanaan *Dump Truck*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
2	Biaya Operator	136	Hari	Rp80.000	Rp337.280.000
3	Biaya Bahan Bakar	136	hari	Rp61.200	Rp258.019.200
Total Biaya					Rp4.979.939.200

5.10.4 Biaya Pelaksanaan Alat Berat *Vibro Roller*

Adapun perhitungan biaya operasi alat berat sebagai berikut.

1. Jumlah Unit = 1
2. Data Harga Sewa Peralatan
 - Biaya Mobilisasi = Rp1.500.000/unit
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp250.000/jam
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp1.250.000/hari
3. Biaya Operator = Rp10.000/jam
 - Biaya Operator = Rp40.000 x 5 jam
 - Biaya Operator = Rp200.000/hari
4. Biaya Bahan Bakar = Rp6.800/liter
 - Bahan bakar = 11 liter/jam
 - Bahan bakar = 55 liter/hari

Perhitungan total biaya pelaksanaan *vibro roller* dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5. 23 Total Biaya Pelaksanaan *Vibro Roller*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Biaya Mobilisasi	1	Unit	Rp1.500.000	Rp1.500.000
2	Biaya Sewa <i>Vibro Roller</i>	1	Unit	Rp250.000	Rp170.000.000
3	Biaya Operator	136	Hari	Rp40.000	Rp27.200.000

Lanjutan Tabel 5.23 Total Biaya Pelaksanaan *Vibro Roller*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
4	Biaya Bahan Bakar	136	hari	Rp374.000	Rp50.864.000
Total Biaya					Rp249.564.000

5.10.5 Biaya Pelaksanaan Alat Berat *Sheepfoot roller*

Adapun perhitungan biaya operasi alat berat sebagai berikut.

1. Jumlah Unit = 1
2. Data Harga Sewa Peralatan
 - Biaya Mobilisasi = Rp1.500.000/unit
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp250.000/jam
 - Biaya Sewa Alat Berat = Rp750.000/hari
3. Biaya Operator = Rp50.000/jam
 - Biaya Operator = Rp50.000 x 3 jam
 - Biaya Operator = Rp150.000/hari
4. Biaya Bahan Bakar = Rp6.800/liter
 - Bahan bakar = 11 liter/jam
 - Bahan bakar = 33 liter/hari

Perhitungan total biaya pelaksanaan *sheepfoot roller* dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5. 24 Total Biaya Pelaksanaan *Sheepfoot roller*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
1	Biaya Mobilisasi	1	Unit	Rp1.500.000	Rp1.500.000
2	Biaya Sewa <i>Sheepfoot roller</i>	1	Unit	Rp250.000	Rp102.000.000
3	Biaya Operator	136	Hari	Rp40.000	Rp16.320.000
4	Biaya Bahan Bakar	136	hari	Rp224.400	Rp30.518.400

Lanjutan Tabel 5.24 Total Biaya Pelaksanaan *Sheepfoot roller*

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
Total Biaya					Rp150.338.400

Berikut merupakan total analisis rencana biaya sewa alat berat *real* di lapangan.

Tabel 5. 25 Analisis Rencana Biaya Sewa Alat Berat *Real* di Lapangan

No	Alat Berat	Jumlah Unit	Jam Kerja (Jam)	Durasi Pekerjaan (hari)	Harga Satuan (per jam)	Total Biaya Sewa
1	<i>Excavator</i>	2	8	136	Rp900.000	Rp557.444.800
2	<i>Bulldozer</i>	2	8	136	Rp700.000	Rp775.044.800
3	<i>Dump Truck</i>	31	8	136	Rp150.000	Rp4.979.939.200
4	<i>Vibro Roller</i>	1	5	136	Rp550.000	Rp249.564.000
5	<i>Sheepfoot roller</i>	1	3	136	Rp550.000	Rp150.338.400
Total						Rp6.712.331.200

5.11 Perbandingan antara Perencanaan Awal dan Perencanaan Ulang

Setelah dilakukan perencanaan ulang mendapatkan hasil yang berbeda. Berikut merupakan hasil perbandingan antara perencanaan awal dan perencanaan ulang.

Tabel 5.26 Perbandingan Perencanaan Awal dan Perencanaan Ulang

No	Alat Berat	Rencana Awal		Rencana Ulang		Keterangan
		Jumlah Unit	Jam Kerja	Jumlah Unit	Jam Kerja	
1	<i>Excavator</i>	4	8	2	8	Pemotongan 2 unit
2	<i>Bulldozer</i>	2	8	2	8	Sesuai rencana
3	<i>Dump truck</i>	25	8	31	8	Penambahan 6 unit
4	<i>Vibro roller</i>	1	8	1	5	Pemotongan 3 Jam Kerja
5	<i>Sheepfoot roller</i>	1	8	1	3	Pemotongan 5 Jam Kerja
	Biaya Sewa	Rp6.974.819.200		Rp6.712.331.200		

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat perbedaan antara rencana awal dan rencana ulang. Penambahan dan pengurangan jumlah alat serta jam kerja alat dilakukan untuk menyelesaikan pekerjaan timbunan dalam durasi waktu 136 hari. Dengan begitu, hal tersebut akan mempengaruhi harga sewa alat berat. Perencanaan ulang dilakukan untuk menghemat biaya lalu dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

Berikut merupakan perhitungan perbandingan perencanaan awal dengan perencanaan ulang.

$$\text{Selisih biaya alat} = \text{Rp6.974.819.200} - \text{Rp6.712.331.200}$$

$$\text{Selisih biaya alat} = \text{Rp262.488.000}$$

Hasil yang diperoleh dari perbandingan antara perencanaan awal dan perencanaan ulang diperoleh biaya yang dikeluarkan perencanaan ulang lebih kecil dibandingkan dengan perencanaan awal. Sehingga alat berat dapat bekerja lebih efektif serta dapat selesai dengan waktu yang direncanakan. Oleh karena itu, perencanaan ulang disarankan untuk digunakan pada pekerjaan timbunan ini.

5.12 Faktor-faktor yang Menghambat Pekerjaan Timbunan di Lapangan

Adapun faktor-faktor yang menghambat pekerjaan sehingga membuat produktivitas alat berat tidak efektif pada pekerjaan timbunan sebagai berikut.

1. Medan jalan yang kurang baik
Dalam pekerjaan timbunan, medan jalan yang kurang baik dapat mempengaruhi kelancaran pekerjaan serta keselamatan pekerja dan alat berat sehingga dapat mempengaruhi produktivitas alat berat pada pekerjaan tersebut. Solusi yang dilakukan untuk melapisi permukaan jalan yang kurang baik yaitu dengan penggunaan sirtu.
2. Kondisi cuaca yang tidak pasti
Cuaca yang tidak menentu seperti hujan tiba-tiba dapat mempengaruhi pekerjaan timbunan secara signifikan. Kondisi ini tidak hanya menurunkan efisiensi kerja, tetapi juga dapat menurunkan kualitas hasil timbunan dan proyek tidak dapat selesai sesuai rencana.
3. Faktor sumber daya manusia
Produktivitas alat berat pada pekerjaan timbunan bergantung pada sumber daya manusia. Penguasaan operator dalam mengoperasikan alat berat mempengaruhi hasil pekerjaan di lapangan.
4. Lokasi *quarry* yang jauh dari lokasi pekerjaan
Lokasi *quarry* yang jauh dari lokasi pekerjaan mengakibatkan waktu tempuh lebih lama, biaya operasional meningkat, dan potensi keterlambatan proyek menjadi lebih besar.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan data didapatkan produktivitas rencana sebesar, taksiran produktivitas *excavator* sebesar 89,92 m³/jam, taksiran produktivitas *bulldozer* sebesar 60,3 m³/jam, taksiran produktivitas *dump truck* sebesar 3,94 m³/jam, taksiran produktivitas *vibro roller* sebesar 128 m³/jam, dan taksiran produktivitas *sheepfoot roller* sebesar 213,3 m³/jam. Namun di sisi lain, produktivitas *real* di lapangan untuk alat berat *excavator* sebesar 65,44 m³/jam, alat berat *bulldozer* sebesar 64,17 m³/jam, alat berat *dump truck* sebesar 3,26 m³/jam, alat berat *vibro roller* sebesar 177,95 m³/jam, dan alat berat *sheepfoot roller* sebesar 278,37 m³/jam.
2. Berdasarkan hasil pengamatan *real* di lapangan dan hasil perhitungan, produktivitas *excavator* dan *dump truck* di lapangan lebih rendah dari produktivitas rencana sehingga efektivitas alat berat tidak tercapai dan perlu dilakukan perencanaan ulang jumlah alat berat dan jam kerja agar proyek dapat diselesaikan dengan tepat waktu.
3. Setelah dilakukan perencanaan ulang didapatkan hasil 2 unit *excavator*, 2 unit *bulldozer*, 31 unit *dump truck*, 1 unit *vibro roller*, dan 1 unit *sheepfoot roller*. Untuk alat berat *excavator*, *bulldozer*, dan *dump truck* membutuhkan 8 jam kerja per hari. Sedangkan untuk alat berat *vibro roller* membutuhkan 5 jam kerja per hari dan alat berat *sheepfoot roller* membutuhkan 3 jam kerja per hari.
4. Berdasarkan perhitungan setelah dilakukan perencanaan ulang, selisih biaya jika dibandingkan perencanaan awal dan perencanaan ulang sebesar Rp 262.488.000. Biaya tersebut lebih murah dibandingkan dengan biaya perencanaan awal sehingga pekerjaan dapat diselesaikan dengan alat berat yang efektif, biaya yang lebih murah, dan dapat diselesaikan sesuai waktu yang telah direncanakan.

5. Beberapa faktor yang dapat menghambat pekerjaan di lapangan adalah medan jalan yang kurang baik, cuaca yang tidak pasti, faktor sumber daya manusia, dan lokasi quarry yang jauh dari lokasi pekerjaan.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan, adapun saran yang dapat penyusun berikan adalah sebagai berikut.

1. Pada pekerjaan timbunan proyek Pembangunan jalan tol ini, perlu dilakukan pengurangan alat berat *excavator*, penambahan alat berat *dump truck*, pengurangan jam kerja *vibro roller* serta pengurangan jam kerja *sheepfoot roller* agar dapat mencapai pekerjaan yang efektif.
2. Selain itu, cuaca pada pembangunan jalan tol ini sangat mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan timbunan. Sehingga perlunya memaksimalkan kapasitas produktivitas pada saat cuaca sedang baik sehingga pekerjaan timbunan dapat diselesaikan dengan maksimal.

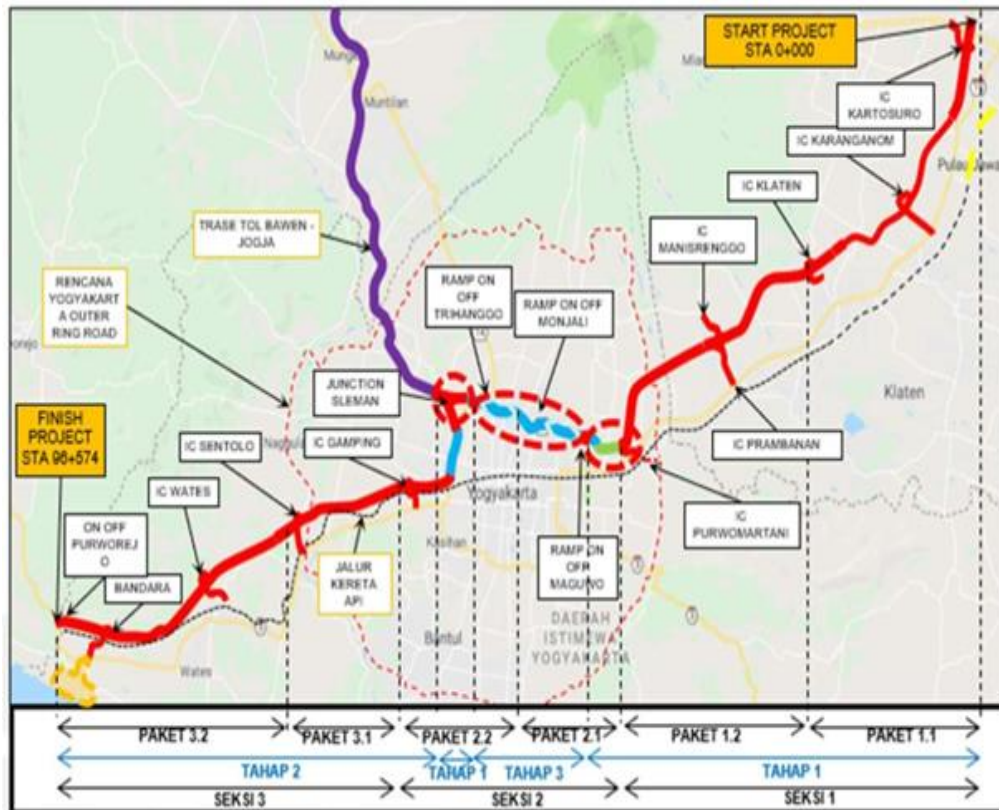
DAFTAR PUSTAKA

- Amin, C. U. (2022). Analisa Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Demak Paket 2 – STA 10 + 394 – 26 + 704). . *Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur UGJ Cirebon Vol. X, No.2.*
- Bintoro, T. (1971). *Administrasi Pembangunan. Jakarta: Departemen Dalam Negeri.* x
- Bpjt.pu.go.id. (2020, November 2024 13). Retrieved from Bpjt.pu.go.id.: <https://bpjt.pu.go.id/berita/dimulainya-pembangunan-jalan-tol-solo-yogyakarta-nyia-kulon-progo>
- Dipohusodo. (1995). *Manajemen Proyek dan Konstruksi, Jilid 1.*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius. .
- Ervianto, W. I. (2002). *Manajemen Proyek Konstruksi.* Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Firdaus, M. d. (2021). *Kajian Perbandingan Biaya dan Waktu Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang).* Bandung: FTSP Series 2: Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2021.
- Hira N. Ahuja, S. P. (1994). *Project Management: Techniques in Planning and Controlling Construction Projects.* John Wiley & Sons.
- Hosaini, H. A. (2021). *Manajemen Proyek.* Bandung: Widina Bhakti Persada.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI). (2024, November 25). Retrieved from Kamus versi online/daring (dalam jaringan): <https://kbbi.web.id/metode>
- Kurniawan, S. &. (2021). Analisis Produktivitas Galian Timbunan Menggunakan Alat Berat pada Pembangunan Bendungan Margatiga Lampung Timur. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 11 (1). doi:<https://doi.org/10.24127/tp.v11i1.1798>

- Lestari, D. (2016). *Perhitungan Produktivitas dan Efektivitas Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Nasrullah Hidayat, M. N.-K. (2023). Pengaruh Dampak sosial Terhadap Proyek Pembangunan Jalan Tol Di Medan-Binjai. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 3301-3307.
- Nugraha, S. A. (2020). *Analisis Produktivitas Excavator dan (Analisis Productivity of Excavator and Dump Truck)*. Universitas Islam Indonesia.
- Pradana, F. A. (2018). Perhitungan Alat Berat Jenis Bulldozer Pada Pekerjaan Cut and Fill (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Bandara Baru International Yogyakarta STA 4+000 - STA 4+300 di Kecamatan Temon Kabupaten Kulonprogo. *Jurnal Ekonomi Volume 18 Nomor 1 Maret 201*, 2(1).
- Rochmanhadi. (1992). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Rostiyanti, S. F. (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Setiawan, R. Y. (2017). Produktivitas Alat Berat untuk Pekerjaan Timbunan Tanah pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Kertosono Paket 2A STA 56+050 - 79+000. *Gadjah Mada University*, 5 (1), 80-97.
- Siyoto, M. A. (2015). *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Literasi Media Publishing.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Tapang, A. M. (1995). *Menyusun Rencana Penelitian*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Tenriajeng. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Gunadarma.
- Waluyo, L. (2007). *Mikrobiologi Umum*. Malang: UPT Penerbitan Universitas Muhammadiyah Malang.
- Wilopo, D. (2009). *Metode Konstruksi dan Alat Berat*. Jakarta: Universitas Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran. 1 Gambar Lokasi



Lampiran. 2 Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi

	Direktorat Perpustakaan Universitas Islam Indonesia Gedung Moh. Hatta Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584 T. (0274) 898444 ext.2301 F. (0274) 898444 psw.2091 E. perpustakaan@uii.ac.id W. library.uil.ac.id
---	---

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI
 Nomor: 2589057861/Perpus./10/Dir.Perpus/II/2025

Bismillaahirrahmaanirrahim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : Alfi Aldi Miftahul Rizqi
 Nomor Mahasiswa : 20511307
 Pembimbing : Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM.
 Fakultas / Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan/ Teknik Sipil
 Judul Karya Ilmiah : ANALISA PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN
 TIMBUNAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL SOLO -
 YOGYAKARTA - YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT
 KULON PROGO (ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT
 PRODUCTIVITY IN STOCKPILING WORK ON THE SOLO -
 YOGYAKARTA - YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT
 TOLL ROAD CONSTRUCTION PROJECT)

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **14 (Empat belas) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 2/15/2025
 Direktur



Muhammad Jamil, SIP.

Lampiran. 3 Penempatan Material Timbunan



Lampiran. 4 Antrian *Dump Truck* Yang Membawa Material Timbunan

