

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA
PEKERJAAN TIMBUNAN TANAH**
***(ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT PRODUCTIVITY
ON FILLING WORK)***

(Studi Kasus: Penataan Kawasan Kampus UII Yogyakarta Bagian Embung Barat
UII)

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



DIFFA MARISSA MULYA

19511214

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2024

TUGAS AKHIR
ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA
PEKERJAAN TIMBUNAN TANAH
(ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT PRODUCTIVITY ON
FILLING WORK)

(Studi Kasus: Penataan Kawasan Kampus UII Yogyakarta Bagian Embung Barat
UII)



Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 15 Juli 2024

Oleh Dewan Penguji

Disetujui:

Pembimbing

Ir. F. Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM.

NIK: 005110101

Penguji I

Albani Musvafa', S.T., M.T., Ph.D

NIK: 955110102

Penguji II

Ir. Tri Nugroho Sulistiantoro, S.T., M.T

NIK: 195110502

Mengesahkan,

Program Studi Teknik Sipil



NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya siap untuk bertanggung jawab.

Yogyakarta, 29 Juni 2024

Penulis,



Diffa Marissa Mulya

19511214

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Segala rasa puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Tanah*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang penulis hadapi, namun berkat kritik, saran serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya 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 yang senantiasa sabar membimbing penulis, sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Penguji 1, yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T selaku Dosen Penguji 2, yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Sri Aminatun, S.T., M.T., selaku Konsultan Manajemen Konstruksi Penataan Kawasan UGM dan UII, yang telah memberikan izin untuk

6. Bapak Sucip selaku pembimbing di lapangan, yang mendampingi pengambilan data di lapangan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 29 Juni 2024

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Diffa Marissa Mulya', with a long horizontal stroke extending to the right.

Diffa Marissa Mulya

19511214

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur, penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam perjalanan ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Allah SWT dengan mengucapkan syukur atas rahmat, karunia dan nikmat kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Dua orang paling berjasa dalam hidup penulis, Papa Rahmulyo dan Mama Nekki Ratnaningrum. Terima kasih telah memberikan cinta, pengorbanan, nasehat, doa, serta semangat tiada henti. Tanpa lelah mendukung segala keputusan dalam hidup penulis. Tanpa kalian, penulis tidak akan berada di titik ini. Semoga Allah SWT selalu menjaga kalian dalam kebaikan dan kemudahan.
3. Saudara tersayang, Alin dan Soffi yang memberikan dukungan serta doa dalam setiap langkah yang penulis ambil. Semoga perjalanan ini mampu memotivasi kalian.
4. Ibu Fitri Nugraheni, yang telah membimbing dan memberikan arahan dengan penuh kesabaran. Terima kasih telah memberikan kemudahan dan memberikan banyak pelajaran. Semoga ilmu yang telah ibu berikan dapat memberikan manfaat dan menjadikan penulis lebih berkembang.
5. Muhammad Reyhan Hanif, yang telah mendampingi penulis selama kuliah, memberikan semangat, dukungan, mendengarkan keluh kesah penulis, serta membantu penulis. Semoga selalu dalam lindungan Allah SWT dan kita bisa sukses kedepannya.
6. Sahabat-sahabat tersayang, Fatin, Bunga, Cipi, Rani, Bayu, Arkap, Fadhil, Arif, Mukhsinin, Ari, Dimas, Wahyu yang telah menemani dalam suka dan duka, membantu, berbagi pengetahuan, serta kebersamaan. Terima kasih telah menjadi teman perjalanan yang menyenangkan dan membuatnya menjadi lebih bermakna. Semoga kita dapat sukses bersama kedepannya.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Penelitian Terdahulu	7
2.2.1 Analisis Produktivitas Alat Berat pada Jalan Impeksi Opas Indah	7
2.2.2 Analisis Produktivitas <i>Excavator</i> dan <i>Dump Truck</i>	8
2.2.3 Analisis Produktivitas <i>Excavator</i> pada Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia	9
2.2.4 Analisis Produktivitas Alat Berat dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan	10
	vii

2.2.5 Analisis Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Tanah Proyek Jalan Tol Pekanbaru – Bangkinang STA 9+300 – 10+000	10
2.2.6 Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan Proyek Penataan <i>Landfill</i> Zona B TPA Regional Piyungan	11
2.3 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian yang Dilaksanakan	12
BAB III LANDASAN TEORI	25
3.1 Manajemen Proyek	25
3.1.1 Pengertian Manajemen Proyek	25
3.1.2 Tujuan Manajemen Proyek	25
3.1.3 Tahapan Manajemen Proyek	26
3.2 Manajemen Alat Berat	26
3.3 Alat Berat	28
3.3.1 Alat Berat <i>Excavator</i>	28
3.3.2 Alat Berat <i>Dump Truck</i>	30
3.3.3 Alat Berat <i>Bulldozer</i>	33
3.4 Produktivitas Alat Berat	34
3.4.1 Material Tanah	34
3.4.2 Waktu Siklus	37
3.4.3 Efisiensi Kerja Alat	37
3.4.4 Produktivitas <i>Excavator</i>	39
3.4.5 Produktivitas <i>Dump Truck</i>	41
3.4.6 Produktivitas <i>Bulldozer</i>	45
3.5 Biaya Pengoperasian Alat Berat	46
3.5.1 Biaya Sewa Alat Berat	47
3.5.2 Biaya Bahan Bakar	47
3.5.3 Upah Kerja	47
BAB IV METODE PENELITIAN	48
4.1 Metode Penelitian	48
4.2 Subjek dan Objek Penelitian	48

4.3	Pengumpulan Data	49
4.4	Tahapan Analisis Penelitian	50
4.5	Bagan Alir Penelitian	51
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		55
5.1	Data Proyek	55
5.2	Analisis Data	55
5.2.1	Volume Galian dan Timbunan	55
5.2.2	Data Alat Berat	62
5.2.3	Jenis Material Galian dan Timbunan	67
5.2.3	Efisiensi Kerja Alat	67
5.2.4	Faktor Bucket Excavator dan Faktor Blade Bulldozer	75
5.2.5	Perhitungan Rencana Produktivitas Alat Berat	81
5.2.6	Perhitungan Produktivitas Alat Berat di Lapangan	87
5.2.7	Biaya Sewa Alat	106
5.2.8	Perhitungan Durasi Pekerjaan	107
5.2.9	Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat	110
5.3	Pembahasan	122
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		124
6.1	Kesimpulan	124
6.2	Saran	124
DAFTAR PUSTAKA		125

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	13
Tabel 3.1 Perbedaan Crawler Mounted Excavator dengan Wheel Mounted Excavator	29
Tabel 3.2 Faktor Konversi Volume Tanah atau Material	35
Tabel 3.3 Efisiensi Kerja	38
Tabel 3.4 Faktor Bucket Excavator	40
Tabel 3.5 Waktu Siklus (CT) Excavator Beroda Crawler (Menit)	41
Tabel 3.6 Faktor Koreksi (S) untuk Kedalaman dan Sudut Putar	41
Tabel 3.7 Faktor Koreksi (BFF) untuk Alat Gali	41
Tabel 3.8 Waktu Bongkar Dump Truck	43
Tabel 3.9 Waktu Ganti Persneling (menit)	45
Tabel 3.10 Faktor Blade Bulldozer	46
Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Galian	57
Tabel 5.2 Rekapitulasi Volume Timbunan	58
Tabel 5.3 Volume Timbunan pada Ramp	61
Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Volume Galian dan Timbunan Tanah	62
Tabel 5.5 Faktor Efisiensi Alat Berat Hari Senin	70
Tabel 5.6 Faktor Efisiensi Alat Berat Pada Hari Rabu	71
Tabel 5.7 Faktor Efisiensi Alat Berat pada Hari Jumat	72
Tabel 5.8 Faktor Efisiensi Alat Berat pada Hari Sabtu	73
Tabel 5.9 Rekapitulasi Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat	74
Tabel 5.10 Pengamatan Faktor Bucket dan Faktor Blade Hari Senin	77
Tabel 5.11 Pengamatan Faktor Bucket dan Faktor Blade Hari Rabu	78
Tabel 5.12 Pengamatan Faktor Bucket dan Faktor Blade Hari Jumat	79
Tabel 5.13 Pengamatan Faktor Bucket dan Faktor Blade Hari Sabtu	80
Tabel 5.14 Rekapitulasi Faktor Bucket dan Faktor Blade	81

Tabel 5.15 Rekapitulasi Produktivitas Rencana Excavator Komatsu PC-200	82
Tabel 5.17 Waktu Angkut dan Waktu Kembali Dump Truck	84
Tabel 5.18 Rekapitulasi Waktu Siklus Dump Truck	85
Tabel 5.19 Rekapitulasi Produktivitas Rencana Dump Truck	85
Tabel 5.20 Rekapitulasi Produktivitas Rencana Alat Berat	86
Tabel 5.21 Data Pengamatan Waktu Siklus Excavator Komatsu PC-200 Hari Senin	88
Tabel 5.22 Data Pengamatan Waktu Siklus Excavator Komatsu PC-200 Hari Rabu	88
Tabel 5.23 Data Pengamatan Waktu Siklus Excavator Komatsu PC-200 Hari Jumat	89
Tabel 5.24 Data Pengamatan Waktu Siklus Excavator Komatsu PC-200 Hari Sabtu	89
Tabel 5.25 Rekapitulasi Produktivitas Lapangan Excavator Komatsu PC-200 pada Hari Senin	91
Tabel 5.26 Rekapitulasi Produktivitas Excavator Komatsu PC-200	91
Tabel 5.28 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Mitsubishi Kapasitas 6,5 m ³ Hari Senin	93
Tabel 5.29 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Mitsubishi Kapasitas 6,5 m ³ Hari Rabu	93
Tabel 5.30 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Mitsubishi Kapasitas 6,5 m ³ Hari Jumat	94
Tabel 5.31 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Mitsubishi Kapasitas 6,5 m ³ Hari Sabtu	94
Tabel 5.32 Rekapitulasi Produktivitas Dump Truck Mitsubishi Kapasitas 6,5 m ³	95
Tabel 5.33 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota Kapasitas 6,7 m ³ Hari Senin	96
Tabel 5.34 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota Kapasitas 6,7 m ³ Hari Rabu	97
Tabel 5.35 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota Kapasitas 6,7 m ³ Hari Jumat	97

Tabel 5.36 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota Kapasitas 6,7 m ³	
Hari Sabtu	98
Tabel 5.37 Rekapitulasi Produktivitas Dump Truck Kapasitas Toyota 6,7m ³	99
Tabel 5.38 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota Kapasitas 6,8 m ³	
Hari Senin	100
Tabel 5. 39 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota Kapasitas 6,8 m ³	
Hari Rabu	100
Tabel 5. 40 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota Kapasitas 6,8 m ³	
Hari Jumat	101
Tabel 5.41 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota Kapasitas 6,8 m ³	
Hari Sabtu	101
Tabel 5.42 Rekapitulasi Produktivitas Dump Truck Toyota Kapasitas 6,8 m ³	102
Tabel 5.43 Data Pengamatan Waktu Siklus Bulldozer Komatsu D31E	Hari
Senin	103
Tabel 5.44 Data Pengamatan Waktu Siklus Bulldozer Komatsu D31E	Hari
Rabu	104
Tabel 5.45 Data Pengamatan Waktu Siklus Bulldozer Komatsu D31E	Hari
Jumat	104
Tabel 5.46 Data Pengamatan Waktu Siklus Buldozer Komatsu D31E	Hari
Sabtu	105
Tabel 5.47 Rekapitulasi Produktivitas Bulldozer Komatsu D31E	106
Tabel 5.48 Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat di Lapangan	106
Tabel 5.49 Biaya Kombinasi Alat Berat Kondisi Asli	112
Tabel 5.50 Biaya Kombinasi Alat Berat Alternatif 1	115
Tabel 5.51 Biaya Kombinasi Alat Berat Alternatif 2	118
Tabel 5.52 Biaya Kombinasi Alat Berat Alternatif 3	120
Tabel 5.53 Rekapitulasi Alternatif Kombinasi Alat Berat	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Proyek Penataan Kawasan Kampus UII Bagian Embung Barat UII	3
Gambar 3.1 Crawler Mounted Excavator	29
Gambar 3.2 Wheel Mounted Excavator	30
Gambar 3.3 Rear Dump Truck	31
Gambar 3.4 Side Dump Truck	32
Gambar 3.5 Bottom Dump Truck	32
Gambar 3.6 Jenis Blade Bulldozer	34
Gambar 5.1 Rencana Galian dan Timbunan Proyek Penataan Kawasan Embung Barat UII	56
Gambar 5.2 Luas Galian pada Area 1	57
Gambar 5.3 Luas Timbunan pada Area 6	58
Gambar 5.4 Potongan Ramp Tipe A	59
Gambar 5.5 Luas Timbunan Pasir Batu	60
Gambar 5.6 Luas Pasir Urug	60
Gambar 5.7 Excavator Komatsu PC200	63
Gambar 5.8 Lebar Bucket Excavator Komatsu PC200 113 cm	63
Gambar 5.9 Panjang Bucket Excavator Komatsu PC200 120 cm	64
Gambar 5.10 Kedalaman Bucket Excavator Komatsu PC200 75 cm	64
Gambar 5.11 Dump Truck Mitsubishi	65
Gambar 5.12 Dump Truck Toyota	65
Gambar 5.13 Dump Truck Toyota	66
Gambar 5.14 Bulldozer Komatsu D31E	67
Gambar 5.15 Material Galian dan Timbunan	67
Gambar 5.16 Excavator Berhenti Karena Menunggu Arahan	68
Gambar 5.17 Dump Truck Berhenti Karena Menunggu Antrean Excavator	68
Gambar 5.18 Bulldozer Berhenti Karena Menunggu Material	69

Gambar 5.19 Material Dapat Terisi Hingga Muncung Excavator	75
Gambar 5.20 Bucket Excavator Tidak Terisi Penuh Material	76
Gambar 5.21 Blade Bulldozer Terisi Penuh Material	76
Gambar 5.22 Skema Alat Berat pada Kondisi Asli di Lapangan	112
Gambar 5.23 Skema Alat Berat pada Alternatif 1	115
Gambar 5.24 Skema Alat Berat pada Alternatif 2	118
Gambar 5.25 Skema Alat Berat pada Alternatif 3	121

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Sw	= <i>Swelling</i> (% pengembangan)
Sh	= <i>Shrinkage</i> (% penyusutan)
Q	= Produktivitas alat perjam (m^3/jam)
V	= Kapasitas alat (m^3)
LT	= Waktu muat (detik)
HT	= Waktu angkut (detik)
DT	= Waktu bongkar (detik)
RT	= Waktu kembali (detik)
CT	= Waktu siklus (detik)
n	= Jumlah alat
BFF	= Faktor koreksi alat gali
S	= Faktor koreksi kedalaman dan sudut putar
q'	= Kapasitas <i>bucket excavator</i> penuh (m^3)
K	= Faktor <i>bucket excavator</i>
E	= Efisiensi kerja
Cd	= Kapasitas <i>dump truck</i> (m^3)
Cm	= Waktu siklus pemuat (detik)
D	= Jarak angkut (m)
V1	= Kecepatan <i>dump truck</i> muatan penuh (m/menit)
V2	= Kecepatan <i>dump truck</i> muatan kosong (m/menit)
F	= Kecepatan maju <i>bulldozer</i> (m/menit)
R	= Kecepatan mundur <i>bulldozer</i> (m/menit)
Z	= waktu ganti persneling (detik)

ABSTRAK

Penataan Kawasan UII yang dilaksanakan di Embung Barat UII Yogyakarta merupakan pembangunan konstruksi penataan *landscape*. Penelitian ini membahas mengenai analisis produktivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian dan timbunan di penataan kawasan Kampus UII bagian Embung Barat. Alat berat yang digunakan untuk pekerjaan ini berupa *excavator*, *dump truck*, dan *bulldozer*. Dengan adanya analisis produktivitas alat berat, didapatkan alternatif kombinasi alat berat yang lebih efisien dibandingkan kondisi di lapangan.

Pada penelitian ini dilakukan dengan pengamatan jam kerja setiap alat dan pengumpulan data seperti gambar kerja, durasi pekerjaan, spesifikasi alat berat, manajemen alat, serta biaya sewa alat. Didapatkan volume galian sebesar 3847,689 m³ dan volume timbunan padat sebesar 3769,833 m³. Selanjutnya, dilakukan perhitungan produktivitas rencana, perhitungan produktivitas lapangan, menghitung durasi rencana, menghitung durasi lapangan, mendapatkan alternatif kombinasi alat berat. Alternatif kombinasi alat yang efisien dihitung dari selisih biaya dan waktu antara kondisi alternatif dengan kondisi di lapangan.

Hasil perhitungan kombinasi alat berat pada kondisi di lapangan membutuhkan waktu 14 hari kerja dengan biaya sebesar Rp 97.264.286,00. Sedangkan, alternatif pertama membutuhkan waktu 4 hari kerja dengan biaya sebesar Rp 56.600.000,00. Alternatif kedua membutuhkan waktu 5 hari kerja dengan biaya sebesar Rp 59.000.000,00. Alternatif ketiga membutuhkan waktu 7 hari kerja dengan biaya sebesar Rp 66.493.483,00. Oleh karena itu, alternatif yang direkomendasikan untuk pekerjaan galian dan timbunan Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat adalah Alternatif kedua yang membutuhkan 3 kelompok *dump truck*, 1 unit *excavator*, dan 1 unit *bulldozer*.

Kata kunci: Produktivitas, Alat Berat, Kombinasi, Alternatif

ABSTRACT

The UII Area Arrangement carried out at UII's West Retention Basin. This research discusses the analysis of the productivity of heavy equipment used in excavation and embankment work in the arrangement of the UII Campus area in the West Retention Basin section. The heavy equipment used for this work includes excavators, dump trucks and bulldozers. By analyzing heavy equipment productivity, alternative heavy equipment combinations are obtained that are more efficient than conditions in the field.

This research was carried out by observing the working hours of each tool and collecting data such as work drawings, work duration, heavy equipment specifications, tool management, and tool rental costs. It was found that the excavation volume was 3847,689 m³ and the solid embankment volume was 3769,833 m³. Next, plan productivity calculations, field productivity calculations, plan duration calculations, field duration calculations, and alternative heavy equipment combinations are carried out. Alternative efficient tool combinations are calculated from the difference in cost and time between alternative conditions and conditions in the field.

The calculation results for the combination of heavy equipment in field conditions required 14 working days at a cost of IDR 97,264,286.00. Meanwhile, the first alternative takes 4 working days and costs IDR 56,600,000.00. The second alternative takes 5 working days and costs IDR 59,000,000.00. The third alternative takes 7 working days and costs IDR 66,493,483.00. Therefore, the recommended alternative for excavation and embankment work for the West Embung section of the UII Campus Area Arrangement Project is the second alternative which requires 3 groups of dump trucks, 1 excavator unit and 1 bulldozer unit.

Keyword: *Productivity, Heavy Equipment, Combination, Alternative*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tingkat pendidikan di Indonesia terdiri atas tiga tingkatan, yaitu pendidikan dasar, pendidikan menengah, dan pendidikan tinggi. Kampus merupakan sarana untuk pendidikan tinggi yang menjadi pusat penting bagi pengembangan akademis, inovasi, dan pengalaman mahasiswa. Pertambahan jumlah mahasiswa, kebutuhan akan fasilitas modern, dan tuntutan akan lingkungan kampus yang inklusif menjadi motivasi utama untuk melaksanakan penataan kawasan kampus. Dalam pelaksanaan proyek penataan kawasan kampus, harus dilakukan perencanaan yang baik supaya proyek berjalan dengan lancar.

Keberhasilan proyek tidak hanya bergantung pada perencanaan yang baik, tetapi juga pada efisiensi dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Salah satu aspek penting dalam pelaksanaan proyek konstruksi adalah produktivitas alat berat (Arsjad & Mangare, 2020). Produktivitas alat berat memiliki dampak langsung pada biaya dan jangka waktu pelaksanaan proyek. Tujuan penggunaan alat berat adalah untuk memudahkan manusia dalam melakukan pekerjaan sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai lebih mudah dalam waktu yang relatif lebih singkat. Dalam menyelesaikan suatu pekerjaan dari proyek tertentu, penting untuk memilih peralatan yang tepat. Pemilihan alat berat sangat bergantung pada karakteristik masing-masing alat dan kebutuhan proyek tersebut. Namun, perlu diingat bahwa pengadaan alat berat melibatkan biaya yang signifikan. Oleh karena itu, keputusan dalam memilih alat berat memiliki dampak langsung pada biaya dan jangka waktu pelaksanaan proyek. Seperti pada proyek pekerjaan tanah, alat yang digunakan berbeda dari pekerjaan lain.

Pekerjaan tanah yang melibatkan penggalian, pemadatan, pengangkutan material, dan berbagai tugas konstruksi lainnya, merupakan tahap kritis dalam banyak proyek konstruksi. Kualitas dan efisiensi pekerjaan tanah memiliki dampak yang signifikan pada keseluruhan keberhasilan proyek maka penggunaan alat berat seperti *excavator*, *dump truck*, *bulldozer*, *vibrator roller*, dan alat berat lainnya memiliki peran vital dalam menentukan sejauh mana suatu proyek pekerjaan tanah akan berjalan sesuai jadwal dan anggaran yang telah ditentukan. Untuk itu kita perlu memperhitungkan produktivitas alat tersebut sebagai panduan dalam menentukan berapa lama pekerjaan itu akan selesai dan berapa banyak alat yang dibutuhkan. Ada banyak faktor yang bisa memengaruhi produktivitas alat berat, seperti kondisi tanah, keberadaan hambatan atau rintangan, pemeliharaan alat berat, dan keterampilan operator, sehingga diperlukan pengamatan lapangan terhadap aktivitas alat berat selama beberapa hari untuk mendapatkan nilai produktivitas yang akurat. Alat berat dianggap produktif jika selama jam kerja, alat tersebut terus beroperasi sesuai dengan fungsi dan tujuannya.

Penataan Kawasan Embung Bagian Barat UII merupakan bagian dari Paket Penataan Kawasan Kampus UGM dan UII. Pada kampus UGM terbagi menjadi 8 area (Fakultas Arboretum, Sains, Fakultas Farmasi, Jalan Persatuan, Sekolah Vokasi, Gedung Flat ADE, area Fisipol, dan *Boulevard*) dan penataan kawasan Kampus UII yang meliputi *Landscape* Embung Timur dan Embung Barat. Lokasi pekerjaan terletak di sekitar kawasan Kampus UGM di Jalan Pancasila No.1, Blimbing Sari, Caturtunggal, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dan pada kawasan Kampus UII berlokasi di Jalan Kaliurang No.Km. 14,5, Krawitan, Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Lokasi Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat di Daerah Istimewa Yogyakarta dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Lokasi Proyek Penataan Kawasan Kampus UIN Bagian Embung Barat UIN

(Sumber: *Google Earth*, 2024)

Dalam proyek Penataan Kampus UIN ini tentunya menggunakan banyak alat berat. Kondisi medan dan material yang dikerjakan membuat nilai produktivitas alat berat berbeda dengan proyek yang berada di daerah lain. Sebagai contoh proyek yang dianalisis oleh Bejasekto (2020) pada pekerjaan timbunan pilihan di proyek jalan Impeksi Opas Indah nilai produktivitas *wheel loader* sebesar 101,59 m³/jam selama 9 hari/alat, *dump truck* sebesar 11,24 m³/jam selama 77 hari/jam, *motor grader* sebesar 4564,35 m²/jam selama 1 hari/alat, *tandem roller* sebesar 622.50 m²/jam selama 2 hari/alat, dan *water tank* sebesar 142,29 m³/jam selama 7 hari/alat. Contoh lainnya adalah proyek yang dianalisis oleh Harjani (2023) pada pekerjaan timbunan di proyek TPA Regional Piyungan yang merekomendasikan kombinasi 4 unit *excavator* Komatsu PC200-8 dengan kapasitas 0,8 m³ dan 2 unit *bulldozer* D85-10 dengan kapasitas 3,4 m³.

Penelitian ini membahas mengenai analisis produktivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian dan timbunan di penataan kawasan Kampus UIN

bagian Embung Barat. Alat berat yang digunakan untuk pekerjaan timbunan pada proyek tersebut berupa *excavator*, *dump truck*, dan *bulldozer*. Data dan analisis digunakan untuk mendapatkan alternatif kombinasi produktivitas alat berat yang digunakan pada Proyek Penataan Kampus UII Bagian Embung Barat. Dengan adanya alternatif kombinasi alat berat di proyek tersebut maka dapat menentukan waktu dan biaya penyewaan alat berat. Nilai produktivitas yang tinggi dapat berdampak positif pada nilai keuntungan dengan mempercepat waktu pelaksanaan, namun jika nilai produktivitasnya rendah dapat memberikan dampak negatif dengan keterlambatan waktu pelaksanaan sehingga menyebabkan penurunan nilai keuntungan (Suryanita & Maiyudi, 2023). Maka dari itu, peneliti tertarik untuk menganalisis produktivitas pada Proyek Penataan Kawasan Kampus UII Bagian Embung Barat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah:

1. Berapakah nilai produktivitas alat berat yang digunakan berdasarkan volume pada pekerjaan timbunan tanah Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat?
2. Berapakah jumlah kombinasi alat berat yang dibutuhkan pada pekerjaan timbunan tanah Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat?
3. Apakah ada alternatif kombinasi alat berat lain yang lebih efisien dibandingkan dengan kondisi di lapangan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai produktivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan timbunan tanah Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat.

2. Mendapatkan jumlah kombinasi alat berat yang dibutuhkan pada pekerjaan timbunan tanah Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat.
3. Mengetahui alternatif kombinasi alat berat yang lebih efisien.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mahasiswa

Mahasiswa dapat mengetahui informasi mengenai alat berat yang digunakan pada pekerjaan timbunan dan dapat menambah pengetahuan mengenai produktivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan timbunan, terutama pada proyek penataan kawasan.

2. Ilmu Pengetahuan

Semakin banyak penelitian mengenai topik produktivitas alat berat, maka pembahasan menjadi semakin luas sehingga hasil dari penelitian ini dapat menjadi pembaruan dan menambah referensi bagi pembaca/pengamat selanjutnya yang tertarik dengan topik yang bersangkutan.

3. Praktisi Lapangan

Dengan adanya penelitian ini maka hasilnya dapat menjadi bahan acuan untuk pekerja dengan proyek konstruksi serupa di masa mendatang, sehingga dapat mengurangi biaya dan durasi waktu.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan-batasan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di lokasi penataan kawasan Kampus UII bagian Embung Barat.
2. Hanya meninjau jenis alat berat yang memiliki dampak signifikan dalam Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat.

3. Alat-alat yang digunakan untuk pekerjaan timbunan tanah yaitu *excavator*, *dump truck*, dan *bulldozer*.
4. Alternatif yang digunakan adalah alat yang sama namun dengan jumlah yang berbeda.
5. Variabel-variabel yang ditinjau meliputi jenis alat berat, merk alat berat serta tiga siklus kerja alat berat dalam jam efektif.
6. Jam kerja alat berat yang ditinjau adalah jam kerja normal, yaitu 7 jam/hari.
7. Kondisi alat baik dari segi operasi alat berat dan pemeliharaan mesin
8. Rumus yang digunakan berdasarkan rumus-rumus yang sudah ada sebelumnya.
9. Informasi mengenai jumlah dan jenis alat berat yang digunakan diperoleh dari pihak yang bertanggung jawab PT. Bumi Aceh Citra Persada.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan langkah awal dalam proses penelitian yang mana penulis mengumpulkan dan mengevaluasi literatur yang relevan dengan topik yang diteliti. Tujuan dari tinjauan pustaka adalah untuk memahami dan merangkum pengetahuan yang telah ada mengenai topik tersebut, mengidentifikasi, dan memahami konsep-konsep teori dan temuan yang relevan dari peneliti sebelumnya.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengacu pada studi-studi atau penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dan telah diterbitkan. Penelitian sebelumnya yang membahas tentang produktivitas alat berat telah dilakukan dengan berbagai variabel dan metode penelitian yang berbeda. Berikut adalah penelitian-penelitian terdahulu yang dijadikan panduan dalam penelitian ini.

2.2.1 Analisis Produktivitas Alat Berat pada Jalan Impeksi Opas Indah

Penelitian yang dilakukan oleh Bejasekto (2020) dari Universitas Islam Indonesia membahas mengenai nilai produktivitas alat berat dan lama penggunaan alat berat berdasarkan volume rencana pekerjaan, serta alat yang mendominasi pada saat pekerjaan dilaksanakan. Alat berat yang ditinjau oleh penulis pada pekerjaan timbunan pilihan adalah *wheelloader*, *dump truck* dengan kapasitas bak 5 m³, *motor grader*, *tandem roller*, dan *water tank truck*. Alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian biasa adalah *excavator* dengan kapasitas *bucket* 1 m³ dan *dump truck* dengan kapasitas bak 5 m³. Sedangkan alat berat yang digunakan pada pekerjaan penyiapan badan jalan adalah *motor grader* dan *tandem roller*. Metode

yang digunakan adalah mendapatkan volume galian tanah pilihan di lokasi *Quary* yang didapatkan dari data proyek yang telah ada, setelah itu menghitung nilai produktivitas untuk pekerjaan timbunan pilihan dengan alat *wheel loader*, *dump truck*, *motor grader*, *vibrator roller*, dan *water tank truck*, lalu menghitung nilai produktivitas untuk pekerjaan galian biasa dengan alat *excavator* dan *dump truck*, kemudian menghitung nilai produktivitas untuk pekerjaan persiapan badan jalan dengan alat *motor grader* dan *tandem roller*. Hasil penelitian tersebut diperoleh nilai produktivitas untuk timbunan pilihan sebesar 101,59 m³/jam untuk alat *wheel loader* dengan durasi 9 hari/alat, 11,24 m³/jam untuk produktivitas *dump truck* dengan durasi 77 hari/alat, 4564,35 m³/jam untuk produktivitas *motor grader* dengan durasi 1 hari/alat, 662,50 m³/jam untuk produktivitas *tandem roller* dengan durasi 2 hari/alat, dan 142,29 m³/jam untuk produktivitas *water tank*. Sedangkan pada pekerjaan galian biasa diperoleh 159,36 m³/jam untuk produktivitas *excavator* dengan durasi 2 hari, serta 19,33 m³/jam untuk produktivitas *dump truck* dengan durasi 7 hari/alat. Sedangkan pada pekerjaan badan jalan diperoleh 5277,5255 m³/jam untuk produktivitas *motor grader* dengan durasi 1 hari, serta 1037,5 m³/jam untuk produktivitas *tandem roller* dengan durasi 1 hari. Alat yang dominan digunakan dalam pelaksanaan yaitu *dump truck*.

2.2.2 Analisis Produktivitas *Excavator* dan *Dump Truck*

Penelitian yang dilakukan oleh Nugraha (2020) dari Universitas Islam Indonesia membahas mengenai nilai produktivitas alat berat yang dihasilkan *excavator* dan *dump truck* serta kombinasi yang didapatkan dari alat berat tersebut berdasarkan evaluasi efisiensi biaya dan waktu dalam pekerjaan galian pada proyek peningkatan ruas jalan Yogyakarta – Barongan (Imogiri), Bantul, DIY. Alat berat yang ditinjau penulis adalah kombinasi alat berat *Excavator* tipe Komatsu PC75uu-3 dengan kapasitas *bucket* 0,305 m³ dan *dump truck* dengan kapasitas bak 7 m³. Metode yang digunakan peneliti adalah dengan menghitung volume galian dengan metode *cross section* dan *prismoda*, mengamati dan menghitung waktu siklus *Excavator* tipe Komatsu PC75uu-3, menghitung nilai produktivitas *excavator*, melakukan pengamatan dan perhitungan waktu siklus *dump truck*, menghitung nilai produktivitas *dump truck*, kemudian menetapkan kombinasi alat berat tersebut yang

paling efisien berdasarkan biaya dan waktu. Hasil analisis dari penelitian tersebut didapatkan Nilai produktivitas alat berat *excavator* Komatsu PC 75uu-3 sebesar 29,84 m³/jam dan *dump truck* Mitsubishi 7 m³ sebesar 10,77 m³/jam dan didapatkan rekomendasi alternatif kombinasi alat berat untuk pekerjaan galian dan pemindahan tanah pada proyek tersebut dengan menggunakan 3 unit *excavator* Komatsu PC-75 uu-3 serta 9 unit *dump truck* berukuran 7 m³. Sebagai alternatif, kombinasi alat berat ini memiliki waktu kerja tercepat yang dapat memengaruhi pekerjaan, meskipun dengan biaya sedikit lebih mahal dibandingkan alternatif lainnya.

2.2.3 Analisis Produktivitas *Excavator* pada Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia

Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2021) dari Universitas Islam Indonesia membahas mengenai perbandingan produktivitas rencana dan kondisi asli di lapangan pada *excavator* merk Komatsu PC-200, biaya oprerasional untuk *excavator* merk Komatsu PC-200, dan mengetahui kombinasi alat yang sesuai dan efisien untuk proyek embung UII. Pada penelitian tersebut menggunakan metode deskriptif evaluasi yang menjelaskan mengenai jenis alat, jumlah alat berat, dan besar biaya operational alat berat yang digunakan dalam proyek yang ditinjau. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan rata-rata produktivitas lapangan sebesar 222,241 m³/jam dan efisiensi kerja sebesar 17,948 menit/jam, dibandingkan dengan produktivitas rencana yang mendapatkan hasil sebesar 161,761 m³/jam dan efisiensi kerja sebesar 45 menit/jam. Kombinasi alat berat yang direkomendasikan berdasarkan pebandingan yang telah dilakukan untuk penggalian dan pemindahan tanah di Proyek Pembangunan Embung UII adalah kombinasi alat berat pada alternatif 2, yang mencangkup 2 unit *Excavator* Komatsu PC-200. Alternatif 2 memiliki perbedaan waktu lebih cepat dibandingkan dengan alternatif 1, sehingga berpotensi pada pekerjaan selanjutnya, serat memiliki pengeluaran biaya yang sama dengan alternatif 1. Pekerjaan tersebut dapat terselesaikan sepenuhnya dalam durasi waktu sebesar 59 jam dengan biaya total yang dikeluarkan sebesar Rp 39.940.000.

2.2.4 Analisis Produktivitas Alat Berat dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan

Penelitian yang dilakukan oleh Listyawan, dkk (2021) dari Universitas Muhammadiyah Surakarta membahas mengenai nilai produktivitas alat berat pada proyek pembangunan RSUD Pondok Aren. Alat berat yang digunakan adalah *excavator*, *dump truck* dan *three wheel loader*. Pada penelitian dilakukan analisis untuk mendapatkan besar produktivitas, waktu dan biaya alat berat berdasarkan data rencana dan data saat pelaksanaan untuk dilakukan perbandingan antara saat perencanaan dan pelaksanaan. Berdasarkan hasil analisis didapatkan produktivitas alat berat berdasarkan data pabrikasi lebih besar dibandingkan dengan saat pelaksanaan sehingga pada pelaksanaan dibutuhkan waktu 95 hari lebih lama dibandingkan waktu rencana. Besarnya biaya yang dikeluarkan pada pelaksanaan sebesar Rp 205.800.000 sedangkan pada perencanaan sebesar Rp.559.397.556 dengan selisih biaya pelaksanaan dan biaya perencanaan sebesar Rp 353.597.556. Maka didapatkan kesimpulan biaya pada pelaksanaan lebih murah dibandingkan dengan perencanaan.

2.2.5 Analisis Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Tanah Proyek Jalan Tol Pekanbaru – Bangkinang STA 9+300 – 10+000

Penelitian yang dilakukan oleh Satria, dkk (2023) dari Universitas Wiraraja membahas mengenai nilai Produktivitas alat berat pada pekerjaan penimbunan tanah jalan tol Pekanbaru – Bangkinang dan alternatif yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan timbunan tepat waktu, yaitu 60 hari. Metode penelitian ini menggunakan metode observasi pengamatan di lokasi proyek yang terdiri dari mengamati produktivitas alat berat, respon pekerja terhadap proyek, dan durasi penggunaan alat berat, lalu mendapatkan volume tanah, kemudian dari data itu direkapitulasi, kemudian melakukan perhitungan produktivitas alat berat dan durasi penggunaan setiap alat berat yang bekerja di arah *Quarry*. Alat berat yang ditinjau adalah *excavator* Komatsu PC 200-8M0 dengan kapasitas *bucket* 0,93 m³, *dump truck* dengan kapasitas bak 7,2 m³, *bulldozer* dengan kapasitas *blade* 7,4 m³, *vibrator roller*. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil nilai produktivitas *excavator* sebesar 71,98 m³/jam dan membutuhkan waktu 81 hari, *dump truck* 7,42

m³/jam dan membutuhkan waktu 84 hari, *bulldozer* sebesar 385,76 m³/jam dan membutuhkan waktu 12 hari, *vibrator roller* sebesar 259,40 m³/jam dan membutuhkan waktu 17 hari. Hasil dari penelitian tersebut diketahui bahwa alat muat *excavator* dan alat angkut *dump truck* yang digunakan di lokasi proyek saat ini tidak mampu mencapai kebutuhan produktivitas harian yang telah direncanakan, hal ini disebabkan alat berat yang digunakan di lokasi proyek masih terbatas, maka diperlukan penambahan jumlah alat berat yang terdiri dari 6 unit *excavator*, 30 unit *dump truck* serta penambahan 1 *quarry* tanah di lokasi proyek.

2.2.6 Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan

Penelitian yang dilakukan Harjani (2023) dari Universitas Islam Indonesia membahas mengenai kombinasi jumlah alat berat yang diperlukan, pengeluaran yang diperlukan dengan kombinasi alat tersebut, waktu yang diperlukan untuk menggunakan kombinasi alat tersebut, dan kombinasi alat berat alternatif lain yang efektif dan efisien. Penelitian ini menganalisis kombinasi alat berat *excavator* dan *bulldozer*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah mencari volume timbunan menggunakan *Software Autocad* dan *Revit*, menghitung nilai efektivitas alat berat bekerja, mengestimasi pengeluaran untuk sewa alat berat, menghitung jam kerja saat alat berat beroperasi dan mendapatkan kombinasi optimal alat berat. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan 4 unit *excavator* merek Komatsu PC200-8 berkapasitas 0,8 m³ dan 2 unit *bulldozer* merek D85-10 berkapasitas 3,4 m³ untuk mengoptimalkan efisiensi waktu dan biaya. Pekerjaan ini dapat terselesaikan seluruhnya dalam waktu 493 jam atau 71 hari dengan total biaya Rp1.186.628.000,00. Kombinasi alat berat ini dapat mengurangi waktu pekerjaan sebesar 328 jam (39,951%) dibandingkan dengan kondisi sebelumnya, dan akan menghemat pengeluaran sebesar Rp21.842.600,00 (1,807%).

2.3 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian yang Dilaksanakan

Dari analisis penelitian sebelumnya maka menunjukkan bahwa telah ada banyak studi mengenai produktivitas alat berat. Meskipun alat berat yang digunakan dalam penelitian-penelitian tersebut sama, namun hasil yang ditemukan bervariasi. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan volume pekerjaan, harga sewa alat berat, dan durasi pemakaian alat berat. Perbandingan penelitian sebelumnya dengan penelitian sekarang adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Metode	Hasil
Bejasekto	2020	Analisis Kebutuhan Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Peningkatan Kualitas Pemukiman Kumuh Kawasan Opas Indah	Pangkal Pinang, Kelurahan Opas	<i>Excavator, dump truck, tandem roller, motor grader, wheel loader, serta water tank truck</i>	Mendapatkan volume galian tanah pilihan di lokasi <i>Quary</i> yang didapatkan dari data proyek yang telah ada, setelah itu menghitung nilai produktivitas untuk pekerjaan timbunan pilihan dengan alat <i>wheel loader, dump truck, motor grader, vibrator roller, dan water tank truck</i> , lalu menghitung nilai produktivitas untuk pekerjaan galian biasa dengan alat <i>excavator dan dump truck</i> , kemudian menghitung nilai produktivitas untuk pekerjaan persiapan badan jalan dengan	Hasil penelitian tersebut diperoleh nilai produktivitas untuk timbunan pilihan sebesar 101,59 m ³ /jam untuk alat <i>wheel loader</i> dengan durasi 9 hari/alat, 11,24 m ³ /jam untuk produktivitas <i>dump truck</i> dengan durasi 77 hari/alat, 4564,35 m ³ /jam untuk produktivitas <i>motor grader</i> dengan durasi 1 hari/alat, 662,50 m ³ /jam untuk produktivitas <i>tandem roller</i> dengan durasi 2 hari/alat, dan 142,29 m ³ /jam untuk produktivitas <i>water tank</i> . Sedangkan pada pekerjaan galian biasa diperoleh 159,36 m ³ /jam untuk produktivitas <i>excavator</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Metode	Hasil
					alat <i>motor grader</i> serta <i>tandem roller</i> .	dengan durasi 2 hari, serta 19,33 m ³ /jam untuk produktivitas <i>dump truck</i> dengan durasi 7 hari/alat. Sedangkan pada pekerjaan badan jalan diperoleh 5277,5255 m ³ /jam untuk produktivitas <i>motor grader</i> dengan durasi 1 hari, serta 1037,5 m ³ /jam untuk produktivitas <i>tandem roller</i> dengan durasi 1 hari. Alat yang dominan digunakan dalam pelaksanaan yaitu <i>dump truck</i> .
Nugraha	2020	Analisis Produktivitas Kombinasi <i>Excavator</i> dan <i>Dump Truck</i>	Imogiri, Kabupaten Bantul, DIY	<i>Excavator</i> dan <i>Dump Truck</i>	Menghitung volume penggalian dengan metode <i>cross section</i> dan prismoda, mengamati dan menghitung waktu siklus <i>Excavator</i> tipe	Nilai produktivitas alat berat berat <i>excavator</i> Komatsu PC 75uu-3 sebesar 29,84 m ³ /jam dan <i>dump truck</i> Mitsubhisi 7 m ³ sebesar 10,77 m ³ /jam dan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Metode	Hasil
					Komatsu PC75uu-3, menghitung nilai produktivitas <i>excavator</i> , mengamati dan menghitung waktu siklus <i>dump truck</i> , menghitung nilai produktivitas <i>dump truck</i> , kemudian menentukan kombinasi alat berat tersebut yang paling efisien berdasarkan biaya dan waktu.	didapatkan rekomendasi alternatif kombinasi alat berat pada pekerjaan penggalian dan pemindahan tanah pada proyek tersebut yang terdiri dari 3 unit <i>excavator</i> Komatsu PC 75uu-3 dan 9 unit <i>dump truck</i> dengan kapasitas 7 m ³ . Pada alternatif ini memiliki selisih waktu kerja paling cepat yang dapat mempengaruhi pekerjaan meskipun memiliki biaya sedikit lebih mahal dibanding dengan alternatif lainnya.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Metode	Hasil
Kurniawan	2021	Analisis Produktivitas Alat Berat <i>Excavator</i> pada Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia	Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang, Sleman	<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	Menggunakan metode deskriptif evaluasi yang menjelaskan mengenai jenis alat, jumlah alat berat, dan besar biaya operasional alat berat yang digunakan dalam proyek yang ditinjau.	Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan rata-rata produktivitas lapangan sebesar 222,241 m ³ /jam dan efisiensi kerja sebesar 17,948 menit/jam, dibandingkan dengan produktivitas rencana yang mendapatkan hasil sebesar 161,761 m ³ /jam dan efisiensi kerja sebesar 45 menit/jam. Kombinasi alat berat yang direkomendasikan berdasarkan pebandingan yang telah dilakukan untuk penggalian dan pemindahan tanah di Proyek Pembangunan Embung UII adalah kombinasi alat berat pada

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Metode	Hasil
						alternatif 2, yang mencakup 2 unit <i>Excavator</i> Komatsu PC-200. Alternatif 2 memiliki perbedaan waktu lebih cepat dibandingkan dengan alternatif 1, sehingga berpotensi pada pekerjaan selanjutnya, serat memiliki pengeluaran biaya yang sama dengan alternatif 1. Pekerjaan tersebut dapat terselesaikan sepenuhnya dalam durasi waktu sebesar 59 jam dengan biaya total yang dikeluarkan sebesar Rp 39.940.000.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Metode	Hasil
Listyawan, Sahid, Mulyono, dan Fadhlullah	2021	Analisis Produktivitas Alat Berat dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan	Jl. Pd. Betung Raya no.2 Pd. Betung, Pd. Aren, Kota Tangerang Selatan, Banten.	<i>Excavator,</i> <i>three wheel</i> <i>loader</i> dan <i>dump truck</i>	Menggunakan metode survey lapangan untuk mendapatkan data lapangan dan mengetahui kondisi lapangan, kemudian dilakukan pengolahan data untuk mengetahui nilai produktivitas, biaya dan durasi alat berat pada pekerjaan pemindahan tanah	Didapatkan hasil galian tanah pembersihan sampah dengan volume 569,81 m ³ , galian tanah pondasi dengan volume 339,75 m ³ , dan timbunan tanah peninggian lantai 1 sebesar 1731,49 m ³ . Untuk pekerjaan galian tanah pembersihan sampah didapatkan nilai produktivitas <i>excavator</i> Komatsu PC50 sebesar 22 m ³ /jam, <i>dump truck</i> Colt FE SFD sebesar 6,96 m ³ /jam. Untuk pekerjaan galian pondasi didapatkan nilai produktivitas <i>excavator</i> Komatsu

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Metode	Hasil
						<p>PC50 sebesar 22 m³/jam. Untuk pekerjaan timbunan tanah didapatkan nilai produktivitas <i>excavator</i> Hitachi Zx 210-5 sebesar 80,78 m³/jam dan <i>Three wheel loader</i> sebesar 60 m³/jam. Didapatkan hasil analisis pelaksanaan pekerjaan tanah memerlukan waktu lebih lama 95 hari dibandingkan waktu rencana dan selisih biaya alat berat pada pekerjaan tanah saat rencana dengan biaya Rp.559.397.556 dan saat pelaksanaan dengan biaya Rp 205.800.000 dengan selisih sebesar Rp 353.597.556, maka</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Metode	Hasil
						biaya pada saat pelaksanaan lebih murah dibandingkan dengan saat rencana
Satria, Lubis, Saleh	2023	Analisis Prooduktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Tanah Proyek Jalan Tol Pekanbaru – Bangkinang	STA 9+300 – 10+000	<i>excavator</i> Komatsu PC 200-8M0, <i>dump truck</i> , <i>bulldozer</i> , dan <i>vibrator roller</i>	Menggunakan metode observasi lapangan di proyek konstuksi yang terdiri dari mengamati produktivitas alat berat, respon pekerja terhadap proyek, dan durasi penggunaan alat berat, lalu mendapatkan volume tanah, kemudian dari data itu direkapitulasi, kemudian melakukan perhitungan produktivitas alat berat dan durasi penggunaan setiap alat	didapatkan hasil nilai produktivitas <i>excavator</i> sebesar 71,98 m ³ /jam dan membutuhkan waktu 81 hari, <i>dump truck</i> 7,42 m ³ /jam dan membutuhkan waktu 84 hari, <i>bulldozer</i> sebesar 385,76 m ³ /jam dan membutuhkan waktu 12 hari, <i>vibrator roller</i> sebesar 259,40 m ³ /jam dan membutuhkan waktu 17 hari. Hasil dari penelitian tersebut diketahui bahwa alat muat <i>excavator</i> dan alat angkut <i>dump truck</i> yang

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Metode	Hasil
					berat yang bekerja di arah <i>Quarry</i>	digunakan di lokasi proyek saat ini tidak mampu mencapai kebutuhan produktivitas harian yang telah direncanakan, hal ini disebabkan alat berat yang digunakan di lokasi proyek masih terbatas, maka diperlukan penambahan jumlah alat berat yang terdiri dari 6 unit <i>excavator</i> , 30 unit <i>dump truck</i> serta penambahan 1 <i>quarry</i> tanah di lokasi proyek.
Harjani	2023	Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan	TPA Regional Piyungan, Yogyakarta	<i>Excavator</i> dan <i>Bulldozer</i>	Mencari volume timbunan menggunakan <i>Software Autocad</i> dan <i>Revit</i> , menghitung nilai	

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Metode	Hasil
		Proyek Penataan Landfill Zona B TPA Regional Piyungan			produktivitas alat berat, menghitung pengeluaran biaya sewa alat berat, menghitung durasi alat berat bekerja dan mendapatkan kombinasi alternatif alat berat.	PC200-8 berkapasitas 0,8 m ³ dan 2 unit <i>bulldozer</i> merek D85-10 berkapasitas 3,4 m ³ untuk mengoptimalkan efisiensi waktu dan biaya. Pekerjaan ini dapat terselesaikan seluruhnya dalam waktu 493 jam atau 71 hari dengan total biaya Rp1.186.628.000,00. Kombinasi alat berat ini dapat mengurangi waktu pekerjaan sebesar 328 jam (39,951%) dibandingkan dengan kondisi sebelumnya, dan akan menghemat pengeluaran sebesar Rp21.842.600,00 (1,807%).

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Metode	Hasil
Mulya	2023	Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Tanah	Embung Barat Universitas Islam Indonesia	<i>Excavator</i> dan <i>dump truck</i>	Mendapatkan volume timbunan, menghitung nilai produktivitas alat berat, waktu, dan alternatif kombinasi alat berat.	Hasil analisis ini mendapatkan nilai produktivitas alat berat dan dan kombinasi alternatif alat berat

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya telah ditinjau bahwa terdapat beberapa indikator yang menjadi pembeda antara penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu. Beberapa indikator yang membedakan penelitian ini adalah lokasi penelitian, volume tanah pada proyek yang ditinjau, produktivitas alat berat yang ditinjau, waktu dan biaya yang dikeluarkan.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat berat yang berbeda, yaitu *excavator*, *dump truck*, dan *bulldozer*. Lokasi proyek juga berbeda, yaitu di Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat. Perbedaan lainnya juga terletak pada volume pekerjaan yang tentunya berbeda dengan volume proyek lain. Hasil yang didapatkan berupa alternatif, yaitu menggunakan alat berat yang sudah ada namun dengan jumlah yang berbeda.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Manajemen Proyek

3.1.1 Pengertian Manajemen Proyek

Menurut Husen (2009) dalam Kurniawan (2021), manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara Teknik yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja, biaya, mutu, waktu, dan keselamatan kerja. Menurut Griffin (2004) dalam Andiyan, dkk (2023), manajemen adalah proses perencanaan, pengorganisasian, pengkoordinasian, dan pengontrolan sumber daya untuk mencapai tujuan secara efektif dan efisien.

3.1.2 Tujuan Manajemen Proyek

Tujuan manajemen proyek menurut Andiyan, dkk (2023) adalah sebagai berikut.

1. Mengelola risiko yang dapat timbul selama proyek berlangsung, termasuk perubahan lingkungan atau kebijakan pemerintah.
2. Memaksimalkan potensi tim dengan memastikan bahwa tim memiliki sumber daya yang cukup serta memastikan komunikasi antara anggota tim berjalan lancar.
3. Menciptakan perencanaan yang tepat mulai dari jadwal pelaksanaan, anggaran, dan sumber daya yang dibutuhkan sehingga proyek berjalan sesuai rencana dan tepat waktu.

4. Memanfaatkan peluang yang muncul selama proyek berlangsung, seperti perkembangan teknologi baru atau perubahan kebijakan pemerintah.
5. Mengelola integrasi antara berbagai aspek proyek seperti sumber daya, jadwal, dan risiko, sehingga semua aspek tersebut saling terkait dan berjalan seiring satu sama lain.

3.1.3 Tahapan Manajemen Proyek

Manajemen proyek melibatkan sejumlah tahapan yang diikuti untuk merencanakan, melaksanakan, memonitor, dan menutup suatu proyek. Tahapan manajemen proyek menurut Andiyan, dkk (2023) adalah sebagai berikut.

1. Inisiasi, yaitu ide atau konsep proyek diidentifikasi dan dievaluasi.
2. Perencanaan, yaitu rencana proyek dikembangkan untuk menggambarkan bagaimana proyek akan dilaksanakan, dipantau, dan ditutup. Mencakup jadwal waktu, anggaran, sumber daya, risiko, dan strategi komunikasi.
3. Pelaksanaan, pada tahap ini rencana proyek dijalankan dengan melibatkan tim proyek. Koordinasi, komunikasi, dan pengelolaan sumber daya dilakukan secara aktif.
4. Pemantauan dan pengendalian, pada tahap ini dilakukan pemantauan kinerja proyek dan memastikan proyek berjalan sesuai rencana.
5. Penutupan, pada tahap ini proyek dinilai dan ditutup dengan memastikan tujuan telah tercapai. Hasil proyek diserahkan kepada pemangku kepentingan, dan pembelajaran dari proyek direkam.

3.2 Manajemen Alat Berat

Menurut Wilopo (2011) dalam Dewi, dkk (2019), manajemen pemilihan dan pengendalian alat berat adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan alat berat untuk mencapai tujuan pekerjaan yang telah ditentukan

Menurut Rostiyanti (2008), alat-alat berat digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan struktur bangunan terutama pada proyek konstruksi dengan skala besar. Tujuannya untuk memudahkan

manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan tercapai dengan lebih mudah dan dalam waktu yang relatif singkat.

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat sehingga kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat dihindari. Faktor-faktor tersebut menurut Rostiyanti (2008) adalah sebagai berikut.

1. Fungsi yang harus dilaksanakan
Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti alat berat yang digunakan untuk penggalian material, pengangkutan material, meratakan permukaan, dan tugas-tugas lainnya.
2. Kapasitas peralatan
Pemilihan peralatan berat berdasarkan volume atau berat material total yang diangkut maupun dikerjakan. Sehingga, kapasitas alat yang dipilih harus tepat supaya pekerjaan dapat terselesaikan tepat waktu sesuai dengan rencana yang telah ditentukan.
3. Cara pengoperasian
Pemilihan alat berat didasarkan pada arah horizontal ataupun vertikal, jarak pergerakan, kecepatan, frekuensi gerakan, dan faktor lainnya.
4. Pembatasan dari metode yang dipakai
Faktor-faktor pembatasan yang memengaruhi pemilihan alat berat meliputi regulasi lalu lintas, biaya, dan kebutuhan pembongkaran. Selain itu, pilihan metode konstruksi juga memengaruhi penentuan alat berat yang tepat.
5. Ekonomi
Biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting dalam pemilihan alat berat selain dari biaya investasi dan biaya sewa peralatan.
6. Jenis proyek
Jenis proyek memengaruhi pemilihan alat berat yang digunakan. Proyek-proyek tersebut diantaranya adalah proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan, bendungan atau dam, dan berbagai jenis proyek lainnya.
7. Lokasi proyek

Dalam pemilihan alat berat, lokasi proyek juga menjadi hal yang penting untuk diperhatikan. Proyek yang berlokasi di dataran tinggi membutuhkan jenis alat berat yang berbeda dibandingkan dengan proyek yang berlokasi di dataran rendah.

8. Jenis dan daya dukung tanah

Jenis atau karakteristik tanah dan material di lokasi proyek yang akan dikerjakan juga memengaruhi alat berat yang digunakan. Jenis tanah dapat berada dalam kondisi padat, lepas, keras, ataupun lembek.

9. Kondisi lapangan

Kondisi dengan medan yang sulit dan kondisi medan yang mudah juga dapat memengaruhi pemilihan alat berat, sehingga alat berat yang digunakan bisa berbeda.

3.3 Alat Berat

Faktor penting dalam keberhasilan suatu proyek adalah pemilihan alat berat yang sesuai dengan kebutuhan proyek. Ketidaktepatan dalam pemilihan alat berat dapat mengakibatkan proyek tidak lancar yang kemudian akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek, sehingga akan menyebabkan pembengkakan biaya proyek (Rostiyanti, 2008).

Pada proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat pekerjaan tanah timbunan, alat yang digunakan berupa *excavator*, *dump truck*, dan *bulldozer*. *Excavator* digunakan untuk memindahkan material ke dalam bak *dump truck*, kemudian *dump truck* untuk mengangkut material tanah tersebut ke timbunan, sedangkan *bulldozer* untuk meratakan tanah timbunan.

3.3.1 Alat Berat *Excavator*

Menurut Soemardikatmodjo (2003), alat berat *excavator* dibuat untuk menggali, mengangkat, ataupun memuat tanpa harus berpindah tempat dengan menggunakan tenaga *power take of* dari mesin yang dimiliki. *Excavator* memiliki dua tipe penggerak, yaitu *crawler* (rantai) dan *wheel truck mounted* (roda karet). Pergerakan *excavator* dengan roda karet relatif lebih cepat dibandingkan dengan

excavator dengan penggerak rantai. Perbedaan *Crawler Mounted Excavator* dan *Wheel Mounted Excavator* dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Perbedaan *Crawler Mounted Excavator* dengan *Wheel Mounted Excavator*

<i>Crawler Mounted Excavator</i>	<i>Truck Mounted Excavator</i>
Dapat bekerja pada tanah yang lunak, basah, di daerah kasar dan berbatu	Memerlukan landasan tempat kerja yang cukup keras
Dapat bekerja pada tempat-tempat yang sulit atau sempit	Perlu medan kerja yang relatif lebih luas
Dapat mendaki tanjakan dengan kemiringan $\pm 40\%$	Kemampuan mendaki kurang dan kurang stabil saat beroperasi sehingga memerlukan alat bantu stabilitas (<i>out-rigger</i>)
Tidak dapat berjalan dengan kecepatan tinggi, ± 2 km/jam	Dapat berjalan lincah dan relative cepat, ± 70 km/jam
Untuk berpindah tempat yang jauh memerlukan alat pengangkut (trailer)	Memerlukan dua orang operator

Perbedaan *crawler mounted excavator* dan *wheel mounted excavator* dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2 berikut.



Gambar 3.1 *Crawler Mounted Excavator*

Sumber: www.komatsu.com



Gambar 3.2 *Wheel Mounted Excavator*

Sumber: www.4wheelmachine.com

3.3.2 Alat Berat *Dump Truck*

Pada pekerjaan pemindahan tanah menempuh jarak yang cukup jauh, pemilihan jenis alat pengangkut tentunya tergantung pada kondisi medan, volume material, biaya, dan waktu. Menurut Rostiyanti (2008), kelebihan *truck* dibandingkan dengan alat yang lain adalah sebagai berikut.

1. Kecepatan yang lebih tinggi.
2. Kapasitas yang besar.
3. Biaya operasional yang rendah.
4. Kebutuhan dapat disesuaikan dengan kapasitas alat gali yang tersedia.

Menurut Rostiyanti (2008) dalam pengisian bak truk oleh material tanah perlu diperhatikan hal-hal berikut.

1. *Excavator* memengaruhi jumlah truk supaya tidak terjadi *idle*.
2. Tidak lebih dari dua *truck* yang menunggu.
3. *Truck* diisi hingga pada kapasitas maksimum.
4. Untuk pengangkutan material yang beragam, material paling berat ditempatkan pada bagian belakang bak untuk melindungi sistem hidrolik pada *truck*.
5. Gunakan pengganjal ban pada saat pengisian *truck*.

Berdasarkan metode pembongkarannya, menurut Rostiyanti (2008) terdapat tiga jenis truk sebagai berikut.

1. *Rear Dump*

Cara kerja pembongkaran *truck* tipe *rear dump* adalah material dibongkar dengan cara menaikkan bak ke arah belakang. *Rear dump truck* dapat dipakai untuk mengangkut jenis material, namun umumnya dipakai untuk mengangkut material lepas seperti tanah dan pasir kering. Ukuran bak *truck* jenis ini berkisar antara 25-250 ton.



Gambar 3.3 Rear Dump Truck

Sumber: www.archiexpo.com

2. *Side Dump*

Side dump truck mengeluarkan material yang diangkutnya dengan menaikkan salah satu sisi bak ke arah samping. Saat pembongkaran material perlu memerhatikan distribusi material dalam bak. Pengisian material yang tidak seimbang pada salah satu sisi dapat menyebabkan jungkir pada saat pembongkaran material. *Truck* jenis ini biasa digunakan pada pembongkaran dengan kondisi tempat yang sempit dan panjang.



Gambar 3.4 Side Dump Truck

Sumber: www.medium.com

3. *Bottom Dump*

Material yang diangkut oleh *bottom dump truck* dikeluarkan melalui bagian bawah bak yang dapat dibuka pada bagian tengah bak. Pintu bak adalah sisi bagian bawah yang panjangnya dari depan hingga ke belakang. Jenis *truck* ini umumnya mengangkut material lepas seperti pasir, kerikil, batuan sedimen, dan lempung keras. Pembongkaran material dilakukan pada saat kendaraan bergerak. Kelandaian permukaan medan sebaiknya kurang dari 5% karena struktur dari alat tersebut tidak sesuai untuk daerah dengan kemiringan yang curam.



Gambar 3.5 Bottom Dump Truck

Sumber: www.maxter-mp.com

3.3.3 Alat Berat *Bulldozer*

Menurut Rostiyanti (2008), *bulldozer* merupakan alat berat untuk pengolahan lahan. Jenis pekerjaan yang biasanya menggunakan *bulldozer* antara lain:

1. Mengupas *top soil* dan pembersihan lahan dari pepohonan.
2. Membuka jalan baru.
3. Memindahakan material mulai dari jarak pendek sampai dengan 100 m.
4. Menyebarkan material.
5. Membersihkan *quary*.

Pada bagian depan *bulldozer* dipasangkan pisau atau *blade* yang berfungsi mendorong material yang ada di depannya. Umumnya, permukaan *blade* atau pisau cenderung melengkung sehingga material bergerak berputar pada saat didorong. Jenis pisau atau *blade* yang dipasangkan pada *bulldozer* disesuaikan dengan jenis pekerjaan yang akan dilakukan. Jenis pisau atau *blade* yang umumnya digunakan yaitu:

1. *Straight blade (S-blade)*

Straight blade atau disebut juga dengan *S-blade* sering digunakan untuk pekerjaan pengupasan dan penimbunan tanah. Pisau jenis ini efektif untuk pekerjaan dengan material tanah yang keras.

2. *Angel blade (A-blade)*

Angel blade atau disebut juga dengan *A-blade* mempunyai lebar yang lebih besar 0,3-0,6 m dibandingkan *s-blade*. Pisau jenis ini digunakan untuk menyingkirkan material ke sisinya, penggalian saluran, dan pembukaan lahan.

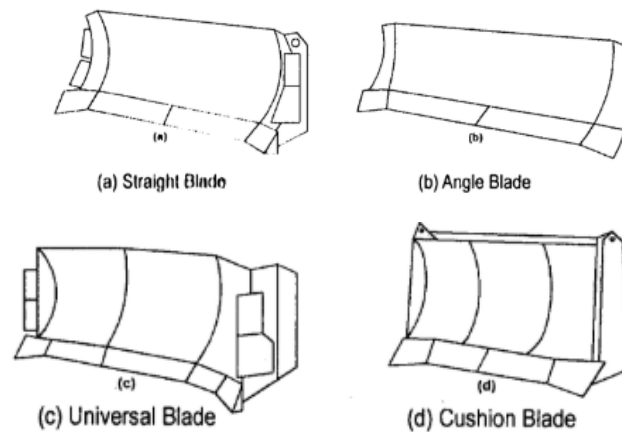
3. *Universal blade (U-blade)*

Universal blade atau disebut juga dengan *U-blade* biasanya digunakan untuk reklamasi lahan. Pisau jenis ini mempunyai kemampuan untuk mengangkut material dalam jmlah besar pada jarak tempuh yang relative jauh. Umumnya material yang ditangani adalah material ringan seperti tanah lepas,

4. *Cushion blade (C-blade)*

Cushion blade atau disebut juga dengan *C-blade* sering dipasang pada traktor yang besar untuk mendorong *scraper*. Pisau jenis ini memiliki ukuran yang lebih pendek dibandingkan dengan *S-blade*.

Penataan kawasan Kampus UII bagian Embung Barat pada pekerjaan timbunannya menggunakan jenis pisau *angle blade* (A-blade). Jenis pisau atau *blade* pada *bulldozer* dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3. 6 Jenis *Blade* Bulldozer

(Sumber: Rostiyanti, 2008)

3.4 Produktivitas Alat Berat

Secara umum konsep produktivitas merujuk pada tingkat efisiensi dalam menghasilkan output dari suatu proses atau kegiatan, dibandingkan dengan jumlah unput yang digunakan dalam proses tersebut. Produktivitas dapat diukur dengan menghitung rasio antara output dan input. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), produktivitas memiliki arti kemampuan untuk menghasilkan sesuatu, sehingga produktivitas alat berat merupakan kemampuan alat berat untuk menghasilkan sesuatu dalam satuan waktu. Faktor yang memengaruhi produktivitas alat berat antara lain adalah material, waktu siklus, dan efesiensi kerja alat.

3.4.1 Material Tanah

Menurut Dokuchacv (1870) dalam Harjani (2023) tanah merupakan lapisan terluar bumi yang terbentuk dari material asal yang telah mengalami berbagai proses perubahan alami karena pengaruh air, udara, dan berbagai organisme hidup atau mati. Secara umum, tanah dapat didefinisikan sebagai lapisan permukaan bumi yang memiliki beragam sifat dan karakteristik pada setiap lokasi yang berbeda. Keanekaragaman ini memengaruhi jenis alat yang digunakan untuk mengolahnya.

Menurut Rostiyanti (2008) material yang berasal dari tempat asalnya disebut dengan material asli atau material *in-situ* atau *bank material*. Material yang akan dipindahkan memiliki volume lebih besar daripada volume material tempat asalnya akibat bertambahnya rongga udara di antara partikel tanah, disebut dengan material lepas atau *loose material*. Sedangkan material yang telah dipindahkan kemudian dipadatkan, volume material akan menyusut akibat berkurangnya rongga udara di antara partikel tanah, disebut dengan *compacted material*.

Dalam perhitungan produksi, untuk menghitung volume tanah yang telah diganggu dari bentuk aslinya, seperti penggalian ataupun pemadatan material, perlu dikalikan dengan faktor konversi agar dapat dibaca lebih mudah. Nilai faktor konversi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Faktor Konversi Volume Tanah atau Material

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
<i>Sand</i> / tanah berpasir	(A)	1,00	1,11	0,99
	(B)	0,90	1,00	0,80
	(C)	1,05	1,17	1,00
<i>Sand Clay</i> / Tanah Biasa	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,80	1,00	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
<i>Clay</i> / Tanah Liat	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00
<i>Gravelly Soil</i> / Tanah Berkerikil	(A)	1,00	1,18	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,09	1,00
<i>Grovel</i> / Kerikil	(A)	1,00	1,13	1,29
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,10	1,00

Lanjutan Tabel 3.2 Faktor Konversi Volume Tanah atau Material

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Kerikil Besar dan Padat	(A)	1,00	1,42	1,03
	(B)	0,70	1,00	0,91
	(C)	0,77	1,10	1,00
Pecahan Batu Kapur, Batu Pasir, Cadas Lunak, Sirtu	(A)	1,00	1,65	1,22
	(B)	0,61	1,00	0,74
	(C)	0,82	1,35	1,00
Pecahan Granit, Basalt, Cadas Keras, dan lainnya	(A)	1,00	1,70	1,31
	(B)	0,59	1,00	0,77
	(C)	0,76	1,30	1,00
Pecahan Cadas, Broken Rock	(A)	1,00	1,75	1,40
	(B)	0,57	1,00	0,80
	(C)	0,71	1,24	1,00
Ledakan Batu Cadas, Kapur Keras	(A)	1,00	1,80	1,30
	(B)	0,56	1,00	0,72
	(C)	0,77	1,38	1,00

Sumber: Tenriajeng (2003)

Keterangan : (A) = Asli atau bank

(B) = Gembur (*Loose*)(C) = Padat (*Compact*)

Volume dari berbagai kondisi tanah menurut Tenriajeng (2003) dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

1. Pengembangan (*swelling*)

$$Sw = \left(\frac{B-L}{L} \right) \times 100\% \quad (3.1)$$

2. Penyusutan (*shrinkage*)

$$Sh = \left(\frac{C-B}{C} \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan:

Sw = Swell (% pengembangan)

Sh = Shinkage (% penyusutan)

B = Berat jenis tanah asli (volume tanah asli)

L = berat jenis tanah lepas/gembur (volume tanah lepas/gembur)

C = Berat jenis tanah padat (volume tanah padat)

3.4.2 Waktu Siklus

Menurut Rostiyanti (2008), waktu siklus pemindahan material adalah suatu kegiatan yang dilakukan secara berulang dalam kegiatan utamanya adalah menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan, dan kembali ke kegiatan awal yang dilakukan dengan satu atau beberapa alat. Di dalam waktu siklus atau *cycle time* (CT) terdapat waktu muat atau *loading time*, waktu angkut atau *hauling time*, waktu kembali atau *return time*, waktu pembongkaran atau *dumping time*, dan waktu tunggu atau *spotting time*.

Waktu muat atau *loading time* (LT), adalah waktu yang diperlukan suatu alat untuk memuat material ke dalamnya sesuai dengan kapasitas alat tersebut. Jenis tanah, teknik pemuatan, kapasitas unit alat angkut dan efektivitas alat memengaruhi nilai LT (Rostiyanti 2008).

Waktu angkut atau *hauling time* (HT), yaitu waktu yang dibutuhkan suatu alat untuk bergerak dari tempat pemuatan menuju tempat pembongkaran. Nilai waktu angkut bergantung pada jarak angkut, kondisi jalan, dan tenaga alat. Kemudian pada saat alat kembali ke tempat pemuatan disebut waktu kembali atau *return time* (RT). Pada saat waktu kembali lebih singkat dibandingkan pada saat waktu berangkat, hal itu dikarenakan kendaraan dalam keadaan kosong tanpa material (Rostiyanti 2008).

Waktu tunggu atau *spotting time* (ST) terjadi ketika pada saat alat kembali ke tempat pemuatan dan alat tersebut menunggu untuk diisi Kembali. Saat mengantri dan menunggu itulah disebut dengan waktu tunggu (Rostiyanti 2008).

Maka didapatkan persamaan untuk mendapatkan waktu siklus berdasarkan unsur-unsur tersebut sebagai berikut.

$$CT = LT + HT + DT + RT + ST \quad (3.3)$$

3.4.3 Efisiensi Kerja Alat

Pada kenyataannya dalam menentukan besarnya efisiensi kerja merupakan hal yang sulit, namun berdasarkan pengalaman-pengalaman didapatkan efisiensi

kerja alat yang mendekati kenyataan. Menurut Rostiyanti (2008), efektivitas alat yang berkerja bergantung pada hal-hal berikut:

1. Keahlian operator dalam menggunakan alat.
2. Pemilihan dan perawatan alat.
3. Perencanaan dan pengaturan tata letak.
4. Topografi dan volume pekerjaan.
5. Kondisi cuaca.
6. Metode pelaksanaan menggunakan alat.

Sebagai pendekatan dari faktor efesiensi kerja alat (F_a), nilainya dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Efisiensi Kerja

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

Sumber: Rochmanhadi (1992) dalam Harjani (2023)

Sedangkan menurut Rochmanhadi (1992) dalam Harjani (2023), faktor-faktor yang memengaruhi hasil produksi peralatan diidentifikasi sebagai berikut.

1. Faktor peralatan
 - a. Peralatan dalam kondisi baru = 1,00
 - b. Peralatan dalam kondisi lama (baik) = 1,00
 - c. Peralatan dalam kondisi rusak ringan = 0,80
2. Faktor operator
 - a. Pada operator kelas I = 1,00
 - b. Pada operator kelas II = 0,80
 - c. Pada operator kelas III = 0,70
3. Faktor material
 - a. Faktor kohesif = 0,75 – 1,00

- b. Faktor non kohesif = 0,60 – 1,00
- 4. Faktor manajemen
 - a. Sempurna = 1,00
 - b. Baik = 0,92
 - c. Sedang = 0,82
 - d. Buruk = 0,75
- 5. Faktor cuaca
 - a. Kondisi baik = 1,00
 - b. Kondisi sedang = 0,80
- 6. Faktor topografi
 - a. Kondisi berat = 0,70
 - b. Kondisi sedang = 0,80
 - c. Kondisi ringan = 1,00

3.4.4 Produktivitas *Excavator*

Menurut Rochmanhadi (1992) dalam Harjani (2023) *excavator* adalah alat untuk menggali, mengangkat, ataupun memuat tana harus berpindah tempat dengan menggunakan tenaga *power take off* dari mesin yang dimiliki, terdiri dari tiga bagian utama sebagai berikut.

1. Bagian atas atau *revolving unit* yang dapat berputar.
2. Bagian bawah atau *travelling unit* untuk berpindah.
3. Bagian tambahan atau *attachment* yang dapat diganti

Terdapat empat fase gerakan yang menentukan waktu siklus pada *excavator*, yaitu:

1. Waktu menggali (*excavating time*),
2. Waktu putar isi (*loaded swing time*),
3. Waktu buang (*dumping time*),
4. Waktu putar kosong (*empty swing time*).

Dengan demikian rumus yang digunakan untuk menentukan waktu siklus adalah sebagai berikut.

$$CT = \text{waktu gali} + \text{waktu putar isi} + \text{waktu putar kosong} + \text{waktu buang} \quad (3.4)$$

Menurut Rostiyanti (2008), nilai produktivitas *excavator* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$Q = V \times \frac{3600}{CT} \times S \times BFF \times E \quad (3.5)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas per jam (m³/jam)

V = Kapasitas alat (m³)

CT = Waktu siklus (detik)

S = Faktor koreksi kedalaman dan sudut putar

BFF = Faktor koreksi alat gali

E = Efisiensi kerja

Dimana untuk kapasitas alat dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$V = q' \times K \quad (3.6)$$

Keterangan:

q' = kapasitas *bucket excavator* penuh (m³)

K = Faktor *bucket excavator*

Faktor *bucket excavator* dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Faktor *Bucket Excavator*

Kondisi Pemuatan		Faktor
Ringan	Menggali dan memuat dari <i>stockpile</i> atau material yang telah dikeruk oleh <i>excavator</i> lain, yang tidak diperlukan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam <i>bucket</i> . Pasir, tanah berpasir. Tanah kolodial dengan kadar air sedang	0,8–1,00
Sedang	Menggali dan memuat <i>stockpile</i> lepas dari tanah yang lebih sulit untuk digali tetapi dapat dimuat hampir muncung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran, tanah liat, <i>gravel</i> yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat <i>gravel</i> langsung dari bukit <i>gravel</i> asli.	0,6 – 0,8
Agak sulit	Menggali dan memuat tanah liat keras, pasir dengan kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat, dan batuan pecah. Pada kondisi ini sulit mengisi <i>bucket</i> .	0,5 – 0,6
Sulit	Menggali dan memuat bongkahan, batuan besar dengan bentuk tidak beraturan. Sulit untuk menampung material tersebut akibat ukuran dan bentuk yang tidak beraturan sehingga data tampung <i>bucket</i> tidak maksimal	0,4 – 0,5

Sumber: Rochmanhadi, (1992) dalam Harjani (2023)

Menurut Rostiyanti (2008), Waktu siklus *excavator*, faktor koreksi untuk kedalaman dan sudut putar dapat dilihat nilai-nilainya pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Waktu Siklus (CT) *Excavator Beroda Crawler* (Menit)

Jenis Material	Ukuran Alat		
	£ 0,76 m ³	0,94-1,72 m ³	>1,72 m ³
Kerikil, pasir, tanah organik	0,24	0,3	0,4
Tanah, lempung lunak	0,3	0,375	0,5
Batuan, lempung keras	0,375	0,462	0,6

(*Construction Methode and Management*, 1998 sumber (Rostiyanti, 2008))

Sedangkan untuk Faktor Koreksi kedalaman dan sudut putar dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Faktor Koreksi (S) untuk Kedalaman dan Sudut Putar

Kedalaman Penggalian (% dari Maks.)	Sudut Putar (°)					
	45	60	75	90	120	180
30	1,33	1,26	1,21	1,15	1,08	0,95
50	1,28	1,21	1,16	1,10	1,03	0,91
70	1,16	1,10	1,05	1,00	0,94	0,83
90	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,75

(*Construction Methods and Management*, 1998 sumber (Rostiyanti, 2008))

Sedangkan untuk faktor koreksi untuk alat gali dapat dilihat nilai-nilainya pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Faktor Koreksi (BFF) untuk Alat Gali

Material	BFF (%)
Tanah dan tanah organik	80 – 110
Pasir dan kerikil	90 – 100
Lempung keras	65 – 95
Lempung basah	50 – 90
Batuan dengan peledakan buruk	40 – 70
Batuan dengan peledakan baik	70 – 90

(*Construction Methods and Management*, 1998 sumber (Rostiyanti, 2008))

3.4.5 Produktivitas *Dump Truck*

Menurut Rostiyanti (2008), produktivitas alat berat selalu bergantung pada waktu siklus. Waktu siklus truk terdiri dari waktu pemuatan, waktu pengangkutan, waktu pembongkaran muatan, waktu perjalanan kembali, serta waktu antre. Faktor yang memengaruhi waktu siklus tersebut antara lain adalah sebagai berikut.

1. Waktu muat

Waktu muat merupakan waktu yang diperlukan untuk mengangkat material sesuai dengan kapasitas *dump truck*. Waktu muat bergantung pada:

- Kapasitas dan jenis alat pemuat (*dump truck*),
- Karakteristik dan kondisi material yang dimuat,
- Kapasitas alat angkut (*dump truck*),
- Keterampilan operator dalam mengendalikan alat pemuat.

Waktu muat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$LT = \frac{Cd}{q_i} \times K \times Cm \quad (3.7)$$

Keterangan:

- LT = Waktu muat (menit)
 Cd = Kapasitas *dump truck* (m³)
 q_i = Kapasitas *bucket excavator* (m³)
 K = Faktor *bucket*
 Cm = Waktu siklus pemuat (menit)

2. Waktu pengangkutan

Waktu pengangkutan adalah waktu keberangkatan *truck* dari tempat pemuatan material ke tempat pembongkaran material. Waktu keberangkatan bergantung pada:

- Jarak tempuh alat angkut,
- Kondisi medan yang dilalui.

Waktu angkut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$HT = D/V_1 \quad (3.8)$$

Keterangan:

- HT = Waktu tempuh (menit)
 D = Jarak angkut (meter)
 V₁ = Kecepatan rata-rata muatan penuh (m/menit)

3. Waktu pembongkaran

Waktu pembongkaran merupakan waktu yang dibutuhkan untuk membongkar material dari dalam *truck*. Waktu pembongkaran bergantung pada:

- a. Karakteristik dan kondisi material,
- b. Metode bongkar material,
- c. Jenis alat pengangkutan.

Untuk mengetahui durasi bongkar *dump truck*, dapat merujuk pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Waktu Bongkar *Dump Truck*

Kondisi Operasi Pekerjaan	t_1 (menit)
Baik	0,5 – 0,7
Sedang	1,0 – 1,3
Kurang	1,5 – 2,0

Sumber: Rochmanhadi (1994) dalam Arsyad (2021)

4. Waktu kembali

Waktu kembali merupakan waktu perjalanan *truck* dari tempat pembongkaran material ke tempat pemuatan. Pada saat ini kondisi bak truck dalam keadaan kosong. Waktu kembali juga dipengaruhi oleh hal yang sama seperti waktu pengangkutan.

Untuk menghitung waktu kembali dapat menggunakan persamaan berikut.

$$RT = D/V_2 \quad (3.9)$$

Keterangan:

RT = Waktu kembali (menit)

D = Jarak (meter)

V_2 = Kecepatan rata-rata muat kosong (m/menit)

5. Waktu antre

Waktu antre merupakan waktu tunggu *truck* untuk dimuat kembali, karena terdapat *truck* lain yang sedang dimuat. Waktu antre bergantung pada:

- a. Jenis alat pemuat,
- b. Posisi alat pemuat,
- c. Kemampuan alat pengangkut untuk berputar.

Dengan demikian rumus yang digunakan untuk menentukan waktu siklus adalah sebagai berikut.

$$CT = LT + HT + DT + RT \quad (3.10)$$

Keterangan:

CT = Waktu siklus (menit)

LT = Waktu muat (menit)

HT = Waktu angkut (menit)

DT = Waktu bongkar (menit)

RT = Waktu kembali (menit)

Menurut Rostiyanti (2008), menghitung nilai produktivitas *dump truck* dapat menggunakan rumus berikut.

$$Q = V \times \frac{60}{CT} \times E \quad (3.11)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas *dump truck* (m³/jam)

V = Kapasitas alat (m³)

CT = Waktu siklus (menit)

E = Efesiensi kerja

Dimana untuk kapasitas aktual alat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V = n \times q' \times K \quad (3.12)$$

Dimana nilai n dihitung menggunakan rumus:

$$n = \frac{c}{q' \times K} \quad (3.13)$$

Keterangan:

V = Kapasitas *dump truck* (m³)

n = Jumlah siklus *excavator* yang mengisi bak *dump truck*

q' = Kapasitas *bucket excavator* (m³)

K = Faktor *bucket excavator*

c = Kapasitas bak *dump truck* (m³)

Menurut Rostiyanti (2008), jumlah truk yang dibutuhkan dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Jumlah truck} = \frac{\text{Produktivitas excavator}}{\text{produktivitas Truck}} \quad (3.14)$$

3.4.6 Produktivitas *Bulldozer*

Menurut Rostiyanti (2008), produktivitas *bulldozer* tergantung pada kemampuan traktor, kapasitas *blade*, dan jarak tempuh. Kemampuan traktor dapat dilihat melalui waktu siklus alat berat melakukan pekerjaan. Waktu siklus *bulldozer* dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$CT = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \quad (3.15)$$

Keterangan:

D = Jarak (meter)

F = Kecepatan maju (m/menit)

R = Kecepatan mundur (m/menit)

Z = Waktu ganti persneling (menit)

Menurut Rochmanhadi (1985) dalam Sanjaya (2019), *bulldozer* dapat bergerak maju dengan kecepatan antara 3 sampai 5 km/jam, sementara itu, kecepatan mundur berkisar 5 sampai 7 km/jam. Jika mesin menggunakan TOQRFLOW, kecepatan maju dan kecepatan mundur masing-masing adalah 0,75 dan 0,85 dari maksimum. Untuk waktu ganti persneling dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.9 Waktu Ganti *Persneling* (menit)

Mesin		Waktu Ganti Persneling (menit)
Mesin gerak langsung	Tongkat tunggal	0,10
	Tongkat ganda	0,02
Mesin gerak TORQFLOW		0,05

Sumber: Rochmanhadi (1985) dalam Sanjaya (2019)

Sedangkan kapasitas *blade* dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$V = L \times H^2 \times a \quad (3.16)$$

dimana,

L = Lebar *blade* atau pisau (m)

H = Tinggi *blade* atau pisau (m)

a = Faktor *blade* atau pisau

Nilai faktor *blade* dapat dilihat pada Tabel 3.10 berikut.

Tabel 3.10 Faktor *Blade Bulldozer*

Tingkat Penggusuran	Keterangan	Faktor <i>Blade</i>
Ringan	Sudu penuh, tanah lepas, kadar air rendah, tanah berpasir tidak dipadatkan, tanah biasa, material <i>stockpile</i> .	1,1 – 0,9
Sedang	Tanah lepas tetapi tidak menggusur dengan sudu penuh, tanah bercampur kerikil atau <i>split</i> , pasir, batu pecah.	0,9 – 0,7
Agak sulit	Kadar air tinggi dan tanah liat, pasir bercampur kerikil, tanah liat yang sudah kering, dan tanah asli.	0,7 – 0,6
Sulit	Batu hasil ledakan dan batu berukuran besar.	0,6 – 0,4

Sumber: Rochmanhadi (1985) dalam Sanjaya (2019)

Sehingga untuk mencari nilai produktivitas *bulldozer* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Q = V \times \frac{3600}{CT} \times E \quad (3.17)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas *bulldozer* (m³/jam)

V = Kapasitas alat (m³)

CT = Waktu siklus (detik)

E = Efisiensi kerja

3.5 Biaya Pengoperasian Alat Berat

Menurut Rostiyanti (2008), biaya-biaya yang termasuk biaya pengeluaran untuk alat berat adalah biaya penyewaan alat, biaya bahan bakar, biaya pelumas, biaya mobilisasi dan demobilisasi, serta biaya upah tenaga operator. Mobilisasi adalah proses membawa alat berat ke proyek konstruksi, sedangkan demobilisasi adalah proses mengembalikan alat berat dari proyek setelah alat tersebut tidak diperlukan lagi. Peralatan konstruksi yang digerakkan tenaga mesin memerlukan

solar dan minyak pelumas yang perlu diperhitungkan sebagai biaya operasional alat.

Dalam penelitian ini, komponen biaya pengoperasian alat berat yang akan dihitung meliputi biaya sewa alat berat, biaya bahan bakar, dan upah kerja.

3.5.1 Biaya Sewa Alat Berat

Dalam menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan tertentu, diperlukan peralatan khusus yang diperoleh dengan menyewa alat berat. Biaya penyewaan alat berat tersebut dihitung dalam biaya per jam. Jumlah biaya sewa alat berat bergantung pada penyewaan alat berat dan jenis alat berat yang disewa (Febrianti, dkk, 2021).

3.5.2 Biaya Bahan Bakar

Jumlah bahan bakar untuk alat berat yang menggunakan bensin atau solar berbeda-beda. Rata-rata yang menggunakan bahan bakar bensin 0,6 galon per *horse-power* per jam, sedangkan alat berat yang menggunakan bahan bakar solar menghabiskan rata-rata 0,4 per *horse-power* per jam (Rostiyanti, 2008).

$$\text{Bensin} : \text{BBM} = 0,06 \times \text{HP} \times \text{Eff} \quad (3.18)$$

$$\text{Solar} : \text{BBM} = 0,04 \times \text{HP} \times \text{Eff} \quad (3.19)$$

Keterangan:

HP = Daya mesin (*horse-power*)

Eff = Faktor efesiensi alat

3.5.3 Upah Kerja

Besarnya upah kerja untuk operator *excavator* dan *dump truck* tergantung pada lokasi pekerjaan, perusahaan, peraturan yang berlaku di lokasi tersebut, serta kontrak kerja yang telah disepakati kedua pihak. Upah kerja dihitung dalam besarnya uang yang dibayarkan per jam kerja (Febrianti, dkk, 2021).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah pendekatan sistematis yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data yang bertujuan untuk memperoleh hasil yang diinginkan. Metode pengumpulan data pada penelitian ini digunakan metode kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui nilai produktivitas alat berat dan mendapatkan alternatif kombinasi yang efisien untuk Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat.

Menurut Soegiyono (2013) metode kuantitatif merupakan metode penelitian yang berlandaskan *positivistic* (data konkrit), digunakan untuk meneliti sejumlah populasi atau sampel tertentu yang biasanya sampel dipilih secara acak dan kemudian data dikumpulkan kemudian lalu secara kuantitatif atau statistik dengan tujuan menguji hipotesis yang telah dirumuskan sebelumnya. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan observasi lapangan untuk mendapatkan data, kemudian dari data lapangan tersebut, peneliti berusaha menghitung dan menganalisis objek yang diteliti dalam proyek untuk mendapatkan nilai produktivitas alat berat.

4.2 Subjek dan Objek Penelitian

Menurut Arikunto (2007) dalam Tunshorin (2016), subjek penelitian merupakan sesuatu yang sangat penting kedudukannya di dalam sebuah penelitian, subjek penelitian harus ditata sebelum peneliti siap untuk mengumpulkan data. Biasanya subjek penelitian dapat berupa benda, hal, ataupun orang. Dalam penelitian ini, subjek penelitiannya adalah alat berat yang bekerja pada pekerjaan timbunan tanah di Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat, yaitu *excavator*, *dump truck*, dan *bulldozer*.

Menurut Umar (2013), objek penelitian menjelaskan tentang apa atau siapa yang menjadi objek penelitian. Juga dimana dan kapan penelitian dilakukan. Sedangkan menurut Supriati (2015), objek penelitian adalah variabel yang diteliti oleh peneliti di tempat penelitian yang dilakukan. Dalam penelitian ini, objek penelitian yang diteliti adalah Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat. Adapun peta lokasi proyek pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1 sebelumnya.

4.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan langkah dalam proses penelitian yang melibatkan penghimpunan informasi atau fakta-fakta yang relevan. Maka dalam penelitian ini data yang dibutuhkan adalah data primer maupun sekunder.

1. Data Primer

Menurut Hasan (2002), data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung di lapangan oleh orang yang melakukan penelitian. Data primer antara lain catatan hasil wawancara, hasil observasi lapangan, dan dokumentasi dari penelitian. Dalam penelitian ini data primer berupa lama jam kerja dari masing-masing alat berat dalam pekerjaan timbunan tanah selama empat hari kerja.

2. Data Sekunder

Menurut Hasan (2002), data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang telah ada. Data ini digunakan untuk mendukung data primer yang telah diperoleh, yang mana data ini bisa didapatkan dari sumber buku, jurnal, media internet, ataupun dokumen pemerintah. Dalam penelitian ini, data sekunder yang diperlukan sebagai berikut:

- a. Data gambar kerja.
- b. Durasi pekerjaan timbunan pada Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat.
- c. Spesifikasi serta biaya sewa alat berat.
- d. Data manajemen alat berat.
- e. Volume pekerjaan timbunan.

4.4 Tahapan Analisis Penelitian

Analisis pada penelitian sangat penting dikarenakan data yang didapat kemudian diuraikan untuk menjawab permasalahan yang ada dalam penelitian sehingga memperoleh kejelasan dari masalah yang diteliti. Menurut Soegiyono (2013) tahapan dalam analisis data adalah mengelompokkan data berdasarkan variabel yang diteliti, membuat tabel berdasarkan variabel yang diteliti, menyajikan data tiap variabel yang diteliti, melakukan perhitungan untuk menjawab rumusan masalah, dan melakukan perhitungan untuk menguji hipotesis yang diajukan. Analisis dalam penelitian ini adalah menghitung produktivitas alat berat pada pekerjaan timbunan tanah di Proyek Penataan Kawasan Kampus UII bagian Embung Barat dan variabel yang diteliti adalah *excavator*, *dump truck*, dan *bulldozer*. guna mendapatkan kombinasi alternatif alat berat yang dapat digunakan.

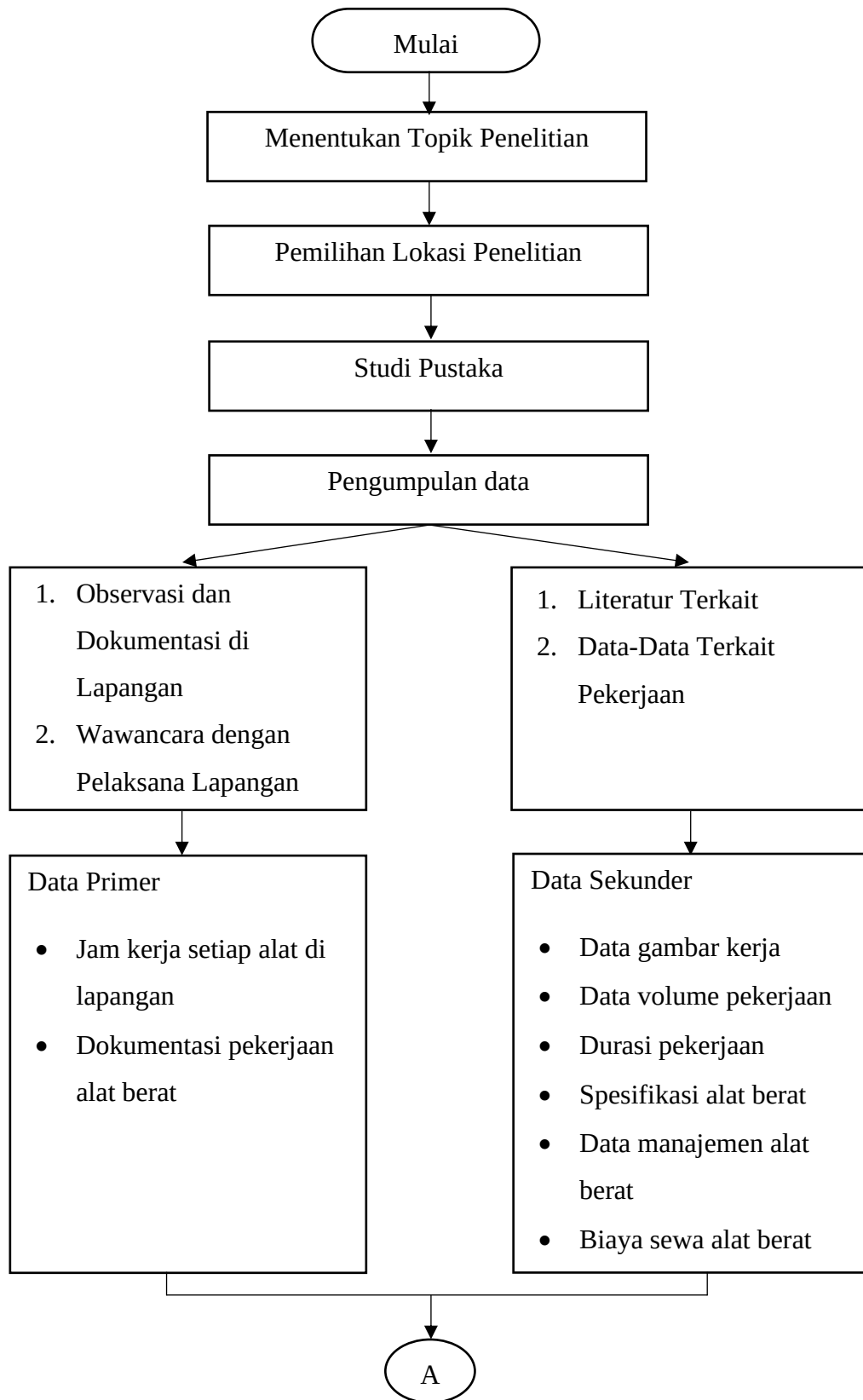
Tahapan analisis data yang harus dilakukan sdalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

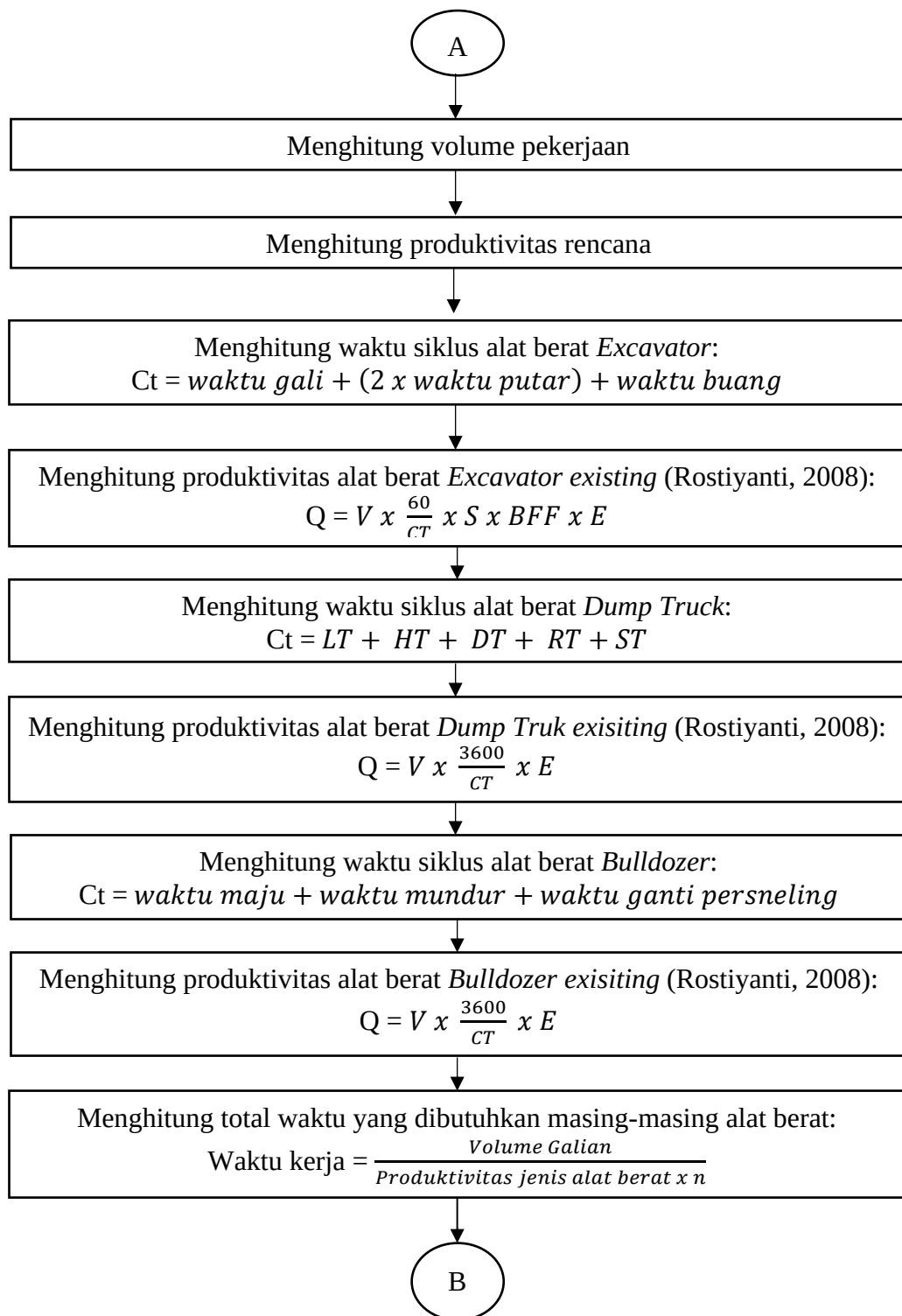
1. Melakukan tinjauan Pustaka yang terkait dengan topik penelitian melalui jurnal, buku, dan sumber terpercaya lainnya yang dapat dijadikan pedoman dalam penelitian.
2. Mengumpulkan teori-teori penting yang berkaitan dengan manajemen konstruksi dan aspek-aspek yang terkait.
3. Melakukan observasi dan wawancara untuk mendapatkan data primer maupun sekunder dari kontraktor dan pelaksana proyek.
4. Menghitung volume timbunan.
5. Melakukan perhitungan produktivitas standar Rostiyanti (2008).
6. Melakukan penghitungan nilai produktivitas dari masing-masing alat berat yang ada di lapangan, yaitu *excavator*, *dump truck*, dan *bulldozer*.
7. Menghitung total waktu masing-masing alat berat pada kondisi asli di lokasi proyek (*existing*).
8. Menghitung biaya sewa alat berat masing-masing alat berat pada kondisi asli di lokasi proyek (*existing*).
9. Menghitung total waktu untuk setiap alat berat dalam alternatif 1 kombinasi alat berat.

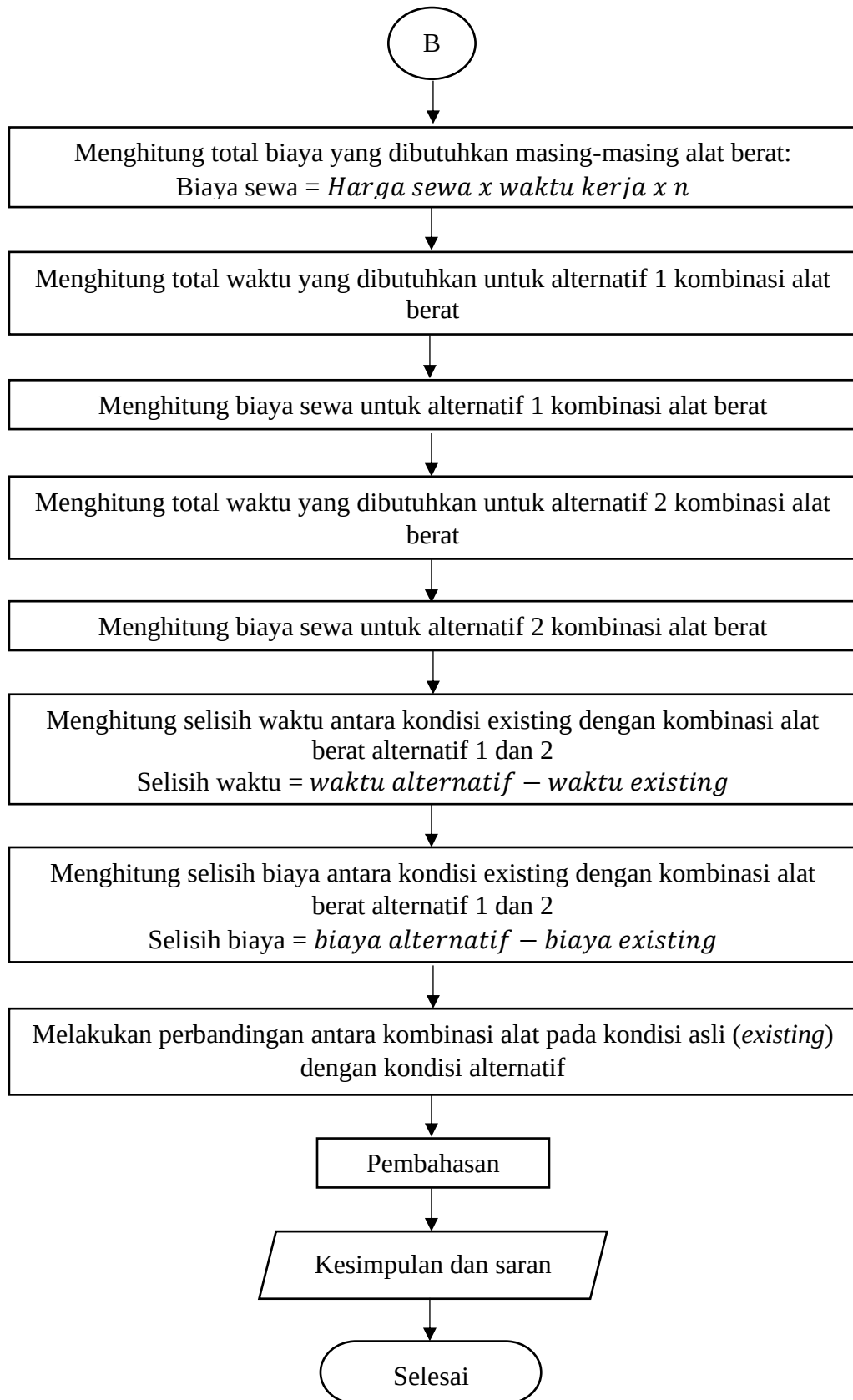
10. Menghitung biaya sewa alat berat untuk setiap alat berat dalam alternatif 1 kombinasi alat berat.
11. Menghitung total waktu untuk setiap alat berat dalam alternatif 2 kombinasi alat berat.
12. Menghitung biaya sewa alat berat untuk setiap alat berat untuk alternatif 2 kombinasi alat berat.
13. Menghitung selisih waktu antara kondisi asli di lokasi proyek dengan alternatif 1 dan 2 yang diperoleh.
14. Menghitung selisih biaya antara kondisi asli di lokasi proyek dengan alternatif 1 dan 2 yang diperoleh.
15. Mendapatkan kombinasi alternatif alat berat yang efisien.
16. Melakukan perbandingan antara standar produktivitas dengan kombinasi alat pada kondisi asli (*existing*) dan kondisi alternatif.
17. Pembahasan hasil analisis penelitian.
18. Kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

4.5 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir atau *flowchart* dalam penyusunan Tugas Akhir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.







Gambar 4.1 Flowchart Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Proyek

Pada penelitian ini dilakukan studi kasus pada Paket Penataan Kawasan Kampus UGM dan Kawasan Kampus UII Yogyakarta: Bagian Embung Barat UII. Berikut adalah data proyek yang diperoleh:

Lokasi Proyek : Jalan Kaliurang No.Km. 14.5, Krawitan, Umbulmartani,
Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah
Istimewa Yogyakarta.

Volume Galian : 3886,878 m³

Volume Timbunan : 3790,051 m³

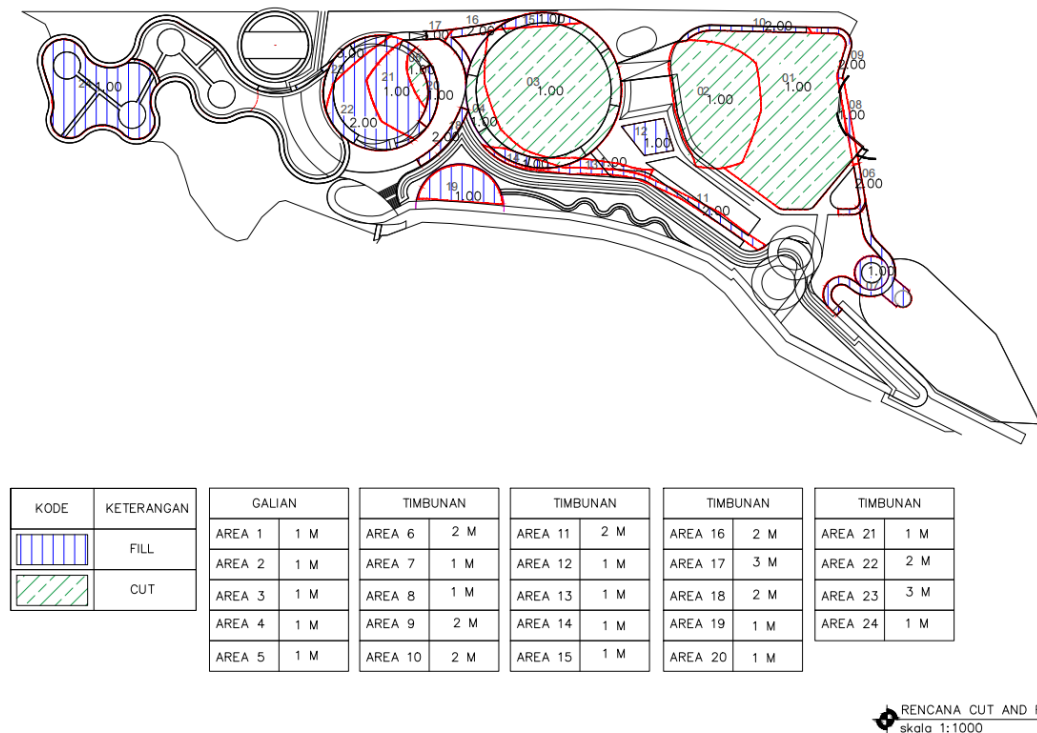
Waktu Pekerjaan : 16 November 2023 – 12 Juli 2024

Pada pekerjaan timbunan ini, alat berat yang digunakan pada kondisi *existing* (asli) di proyek konstruksi adalah 1 unit *excavator* Komatsu PC-200, 3 unit *dump truck*, dan 1 unit *bulldozer* Komatsu D31E.

5.2 Analisis Data

5.2.1 Volume Galian dan Timbunan

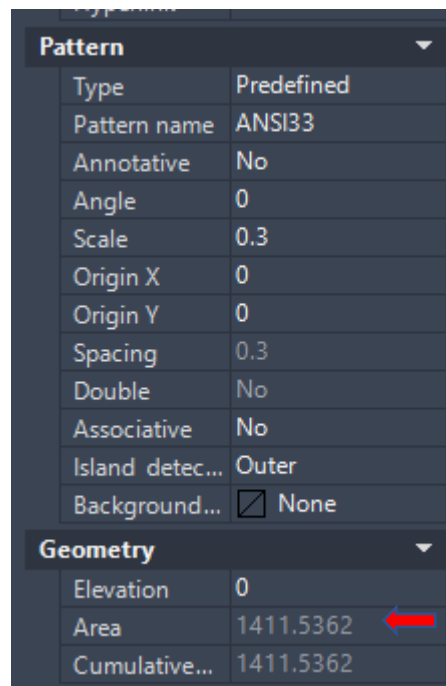
Data yang diperoleh dari Proyek Penataan Kawasan Embung Barat UII berupa gambar kerja galian timbunan rencana dan elevasi *existing*. Berikut ini merupakan data gambar denah *cut and fill* dan perhitungan volume galian timbunan pada Proyek Penataan Kawasan Embung Barat UII.



Gambar 5.1 Rencana Galian dan Timbunan Proyek Penataan Kawasan Embung Barat UII

(Sumber: Dokumen Proyek, 2024)

Perhitungan volume galian didapatkan dari perkalian antara luas area galian dengan kedalaman yang digali, sedangkan untuk perhitungan volume timbunan didapatkan dari perkalian antara luas area timbunan dengan tinggi timbunan. Luas area didapatkan dengan menggunakan *software autocad*. Bagi terlebih dahulu area yang digali dan area yang ditimbun. Kemudian pilih satu area galian untuk diketahui luasannya dengan memasukkan *comand "Properties"*. Keterangan luas area akan muncul seperti pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Luas Galian pada Area 1

Setelah didapatkan luas area, perhitungan volume galian pada lokasi proyek dapat dilihat sebagai berikut.

1. Volume galian pada area 1

$$\text{Luas area 1} = 1411,5362 \text{ m}^2$$

$$\text{Kedalaman galian} = 1 \text{ m} \quad (\text{Lihat Gambar 5.1})$$

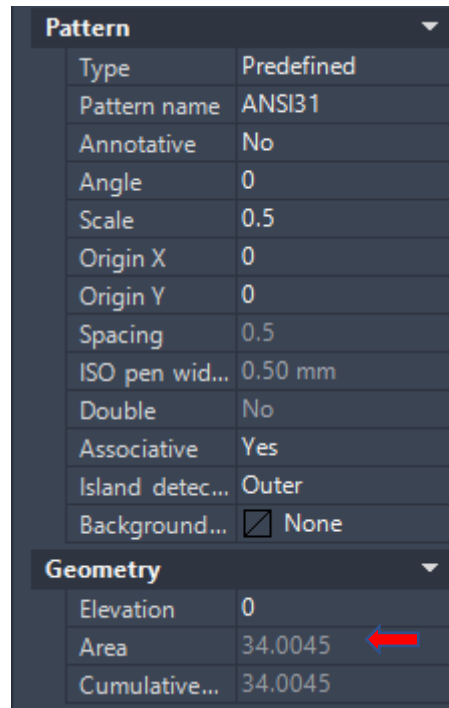
$$\begin{aligned} \text{Volume galian area 1} &= 1411,5362 \times 1 \\ &= 1411,5362 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan volume galian pada area lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Galian

Area	Luas Area (m ²)	Kedalaman (m)	Volume (m)
1	1411,536	1	1411,536
2	816,899	1	816,899
3	1324,613	1	1324,613
4	222,555	1	222,555
5	72,086	1	72,086
Total Volume Galian			3847,689

Lakukan hal yang sama untuk mengetahui luas area timbunan. Keterangan luas area akan muncul seperti pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Luas Timbunan pada Area 6

Setelah didapatkan luas area, perhitungan volume timbunan pada lokasi proyek saat kondisi padat dapat dilihat sebagai berikut.

1. Volume timbunan pada area 6

$$\text{Luas area 6} = 34,0045 \text{ m}^2$$

$$\text{Ketinggian timbunan} = 2 \text{ m} \quad (\text{Lihat Gambar 5.1})$$

$$\begin{aligned} \text{Volume galian area 6} &= 34,0045 \times 2 \\ &= 68,009 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan volume timbunan pada area lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

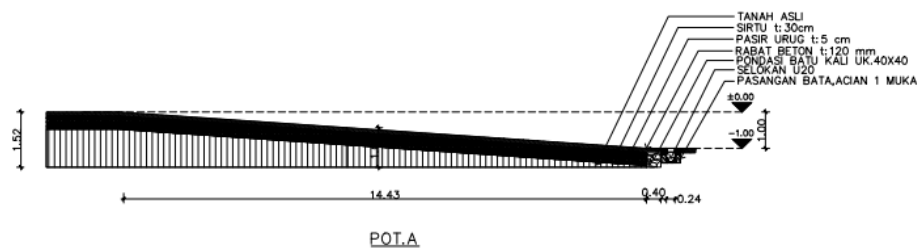
Tabel 5.2 Rekapitulasi Volume Timbunan

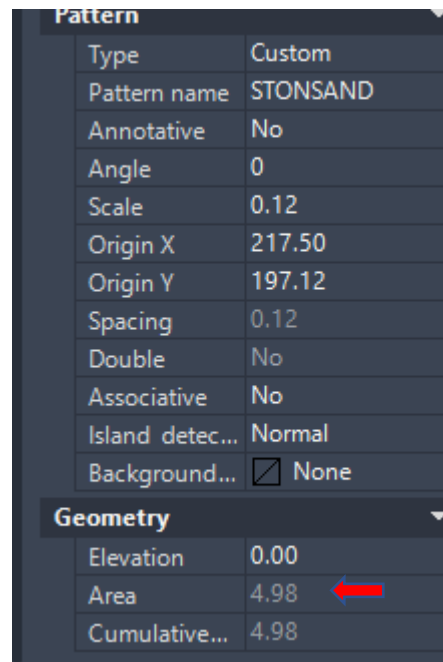
Area	Luas Area (m ²)	Ketinggian (m)	Volume (m ³)
6	34,005	2	68,009
7	241,905	1	241,905
8	43,666	1	43,666

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Volume Timbunan

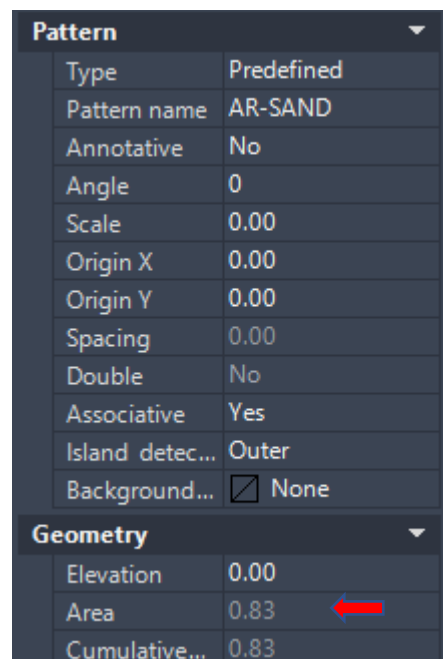
Area	Luas Area (m ²)	Ketinggian (m)	Volume (m ³)
9	38,469	2	76,937
10	65,967	2	131,935
11	151,429	2	302,858
12	105,567	1	105,567
13	47,643	1	47,643
14	47,191	1	47,191
15	71,245	1	71,245
16	63,763	2	127,525
17	17,871	3	53,612
18	51,240	2	102,481
19	204,078	1	204,078
20	53,568	1	53,568
21	295,008	1	295,008
22	379,751	2	759,502
23	107,072	3	321,215
24	702,871	1	702,871
Volume Timbunan Total			3756,816

Perhitungan tanah timbunan pada *ramp* dapat dihitung melalui gambar potongan pada *software autocad*. Contoh gambar potongan *ramp* dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 5.4 Potongan *Ramp* Tipe A



Gambar 5.5 Luas Timbunan Pasir Batu



Gambar 5.6 Luas Pasir Urug

Perhitungan volume timbunan pada *ramp* pada lokasi proyek saat kondisi padat dapat dilihat sebagai berikut.

1. Volume timbunan pada *ramp* tipe A
 Luas area timbunan pasir batu = 4,98 cm²

Tinggi timbunan pasir batu = 30 cm

$$\begin{aligned}\text{Volume 1} &= \frac{4,98 \times 30}{100} \\ &= 1,494 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Luas area timbunan pasir urug = 0,83 cm²

Tinggi timbunan pasir urug = 5 cm

$$\begin{aligned}\text{Volume 2} &= \frac{0,83 \times 5}{100} \\ &= 0,0415 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total timbunan ramp tipe A} &= \text{volume 1} + \text{volume 2} \\ &= 1,494 + 0,0415 \\ &= 1,536 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan volume timbunan pada *ramp* tipe lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut

Tabel 5.3 Volume Timbunan pada Ramp

Tipe Ramp	Luas Area (cm²)	Ketinggian (cm)	Volume (m³)	Total Volume (m³)
A	4,98	30	1,494	1,536
	0,83	5	0,0415	
B (Potongan A)	9,67	30	2,901	3,386
	0,33	30	0,099	
	0,98	30	0,294	
	1,62	5	0,081	
	0,06	5	0,003	
	0,16	5	0,008	
B (Potongan B)	0,7	30	0,21	0,445
	0,74	30	0,222	
	0,12	5	0,006	
	0,13	5	0,0065	
C	4,86	30	1,458	1,499
	0,81	5	0,0405	
D	6,52	30	1,956	2,011
	1,09	5	0,0545	
E	3,35	30	1,005	1,033
	0,56	5	0,028	
F (Potongan A)	4	30	1,2	1,223
	0,67	5	0,0335	

Lanjutan Tabel 5.3 Volume Timbunan pada Ramp

Type Ramp	Luas Area (cm²)	Ketinggian (cm)	Volume (m³)	Total Volume (m³)
F (Potongan B)	0,69	30	0,207	0,213
	0,12	5	0,006	
G	3,6	30	1,08	1,110
	0,6	5	0,03	
H	1,79	30	0,537	0,552
	0,3	5	0,015	
Total Volume Timbunan pada Ramp				13,017

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan volume galian dalam kondisi padat sebesar 3847,689 m³ dan volume timbunan dalam kondisi padat sebesar 3769,833 m³. Faktor pengembangan material pada kondisi *loose* berdasarkan Tabel 3.2 sebesar 1,18 untuk faktor pengembang galian dan 1,09 untuk faktor pengembang timbunan berupa tanah dengan kerikil, maka besar volume yang dikerjakan saat di lokasi proyek sebesar:

1. Volume *loose* total galian tanah = $3847,689 \times 1,18$
= 4540,273 m³
2. Volume *loose* total timbunan tanah = $3769,833 \times 1,09$
= 4109,118 m³

Rekapitulasi hasil perhitungan volume tanah dapat dilihat pada Tabel.5.4 berikut.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Volume Galian dan Timbunan Tanah

Jenis Volume	Volume Asli	Volume Padat	Volume Gembur
Volume Galian	3847,689 m ³	-	4540,273 m ³
Volume Timbunan	-	3769,833 m ³	4109,118 m ³

5.2.2 Data Alat Berat

Pada pekerjaan galian dan timbunan pada proyek Embung Barat UII alat berat yang digunakan untuk analisis produktivitas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis alat : *Excavator*
Merk alat : Komatsu PC200-6

Kapasitas : 0,86 m³
Tipe alat : *Backhoe*
Kondisi alat : Baik
Harga sewa : Rp 180.000,00 /jam
Fungsi alat : Menggali material berupa tanah dan batuan.



Gambar 5.7 Excavator Komatsu PC200

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)



Gambar 5.8 Lebar *Bucket* Excavator Komatsu PC200 113 cm

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)



Gambar 5.9 Panjang *Bucket Excavator Komatsu PC200* 120 cm

(Sumber: Dokumen Pribadi)



Gambar 5.10 Kedalaman *Bucket Excavator Komatsu PC200* 75 cm

(Sumber: Dokumen Pribadi)

2. Jenis alat : *Dump truck*
- Merk alat : Mitsubishi
- Kapasitas : 6,5 m³
- Tipe alat : *Rear dump truck*
- Kondisi alat : Sedang

Harga sewa : Rp 650.000,00 /hari
 Fungsi alat : Mengangkut material timbunan



Gambar 5.11 Dump Truck Mitsubishi

(Sumber: Dokumen Pribadi)

3. Jenis alat : *Dump truck*
- Merk alat : Toyota
- Kapasitas : 6,7 m³
- Tipe alat : *Rear dump truck*
- Kondisi alat : Baik
- Harga sewa : Rp 650.000,00 /hari
- Fungsi alat : Mengangkut material timbunan



Gambar 5.12 Dump Truck Toyota

(Sumber: Dokumen Pribadi)

4. Jenis alat : *Dump truck*
 Merk alat : Toyota
 Kapasitas : 6,8 m³
 Tipe alat : *Rear dump truck*
 Kondisi alat : Baik
 Harga sewa : Rp 650.000,00 /hari
 Fungsi alat : Mengangkut material timbunan



Gambar 5.13 Dump Truck Toyota

(Sumber: Dokumen Pribadi)

5. Jenis alat : *Bulldozer*
 Merk alat : Komatsu
 Kapasitas : 0,721 m³
 Tipe alat : *Crawler dozer*
 Kondisi alat : Baik
 Harga sewa : Rp 120.000,00 /jam
 Fungsi alat : Meratakan timbunan tanah



Gambar 5.14 Bulldozer Komatsu D31E

(Sumber: Dokumen Pribadi)

5.2.3 Jenis Material Galian dan Timbunan

Pengambilan data di lapangan dilakukan selama empat hari mulai dari pukul 08.00 – 16.00 WIB. Material yang dikerjakan dalam pekerjaan penggalian dan timbunan adalah tanah berkerikil.



Gambar 5.15 Material Galian dan Timbunan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

5.2.3 Efisiensi Kerja Alat

Efisiensi kerja alat ditentukan dengan durasi waktu alat tersebut bekerja secara efektif. Maka dilakukan pengamatan waktu saat alat berat berhenti dalam 1

jam. Faktor yang memengaruhi alat berhenti bekerja berdasarkan dari pengamatan yang dilakukan di lapangan adalah menunggu material, alat berat saling bersisian, pengarahannya dari pengawas lapangan, operator melakukan kegiatan lain seperti minum, merokok, atau mengobrol. Berikut gambar *excavator*, *dump truck* serta *bulldozer* saat berhenti bekerja.



Gambar 5.16 Excavator Berhenti Karena Menunggu Arahan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)



Gambar 5.17 Dump Truck Berhenti Karena Menunggu Antrean Excavator

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)



Gambar 5.18 Bulldozer Berhenti Karena Menunggu Material

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan pengamatan tersebut maka diketahui waktu tunggu atau waktu berhenti alat berat.

1. Pengamatan Pada Hari Senin

Pada hari senin di lokasi proyek mendapatkan hasil waktu berhenti alat yang terdapat pada Lampiran 21. Dari hasil tersebut dihitung rata-rata waktu saat alat berat berhenti selama 1 jam.

a. *Excavator* Komatsu PC-200

Waktu alat berhenti dalam waktu 1 jam (menit)

1) Sesi pagi = 42,2 menit

2) Sesi siang = 46,82 menit

3) Sesi sore = 47,41 menit

Rata-rata waktu alat berhenti = $\frac{42,2+46,82+47,41}{3}$

= 47,143 menit

Hasil rekapitulasi perhitungan rata-rata waktu berhenti alat berat lainnya pada hari senin dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Faktor Efisiensi Alat Berat Hari Senin

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti Alat dalam 1 Jam (menit)	Rata-rata (menit)
<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	Pagi	47,2	47,143
	Siang	46,82	
	Sore	47,41	
<i>Dump truck</i> Mitsubishi (6,5 m ³)	Pagi	6,73	8,81
	Siang	11,69	
	Sore	8	
<i>Dump truck</i> Toyota (6,7 m ³)	Pagi	17,31	8,99
	Siang	5,10	
	Sore	4,57	
<i>Dump truck</i> Toyota (6,8 m ³)	Pagi	10,25	8,73
	Siang	2,54	
	Sore	13,39	
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	Pagi	19,34	16,75
	Siang	14,35	
	Sore	16,56	

2. Pengamatan Hari Rabu

Pengamatan pada hari rabu di lokasi proyek mendapatkan hasil waktu berhenti alat yang dapat dilihat pada Lampiran 22. Dari hasil tersebut dihitung rata-rata waktu saat alat berat berhenti selama 1 jam.

a. *Excavator* Komatsu PC-200

Waktu alat berhenti dalam waktu 1 jam (menit)

1) Sesi pagi = 42,30 menit

2) Sesi siang = 47,20 menit

3) Sesi sore = 42,63 menit

Rata-rata waktu alat berhenti = $\frac{42,30+47,20+42,63}{3}$

= 44,04 menit

Hasil rekapitulasi perhitungan rata-rata waktu berhenti alat berat lainnya pada hari rabu dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Faktor Efisiensi Alat Berat Pada Hari Rabu

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti Alat dalam 1 Jam (menit)	Rata-rata (menit)
<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	Pagi	42,30	44,04
	Siang	47,20	
	Sore	42,63	
<i>Dump truck</i> Mitsubishi (6,5 m ³)	Pagi	14,13	23,13
	Siang	22,81	
	Sore	32,46	
<i>Dump truck</i> Toyota (6,7 m ³)	Pagi	3,32	19,82
	Siang	23,69	
	Sore	32,46	
<i>Dump truck</i> Toyota (6,8 m ³)	Pagi	15,82	26,76
	Siang	30,77	
	Sore	33,68	
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	Pagi	19,10	31,25
	Siang	33,77	
	Sore	40,88	

3. Pengamatan Hari Jumat

Pengamatan pada hari jumat di lokasi proyek mendapatkan hasil waktu berhenti alat yang dilihat pada Lampiran 23. Dari hasil tersebut dihitung rata-rata waktu saat alat berat berhenti selama 1 jam.

a. *Excavator* Komatsu PC-200

Waktu alat berhenti dalam waktu 1 jam (menit)

1) Sesi pagi = 41,15 menit

2) Sesi siang = 44,98 menit

3) Sesi sore = 45,34 menit

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata waktu alat berhenti} &= \frac{41,15+44,98+45,34}{3} \\ &= 43,823 \text{ menit} \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan rata-rata waktu berhenti alat berat lainnya pada hari jumat dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Faktor Efesiensi Alat Berat pada Hari Jumat

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti Alat dalam 1 Jam (menit)	Rata-rata (menit)
<i>Excavator</i> Koamtsu PC-200	Pagi	41,15	43,82
	Siang	44,98	
	Sore	45,34	
<i>Dump truck</i> Mitsubishi (6,5 m ³)	Pagi	37,14	34,18
	Siang	31,88	
	Sore	33,53	
<i>Dump truck</i> Toyota (6,7 m ³)	Pagi	32,17	32,18
	Siang	36,30	
	Sore	28,08	
<i>Dump truck</i> Toyota (6,8 m ³)	Pagi	33,27	32,74
	Siang	37,55	
	Sore	27,41	
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	Pagi	45	43,843
	Siang	46,05	
	Sore	40,48	

4. Pengamatan Hari Sabtu

Pengamatan pada hari sabtu di lokasi proyek mendapatkan hasil waktu berhenti alat yang dilihat pada Lampiran 24. Dari hasil tersebut dihitung rata-rata waktu saat alat berat berhenti selama 1 jam.

a. *Excavator* Komatsu PC-200

Waktu alat berhenti dalam waktu 1 jam (menit)

1) Sesi pagi = 47,66 menit

2) Sesi siang = 40,70 menit

3) Sesi ore = 42,59 menit

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata waktu alat berhenti} &= \frac{47,66+40,70+42,59}{3} \\ &= 43,65 \text{ menit} \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan rata-rata waktu berhenti alat berat lainnya pada hari sabtu dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Faktor Efisiensi Alat Berat pada Hari Sabtu

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti dalam 1 Jam (menit)	Rata-rata (menit)
<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	Pagi	47,66	43,56
	Siang	40,70	
	Sore	42,59	
<i>Dump truck</i> Mitsubishi (6,5 m ³)	Pagi	18,58	29,28
	Siang	30	
	Sore	39,27	
<i>Dump truck</i> Toyota (6,7 m ³)	Pagi	14,21	25,28
	Siang	30,88	
	Sore	30,76	
<i>Dump truck</i> Toyota (6,8 m ³)	Pagi	16,77	26,75
	Siang	35,05	
	Sore	28,42	
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	Pagi	27,49	38,08
	Siang	42,95	
	Sore	43,79	

Berdasarkan data tersebut, diperoleh rata-rata waktu alat berat saat berhenti bekerja. Rata-rata faktor efisiensi alat berat selama 1 jam (60 menit) dapat dihitung menggunakan data tersebut.

1. *Excavator* Komatsu PC-200

Rata-rata waktu berhenti pada hari senin = 47,14 menit

Rata-rata waktu berhenti pada hari rabu = 44,04 menit

Rata-rata waktu berhenti pada hari jumat = 43,82 menit

Rata-rata waktu berhenti pada hari sabtu = 43,65 menit

Sehingga rata-rata waktu berhenti *excavator* Komatsu PC-200

Rata-rata waktu berhenti = $\frac{47,14+44,04+43,82+43,65}{4}$

= 44,664 menit

Rata-rata waktu alat efektif bekerja = 60 menit – 44,554 menit

= 15,336 menit

Faktor efisiensi alat = $\frac{15,336}{60} \times 100\%$

$$= 26\%$$

$$= 0,256$$

Hasil rekapitulasi perhitungan faktor efesiensi kerja alat berat yang lain dapat dilihat dalam Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Faktor Efesiensi Kerja Alat Berat

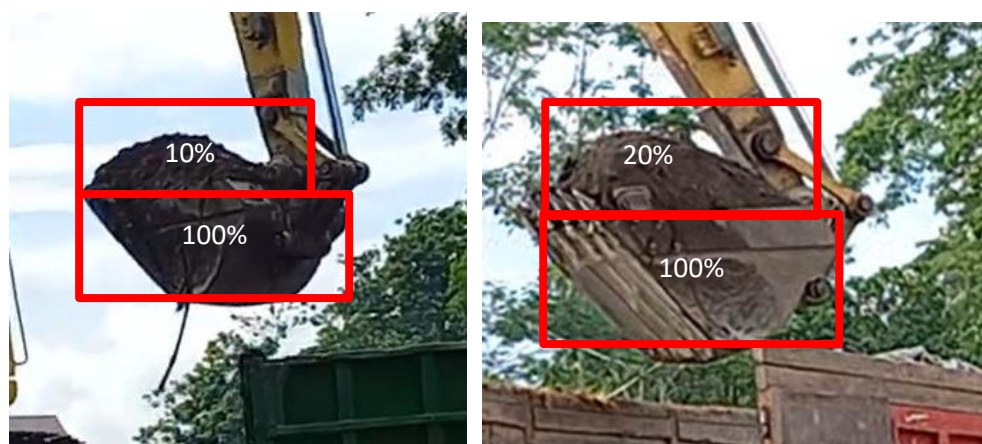
Excavator Komatsu PC-200	
Hari Pengamatan	Waktu (menit)
Senin	47,14
Rabu	44,04
Jumat	43,82
Sabtu	43,65
Rata-rata waktu berhenti	44,664
Rata-rata waktu efektif	15,336
Faktor efesiensi alat	0,256
Dump Truck Mitsubishi (6,5 m³)	
Hari Pengamatan	Waktu (menit)
Senin	8,81
Rabu	23,13
Jumat	34,18
Sabtu	29,28
Rata-rata waktu berhenti	23,852
Rata-rata waktu efektif	36,148
Faktor efesiensi alat	0,602
Dump Truck Toyota (6,7 m³)	
Hari Pengamatan	Waktu (menit)
Senin	8,99
Rabu	19,82
Jumat	32,18
Sabtu	25,28
Rata-rata waktu berhenti	31,571
Rata-rata waktu efektif	38,429
Faktor efesiensi alat	0,640
Dump Truck Toyota (6,8 m³)	
Hari Pengamatan	Waktu (menit)
Senin	8,73
Rabu	26,76
Jumat	32,74

Lanjutan Tabel 5.9 Rekapitulasi Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat

Dump Truck Toyota (6,8 m³)	
Hari Pengamatan	Waktu (menit)
Sabtu	26,75
Rata-rata waktu berhenti	23,743
Rata-rata waktu efektif	36,257
Faktor efisiensi alat	0,604
Bulldozer Komatsu D31E	
Hari Pengamatan	Waktu (menit)
Senin	16,75
Rabu	31,25
Jumat	43,84
Sabtu	38,08
Rata-rata waktu berhenti	32,480
Rata-rata waktu efektif	27,520
Faktor efisiensi alat	0,459

5.2.4 Faktor Bucket Excavator dan Faktor Blade Bulldozer

Faktor *bucket excavator* adalah perbandingan antara volume material di dalam *bucket* dengan volume kapasitas *bucket* teoritis pada *excavator*. Nilai tersebut ditunjukkan pada persentase material di dalam *bucket excavator* pada saat bekerja. Sedangkan faktor *blade bulldozer* merupakan banyaknya persentase material yang terdorong pada *blade* saat *bulldozer* bekerja. Berikut merupakan gambar *Bucket* dan *blade* yang terisi material.

Gambar 5.19 Material Dapat Terisi Hingga Muncung *Excavator*



Gambar 5.20 *Bucket Excavator* Tidak Terisi Penuh Material



Gambar 5.21 *Blade Bulldozer* Terisi Penuh Material

Berdasarkan pengamatan tersebut, maka besarnya faktor *bucket* dan faktor *blade* sebagai berikut.

1. Pengamatan pada Hari Senin

Pengamatan hari senin di lokasi proyek dapat dilihat pada Lampiran 25.

a. *Excavator* Komatsu PC-200

Bagian yang terisi material (%)

$$\begin{aligned} 1) \text{ Pagi} &= 100 + 110 + 100 / 3 \\ &= 103,333\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Siang} &= 120 + 120 + 110 / 3 \\ &= 116,667\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Sore} &= 120 + 110 + 100 / 3 \\ &= 110\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata } \textit{bucket} \text{ terisi} &= 103,333 + 116,667 + 110 / 3 \\ &= 110\% \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan faktor *bucket* dan *blade* pada hari senin dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Pengamatan Fakor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Senin

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Rata-rata Terisi Material
<i>Excavator</i> Komatsu PC- 200	Pagi	100	110%
		110	
		100	
	Siang	120	
		120	
		110	
	Sore	120	
		110	
		100	
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	Pagi	100	91,111%
		100	
		90	
	Siang	100	
		90	
		90	
	Sore	90	
		80	
		80	

2. Pengamatan Hari Rabu

Pengamatan hari rabu di lokasi proyek dapat dilihat pada Lampiran 26.

a. *Excavator* Komatsu PC-200

Bagian yang terisi material (%)

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Pagi} &= 100 + 100 + 90 / 3 \\
 &= 96,667\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Siang} &= 90 + 80 + 80 / 3 \\
 &= 83,333\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Sore} &= 110 + 110 + 110 / 3 \\
 &= 110\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata } \textit{bucket} \text{ terisi} = 96,667 + 83,333 + 110 / 3$$

$$= 96,667\%$$

Hasil rekapitulasi perhitungan faktor *bucket* dan *blade* pada hari rabu dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Rabu

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Rata-rata Terisi Material
<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	Pagi	100	96,667%
		100	
		90	
	Siang	90	
		80	
		80	
	Sore	110	
		110	
		110	
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	Pagi	90	87,778%
		70	
		40	
	Siang	100	
		100	
		100	
	Sore	100	
		100	
		90	

3. Pengamatan Hari Jumat

Pengamatan pada hari jumat di lokasi proyek dapat dilihat pada Lampiran 27.

a. *Excavator* Komatsu PC-200

Bagian yang terisi material (%)

$$\begin{aligned} 1) \text{ Pagi} &= 120 + 110 + 110 / 3 \\ &= 113,333\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Siang} &= 90 + 90 + 80 / 3 \\ &= 86,667\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Sore} &= 110 + 100 + 110 / 3 \\ &= 106,667\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata bucket terisi} &= 113,333 + 86,667 + 106,667 / 3 \\ &= 102,222\%\end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan faktor *bucket* dan *blade* pada hari jumat dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5. 12 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Jumat

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Rata-rata Terisi Material
<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	Pagi	120	102,222%
		110	
		110	
	Siang	90	
		90	
		80	
	Sore	110	
		100	
		110	
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	Pagi	100	96,667%
		100	
		100	
	Siang	100	
		100	
		90	
	Sore	100	
		90	
		90	

4. Pengamatan Hari Sabtu

Pengamatan hari sabtu di lokasi proyek dapat dilihat pada Lampiran 28.

a. *Excavator* Komatsu PC-200

Bagian yang terisi material (%)

$$\begin{aligned}1) \text{ Pagi} &= 110 + 90 + 90 / 3 \\ &= 96,667\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2) \text{ Siang} &= 100 + 90 + 80 / 3 \\ &= 90\%\end{aligned}$$

$$3) \text{ Sore} = 100 + 120 + 100 / 3$$

$$= 106,667\%$$

$$\text{Rata-rata bucket terisi} = 96,667 + 90 + 106,667 / 3$$

$$= 97,778\%$$

Hasil rekapitulasi perhitungan faktor *bucket* dan *blade* pada hari sabtu dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Sabtu

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Rata-rata Terisi Material
<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	Pagi	110	97,778%
		90	
		90	
	Siang	100	
		90	
		80	
	Sore	100	
		120	
		100	
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	Pagi	100	96,667%
		100	
		90	
	Siang	100	
		90	
		90	
	Sore	100	
		100	
		100	

Dari data di tersebut, diperoleh rata-rata persentase *bucket* dan *blade* yang terisi material per hari, selanjutnya hasil tersebut digunakan untuk menghitung rata-rata persentase terisi material, sehingga dapat menentukan faktor *bucket* dan faktor *blade*.

1. *Excavator* Komatsu PC-200

$$\text{Rata-rata bucket terisi material pada hari senin} = 110\%$$

$$\text{Rata-rata bucket terisi material pada hari rabu} = 96,667\%$$

$$\text{Rata-rata bucket terisi material pada hari jumat} = 102,222\%$$

$$\text{Rata-rata bucket terisi material pada hari sabtu} = 97,778\%$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata } bucket \text{ terisi material} &= (110 + 96,667 + 102,222 + 97,778) / 4 \\ &= 101,667\%\end{aligned}$$

$$\text{Faktor } bucket = 1,017$$

Hasil rekapitulasi perhitungan faktor *bucket* dan faktor *blade* dapat dilihat pada Tabel 5.14. Siklus pengerjaannya adalah *excavator* menggali tanah sebanyak 3 siklus ke dalam *dump truck*, kemudian *dump truck* akan membawa timbunan tanah ke lokasi yang perlu ditimbun. Kemudian tanah urugan akan diratakan menggunakan *bulldozer*.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade*

<i>Excavator Komatsu PC-200</i>	
Hari Pengamatan	Jumlah Material Terisi (%)
Senin	110
Rabu	96,667
Jumat	102,222
Sabtu	97,778
Rata-rata	101,667
Faktor <i>bucket</i>	1,017
<i>Bulldozer Komatsu D31E</i>	
Hari Pengamatan	Jumlah Material Terisi (%)
Senin	91,111
Rabu	87,778
Jumat	96,667
Sabtu	96,667
Rata-rata	93,056
Faktor <i>blade</i>	0,931

5.2.5 Perhitungan Rencana Produktivitas Alat Berat

Perhitungan rencana produktivitas alat berat dilakukan sebagai pembandingan produktivitas di lapangan. Perhitungan tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

1. *Excavator Komatsu PC-200*

$$\text{Kapasitas } bucket \text{ penuh (q')} = 0,86 \text{ m}^3 \text{ (Lampiran 29)}$$

$$\text{Faktor koreksi } bucket \text{ (K)} = 0,8 \text{ (Lihat Tabel 3.4)}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas alat (V)} &= q' \times K \\ &= 0,86 \times 0,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,69 \text{ m}^3 \\
 \text{Bucket fill factor (BFF)} &= 1 \text{ (Lihat Tabel 3.7)} \\
 \text{Waktu siklus (CT)} &= 0,24 \text{ menit (Lihat Tabel 3.5)} \\
 \text{Kedalaman galian rata-rata} &= 0,467 \text{ m (Lampiran 32)} \\
 \text{Kedalaman galian maksimal} &= 1 \text{ m (Lampiran 34)} \\
 \text{Kedalaman maksimal} &= \frac{\text{Kedalaman galian rata-rata}}{\text{Kedalaman galian maksimal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,467}{1} \times 100\% \\
 &= 47\% \approx 50\%
 \end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan Tabel 3.6 faktor koreksi (S) sebagai berikut.

$$\text{Sudut putar } 45^\circ = 1,28$$

$$\text{Sudut putar } 60^\circ = 1,21$$

$$\text{Sudut putar } 75^\circ = 1,16$$

$$\text{Sudut putar } 90^\circ = 1,10$$

$$\text{Sudut putar } 120^\circ = 1,03$$

$$\text{Sudut putar } 180^\circ = 0,91$$

$$\text{Efisiensi kerja rencana (E)} = 0,75 \text{ (Lihat Tabel 3.3)}$$

Produktivitas *excavator* Komatsu PC-200 per jam

a. Sudut putar 45°

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times \frac{60}{CT} \times S \times BFF \times E \\
 &= 0,69 \times \frac{60}{0,24} \times 1,28 \times 1 \times 0,75 \\
 &= 164,689 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas *excavator* dengan sudut putar lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Produktivitas Rencana *Excavator* Komatsu PC-200

Jenis Alat Berat	Sudut Putar (°)	Produktivitas (m ³ /jam)
<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	45	164,689
	60	155,682
	75	149,249
	90	141,530

Lanjutan Tabel 5.16 Rekapitulasi Produktivitas Rencana *Excavator* Komatsu PC-200

Jenis Alat Berat	Sudut Putar (°)	Produktivitas (m ³ /jam)
<i>Excavator</i>	120	132,523
Komatsu PC-200	180	117,084
Rata-rata Produktivitas		143,459

2. *Dump truck*

a. Waktu siklus

1) *Dump truck* Mitsubishi (6,5 m³)

Kapasitas bak truk (c) = 6,5 m³

Kapasitas pemuat (q') = 0,86 m³

Faktor koreksi pemuat (K) = 0,8

Jumlah siklus pemuat (n) = $\frac{c}{q' \times K}$
 $= \frac{6,5}{0,86 \times 0,8}$
 $= 9$

Kapasitas alat (V) = $n \times q' \times K$
 $= 9 \times 0,86 \times 0,8$
 $= 6,5 \text{ m}^3$

Waktu siklus pemuat (Cm) = 0,24 menit

Waktu muat = $\frac{c}{q'} \times K \times Cm$
 $= \frac{6,5}{0,86} \times 0,8 \times 0,24$
 $= 1,455 \text{ menit}$

Jarak angkut 1 = 200 m (Lampiran 2)

Jarak angkut 2 = 150 m (Lampiran 7)

Jarak angkut 3 = 70 m (Lampiran 12)

Kecepatan angkut truk = 10 km/jam
 $= \frac{10000}{60}$
 $= 166,67 \text{ m/menit}$

Kecepatan kembali truk = 15 km/jam

$$\begin{aligned}
 &= \frac{15000}{60} \\
 &= 250,01 \text{ m/menit} \\
 \text{Waktu pengangkutan} &= \frac{\text{Jarak}}{\text{Kecepatan angkut}} \\
 &= \frac{200}{166,67} \\
 &= 1,2 \text{ menit} \\
 \text{Waktu kembali} &= \frac{\text{Jarak}}{\text{Kecepatan kembali}} \\
 &= \frac{200}{250,01} \\
 &= 0,8 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan waktu pengangkutan dan waktu kembali berdasarkan jarak tempuh lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.17 Waktu Angkut dan Waktu Kembali *Dump Truck*

Truk Mengangkut		
Kecepatan (m/menit)	Jarak (m)	Waktu (menit)
166,67	200	1,2
	150	0,9
	70	0,42
Rata-rata Waktu Angkut		0,84
Truk Kembali		
Kecepatan (m/menit)	Jarak (m)	Waktu (menit)
250,01	200	0,8
	150	0,6
	70	0,28
Rata-rata Waktu Kembali		0,56

Waktu bongkar = 0,7 menit (Lihat Tabel 3.8)

Hasil rekapitulasi perhitungan waktu siklus *dump truck* lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Waktu Siklus *Dump Truck*

Jenis <i>Dump Truck</i>	Waktu Muat (menit)	Waktu Angkut (menit)	Waktu Kembali (menit)	Waktu Bongkar (menit)
Mitsubishi 6,5 m ³	1,455	0,84	0,56	0,7
Toyota 6,7 m ³	1,5	0,84	0,56	0,7
Toyota 6,8 m ³	1,522	0,84	0,56	0,7

b. Produktivitas *dump truck*1) *Dump truck* Mitsubishi (6,5 m³)

$$\text{Kapasitas alat (V)} = 6,5 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu tunggu} &= 1,5 + 1,522 \\ &= 3,022 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus} &= 1,455 + 0,84 + 0,56 + 0,7 + 3,022 \\ &= 6,577 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi kerja rencana (E)} = 0,75 \text{ (Lihat Tabel 3.3)}$$

Produktivitas *dump truck* per jam

$$\begin{aligned} Q &= V \times \frac{60}{CT} \times E \\ &= 6,5 \times \frac{60}{6,577} \times 0,75 \\ &= 44,475 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan produktivitas *dump truck* lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.19 Rekapitulasi Produktivitas Rencana *Dump Truck*

Jenis Alat Berat	Produktivitas (m³/jam)
<i>Dump truck</i> Mitsubishi (6,5 m ³)	44,475
<i>Dump truck</i> Toyota (6,7 m ³)	45,843
<i>Dump truck</i> Toyota (6,8 m ³)	46,527
Total Produktivitas	136,845

3. *Bulldozer* Komatsu D31E

$$\text{Faktor blade (a)} = 0,9 \text{ (Tabel 3.10)}$$

$$\begin{aligned}
\text{Lebar } blade &= 2,56 \text{ m (Lampiran 31)} \\
\text{Tinggi } blade &= 0,55 \text{ m (Lampiran 31)} \\
\text{Kapasitas } blade (V) &= L \times H^2 \times a \\
&= 2,56 \times 0,55^2 \times 0,9 \\
&= 0,697 \text{ m}^3 \\
\text{Jarak} &= 10 \text{ m} \\
\text{Kecepatan maju} &= 5 \text{ km/jam (Lihat Tabel 3.9)} \\
&= 5000 / 60 \\
&= 83,333 \text{ m/menit} \\
\text{Kecepatan mundur} &= 7 \text{ km/jam (Lihat Tabel 3.9)} \\
&= 7000 / 60 \\
&= 116,667 \text{ m/menit} \\
\text{Waktu ganti persneling (Z)} &= 0,02 \text{ menit (Lihat Tabel 3.9)} \\
\text{Waktu siklus} &= \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \\
&= \frac{10}{83,333} + \frac{10}{116,667} + 0,02 \\
&= 0,226 \text{ menit} \\
\text{Efisiensi kerja (E)} &= 0,75 \text{ (Lihat Tabel 3.3)} \\
\text{Produktivitas } bulldozer \text{ per jam} \\
Q &= V \times \frac{60}{CT} \times E \\
&= 0,697 \times \frac{60}{0,226} \times 0,75 \\
&= 138,951 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan produktivitas rencana alat berat yang digunakan pada proyek pembangunan kawasan Embung Barat UII dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Produktivitas Rencana Alat Berat

Nama Alat Berat	Produktivitas (m ³ /jam)
<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	143,459
<i>Dump truck</i> Mitsubishi Kapasitas 6,5 m ³	44,475
<i>Dump truck</i> Toyota Kapasitas 6,7 m ³	45,843
<i>Dump truck</i> Toyota Kapasitas 6,8 m ³	46,527
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	138,951

5.2.6 Perhitungan Produktivitas Alat Berat di Lapangan

Perhitungan produktivitas alat berat yang ada di lapangan berupa *excavator*, *dump truck*, dan *bulldozer* dapat dilihat sebagai berikut.

1. *Excavator* Komatsu PC-200

Pada penelitian ini *excavator* Komatsu PC-200 digunakan untuk menggali material tanah kemudian memindahkannya ke dalam *dump truck*. Didapatkan hasil pengamatan waktu siklus *excavator* Komatsu PC-200 dapat dilihat pada Lampiran 1, Lampiran 6, Lampiran 11, dan Lampiran 16. Perhitungan rata-rata waktu siklus *excavator* dapat dilihat sebagai berikut.

a. Hari Senin

Rata-rata waktu siklus *excavator* Komatsu PC-200 pada hari senin dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata waktu gali} &= (4,84 + 6,89 + 3,7 + 5,88 + 8 + 7,19 + \\
 &\quad 8,33 + 9,03 + 7,61) / 9 \\
 &= 6,830 \text{ detik (Lampiran 1)} \\
 \text{Rata-rata waktu putar isi} &= 5,687 \text{ detik (Lampiran 1)} \\
 \text{Rata-rata waktu buang} &= 4,722 \text{ detik (Lampiran 1)} \\
 \text{Rata-rata waktu putar kosong} &= 3,967 \text{ detik (Lampiran 1)} \\
 \text{Waktu siklus (CT)} &= \text{waktu gali} + \text{waktu putar isi} + \text{waktu} \\
 &\quad \text{buang} + \text{waktu putar kosong} \\
 &= 6,830 + 5,687 + 4,722 + 3,967 \\
 &= 21,216 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.21 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC-200 Hari Senin

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Gali	Putar Isi	Buang	Putar Kosong
Pagi	9:36	1	4,84	10,57	4,1	3,29
		2	6,89	4,46	3,74	4,49
		3	3,7	4,96	5,45	4,27
Siang	13:50	1	5,88	5,62	5,73	2,89
		2	8	3,92	4,35	3,25
		3	7,19	4,8	3,81	3,42
Sore	15:04	1	8,33	6,64	3,37	4,54
		2	9,03	5,65	5,83	5,52
		3	7,61	4,65	6,12	4,03
Rata-rata			6,830	5,697	4,722	3,967
Waktu siklus			21,216			

Tabel 5.22 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC-200 Hari Rabu

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Gali	Putar Isi	Buang	Putar Kosong
Pagi	9:32	1	6,22	4,40	5,57	5,08
		2	5,38	5,90	6,59	4,20
		3	11,18	5,20	4,33	3,99
Siang	13:34	1	9,78	2,87	4,61	2,34
		2	27,53	3,50	4,24	3,92
		3	6,43	3,96	3,85	4,22
Sore	15:00	1	8,32	3,27	4,28	2,19
		2	6,24	3,50	3,91	2,44
		3	7,73	4	3,59	2,64
Rata-rata			9,868	4,067	4,552	3,447
Waktu siklus			21,933			

Tabel 5.23 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC-200 Hari Jumat

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Gali	Putar Isi	Buang	Putar Kosong
Pagi	9:06	1	6,88	6,08	2,50	4,50
		2	8,10	4,75	2,19	4,41
		3	8,14	3,41	3,25	3,59
Siang	13:30	1	10,55	5,14	2,12	4,52
		2	8,37	4,96	2,96	3,89
		3	8,63	4,25	2,87	3,49
Sore	15.10	1	15,19	4,78	8,03	4,53
		2	6,33	4,72	2,77	6,27
		3	3,76	3,18	2,85	3,81
Rata-rata			8,439	4,586	3,282	4,334
Waktu siklus			20,641			

Tabel 5.24 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC-200 Hari Sabtu

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Gali	Putar Isi	Buang	Putar Kosong
Pagi	9:10	1	8,38	4,08	3,51	4,22
		2	6,33	4,21	2,25	4,19
		3	6,26	3,57	3,46	3,85
Siang	13:33	1	4,20	5,09	6,32	3,51
		2	15,56	6,06	3	4,86
		3	7,93	4,30	4,32	3,30
Sore	15:00	1	7,91	5,67	5,9	3,14
		2	6,23	4,17	5,34	3,23
		3	7,50	4,18	5,24	3,19
Rata-rata			7,811	4,592	4,371	3,721
Waktu siklus			20,496			

Perhitungan produktivitas muat tanah oleh *excavator* Komatsu PC-200 dapat dilihat sebagai berikut.

a) Hari Senin

Kapasitas *bucket* penuh (q') = 0,86 m³ (Lampiran 29)

Faktor koreksi *bucket* (K) = 1,017 (Lihat Tabel 5.14)

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas alat (V)} &= q' \times K \\
 &= 0,86 \times 1,017 \\
 &= 0,872 \text{ m}^3 \\
 \text{Bucket Fill Facktor (BFF)} &= 1 \quad (\text{Lihat Tabel 3.7}) \\
 \text{Waktu siklus (CT)} &= 21,216 \text{ detik (Lihat Tabel 5.20)} \\
 \text{Kedalaman galian rata-rata} &= 0,467 \text{ m} \quad (\text{Lampiran 32}) \\
 \text{Kedalaman galian maksimal} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman maksimal} &= \frac{\text{Kedalaman galian rata-rata}}{\text{Kedalaman galian maksimal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,467}{1} \times 100\% \\
 &= 48\% \approx 50\%
 \end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan Tabel 3.6 faktor koreksi (S) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Sudut putar } 45^\circ &= 1,28 \\
 \text{Sudut putar } 60^\circ &= 1,21 \\
 \text{Sudut putar } 75^\circ &= 1,16 \\
 \text{Sudut putar } 90^\circ &= 1,1 \\
 \text{Sudut putar } 120^\circ &= 1,03 \\
 \text{Sudut putar } 180^\circ &= 0,91
 \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi kerja (E)} = 0,256 \text{ (Lihat Tabel 5.9)}$$

1) Sudut putar 45°

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times \frac{3600}{CT} \times S \times BFF \times E \\
 &= 0,872 \times \frac{3600}{21,216} \times 1,28 \times 1 \times 0,256 \\
 &= 48,412 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.25 Rekapitulasi Produktivitas Lapangan *Excavator* Komatsu PC-200 pada Hari Senin

Jenis Alat Berat	Sudut Putar (°)	Produktivitas (m ³ /jam)
<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	45	48,412
	60	45,765
	75	43,874
	90	41,604
	120	38,957
	180	34,418
Rata-rata Produktivitas		42,172

Rekapitulasi produktivitas *excavator* Komatsu PC-200 pada hari lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Komatsu PC-200

<i>Excavator</i> Komatsu PC-200			
Hari	Sudut Putar (°)	Produktivitas (m ³ /jam)	Rata-rata Produktivitas
Senin	45	48,412	42,172 m ³ /jam
	60	45,765	
	75	43,874	
	90	41,604	
	120	38,957	
	180	34,418	
Rabu	45	46,828	40,792 m ³ /jam
	60	44,267	
	75	42,438	
	90	40,243	
	120	37,682	
	180	33,292	
Jumat	45	49,760	43,345 m ³ /jam
	60	47,038	
	75	45,095	
	90	42,762	
	120	40,041	
	180	35,376	

Lanjutan Tabel 5.27 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Komatsu PC-200

Excavator Komatsu PC-200			
Hari	Sudut Putar (°)	Produktivitas (m³/jam)	Rata-rata Produktivitas
Sabtu	45	50,113	43,653 m ³ /jam
	60	47,372	
	75	45,415	
	90	43,066	
	120	40,325	
	180	35,627	
Rata-rata Produktivitas Excavator Komatsu PC-200			42,490 m³/jam

2. *Dump truck* Mitsubishi (6,5 m³)

Pada penelitian ini *dump truck* Mitsubishi dengan kapasitas 6,5 m³ digunakan untuk memindahkan tanah lepas yang telah dimuat oleh *excavator* menuju lokasi timbunan. Didapatkan hasil pengamatan waktu siklus *dump truck* tersebut dapat dilihat pada Lampiran 2, Lampiran 7, Lampiran 12, dan Lampiran 17. Perhitungan rata-rata waktu siklus *dump truck* Mitsubishi 6,5 m³ dapat dilihat sebagai berikut.

a. Hari senin

Rata-rata waktu siklus *dump truck* Mitsubishi 6,5 m³ pada hari senin dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata waktu muat} &= (48,9 + 55,04 + 64,22 + 65,35 + 59,21 + \\
 &\quad 57,68 + 54,36 + 82,62 + 89,93) / 9 \\
 &= 64,15 \text{ detik (Lampiran 2)} \\
 \text{Rata-rata waktu angkut} &= 168,88 \text{ detik (Lampiran 2)} \\
 \text{Rata-rata waktu bongkar} &= 54,88 \text{ detik (Lampiran 2)} \\
 \text{Rata-rata waktu kembali} &= 133,36 \text{ detik (Lampiran 2)} \\
 \text{Waktu siklus (CT)} &= \text{waktu muat} + \text{waktu angkut} + \text{waktu} \\
 &\quad \text{bongkar} + \text{waktu kembali} + \text{waktu tunggu} \\
 &= 64,15 + 168,88 + 54,88 + 133,36 + 58,69 \\
 &= 479,956 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.28 Data Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Mitsubishi Kapasitas 6,5 m³ Hari Senin

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	9:10	1	48,9	202,96	49,51	131,98	65,31
		2	55,04	178,03	50,93	145,76	32,92
Pagi		3	64,22	216,75	51,34	107,62	36,33
Siang	13:22	1	65,35	154,63	52,56	160,36	52,31
		2	59,21	168,54	58,13	166,47	139,71
		3	57,68	178,19	54,01	105,22	41,68
Sore	15:44	1	54,36	142,1	56,1	129,82	86,52
		2	82,62	146,58	55,93	139,54	57,22
		3	89,93	132,18	65,43	113,43	16,19
Rata-rata			64,15	168,88	54,88	133,36	58,69
Waktu siklus			479,956				

Tabel 5.29 Data Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Mitsubishi Kapasitas 6,5 m³ Hari Rabu

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	9:32	1	50,4	103,43	53,01	56,51	161,29
		2	53,7	121,2	55,25	72,06	109,95
		3	47,68	113,66	38,21	48,43	11,27
Siang	14:15	1	41,16	138,89	52,81	118,08	383,25
		2	48,52	109,75	35,27	49,74	72,93
		3	45,86	123,9	47,23	51,16	-
Sore	15:10	1	46,07	91,53	50,17	76,84	89,53
		2	53,63	131,84	32,91	77,95	519,64
		3	45,16	87,11	35,64	58,85	40,12
Rata-rata			48,02	113,48	44,50	67,74	173,50
Waktu siklus			447,232				

Tabel 5.30 Data Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Mitsubishi Kapasitas 6,5 m³ Hari Jumat

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	9:08	1	40,67	130,31	69,48	114,46	368,26
		2	66,01	131,04	45,36	132,15	318,93
		3	38,7	127,72	59,63	106,28	55,54
Siang	13.30	1	63,9	94,08	73,73	122,75	173,47
		2	60,41	82,4	57,66	80,91	227,2
		3	63,7	106,01	41,35	108,63	555,82
Sore	15:10	1	49,66	129,77	49,68	110,68	196,53
		2	60,85	119,82	60,85	115,96	187,63
		3	54,21	130,52	55,36	111,52	286,45
Rata-rata			55,35	116,85	57,01	111,48	263,31
Waktu siklus			604,006				

Tabel 5.31 Data Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Mitsubishi Kapasitas 6,5 m³ Hari Sabtu

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	9:49	1	54,5	133,58	55,76	135,4	113,38
		2	56,06	127,49	55,93	110,26	258,25
		3	64,96	60,35	41,91	51,91	-
Siang	13:43	1	108,43	82,92	43,78	154,24	1087,18
		2	92,11	65,74	62,28	134,48	215,01
		3	134,28	66,12	50,15	36,57	-
Sore	15:15	1	50,15	67,86	45,27	93,97	421,44
		2	83,42	65,49	43,82	89,84	363,94
		3	50,81	64,88	45,21	45,21	-
Rata-rata			77,19	81,60	49,35	94,65	409,87
Waktu siklus			712,660				

Perhitungan produktivitas muat tanah pada *dump truck* Mitsubishi kapasitas 6,5 m³ dapat dilihat sebagai berikut.

a) Hari Senin

Kapasitas bak truk = 6,5 m³ (Lampiran 30)

Kapasitas pemuat (q') = 0,86 m³ (Lampiran 29)

Faktor koreksi pemuat (K) = 1,017

Jumlah siklus pemuat (n) = 4

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas alat (V)} &= n \times q' \times K \\
 &= 4 \times 0,86 \times 1,017 \\
 &= 3,488 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi kerja (E)} = 0,602 \text{ (Lihat Tabel 5.9)}$$

$$\text{Waktu siklus (CT)} = 479,956 \text{ detik (Lihat Tabel 5.26)}$$

Sehingga perhitungan produktivitas muat tanah pada *dump truck* Mitsubishi kapasitas 6,5 m³ per jam sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times \frac{3600}{CT} \times E \\
 &= 3,488 \times \frac{3600}{479,956} \times 0,602 \\
 &= 15,763 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi produktivitas muat tanah pada *dump truck* Mitsubishi kapasitas 6,5 m³ pada hari lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut.

Tabel 5.32 Rekapitulasi Produktivitas *Dump Truck* Mitsubishi Kapasitas 6,5 m³

<i>Dump Truck</i> Mitsubishi Kapasitas 6,5 m³	
Hari	Produktivitas (m³/jam)
Senin	15,763
Rabu	16,916
Jumat	12,526
Sabtu	10,616
Rata-rata Produktivitas	13,955

3. *Dump truck* Toyota (6,7 m³)

Pada penelitian ini *dump truck* Toyota dengan kapasitas 6,7 m³ digunakan untuk memindahkan tanah lepas yang telah dimuat oleh *excavator* menuju lokasi timbunan. Didapatkan hasil pengamatan waktu siklus *dump truck* tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3, Lampiran 8, Lampiran 13, dan Lampiran 18. Perhitungan rata-rata waktu siklus *dump truck* Toyota 6,7 m³ dapat dilihat sebagai berikut.

a. Hari senin

Rata-rata waktu siklus *dump truck* Toyota 6,7 m³ pada hari senin dapat dilihat sebagai berikut.

$$\text{Rata-rata waktu muat} = (50,58 + 53,36 + 61,04 + 59,01 + 60,26 +$$

$$\begin{aligned}
 & 56,79 + 55,05 + 68,79 + 60,92) / 9 \\
 & = 58,422 \text{ detik} \quad (\text{Lampiran 3}) \\
 \text{Rata-rata waktu angkut} & = 153,034 \text{ detik} \quad (\text{Lampiran 3}) \\
 \text{Rata-rata waktu bongkar} & = 39,031 \text{ detik} \quad (\text{Lampiran 3}) \\
 \text{Rata-rata waktu kembali} & = 144,840 \text{ detik} \quad (\text{Lampiran 3}) \\
 \text{Rata-rata waktu tunggu} & = 59,940 \text{ detik} \quad (\text{Lampiran 3}) \\
 \text{Waktu siklus (CT)} & = \text{waktu muat} + \text{waktu angkut} + \text{waktu} \\
 & \quad \text{bongkar} + \text{waktu kembali} + \text{Waktu tunggu} \\
 & = 58,422 + 153,034 + 39,031 + 144,840 + \\
 & \quad 59,940 \\
 & = 455,268 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.33 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota Kapasitas 6,7 m³ Hari Senin

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	9:36	1	50,58	152,95	31,96	115,93	154,95
		2	53,36	138,62	37,48	127,08	127,44
		3	61,04	149,05	37,52	108,41	63,75
Siang	13:42	1	59,01	154,09	49,75	173,69	38,9
		2	60,26	149,19	37,93	161,98	63,11
		3	56,79	122,1	48,27	113,99	-
Sore	15:42	1	55,05	172,62	32,77	165,41	22,58
		2	68,79	174,81	39,21	175,87	20,02
		3	60,92	163,88	36,39	161,2	48,71
Rata-rata			58,422	153,034	39,031	144,840	59,940
Waktu siklus			455,268				

Tabel 5.34 Data Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Kapasitas 6,7 m³ Hari Rabu

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	9:12	1	91,31	120,32	39,57	79,82	31,75
		2	125,69	105,03	52,98	64	34,72
		3	56,6	111,06	40,62	22,39	-
Siang	13:34	1	88,42	155,83	36,62	133,01	131,35
		2	115,73	184,97	39,55	114,58	280,92
		3	124,42	175,29	37,05	130,08	61,62
Sore	15:08	1	44,43	120,17	29,46	100,37	60,38
		2	50,17	80,17	35,89	182,91	588,75
		3	45,98	77,46	34,38	66,36	-
Rata-rata			82,528	125,589	38,458	99,280	148,686
Waktu siklus			494,541				

Tabel 5.35 Data Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Kapasitas 6,7 m³ Hari Jumat

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	9:06	1	44,54	164,05	46,7	139,93	169,83
		2	52,79	153,52	40,91	127,3	303,85
		3	42,15	142,33	39,61	125,22	169,72
Siang	13:34	1	86,65	125,3	34,89	136,7	199,76
		2	55,74	134,25	50,1	128,45	244,02
		3	62,11	148,62	45,76	112,53	645,14
Sore	15:05	1	75,63	138,41	53,05	131,56	201,42
		2	82,78	143,64	57,57	94,31	352,66
		3	68,5	152,37	45,51	110,86	288,23
Rata-rata			63,432	144,721	46,011	122,984	286,070
Waktu siklus			663,219				

Tabel 5.36 Data Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Kapasitas 6,7 m³ Hari Sabtu

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	10:11	1	108,59	252,04	34,22	85,47	132,47
		2	84,87	87,57	46,4	96,86	138
		3	68,26	97,82	51,13	99,23	13,75
Siang	13:37	1	64,56	83,14	42,4	99,04	340,77
		2	64	72,25	36,85	84,34	77,71
		3	101,45	80,13	54,08	110,01	816,65
Sore	15:10	1	64,39	72,53	36,76	113,96	534,03
		2	69,08	73,04	36,54	103,84	388,71
		3	36,81	71,27	47,49	68,63	-
Rata-rata			73,557	98,866	42,874	95,709	305,261
Waktu siklus			616,267				

Perhitungan produktivitas muat tanah pada *dump truck* Toyota kapasitas 6,7 m³ dapat dilihat sebagai berikut.

a) Hari Senin

Kapasitas bak truk = 6,7 m³ (Lampiran 30)

Kapasitas pemuat (q') = 0,86 m³ (Lampiran 29)

Faktor koreksi pemuat (K) = 1,017

Jumlah siklus pemuat = 4

Kapasitas alat (V) = $n \times q' \times K$
 $= 4 \times 0,86 \times 1,017$
 $= 3,488 \text{ m}^3$

Efisiensi kerja (E) = 0,640 (Lihat Tabel 5.9)

Waktu siklus (CT) = 455,268 detik (Lihat Tabel 5.31)

Sehingga perhitungan produktivitas *dump truck* Toyota kapasitas 6,7 m³ per jam sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times \frac{3600}{CT} \times E \\
 &= 3,488 \times \frac{3600}{455,268} \times 0,640 \\
 &= 17,666 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi produktivitas muat tanah pada *dump truck* Toyota kapasitas 6,7 m³ pada hari lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.37 Rekapitulasi Produktivitas *Dump Truck* Kapasitas Toyota 6,7m³

<i>Dump Truck</i> Toyota Kapasitas 6,7 m³	
Hari	Produktivitas (m³/jam)
Senin	17,666
Rabu	16,263
Jumat	12,127
Sabtu	13,051
Rata-rata Produktivitas	14,777

4. *Dump truck* Toyota (6,8 m³)

Pada penelitian ini *dump truck* Toyota dengan kapasitas 6,8 m³ digunakan untuk memindahkan tanah lepas yang telah dimuat oleh *excavator* menuju lokasi timbunan. Didapatkan hasil pengamatan waktu siklus *dump truck* tersebut dapat dilihat pada Lampiran 4, Lampiran 9, Lampiran 14, dan Lampiran 19. Perhitungan rata-rata waktu siklus *dump truck* Toyota 6,8 m³ dapat dilihat sebagai berikut.

a. Hari senin

Rata-rata waktu siklus *dump truck* Toyota 6,8 m³ pada hari senin dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata waktu muat} &= (47,93 + 45,21 + 63,18 + 55,12 + 67,19 + \\
 &\quad 62,27 + 81,31 + 85,11 + 63,08) / 9 \\
 &= 63,378 \text{ detik} \quad (\text{Lihat Lampiran 4}) \\
 \text{Rata-rata waktu angkut} &= 183,596 \text{ detik} \quad (\text{Lihat Lampiran 4}) \\
 \text{Rata-rata waktu bongkar} &= 48,713 \text{ detik} \quad (\text{Lihat Lampiran 4}) \\
 \text{Rata-rata waktu kembali} &= 133,851 \text{ detik} \quad (\text{Lihat Lampiran 4}) \\
 \text{Rata-rata waktu tunggu} &= 58,199 \text{ detik} \quad (\text{Lihat Lampiran 4}) \\
 \text{Waktu siklus (CT)} &= \text{waktu muat} + \text{waktu angkut} + \text{waktu} \\
 &\quad \text{bongkar} + \text{waktu kembali} + \text{waktu tunggu} \\
 &= 63,378 + 183,596 + 48,713 + 133,851 + \\
 &\quad 58,199 \\
 &= 487,737 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.38 Data Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Kapasitas 6,8 m³ Hari Senin

Sesi	Sesi	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	9:12	1	47,93	198,35	47,53	134,41	30,23
		2	45,21	185,61	47,23	135,85	81,11
		3	63,18	173,03	56,27	145,02	93,73
Siang	13:25	1	55,12	171,51	50,26	140,57	50,86
		2	67,19	182,21	47,03	159,51	-
		3	62,27	206,55	63,26	125,95	-
Sore	15:15	1	81,31	164,6	51,47	131,77	63,41
		2	85,11	222,42	27,05	126,26	204,45
		3	63,08	148,08	48,32	105,32	-
Rata-rata			63,378	183,596	48,713	133,851	58,199
Waktu siklus			487,737				

Tabel 5. 39 Data Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Kapasitas 6,8 m³ Hari Rabu

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	9:32	1	54,71	89,47	69,48	49,99	134,45
		2	58,04	92,13	56,64	58,74	76,53
		3	58,89	98,74	69,82	59,91	105,49
Siang	13:38	1	74,18	140,05	59,23	136,02	405,11
		2	128,76	152,53	60,93	104,64	210,34
		3	64,25	99,01	58,59	53,97	-
Sore	15:07	1	46,39	84,74	48,69	65,56	97,12
		2	48,56	86,41	51,96	72,85	86,04
		3	42,44	75,21	56,85	72,8	490,45
Rata-rata			64,024	102,032	59,132	74,942	200,691
Waktu siklus			500,822				

Tabel 5. 40 Data Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Kapasitas 6,8 m³ Hari Jumat

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	9:04	1	61,62	156,33	34,6	129,85	281,36
		2	57,43	152,71	59,69	130,42	119,62
		3	76,69	168,49	55,05	130,94	264,35
Siang	13:40	1	74,61	122,65	65,98	126,37	256,83
		2	111,3	143,03	62,88	133,19	392,32
		3	88,95	123,86	41,48	60,89	477,29
Sore	15:14	1	86,87	108,78	57,42	75,22	237,61
		2	63,89	146,35	83,99	126	465,48
		3	47,5	135,58	70,67	123,73	119,35
Rata-rata			74,318	139,753	59,084	115,179	290,468
Waktu siklus			678,802				

Tabel 5.41 Data Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Kapasitas 6,8 m³ Hari Sabtu

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)				
			Muat	Angkut	Bongkar	Kembali	Tunggu
Pagi	9:46	1	78,6	144,2	43,14	114,92	112,73
		2	67,17	119,02	35,27	123,04	116,36
		3	70,03	128,27	72,85	77,99	106,21
Siang	13:41	1	82,16	95,78	75,42	90,16	212,67
		2	95,11	66,42	62,25	106,59	877,3
		3	95,52	74,67	44,87	71,89	311,85
Sore	15:05	1	58,9	88,65	54,96	109,76	493,87
		2	70,63	90,85	55,98	93,86	355,03
		3	80,54	69,03	33,98	93,16	287,91
Rata-rata			77,629	97,432	53,191	97,930	319,326
Waktu siklus			645,508				

Perhitungan produktivitas muat tanah pada *dump truck* Toyota kapasitas 6,8 m³ dapat dilihat sebagai berikut.

a) Hari Senin

Kapasitas bak truk = 6,8 m³ (Lampiran 30)

Kapasitas pemuat (q') = 0,86 m³ (Lampiran 29)

Faktor koreksi pemuat (K) = 1,017

$$\text{Jumlah siklus pemuat} = 4$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas alat (V)} &= n \times q' \times K \\ &= 4 \times 0,86 \times 1,017 \\ &= 3,488 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi kerja (E)} = 0,604 \text{ (Lihat Tabel 5.9)}$$

$$\text{Waktu siklus (CT)} = 487,737 \text{ detik (Lihat Tabel 5.36)}$$

Sehingga perhitungan produktivitas *dump truck* Toyota kapasitas 6,8 m³ per jam sebagai berikut.

$$\begin{aligned}Q &= V \times \frac{3600}{CT} \times E \\ &= 3,488 \times \frac{3600}{487,737} \times 0,604 \\ &= 15,558 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Rekapitulasi produktivitas *dump truck* Toyota kapasitas 6,8 m³ pada hari lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.40 berikut.

Tabel 5.42 Rekapitulasi Produktivitas Dump Truck Toyota Kapasitas 6,8 m³

Dump Truck Toyota Kapasitas 6,8 m³	
Hari	Produktivitas (m³/jam)
Senin	15,558
Rabu	15,152
Jumat	11,179
Sabtu	11,755
Rata-rata Produktivitas	13,411

5. *Bulldozer* Komatsu D31E

Pada penelitian ini *bulldozer* Komatsu D31E digunakan untuk meratakan timbunan tanah dari *dump truck*. Didapatkan hasil pengamatan waktu siklus *bulldozer* dapat dilihat pada Lampiran 5, Lampiran, 10, Lampiran, 15, dan Lampiran 20. Perhitungan rata-rata waktu siklus *bulldozer* Komatsu D31E dapat dilihat sebagai berikut.

a. Hari senin

Rata-rata waktu siklus *bulldozer* D31E pada hari senin dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata waktu maju} &= (8,38 + 12,04 + 8,95 + 13,34 + 14,05 \\
 &\quad + 11,15 + 10,1 + 8,63 + 10,75) / 9 \\
 &= 10,821 \text{ detik (Lihat Lampiran 5)} \\
 \text{Rata-rata waktu mundur} &= 9,177 \text{ detik (Lihat Lampiran 5)} \\
 \text{Rata-rata waktu ganti persnelling} &= 0,876 \text{ detik (Lihat Lampiran 5)} \\
 \text{Waktu siklus (CT)} &= \text{waktu maju} + \text{waktu mundur} + \text{waktu} \\
 &\quad \text{ganti persnelling} \\
 &= 10,821 + 9,177 + 0,872 \\
 &= 20,873 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.43 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31E Hari Senin

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Maju	Mundur	Ganti Persneling 1	Ganti Persneling 2
Pagi	9:18	1	8,38	6,01	0,98	0,59
		2	12,04	6,36	0,58	1
		3	8,95	10,48	1,2	1,1
Siang	13:30	1	13,34	13,31	0,81	1,17
		2	14,05	6,78	0,56	0,67
		3	11,15	9,54	1,04	0,75
Sore	15:22	1	10,1	11,54	0,83	1,17
		2	8,63	9,36	1,06	0,52
		3	10,75	9,21	0,95	0,78
Rata-rata			10,821	9,177	0,876	
Waktu siklus			20,873			

Tabel 5.44 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31E Hari Rabu

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Maju	Mundur	Ganti Persneling 1	Ganti Persneling 2
Pagi	9:20	1	5,7	10,63	1,5	1,51
		2	14,29	8,64	1,02	0,88
		3	12,55	12,06	1,09	0,95
Siang	13:51	1	23,91	13,13	0,62	0,94
		2	23,35	13,26	0,75	1,38
		3	21,51	17,22	1,12	0,66
Sore	15:15	1	19,29	14,53	0,78	0,96
		2	20,55	15,72	1,04	0,75
		3	18,58	17,65	0,85	1,12
Rata-rata			17,748	13,649	0,996	
Waktu siklus			32,392			

Tabel 5.45 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31E Hari Jumat

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Maju	Mundur	Ganti Persneling 1	Ganti Persneling 2
Pagi	9:15	1	10,38	9,83	0,95	0,91
		2	13,33	6,86	1,02	0,92
		3	5,75	6,99	1,15	1,06
Siang	13:43	1	20,16	13,15	1,2	0,71
		2	19,53	14,47	0,97	0,85
		3	20,65	15,83	1,06	1,12
Sore	15:26	1	15,45	10,89	1,15	0,88
		2	17,2	11,55	0,92	1,16
		3	14,86	13,81	1,1	0,77
Rata-rata			15,257	11,487	0,994	
Waktu siklus			27,738			

Tabel 5.46 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31E Hari Sabtu

Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Maju	Mundur	Ganti Persneling 1	Ganti Persneling 2
Pagi	9:58	1	14,46	15,14	0,99	1,09
		2	12,62	6,57	0,76	0,52
		3	21,07	15,94	1,28	1,05
Siang	13:49	1	15,23	14,81	1,11	1,13
		2	13,59	5,68	0,46	0,83
		3	20,98	16,73	1,25	0,84
Sore	15:23	1	17,15	16,86	1,05	0,88
		2	20,62	19,31	1	0,97
		3	18,2	15,78	0,96	0,95
Rata-rata			17,102	14,091	0,951	
Waktu siklus			32,144			

Perhitungan produktivitas *bulldozer* Komatsu D31E dapat dilihat sebagai berikut.

a) Hari Senin

Faktor *blade* (a) = 0,931 (Lihat Tabel 5.14)

Lebar *blade* (L) = 2,560 m (Lampiran 31)

Tinggi *blade* (H) = 0,550 m (Lampiran 31)

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas } blade &= L \times H^2 \times a \\
 &= 2,560 \times 0,550^2 \times 0,931 \\
 &= 0,721 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

CT = 20,873 detik (Lihat Tabel 5.41)

Efektifitas kerja = 0,459 (Lihat Tabel 5.9)

Sehingga perhitungan produktivitas *bulldozer* Komatsu D31E per jam sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times \frac{3600}{CT} \times E \\
 &= 0,721 \times \frac{3600}{20,873} \times 0,459 \\
 &= 57,005 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi produktivitas *bulldozer* Komatsu D31E pada hari lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.45 berikut.

Tabel 5.47 Rekapitulasi Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D31E

<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	
Hari	Produktivitas (m³/jam)
Senin	57,005
Rabu	36,734
Jumat	42,898
Sabtu	37,017
Rata-rata Produktivitas	43,414

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, didapatkan rekapitulasi produktivitas per jam setiap alat berat yang digunakan di lapangan.

Tabel 5.48 Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat di Lapangan

Nama Alat Berat	Produktivitas Alat Berat (m³/jam)
<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	42,490
<i>Dump truck</i> Mitsubishi (6,5 m ³)	13,955
<i>Dump truck</i> Toyota (6,7 m ³)	14,777
<i>Dump truck</i> Toyota (6,8 m ³)	13,411
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	43,414

5.2.7 Biaya Sewa Alat

Harga sewa alat berat dan upah operator didapatkan dari hasil wawancara dengan *site manager* proyek. Berikut merupakan harga sewa masing-masing alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian dan timbunan Embung Barat UII.

1. *Excavator* Komatsu PC-200

$$\begin{aligned}\text{Harga sewa} &= \text{Rp } 180.000,00 / \text{jam} \times 7 \text{ jam} \\ &= \text{Rp } 1.260.000,00 / \text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Bahan bakar} &= 100 \text{ liter/hari} \times \text{Rp } 14.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.400.000,00 / \text{hari}\end{aligned}$$

$$\text{Operator} = \text{Rp } 300.000,00 / \text{hari}$$

$$\begin{aligned}\text{Total harga sewa} &= 1.260.000 + 1.400.000 + 300.000 \\ &= \text{Rp } 2.960.000,00 / \text{hari}\end{aligned}$$

2. *Dump truck*

Harga sewa *dump truck* sudah termasuk dengan upah operator dan bahan bakar.

Pada pekerjaan galian dan timbunan digunakan tiga *dump truck*.

Harga sewa = Rp 650.000,00 /hari

Jumlah alat = 3

Total harga sewa = 650.000×3
= Rp 1.950.000,00 /hari

3. *Bulldozer* Komatsu D31E

Harga sewa = Rp 120.000,00 /jam $\times$ 7 jam
= Rp 840.000,00 /hari

Bahan bakar = 25 liter/hari $\times$ Rp 14.000,00
= Rp 350.000,00 /hari

Operator = Rp 200.000,00 /hari

Total harga sewa = $840.000 + 170.000 + 200.000$
= Rp 1.390.000,00 /hari

5.2.8 Perhitungan Durasi Pekerjaan

Waktu pekerjaan dihitung berdasarkan jumlah volume pekerjaan banding besar produktivitas alat. Perhitungan waktu rencana digunakan sebagai acuan untuk perbandingan dengan waktu lapangan.

1. Perhitungan waktu rencana

a) Perhitungan *excavator*

Perhitungan *excavator* untuk pekerjaan muat tanah.

Jenis alat = *Excavator* Komatsu PC-200

Produktivitas = $143,459 \text{ m}^3/\text{jam}$

Jam kerja = 7 jam/hari

Produktivitas per hari = $143,459 \times 7$
= $1004,216 \text{ m}^3/\text{hari}$

Volume galian = $4540,273 \text{ m}^3$

Durasi = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas alat}}$
= $\frac{4540,273}{1004,216}$
= $4,521 \approx 5 \text{ hari}$

b) Perhitungan *dump truck*

Perhitungan *dump truck* untuk pekerjaan muat tanah galian.

Jenis alat = *Dump truck* Mitsubishi kapasitas 6,5 m³

Produktivitas = 44,475 m³/jam

Jenis alat = *Dump truck* Toyota kapasitas 6,7 m³

Produktivitas = 45,843 m³/jam

Jenis alat = *Dump truck* Toyota kapasitas 6,8 m³

Produktivitas = 46,527 m³/jam

Sehingga jumlah produktivitas total *dump truck* untuk muat tanah sebesar,

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas } dump\ truck &= 44,475 + 45,843 + 46,527 \\ &= 136,845\ m^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Jam kerja = 7 jam/hari

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas perhari} &= 136,845 \times 7 \\ &= 957,916\ m^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Volume tanah = 4540,273 m³

$$\begin{aligned}\text{Durasi pekerjaan} &= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas alat}} \\ &= \frac{4540,273}{957,916} \\ &= 4,739 \approx 5\ \text{hari}\end{aligned}$$

c) Perhitungan *bulldozer*

Perhitungan *bulldozer* untuk pekerjaan timbunan tanah.

Jenis alat = *Bulldozer* Komatsu D31E

Produktivitas = 138,951 m³/jam

Jam kerja = 7 jam/hari

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas per hari} &= 138,951 \times 7 \\ &= 972,656\ m^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Volume timbunan = 4109,118 m³

$$\begin{aligned}\text{Durasi pekerjaan} &= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas alat}} \\ &= \frac{4109,118}{972,656} \\ &= 4,224 \approx 5\ \text{hari}\end{aligned}$$

2. Perhitungan waktu lapangan

Hasil pengamatan di lapangan, *dump truck* merupakan faktor yang memengaruhi waktu kerja *excavator* dan *bulldozer*. Sehingga perhitungannya sebagai berikut.

a.) Perhitungan *dump truck*

Jenis alat = *Dump truck* Mitsubishi kapasitas 6,5 m³

Produktivitas = 13,955 m³/jam

Jenis alat = *Dump truck* Toyota kapasitas 6,7 m³

Produktivitas = 14,777 m³/jam

Jenis alat = *Dump truck* Toyota kapasitas 6,8 m³

Produktivitas = 13,411 m³/jam

Sehingga jumlah produktivitas total *dump truck* untuk muat tanah sebesar,

Produktivitas *dump truck* = 13,955 + 14,777 + 13,411

= 42,143 m³/jam

Jam kerja = 7 jam/hari

Produktivitas perhari = 42,143 × 7

= 295,003 m³/hari

Volume tanah = 4540,273 m³

Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas alat}}$

= $\frac{4540,273}{295,003}$

= 15,391 ≈ 16 hari

b.) Perhitungan *excavator*

Perhitungan *excavator* untuk pekerjaan muat tanah.

Jenis alat = *Excavator* Komatsu PC-200

Produktivitas muat *excavator* = 297,433 m³/hari

Volume galian = 4540,273 m³

Durasi pekerjaan = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas alat}}$

= $\frac{4570,273}{297,433}$

= 15,265 ≈ 16 hari

c) Perhitungan *bulldozer*

Perhitungan *bulldozer* untuk pekerjaan menimbun tanah dari *dump truck*.

Jenis alat = *Bulldozer* Komatsu D31E

Produktivitas = 303,895 m³/hari

Volume timbunan = 4109,118 m³

$$\begin{aligned} \text{Durasi pekerjaan} &= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas alat}} \\ &= \frac{4109,118}{303,895} \\ &= 13,522 \approx 14 \text{ hari} \end{aligned}$$

5.2.9 Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat

Berdasarkan acuan rencana, pekerjaan galian dan timbunan harus diselesaikan selama 4 hari kerja. Hasil pengamatan di lapangan, *dump truck* merupakan faktor yang memengaruhi waktu kerja *excavator* dan *bulldozer*. Sehingga untuk meningkatkan produktivitas, jumlah *dump truck* harus diubah.

1. Kondisi Lapangan

Pada pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan tanah, jumlah alat berat yang digunakan pada Proyek Penataan Kawasan Embung Barat UII menggunakan 3 *dump truck*, 1 *excavator*, dan 1 *bulldozer*.

a. Perhitungan *dump truck*

Produktivitas muat *dump truck* = 295,003 m³/hari

Volume tanah = 4540,273 m³

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= \frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}} \\ &= \frac{4540,273}{295,003} \\ &= 15,391 \approx 16 \text{ hari} \end{aligned}$$

Harga sewa *dump truck* = Rp 1.950.000,00 /hari

$$\begin{aligned} \text{Total biaya } \textit{dump truck} &= \text{Harga sewa} \times \text{Durasi pekerjaan} \\ &= \text{Rp } 1.950.000 \times 16 \\ &= \text{Rp } 31.200.000,00 \end{aligned}$$
b. Perhitungan *excavator*

Produktivitas *excavator* = 297,433 m³/hari

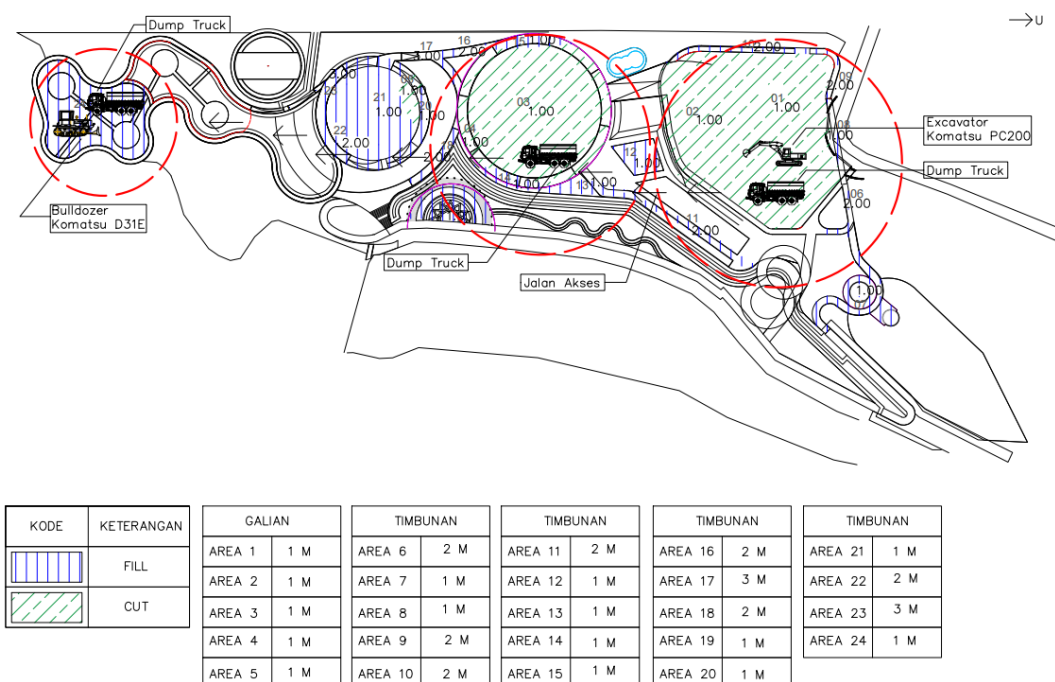
Jumlah <i>excavator</i>	= 1 buah
Volume tanah	= 4540,273 m ³
Durasi	$= \frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}}$ $= \frac{4540,273}{297,433}$ $= 15,265 \approx 16 \text{ hari}$
Harga sewa <i>excavator</i>	$= \text{Harga sewa} \times \text{Jumlah alat} \times \text{Durasi}$ $= \text{Rp } 2.960.000,00 \times 1 \times 16$ $= \text{Rp } 47.360.000,00$
Mobilisasi	= Rp 2.000.000,00
Demobilisasi	= Rp 2.000.000,00
Total harga sewa <i>excavator</i>	$= 47.360.000 + 2.000.000 + 2.000.000$ $= \text{Rp } 51.360.000,00$
c. Perhitungan <i>bulldozer</i>	
Produktivitas	= 303,895 m ³ /hari
Jumlah <i>bulldozer</i>	= 1 buah
Volume tanah	= 4109,118 m ³
Durasi	$= \frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}}$ $= \frac{4109,118}{303,895}$ $= 13,522 \approx 14 \text{ hari}$
Harga sewa <i>bulldozer</i>	$= \text{Harga sewa} \times \text{Jumlah alat} \times \text{Durasi}$ $= \text{Rp } 1.390.000,00 \times 1 \times 14$ $= \text{Rp } 19.460.000,00$
Mobilisasi	= Rp 2.000.000,00
Demobilisasi	= Rp 2.000.000,00
Total harga sewa <i>bulldozer</i>	$= 19.460.000 + 2.000.000 + 2.000.000$ $= \text{Rp } 23.460.000,00$

Biaya yang dikeluarkan untuk kondisi lapangan yang terdiri dari 1 kelompok *dump truck*, 1 *excavator*, dan 1 *bulldozer* dapat dilihat pada Tabel 5.47 berikut.

Tabel 5.49 Biaya Kombinasi Alat Berat Kondisi Asli

Alat Berat	Jumlah	Durasi	Biaya
<i>Dump truk</i>	3 unit	16 hari	Rp 31.200.000,00
<i>Excavator</i>	1 unit	16 hari	Rp 51.360.000,00
<i>Bulldozer</i>	1 unit	14 hari	Rp 23.460.000,00
Total Biaya			Rp 106.020.000,00

Volume tanah pada pekerjaan galian dimuat oleh *excavator* ke dalam *dump truck*, kemudian dipindahkan ke lokasi timbunan. Setelah itu tanah yang sudah dibongkar oleh *dump truck* diratakan atau ditimbun menggunakan *bulldozer*. *Dump truck* sebanyak 3 unit, *excavator* sebanyak 1 unit dan *bulldozer* sebanyak 1 unit, sehingga durasi pekerjaan selama 16 hari. Skema pekerjaan alat berat untuk kondisi asli di lapangan dapat dilihat sebagai berikut.

**Gambar 5.22 Skema Alat Berat pada Kondisi Asli di Lapangan**

2. Alternatif 1

a. Perhitungan *Dump truk*

Produktivitas *dump truck* rencana = 957,916 m³/hari

Produktivitas *dump truck* lapangan = 295,003 m³/hari

Produktivitas tersebut merupakan produktivitas 1 kelompok *dump truck* yang terdiri dari 3 *dump truck*.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kelompok } dump \text{ truck yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Produktivitas rencana}}{\text{Produktivitas lapangan}} \\ &= \frac{957,916}{295,003} \\ &= 3,247 \approx 4 \text{ kelompok truck}\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas } dump \text{ truck} &= 295,003 \times 4 \\ &= 1180,010 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Volume tanah} &= 4540,273 \text{ m}^3 \\ \text{Durasi} &= \frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}} \\ &= \frac{4540,273}{1180,010} \\ &= 3,848 \approx 4 \text{ hari} \\ \text{Harga sewa } dump \text{ truck} &= \text{Rp } 1.950.000 \times 4 \text{ kelompok } dump \text{ truck} \\ &= \text{Rp } 7.800.000,00 \text{ per hari} \\ \text{Total biaya } dump \text{ truck} &= \text{Harga sewa} \times \text{Durasi pekerjaan} \\ &= \text{Rp } 7.800.000 \times 4 \\ &= \text{Rp } 31.200.000,00\end{aligned}$$

b. Perhitungan *Excavator*

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas } excavator \text{ rencana} &= 1004,216 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Produktivitas } excavator \text{ lapangan} &= 297,433 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Jumlah } excavator \text{ yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Produktivitas Rencana}}{\text{Produktivitas Lapangan}} \\ &= \frac{1004,216}{297,433} \\ &= 3,38 \approx 4 \text{ unit excavator}\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas } excavator &= 297,433 \times 4 \\ &= 1189,732 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Volume tanah} &= 4540,73 \text{ m}^3 \\ \text{Durasi} &= \frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}}\end{aligned}$$

$$= \frac{4193,981}{1189,732}$$

$$= 3,816 \approx 4 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga sewa excavator} &= \text{Harga sewa} \times \text{Jumlah alat} \times \text{Durasi} \\ &= \text{Rp } 2.960.000,00 \times 4 \times 4 \\ &= \text{Rp } 47.360.000,00 \end{aligned}$$

$$\text{Mobilisasi} = \text{Rp } 2.000.000,00$$

$$\text{Demobilisasi} = \text{Rp } 2.000.000,00$$

$$\begin{aligned} \text{Total harga sewa excavator} &= 47.360.000 + 2.000.000 + 2.000.000 \\ &= \text{Rp } 51.360.000,00 \end{aligned}$$

c. Perhitungan *Bulldozer*

$$\text{Produktivitas bulldozer rencana} = 972,656 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas bulldozer lapangan} = 303,895 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bulldozer yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Produktivitas Rencana}}{\text{Produktivitas Lapangan}} \\ &= \frac{972,656}{303,895} \\ &= 3,20 \approx 4 \text{ unit bulldozer} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas bulldozer} &= 303,895 \times 4 \\ &= 1215,579 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Volume} = 4109,118 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= \frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}} \\ &= \frac{4109,118}{1215,579} \end{aligned}$$

$$= 3,38 \approx 4 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga sewa bulldozer} &= \text{Harga sewa} \times \text{Jumlah alat} \times \text{Durasi} \\ &= \text{Rp } 1.390.000,00 \times 4 \times 4 \\ &= \text{Rp } 22.240.000,00 \end{aligned}$$

$$\text{Mobilisasi} = \text{Rp } 2.000.000,00$$

$$\text{Demobilisasi} = \text{Rp } 2.000.000,00$$

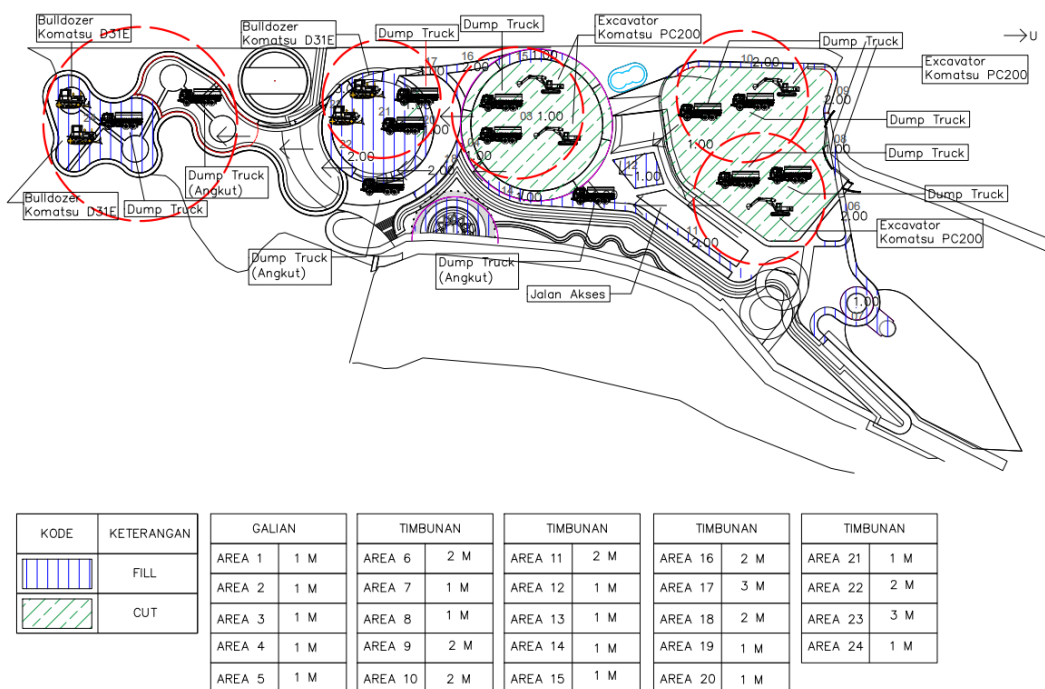
$$\begin{aligned} \text{Total harga sewa bulldozer} &= 22.240.000 + 2.000.000 + 2.000.000 \\ &= \text{Rp } 26.240.000,00 \end{aligned}$$

Biaya yang dikeluarkan untuk kombinasi alat berat alternatif 1 yang terdiri dari 4 kelompok *dump truck*, 4 unit *excavator*, dan 4 unit *bulldozer* dapat dilihat pada Tabel 5.48 berikut.

Tabel 5.50 Biaya Kombinasi Alat Berat Alternatif 1

Alat Berat	Jumlah	Durasi	Biaya
<i>Dump truk</i>	4 kelompok	4 hari	Rp 31.200.000,00
<i>Excavator</i>	4 unit	4 hari	Rp 51.360.000,00
<i>Bulldozer</i>	4 unit	4 hari	Rp 26.400.000,00
Total Biaya			Rp 108.800.000,00

Volume tanah pada pekerjaan galian dimuat oleh *excavator* ke dalam *dump truck*, kemudian dipindahkan ke lokasi timbunan. Setelah itu tanah yang sudah dibongkar oleh *dump truck* diratakan atau ditimbun menggunakan *bulldozer*. Penambahan *dump truck* menjadi 12 unit, *excavator* menjadi 4 unit dan *bulldozer* menjadi 4 unit membuat produktivitas bertambah sehingga mempercepat durasi pekerjaan menjadi 4 hari kerja. Skema pekerjaan alat berat untuk alternatif 1 dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5.23 Skema Alat Berat pada Alternatif 1

3. Alternatif 2

Untuk alternatif 2 alat berat yang digunakan 3 kelompok *dump truck*, 3 unit *excavator*, dan 3 unit *bulldozer*.

a. Perhitungan *dump truck*

$$\text{Produktivitas lapangan } \textit{dump truck} = 295,003 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Jumlah kelompok } \textit{dump truck} = 3 \text{ kelompok}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas } \textit{dump truck} &= 295,003 \times 3 \\ &= 885,008 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Volume tanah} = 4540,273 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= \frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}} \\ &= \frac{4540,273}{885,008} \\ &= 5,130 \approx 6 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga sewa } \textit{dump truck} &= \text{Rp } 1.950.000 \times 3 \text{ kelompok } \textit{dump truck} \\ &= \text{Rp } 5.850.000,00 \text{ per hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya } \textit{dump truck} &= \text{Harga sewa} \times \text{Durasi pekerjaan} \\ &= \text{Rp } 5.850.000 \times 6 \\ &= \text{Rp } 35.100.000,00 \end{aligned}$$

b. Perhitungan *excavator*

$$\text{Produktivitas } \textit{excavator} \text{ lapangan} = 297,433 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Jumlah alat} = 3 \text{ unit}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas } \textit{excavator} &= 297,433 \times 3 \\ &= 892,298 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Volume tanah} = 4540,273 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= \frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}} \\ &= \frac{4540,273}{892,298} \\ &= 5,088 \approx 6 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\text{Harga sewa } \textit{excavator} = \text{Harga sewa} \times \text{Jumlah alat} \times \text{Durasi}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 2.960.000,00 \times 3 \times 6 \\
 &= \text{Rp } 53.280.000,00 \\
 \text{Mobilisasi} &= \text{Rp } 2.000.000,00 \\
 \text{Demobilisasi} &= \text{Rp } 2.000.000,00 \\
 \text{Total harga sewa excavator} &= 53.280.000 + 2.000.000 + 2.000.000 \\
 &= \text{Rp } 57.280.000,00
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan *bulldozer*

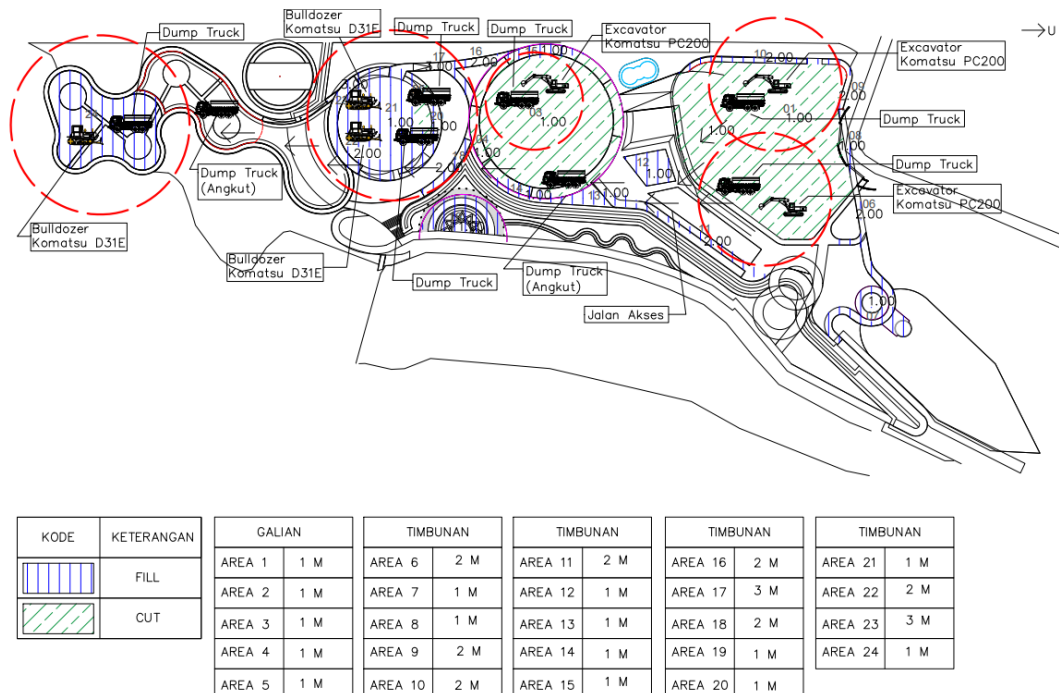
$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas bulldozer lapangan} &= 303,895 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Jumlah alat} &= 3 \text{ unit} \\
 \text{Sehingga,} \\
 \text{Produktivitas bulldozer} &= 303,895 \times 3 \\
 &= 911,684 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Volume tanah} &= 4109,118 \text{ m}^3 \\
 \text{Durasi} &= \frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}} \\
 &= \frac{4109,118}{911,684} \\
 &= 4,51 \approx 5 \text{ hari} \\
 \text{Harga sewa bulldozer} &= \text{Harga sewa} \times \text{Jumlah alat} \times \text{Durasi} \\
 &= \text{Rp } 1.390.000,00 \times 3 \times 5 \\
 &= \text{Rp } 20.850.000,00 \\
 \text{Mobilisasi} &= \text{Rp } 2.000.000,00 \\
 \text{Demobilisasi} &= \text{Rp } 2.000.000,00 \\
 \text{Total harga sewa bulldozer} &= 20.850.000 + 2.000.000 + 2.000.000 \\
 &= \text{Rp } 24.850.000,00
 \end{aligned}$$

Biaya yang dikeluarkan untuk kombinasi alat berat alternatif 2 yang terdiri dari 3 kelompok *dump truck*, 3 unit *excavator*, dan 3 unit *bulldozer* dapat dilihat pada Tabel 5.49 berikut.

Tabel 5.51 Biaya Kombinasi Alat Berat Alternatif 2

Alat Berat	Jumlah	Durasi	Biaya
<i>Dump truk</i>	3 kelompok	6 hari	Rp 35.100.000,00
<i>Excavator</i>	3 unit	6 hari	Rp 57.280.000,00
<i>Bulldozer</i>	3 unit	5 hari	Rp 24.850.000,00
Total Biaya			Rp 117.230.000,00

Volume tanah pada pekerjaan galian dimuat oleh *excavator* ke dalam *dump truck*, kemudian dipindahkan ke lokasi timbunan. Setelah itu tanah yang sudah dibongkar oleh *dump truck* diratakan atau ditimbun menggunakan *bulldozer*. Penambahan *dump truck* menjadi 9 unit, *excavator* menjadi 3 unit dan *bulldozer* menjadi 3 unit membuat produktivitas bertambah sehingga mempercepat durasi pekerjaan menjadi 6 hari kerja. Skema pekerjaan alat berat untuk alternatif 2 dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5.24 Skema Alat Berat pada Alternatif 2

4. Alternatif 3

Untuk alternatif 3 alat berat yang digunakan 2 kelompok *dump truck*, 2 unit *excavator*, dan 2 unit *bulldozer*.

a. Perhitungan *dump truck*

Produktivitas lapangan *dump truck* = 295,003 m³/hari

Jumlah kelompok *dump truck* = 2 kelompok

Sehingga,

Produktivitas *dump truck* = 295,003 × 2
= 590,005 m³/hari

Volume tanah = 4540,273 m³

Durasi = $\frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}}$
= $\frac{4540,273}{590,005}$

= 7,695 ≈ 8 hari

Harga sewa *dump truck* = Rp 1.950.000 × 2 kelompok *dump truck*
= Rp 3.900.000,00 per hari

Total biaya *dump truck* = Harga sewa × Durasi pekerjaan
= Rp 3.900.000 × 8
= Rp 31.200.000,00

b. Perhitungan *excavator*

Produktivitas *excavator* lapangan = 297,433 m³/hari

Jumlah alat = 2 unit

Sehingga,

Produktivitas *excavator* = 297,433 × 2
= 594,866 m³/hari

Volume tanah = 4540,273 m³

Durasi = $\frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}}$
= $\frac{4540,273}{594,866}$

= 7,632 ≈ 8 hari

Harga sewa *excavator* = Harga sewa × Jumlah alat × Durasi
= Rp 2.960.000,00 × 2 × 8
= Rp 47.360.000,00

Mobilisasi = Rp 2.000.000,00

Demobilisasi = Rp 2.000.000,00

Total harga sewa *excavator* = 47.360.000 + 2.000.000 + 2.000.000
= Rp 51.360.000,00

c. Perhitungan *bulldozer*

Produktivitas *bulldozer* lapangan = 303,895 m³/hari

Jumlah alat = 2 unit

Sehingga,

Produktivitas *bulldozer* = 303,895 × 2
= 607,789 m³/hari

Volume tanah = 4109,118 m³

Durasi = $\frac{\text{Volume tanah}}{\text{Produktivitas alat}}$
= $\frac{4109,118}{607,789}$
= 6,71 ≈ 7 hari

Harga sewa *bulldozer* = Harga sewa × Jumlah alat × Durasi
= Rp 1.390.000,00 × 2 × 7
= Rp 19.460.000,00

Mobilisasi = Rp 2.000.000,00

Demobilisasi = Rp 2.000.000,00

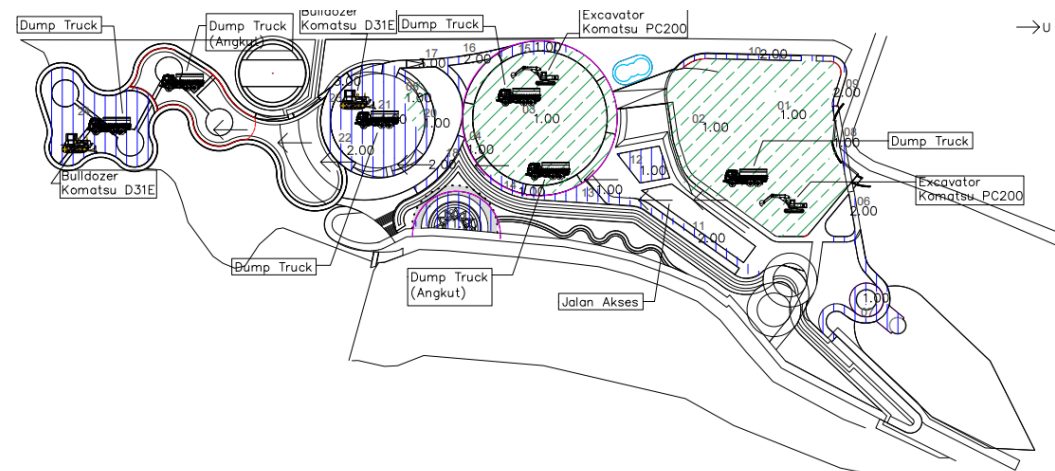
Total harga sewa *bulldozer* = 19.460.000 + 2.000.000 + 2.000.000
= Rp 23.460.000,00

Biaya yang dikeluarkan untuk kombinasi alat berat alternatif 3 yang terdiri dari 2 kelompok *dump truck*, 2 unit *excavator*, dan 2 unit *bulldozer* dapat dilihat pada Tabel 5.50 berikut.

Tabel 5.52 Biaya Kombinasi Alat Berat Alternatif 3

Alat Berat	Jumlah	Durasi	Biaya
<i>Dump truck</i>	2 kelompok	8 hari	Rp 31.200.000,00
<i>Excavator</i>	2 unit	8 hari	Rp 51.360.000,00
<i>Bulldozer</i>	2 unit	8 hari	Rp 23.460.000,00
Total Biaya			Rp 106.020.000,00

Volume tanah pada pekerjaan galian dimuat oleh *excavator* ke dalam *dump truck*, kemudian dipindahkan ke lokasi timbunan. Setelah itu tanah yang sudah dibongkar oleh *dump truck* diratakan atau ditimbun menggunakan *bulldozer*. Penambahan *dump truck* menjadi 6 unit, *excavator* menjadi 2 unit dan *bulldozer* menjadi 2 unit membuat produktivitas bertambah sehingga mempercepat durasi pekerjaan menjadi 8 hari kerja. Skema pekerjaan alat berat untuk alternatif 3 dapat dilihat sebagai berikut.



KODE	KETERANGAN	GALIAN		TIMBUNAN		TIMBUNAN		TIMBUNAN		TIMBUNAN	
	FILL	AREA 1	1 M	AREA 6	2 M	AREA 11	2 M	AREA 16	2 M	AREA 21	1 M
	CUT	AREA 2	1 M	AREA 7	1 M	AREA 12	1 M	AREA 17	3 M	AREA 22	2 M
		AREA 3	1 M	AREA 8	1 M	AREA 13	1 M	AREA 18	2 M	AREA 23	3 M
		AREA 4	1 M	AREA 9	2 M	AREA 14	1 M	AREA 19	1 M	AREA 24	1 M
		AREA 5	1 M	AREA 10	2 M	AREA 15	1 M	AREA 20	1 M		

Gambar 5.25 Skema Alat Berat pada Alternatif 3

Rekapitulasi hasil perhitungan kombinasi alat berat alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 5.51 berikut.

Tabel 5.53 Rekapitulasi Alternatif Kombinasi Alat Berat

Kondisi	Durasi (hari)	Biaya
Alternatif 1	4	Rp 108.800.000,00
Alternatif 2	6	Rp 117.230.000,00
Alternatif 3	8	Rp 106.020.000,00

5.3 Pembahasan

Berdasarkan perhitungan analisis, didapatkan 3 alternatif untuk dilakukan perbandingan dengan kondisi di lapangan. Analisis perbandingannya dapat dilihat sebagai berikut.

1. Kondisi Asli

Waktu = 16 hari

Biaya = Rp 106.020.000,00

2. Kondisi Alternatif 1

Waktu = 4 hari

Biaya = Rp 108.800.000,00

Selisih waktu
= 16 – 4
= - 12 hari

Selisih biaya
= Rp 108.800.000 – Rp 106.020.000
= Rp 2.780.000,00

Perbandingan waktu
= $\frac{-12}{16} \times 100\%$
= - 75%

Perbandingan biaya
= $\frac{Rp\ 2.780.000,00}{Rp\ 106.020.000,00} \times 100\%$
= 3%

Pada alternatif 1, *dump truck* ditambahkan sebanyak 12 *dump truck*, *excavator* ditambah sebanyak 4 unit, dan *bulldozer* ditambah sebanyak 4 unit sehingga produktivitas meningkat. Hal ini berdampak pada durasi pekerjaan yang menjadi lebih cepat sebesar 75% akan tetapi biaya yang dibutuhkan meningkat sebesar 3% dengan selisih kenaikan sebesar Rp 2.780.000,00.

3. Kondisi Alternatif 2

Waktu = 6 hari

Biaya = Rp 117.230.000,00

Selisih waktu
= 16 – 6
= - 10 hari

Selisih biaya
= Rp 117.230.000 – Rp 106.020.000
= Rp 11.210.000,00

$$\begin{aligned}
 \text{Perbandingan waktu} &= \frac{-10}{16} \times 100\% \\
 &= -63\% \\
 \text{Perbandingan biaya} &= \frac{\text{Rp } 11.210.000,00}{\text{Rp } 106.020.000,00} \times 100\% \\
 &= 11\%
 \end{aligned}$$

Pada alternatif 2, unit *dump truck* ditambahkan sebanyak 9 *dump truck*, *excavator* ditambah sebanyak 3 unit, dan *bulldozer* ditambah 3 unit sehingga produktivitas meningkat. Hal ini berdampak pada durasi pekerjaan yang menjadi lebih cepat sebesar 63% akan tetapi biaya yang dibutuhkan meningkat sebesar 11% dengan selisih kenaikan sebesar Rp 11.210.000,00.

4. Kondisi Alternatif 3

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu} &= 8 \text{ hari} \\
 \text{Biaya} &= \text{Rp } 106.020.000,00 \\
 \text{Selisih waktu} &= 16 - 8 \\
 &= -8 \text{ hari} \\
 \text{Selisih biaya} &= \text{Rp } 106.020.000 - \text{Rp } 106.020.000 \\
 &= \text{Rp } 0,00 \\
 \text{Perbandingan waktu} &= \frac{-8}{16} \times 100\% \\
 &= -50\% \\
 \text{Perbandingan biaya} &= \frac{\text{Rp } 0,00}{\text{Rp } 106.020.000,00} \times 100\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

Pada alternatif 3, unit *dump truck* ditambahkan sebanyak 6 *dump truck*, *excavator* ditambah sebanyak 2 unit, dan *bulldozer* ditambah sebanyak 2 unit sehingga produktivitas meningkat. Hal ini berdampak pada durasi pekerjaan yang menjadi lebih cepat sebesar 50% dengan biaya sama dengan seperti biaya sebelumnya pada kondisi asli.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan melalui perbandingan antara kondisi asli dengan alternatif lainnya, diperoleh kesimpulan bahwa alternatif yang efektif adalah alternatif 3. Kombinasi yang direkomendasikan untuk Proyek Penataan Kawasan Embung Barat Kampus UII yang paling efektif dari segi waktu, biaya serta kondisi medan yang dilalui adalah dengan menggunakan 2 kelompok *dump truck* dengan 1 kelompok berisi 3 *dump truck*, 2 unit *excavator* Komatsu PC-200, dan 2 unit *bulldozer* Komatsu D31E. Pekerjaan dapat diselesaikan 100% dalam waktu 8 hari dengan total biaya Rp 106.020.000,00. Kombinasi alternatif 3 dapat mempercepat pekerjaan galian dan timbunan selama 8 hari (-50%) terhadap kondisi asli lapangan.

6.2 Saran

Berikut merupakan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya mengenai produktivitas alat berat pada Proyek Penataan Kawasan Embung Barat Kampus UII.

1. Pergantian jenis alat berat lainnya dapat digunakan sebagai alternatif untuk mendukung produktivitas di lokasi proyek tersebut.
2. Perlu adanya koordinasi antara operator dan pengawas lapangan yang baik sehingga alat tidak berhenti cukup lama.
3. Pemilihan alat berat dengan kapasitas yang lebih besar.
4. Pemilihan operator alat berat yang handal dan rajin sehingga mendukung produktivitas alat berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., dkk. 2022. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Penerbit Yayasan Penerbit Muhammad Zaini. Aceh.
- Arikunto, S. 2007. dalam Tunshorin, C. 2016. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Penerbit PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Arsyad, R. 2021. Analisa Produktivitas Alat Berat dalam Pekerjaan Penghamparan Material Agregat pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru-Padang Seksi VI Pekanbaru-Bangkinang. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- Bejasekto, S. 2020. Analisis Produktivitas Alat Berat pada Jalan Impeksi Opas Indah (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Impeksi Opas Indah, Bangka Belitung). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Belferik, R., dkk. 2023. Manajemen Proyek (Teori & Penerapannya). PT Sonpedia Publishing Indonesia. Jambi.
- Dewi, S.U., Jaya, F.H., dan Masherni. 2019. Produktivitas Penggunaan Alat Berat pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatra (Studi Kasus: Paket III Kota Baru – Metro Sta 102+775 – 103+225). *Teknologi Aplikasi Konstruksi: Jurnal Program Studi Teknik Sipil*. Vol. 8 No. 2. Lampung.
- Febrianti, D., Zakia., Mawardi, E. 2021. Analisis Biaya Operasional Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan. *Tameh: Journal of Civil Engineering*. Vol. 10 No. 1. Aceh.
- Harjani, D.A. 2023. Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan Proyek Penataan Landfill Zona B TPA Regional Piyungan.

Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Hasan, M.I. 2002. *Pokok-Pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya.* Penerbit Ghalia Indonesia. Jakarta.

Kalengkongan, B.B. Arsjad, T.T, Mangare, J.B. 2020. Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Pematangan Lahan Pembangunan Tower Sutet Likupang – Paniki. *Jurnal Sipil Statik.* Vol.8 No. 1: 99-106. Manado.

Kulo, E.N. 2017. Analisa Produktivitas Alat Berat untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Lingkar SKPD Tahap 2 Lokasi Kecamatan Tutuyan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur). *Jurnal Sipil Statik.* Vol.5 No.7: 465-474. Manado.

Kurniawan, R. 2021. Analisis Produktivitas Excavator pada Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia (UII) (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia). *Tugas Akhir.* (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Listiawan, A.B., Sahid, M.N., Mulyono, G.S., Fadhlullah, H.K. 2021. Analisis Produktivitas Alat Berat dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil.* Vol. 14 No. 1: 8-12. Surakarta.

Nashrullah, M., dkk. 2023. *Metodologi Penelitian Pendidikan (Prosedur Penelitian, Subyek Penelitian, dan Pengembangan Teknik Pengumpulan Data).* Penerbit Umsida Press. Jawa Timur.

Nugraha, S.A. 2020. Analisis Produktivitas Excavator dan Dump Truck (Studi Kasus: Proyek Peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta). *Tugas Akhir.* (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

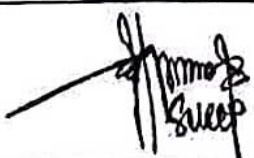
- Pakpahan, A.F., dkk. 2021. *Metodologi Penelitian Ilmiah*. Penerbit Yayasan Kita Menulis. Medan.
- Rochmanhadi. 1992. *Alat-Alat Berat Dan Penggunaannya*. Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Rostiyanti, S.F. 2008. *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*, Edisi 2. PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Sanjaya, M.A. 2019. Perencanaan Kebutuhan Alat Berat Untuk Menentukan Biaya Optimum Pekerjaan Galian – Timbunan (Studi Kasus: Proyek Sabodam WO-RD 2 Kaliworo, Klaten, Jawa Tengah). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Satria, I.B., Lubis, F., dan Saleh, A. 2023. Analisis Produktivitas Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Tanah Proyek Jalan Tol Pekanbaru-Bangkinang STA 9+300 – 10+000. *Jurnal Ilmiah Media Informasi Teknik Sipil Universitas Wiraraja*. Vol. 11 No. 1: 39-48. Sumenep.
- Soemardikatmodjo, I. 2003. *Alat-Alat Berat*. (<https://www.scribd.com/document/367478593/PTM-Alat-Berat-Igig-Soemardikatmodjo-2003-pdf>. Diakses 20 November 2023).
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Penerbit Alfabeta. Bandung.
- Suryanita, S., dan Maiyudi, R. 2023. Kajian Produktivitas dan Keserasian Alat Gali Muat dengan Alat Angkut pada Kegiatan Coal Getting di Seam 5 Pit Granit Extend PT. Cipta Bersama Sukses Jobsite PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal, Desa Beji Mulyo, Kecamatan Tungkal Jaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Bina Tambang*. Vol. 8 No. 1. Padang.
- Tenriajeng, A.T. 2003. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Gunadarma. Jakarta.
- Umar, H. 2013. *Metode Penelitian untuk Skripsi dan Tesis Bisnis*. Penerbit Rajawali Pers. Jakarta

LAMPIRAN

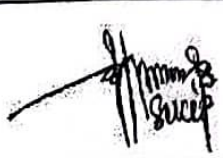
Lampiran 1. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Excavator PC-200 Hari Senin

Pengamatan Produktivitas Excavator				Hari : Senin		
				Tanggal : 5 Februari 2024		
				Jam : 08.00 - 16.00		
Spesifikasi Excavator						
Merk Excavator				Komatsu PC-200		
Tipe Excavator				Back hoe		
Ukuran Bucket				0,86 m ³		
Kondisi Alat				Baik		
Harga Sewa				Rp 180.000 /Jam		
Bahan Bakar				Solar		
Upah Operator				Rp 300.000 /hari		
Jenis Material Pekerjaan				Tanah		
Waktu Siklus Excavator						
Sesi	Jam	Siklus	Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Putar Kosong (detik)	Buang (detik)
Pagi	09.36	1	4,84	10,57	3,29	4,1
		2	6,89	4,46	4,49	3,74
		3	3,7	4,96	4,27	5,45
Siang	13.50	1	5,80	5,62	2,99	5,73
		2	8	3,92	3,25	4,35
		3	7,19	4,8	3,42	3,81
Sore	15.04	1	8,33	6,64	4,54	3,37
		2	9,03	5,65	5,52	5,83
		3	7,61	4,65	4,03	6,12
Rata-rata			6,830	5,697	3,967	4,722
Waktu Siklus Rata-rata			21,216			
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan		
						

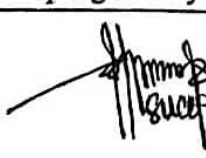
Lampiran 2. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Mitsubishi (6,5 m³) Hari Senin

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : <u>Senin</u>						
		Tanggal : <u>5 Februari 2024</u>						
		Jam : <u>08.00 - 16.00</u>						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck		<u>Mitsubishi Kapasitas 6,5 m³</u>						
Tipe Dump Truck		<u>Rear dump truck</u>						
Ukuran Bak		<u>6,5 m³</u>						
Kondisi Alat		<u>Batu</u>						
Harga Sewa		<u>Rp 650.000 / hari (termasuk Solar + Operator)</u>						
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	09.10	1	200	48,9	202,96	49,51	131,98	65,31
		2	200	55,04	178,03	50,93	145,76	32,92
		3	200	64,22	216,75	51,34	107,62	36,33
Siang	13.22	1	200	65,35	154,63	52,56	160,36	52,31
		2	200	59,21	168,54	50,13	166,47	139,71
		3	200	57,68	178,19	54,01	105,22	41,68
Sore	15.44	1	200	54,36	142,1	56,11	129,82	86,52
		2	200	82,62	146,58	55,93	139,54	57,22
		3	200	89,93	132,18	65,43	113,43	16,19
Rata-rata				64,15	160,88	54,88	133,36	58,69
Waktu Siklus Rata-rata			479,956					
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

Lampiran 3. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota (6,7 m³)
Hari Senin

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : <u>Senin</u>						
		Tanggal : <u>5 Februari 2024</u>						
		Jam : <u>08.00 - 16.00</u>						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck		Toyota Kapasitas 6,7 m ³						
Tipe Dump Truck		Rear dump truck						
Ukuran Bak		6,7 m ³						
Kondisi Alat		Baik						
Harga Sewa		Rp 650.000 / hari (termasuk Solar + Operator)						
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	9.36	1	200	50,58	152,95	31,96	115,93	154,95
		2	200	53,36	130,62	31,98	127,108	127,44
		3	200	61,04	149,05	37,52	108,41	63,75
Siang	13.42	1	200	59,01	154,09	49,75	173,69	38,9
		2	200	60,26	149,19	37,93	161,98	63,11
		3	200	56,79	122,1	48,27	113,99	0
Sore	15.42	1	200	55,05	172,62	32,77	165,41	22,58
		2	200	60,79	174,81	39,21	175,87	20,02
		3	200	60,92	163,88	36,39	161,2	48,71
Rata-rata				58,422	153,034	39,031	144,840	59,940
Waktu Siklus Rata-rata			455,268					
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

Lampiran 4. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota (6.8 m³)
Hari Senin

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : <u>Senin</u>						
		Tanggal : <u>5 Februari 2024</u>						
		Jam : <u>08.00 - 16.00</u>						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck		<u>Toyota Kapasitas 6,8 m³</u>						
Tipe Dump Truck		<u>Rear dump truck 6cc</u>						
Ukuran Bak		<u>6,8 m³</u>						
Kondisi Alat		<u>Baik</u>						
Harga Sewa		<u>Rp 650.000 / hari (termasuk solar + operator)</u>						
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	9.12	1	200	47,93	198,35	41,53	134,41	30,23
		2	200	45,21	185,61	47,23	135,85	81,11
		3	200	63,18	173,03	56,27	145,02	93,73
Siang	13.25	1	200	55,12	171,51	50,26	140,57	50,86
		2	200	67,19	182,21	47,03	159,51	0
		3	200	62,27	206,55	63,26	125,95	0
Sore	15.15	1	200	81,31	164,6	51,47	131,77	63,41
		2	200	85,11	222,42	27,65	126,26	204,45
		3	200	63,08	148,08	48,32	105,32	0
Rata-rata				63,378	183,596	48,713	133,851	58,199
Waktu Siklus Rata-rata			487,137					
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

**Lampiran 5. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Bulldozer Komatsu D31E-7
Hari Senin**

Pengamatan Produktivitas Bulldozer			Hari : Senin			
			Tanggal : 5 Februari 2024			
			Jam : 08.00 - 16.00			
Spesifikasi Bulldozer						
Merk Bulldozer			Komatsu D31E-7			
Tipe Bulldozer			Crawler dozer			
Ukuran Blade			0,721 m³			
Kondisi Alat			Baik			
Harga Sewa			Rp 120.000 /jam			
Bahan Bakar			Solar			
Upah Operator			Rp 200.000 /hari			
Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Maju	Mundur	Ganti Persneling 1	Ganti Persneling 2
Pagi	9.18	1	8,38	6,01	0,98	0,59
		2	12,04	6,36	0,58	1
		3	8,95	10,48	1,12	1,1
Siang	13.30	1	13,34	13,31	0,81	1,17
		2	14,05	6,78	0,56	0,67
		3	11,15	9,54	1,04	0,75
Sore	15.22	1	10,1	11,54	0,83	1,17
		2	8,63	9,36	1,06	0,52
		3	10,75	9,21	0,95	0,78
Rata-rata			10,821	9,177	0,876	
Waktu siklus			20,873			
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek					Catatan	
						

Lampiran 6. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Excavator PC-200 Hari Rabu

Pengamatan Produktivitas Excavator		Hari : Rabu				
		Tanggal : 7 Februari 2024				
		Jam : 08.00 - 16.00				
Spesifikasi Excavator						
Merk Excavator		Komatsu PC-200				
Tipe Excavator		Back hoe				
Ukuran Bucket		0,86 m ³				
Kondisi Alat		Batu				
Harga Sewa		Rp 180.000 /jam				
Bahan Bakar		Solar				
Upah Operator		Rp 300.000 /hari				
Jenis Material Pekerjaan		Tanah				
Waktu Siklus Excavator						
Sesi	Jam	Siklus	Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Putar Kosong (detik)	Buang (detik)
Pagi	9.32	1	6,22	4,4	5,08	5,57
		2	5,38	5,9	4,2	6,59
		3	11,18	5,2	3,99	4,33
Siang	13.34	1	9,78	2,87	2,34	4,61
		2	27,53	3,5	3,92	4,24
		3	6,43	3,96	4,22	3,85
Sore	15.00	1	8,32	3,27	2,19	4,28
		2	6,24	3,5	2,44	3,91
		3	7,73	4	2,64	3,59
Rata-rata			9,868	4,067	3,447	4,552
Waktu Siklus Rata-rata			21,933			
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan		
						

Lampiran 7. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Mitsubishi (6,5 m³) Hari Rabu

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : Rabu						
		Tanggal : 7 Februari 2024						
		Jam : 08.00 - 16.00						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck	Mitsubishi Kapasitas 6,5 m ³							
Tipe Dump Truck	Rear dump truck							
Ukuran Bak	6,5 m ³							
Kondisi Alat	Baik							
Harga Sewa	Rp 650.000 / hari (termasuk solar + operator)							
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	9.30	1	70	50,4	103,43	53,01	56,51	161,29
		2	70	53,7	121,2	55,25	72,06	109,95
		3	70	47,68	113,66	38,21	48,43	112,7
Siang	14.15	1	200	41,16	138,83	52,81	118,08	383,25
		2	200	48,52	100,75	35,27	49,74	72,93
		3	200	45,86	123,9	47,23	51,16	0
Sore	15.10	1	70	46,07	91,53	52,17	76,84	89,63
		2	70	53,63	131,84	32,91	77,95	59,64
		3	70	45,16	87,11	35,64	58,85	40,12
Rata-rata				48,02	113,48	44,50	67,74	173,50
Waktu Siklus Rata-rata			447,232					
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

Lampiran 8. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota (6,7 m³)
Hari Rabu

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : Rabu						
		Tanggal : 7 Februari 2024						
		Jam : 08.00 - 16.00						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck		Toyota Kapasitas 6,7 m ³						
Tipe Dump Truck		Rear dump truck						
Ukuran Bak		6,7 m ³						
Kondisi Alat		Baik						
Harga Sewa		Rp 650.000 / hari (termasuk Solar + Operator)						
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	9.12	1	70	91,31	120,32	39,57	79,82	31,75
		2	70	125,69	165,03	52,98	69	39,72
		3	70	56,6	111,06	40,62	22,39	-
Siang	13.34	1	200	88,42	155,83	36,62	133,01	131,35
		2	200	115,73	184,97	39,55	114,58	280,92
		3	200	124,42	175,29	37,05	130,08	61,62
Sore	15.08	1	70	44,43	120,17	29,46	100,37	60,38
		2	70	50,17	80,17	35,84	182,91	588,75
		3	70	45,98	77,46	34,38	66,36	-
Rata-rata				82,578	125,589	38,458	99,280	148,686
Waktu Siklus Rata-rata			494,541					
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

**Lampiran 9. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota (6.8 m³)
Hari Rabu**

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : <u>Rabu</u>						
		Tanggal : <u>7 Februari 2024</u>						
		Jam : <u>08.00 - 16.00</u>						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck		<u>Toyota kapasitas 5,8 m³</u>						
Tipe Dump Truck		<u>Rear dump truck</u>						
Ukuran Bak		<u>6,8 m³</u>						
Kondisi Alat		<u>Batu</u>						
Harga Sewa		<u>Rp 650.000 /hari (termasuk solar + operator)</u>						
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	9.32	1	70	54,71	89,47	69,48	49,99	134,45
		2	70	58,04	92,13	56,64	58,74	76,53
		3	70	58,89	98,74	69,82	59,91	105,49
Siang	13.38	1	200	74,18	140,05	59,23	136,02	405,11
		2	200	128,76	152,53	60,93	104,64	210,34
		3	200	64,25	99,01	58,59	53,97	0
Sore	15.07	1	70	46,39	84,74	48,69	65,56	97,12
		2	70	48,56	86,41	51,96	72,85	86,04
		3	70	42,44	75,21	56,85	72,8	490,4
Rata-rata				64,024	102,082	59,132	74,942	200,691
Waktu Siklus Rata-rata			500,822					
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

Lampiran 10. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31E-7
Hari Rabu

Pengamatan Produktivitas <i>Bulldozer</i>			Hari : <i>Rabu</i>			
			Tanggal : <i>7 Februari 2024</i>			
			Jam : <i>08.00 - 16.00</i>			
Spesifikasi <i>Bulldozer</i>						
Merk <i>Bulldozer</i>			<i>Komatsu D31E-7</i>			
Tipe <i>Bulldozer</i>			<i>Crawler dozer</i>			
Ukuran <i>Blade</i>			<i>0,721 m³</i>			
Kondisi Alat			<i>Baik</i>			
Harga Sewa			<i>Rp. 120.000 / Jam</i>			
Bahan Bakar			<i>Solar</i>			
Upah Operator			<i>Rp 200.000 / hari</i>			
Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Maju	Mundur	Ganti Persneling 1	Ganti Persneling 2
Pagi	<i>09.00</i>	1	<i>5,7</i>	<i>10,63</i>	<i>1,5</i>	<i>1,51</i>
		2	<i>14,29</i>	<i>8,64</i>	<i>1,02</i>	<i>0,88</i>
		3	<i>12,55</i>	<i>12,06</i>	<i>1,09</i>	<i>0,95</i>
Siang	<i>13.51</i>	1	<i>23,91</i>	<i>13,13</i>	<i>0,62</i>	<i>0,94</i>
		2	<i>23,35</i>	<i>13,26</i>	<i>0,75</i>	<i>1,38</i>
		3	<i>21,51</i>	<i>17,22</i>	<i>1,12</i>	<i>0,66</i>
Sore	<i>15.15</i>	1	<i>19,29</i>	<i>14,53</i>	<i>0,78</i>	<i>0,96</i>
		2	<i>20,55</i>	<i>15,72</i>	<i>1,04</i>	<i>0,75</i>
		3	<i>18,58</i>	<i>17,65</i>	<i>0,85</i>	<i>1,12</i>
Rata-rata			<i>17,748</i>	<i>13,649</i>	<i>0,996</i>	
Waktu siklus			<i>32,392</i>			
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek					Catatan	
						

Lampiran 11. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Excavator PC-200 Hari Jumat

Pengamatan Produktivitas Excavator				Hari : Jumat		
				Tanggal : 9 Februari 2024		
				Jam : 08.00 - 16.00		
Spesifikasi Excavator						
Merk Excavator				Komatsu PC-200		
Tipe Excavator				Backhoe		
Ukuran Bucket				0.86 m ³		
Kondisi Alat				Baik		
Harga Sewa				Rp 180.000 /jam		
Bahan Bakar				Solar		
Upah Operator				Rp 300.000 /hari		
Jenis Material Pekerjaan				Tanah		
Waktu Siklus Excavator						
Sesi	Jam	Siklus	Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Putar Kosong (detik)	Buang (detik)
Pagi	08.00	1	6.88	6.08	4.5	2.5
		2	8.1	4.75	4.41	2.19
		3	8.14	3.41	3.59	3.25
Siang	13.30	1	10.55	5.14	4.52	2.12
		2	8.37	4.96	3.89	2.96
		3	8.63	4.25	3.49	2.87
Sore	15.10	1	15.19	4.78	4.53	8.03
		2	6.33	4.72	6.27	2.77
		3	3.76	3.18	3.81	2.85
Rata-rata			8.1439	4.586	4.334	3.282
Waktu Siklus Rata-rata			20.641			
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan		
						

Lampiran 12. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Mitsubishi (6,5 m³) Hari Jumat

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : Jumat						
		Tanggal : 9 Februari 2024						
		Jam : 08.00 - 16.00						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck		Mitsubishi Kapasitas 6,5 m ³						
Tipe Dump Truck		Pear dump truck						
Ukuran Bak		6,5 m ³						
Kondisi Alat		Baik						
Harga Sewa		Rp 650.000 / hari (termasuk sopir + operator)						
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	08.00	1	200	40,67	130,31	69,48	114,46	368,26
		2	200	66,09	131,04	45,36	132,15	318,93
		3	200	38,17	127,72	59,163	106,28	55,54
Siang	13.30	1	150	63,9	94,08	73,73	122,75	173,47
		2	150	60,41	82,4	57,66	80,91	227,2
		3	150	63,7	106,09	41,35	108,63	555,82
Sore	15.10	1	150	49,66	129,77	49,68	110,68	196,63
		2	150	60,58	119,82	60,85	115,96	187,63
		3	150	54,21	130,52	55,36	111,52	286,45
Rata-rata				55,35	116,85	57,01	111,48	263,31
Waktu Siklus Rata-rata				604,006				
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

Lampiran 13. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota (6,7 m³)
Hari Jumat

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : <u>Jumat</u>						
		Tanggal : <u>9 Februari 2024</u>						
		Jam : <u>08.00 - 16.00</u>						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck		<u>Toyota Kapasitas 6,7 m³</u>						
Tipe Dump Truck		<u>Rear dump truck</u>						
Ukuran Bak		<u>6,7 m³</u>						
Kondisi Alat		<u>Baik</u>						
Harga Sewa		<u>Rp 650.000 / hari (termasuk Solar + Operator)</u>						
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	9.06	1	200	44,54	164,05	46,7	139,93	169,83
		2	200	52,79	153,52	40,91	127,3	303,85
		3	200	42,15	142,33	39,16	125,22	169,72
Siang	13.34	1	150	86,65	125,13	32,89	136,7	199,76
		2	150	55,74	134,25	50,11	128,45	244,02
		3	150	62,11	148,16	45,76	112,53	645,14
Sore	15.08	1	150	75,63	138,41	53,05	131,56	201,42
		2	150	82,78	143,64	57,57	94,13	352,66
		3	150	68,15	152,37	45,51	110,86	288,23
Rata-rata				63,42	144,72	46,10	122,98	286,07
Waktu Siklus Rata-rata			663,219					
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

Lampiran 14. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota (6.8 m³)
Hari Jumat

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : <u>Jumat</u>						
		Tanggal : <u>9 Februari 2024</u>						
		Jam : <u>08.00 - 16.00</u>						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck		<u>Toyota Kapasitas 6,8 m³</u>						
Tipe Dump Truck		<u>Rear dump truck</u>						
Ukuran Bak		<u>6,8 m³</u>						
Kondisi Alat		<u>Baik</u>						
Harga Sewa		<u>Rp 650.000 / hari (termasuk solar + operator)</u>						
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	09.04	1	200	61,62	156,33	34,6	129,85	281,36
		2	200	57,43	152,71	59,69	130,42	119,62
		3	200	76,69	168,49	55,08	130,94	264,35
Siang	13.40	1	150	74,61	122,65	65,98	126,37	256,83
		2	150	111,3	143,03	62,88	133,19	392,32
		3	150	88,95	123,86	41,48	60,89	474,29
Sore	15.14	1	150	86,87	108,78	57,42	75,22	237,61
		2	150	63,89	146,35	83,99	126	465,48
		3	150	47,5	135,58	70,67	123,73	119,35
Rata-rata				74,38	139,753	59,084	115,179	290,468
Waktu Siklus Rata-rata			678,802					
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

Lampiran 15. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31E-7
Hari Jumat

Pengamatan Produktivitas <i>Bulldozer</i>			Hari : <u>Jumat</u>			
			Tanggal : <u>9 Februari 2024</u>			
			Jam : <u>08.00 - 16.00</u>			
Spesifikasi <i>Bulldozer</i>						
Merk <i>Bulldozer</i>			<u>Komatsu D31E-7</u>			
Tipe <i>Bulldozer</i>			<u>Crawler dozer</u>			
Ukuran <i>Blade</i>			<u>0,721 m³</u>			
Kondisi Alat			<u>Baik</u>			
Harga Sewa			<u>Rp 120.000 /jam</u>			
Bahan Bakar			<u>Solar</u>			
Upah Operator			<u>Rp 200.000 /hari</u>			
Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Maju	Mundur	Ganti Persneling 1	Ganti Persneling 2
Pagi	9.15	1	10,38	9,83	0,95	0,91
		2	13,33	6,80	1,02	0,92
		3	5,75	6,99	1,15	1,06
Siang	13.43	1	20,16	13,15	1,12	0,71
		2	19,53	14,47	0,97	0,85
		3	20,65	15,83	1,06	1,12
Sore	15.26	1	15,45	10,89	1,15	0,88
		2	17,2	11,55	0,92	1,16
		3	14,86	13,81	1,1	0,77
Rata-rata			15,257	11,487	0,994	
Waktu siklus			27,738			
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek			Catatan			
						

Lampiran 16. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Excavator PC-200 Hari Sabtu

Pengamatan Produktivitas Excavator				Hari : Sabtu		
				Tanggal : 10 Februari 2024		
				Jam : 08.00 - 16.00		
Spesifikasi Excavator						
Merk Excavator			Komatsu PC-200			
Tipe Excavator			Backhoe			
Ukuran Bucket			0.86 m ³			
Kondisi Alat			Baru			
Harga Sewa			Rp 180.000 /jam			
Bahan Bakar			Solar			
Upah Operator			Rp 300.000 /jam			
Jenis Material Pekerjaan			Tanah			
Waktu Siklus Excavator						
Sesi	Jam	Siklus	Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Putar Kosong (detik)	Buang (detik)
Pagi	09.10	1	8,38	4,08	4,22	3,51
		2	6,33	4,21	4,19	2,25
		3	6,26	3,57	3,86	3,46
Siang	13.33	1	4,12	5,09	3,51	6,32
		2	15,56	6,06	4,86	3
		3	7,93	4,3	3,3	4,32
Sore	15.00	1	7,91	5,67	3,14	5,9
		2	6,23	4,17	3,23	5,34
		3	7,5	4,18	3,19	5,24
Rata-rata			7,811	4,592	3,721	4,371
Waktu Siklus Rata-rata			20,496			
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan		
						

Lampiran 17. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Mitsubishi (6,5 m³) Hari Sabtu

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : Sabtu						
		Tanggal : 10 Februari 2024						
		Jam : 08.00 - 16.00						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck		Mitsubishi Kapasitas 6.5 m ³						
Tipe Dump Truck		Pear dump truck						
Ukuran Bak		6.5 m ³						
Kondisi Alat		Baik						
Harga Sewa		Rp 650.000/hari (termasuk Solar + Operator)						
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	09.40	1	150	54,5	133,58	55,76	135,4	113,38
		2	150	56,06	127,49	55,93	110,26	258,25
		3	70	64,96	60,35	41,91	51,91	-
Siang	13.43	1	70	108,43	82,92	43,78	154,24	1687,18
		2	70	92,11	65,74	62,28	134,48	215,01
		3	70	134,28	66,12	50,15	86,57	-
Sore	15.15	1	70	50,15	67,86	45,27	93,97	421,44
		2	70	83,42	65,49	43,82	89,84	363,04
		3	70	50,81	64,88	45,21	45,21	-
Rata-rata				77,19	81,60	49,35	94,65	409,87
Waktu Siklus Rata-rata			712,660					
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

Lampiran 18. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota (6,7 m³)
Hari Sabtu

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : Sabtu						
		Tanggal : 10 Februari 2024						
		Jam : 08.00 - 16.00						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck		Toyota Kapasitas 6,7 m ³						
Tipe Dump Truck		Rear dump truck						
Ukuran Bak		6,7 m ³						
Kondisi Alat		Baik						
Harga Sewa		Rp 650.000 / hari (termasuk Solar + Operator)						
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	10.11	1	150	108,59	252,04	34,22	85,47	132,47
		2	150	84,87	87,57	46,44	96,86	138
		3	70	68,26	97,82	51,13	99,23	13,75
Siang	13.37	1	70	64,56	83,14	42,4	99,04	340,77
		2	70	64	72,25	36,85	84,34	77,71
		3	70	101,45	80,13	54,08	110,01	816,65
Sore	15.10	1	70	64,39	72,53	36,76	113,96	534,63
		2	70	69,08	73,04	36,54	103,84	388,71
		3	70	36,81	71,27	47,49	68,63	=
Rata-rata				73,557	98,866	42,674	95,709	305,261
Waktu Siklus Rata-rata			616,267					
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

**Lampiran 19. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Toyota (6.8 m³)
Hari Sabtu**

Pengamatan Produktivitas Dump Truck		Hari : Sabtu						
		Tanggal : 10 Februari 2024						
		Jam : 08.00 - 16.00						
Spesifikasi Dump Truck								
Merk Dump Truck		Toyota Kapasitas 6.8 m ³						
Tipe Dump Truck		Rear dump truck						
Ukuran Bak		6.8 m ³						
Kondisi Alat		Batu						
Harga Sewa		Rp 650.000 / hari (termasuk solar & operator)						
Bahan Bakar								
Upah Operator								
Waktu Siklus Dump Truck								
Sesi	Jam	Siklus	Jarak	Muat (detik)	Angkut (detik)	Bongkar (detik)	Kembali (detik)	Waktu Tunggu (detik)
Pagi	9.45	1	150	78.16	144.2	43.14	114.92	112.73
		2	150	67.17	119.02	35.27	123.64	116.36
		3	70	70.03	128.27	72.85	77.99	106.21
Siang	13.41	1	70	82.16	95.78	75.42	90.16	212.67
		2	70	95.11	66.42	62.25	106.59	877.3
		3	70	95.52	74.67	44.87	71.89	311.85
Sore	15.05	1	70	58.19	88.65	54.96	109.76	493.87
		2	70	79.63	80.85	55.98	93.86	355.03
		3	70	80.54	60.03	33.98	93.16	287.91
Rata-rata				77.69	97.432	53.191	97.930	319.326
Waktu Siklus Rata-rata		645.508						
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek				Catatan				
								

Lampiran 20. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31E-7
 Hari Sabtu

Pengamatan Produktivitas <i>Bulldozer</i>			Hari : Sabtu			
			Tanggal : 10 Februari 2024			
			Jam : 08.00 - 16.00			
Spesifikasi <i>Bulldozer</i>						
Merk <i>Bulldozer</i>			Komatsu D31E-7			
Tipe <i>Bulldozer</i>			Crawler dozer			
Ukuran <i>Blade</i>			0,721 m ³			
Kondisi Alat			Baik			
Harga Sewa			Rp 120.000 /jam			
Bahan Bakar			Solar			
Upah Operator			Rp 200.000 /hari			
Sesi	Jam	Siklus	Waktu (detik)			
			Maju	Mundur	Ganti Persneling 1	Ganti Persneling 2
Pagi	09.58	1	14,46	15,14	0,99	1,09
		2	12,62	6,57	0,76	0,52
		3	21,07	15,94	1,28	1,05
Siang	13.49	1	15,23	14,81	1,11	1,13
		2	13,59	5,68	0,46	0,83
		3	20,98	16,73	1,25	0,84
Sore	15.23	1	17,15	16,86	1,05	0,88
		2	20,62	19,31	1	0,97
		3	18,12	15,78	0,96	0,95
Rata-rata			17,102	14,991	0,951	
Waktu siklus			321,144			
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek					Catatan	
						

Lampiran 21. Hasil Pengamatan Waktu Berhenti Alat dalam 1 Jam Hari Senin

LEMBAR WAKTU BERHENTI ALAT HARI SENIN

Jenis Alat	Waktu	Durasi	Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)	Rata-rata (menit)
Excavator Komatsu PC-200	Pagi	47:12:25	47.20	47.143
	Siang	46:48:01	46.82	
	Sore	47:08:54	47.41	
Dump truck Mitsubishi (6,5 m ³)	Pagi	06:43:05	6.73	8.81
	Siang	11:41:53	11.69	
	Sore	8:00:00	8	
Dump truck Toyota (6,7 m ³)	Pagi	17:18:49	17.31	8.99
	Siang	05:05:88	5.10	
	Sore	04:34:35	4.57	
Dump truck Toyota (6,8 m ³)	Pagi	10:15:15	10.25	8.73
	Siang	02:32:34	2.54	
	Sore	13:23:59	13.39	
Bulldozer Komatsu D31E-7	Pagi	19:20:53	19.34	16.75
	Siang	14:20:88	14.35	
	Sore	16:33:75	16.56	
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek			Catatan	
				

Lampiran 22. Hasil Pengamatan Waktu Berhenti Alat dalam 1 Jam Hari Rabu

LEMBAR WAKTU BERHENTI ALAT HARI RABU

Jenis Alat	Waktu	Durasi	Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)	Rata-rata (menit)
Excavator Komatsu PC-200	Pagi	42:18:26	42,30	44,04
	Siang	47:12:29	47,20	
	Sore	42:38:04	42,63	
Dump truck Mitsubishi (6,5 m ³)	Pagi	14:07:86	14,13	23,13
	Siang	22:48:38	22,81	
	Sore	32:27:63	32,46	
Dump truck Toyota (6,7 m ³)	Pagi	03:18:36	3,32	19,82
	Siang	23:41:35	23,69	
	Sore	32:27:60	32,46	
Dump truck Toyota (6,8 m ³)	Pagi	15:49:41	15,82	26,76
	Siang	30:46:16	30,77	
	Sore	33:40:84	33,68	
Bulldozer Komatsu D31E-7	Pagi	19:06:14	19,10	31,25
	Siang	33:46:26	33,77	
	Sore	40:52:95	40,88	
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek			Catatan	
				

Lampiran 23. Hasil Pengamatan Waktu Berhenti Alat dalam 1 Jam Hari
Jumat

LEMBAR WAKTU BERHENTI ALAT HARI JUMAT

Jenis Alat	Waktu	Durasi	Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)	Rata-rata (menit)
Excavator Komatsu PC-200	Pagi	41:09:03	41,15	43,82
	Siang	44:58:95	44,98	
	Sore	45:20:25	45,34	
Dump truck Mitsubishi (6,5 m ³)	Pagi	37:08:35	37,14	34,18
	Siang	31:52:55	31,88	
	Sore	33:31:55	33,53	
Dump truck Toyota (6,7 m ³)	Pagi	32:09:98	32,17	32,18
	Siang	36:18:25	36,30	
	Sore	28:04:65	28,08	
Dump truck Toyota (6,8 m ³)	Pagi	33:16:43	33,27	32,74
	Siang	37:33:28	37,55	
	Sore	27:24:84	27,41	
Bulldozer Komatsu D31E-7	Pagi	45:00:00	45	43,843
	Siang	46:02:88	46,05	
	Sore	40:28:67	40,48	
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek			Catatan	
				

Lampiran 24. Hasil Pengamatan Waktu Berhenti Alat dalam 1 Jam Hari Sabtu

LEMBAR WAKTU BERHENTI ALAT HARI SABTU

Jenis Alat	Waktu	Durasi	Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)	Rata-rata (menit)
Excavator Komatsu PC-200	Pagi	47:39:86	47,66	43,65
	Siang	40:42:25	40,70	
	Sore	42:35:23	42,59	
Dump truck Mitsubishi (6,5 m ³)	Pagi	18:34:74	18,58	29,28
	Siang	30:00:00	30	
	Sore	39:16:35	39,27	
Dump truck Toyota (6,7 m ³)	Pagi	14:12:46	14,21	25,28
	Siang	36:52:85	30,88	
	Sore	30:45:73	30,76	
Dump truck Toyota (6,8 m ³)	Pagi	16:46:40	16,77	26,75
	Siang	35:02:76	35,05	
	Sore	28:25:22	28,42	
Bulldozer Komatsu D31E-7	Pagi	27:29:15	27,49	38,08
	Siang	42:56:96	42,95	
	Sore	43:47:22	43,79	
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek			Catatan	
				

Lampiran 25. Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Senin

Pengamatan Faktor <i>Bucket</i> dan Faktor <i>Blade</i>		Hari : <i>Senin</i> Tanggal : <i>5 Februari 2024</i> Jam : <i>08.00 - 16.00</i>	
Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Rata-rata Terisi Material
<i>Excavator Komatsu</i> PC-200	Pagi	100	116 %
		110	
		100	
	Siang	120	
		120	
		110	
	Sore	120	
		110	
		100	
<i>Bulldozer Komatsu</i> D31E	Pagi	100	91,11 %
		100	
		90	
	Siang	100	
		90	
		90	
	Sore	90	
		80	
		80	
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek		Catatan	
			

Lampiran 26. Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Rabu

Pengamatan Faktor <i>Bucket</i> dan Faktor <i>Blade</i>		Hari : <u>Rabu</u> Tanggal : <u>7 Februari 2024</u> Jam : <u>08.00-16.00</u>	
Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Rata-rata Terisi Material
Excavator Komatsu PC-200	Pagi	100	96.667%
		100	
		90	
	Siang	90	
		80	
		80	
	Sore	110	
		110	
		110	
Bulldozer Komatsu D31E	Pagi	90	87.778%
		70	
		40	
	Siang	100	
		100	
		100	
	Sore	100	
		100	
		90	
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek		Catatan	
			

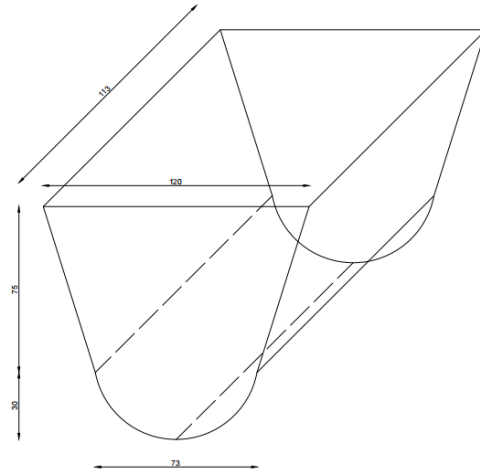
Lampiran 27. Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Jumat

Pengamatan Faktor <i>Bucket</i> dan Faktor <i>Blade</i>		Hari : <i>Jumat</i> Tanggal : <i>9 Februari 2024</i> Jam : <i>08.00 - 16.00</i>	
Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Rata-rata Terisi Material
<i>Excavator</i> Komatsu PC-200	Pagi	<i>120</i>	<i>102.222%</i>
		<i>110</i>	
		<i>110</i>	
	Siang	<i>90</i>	
		<i>90</i>	
		<i>80</i>	
	Sore	<i>110</i>	
		<i>100</i>	
		<i>110</i>	
<i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	Pagi	<i>100</i>	<i>96.667%</i>
		<i>100</i>	
		<i>100</i>	
	Siang	<i>100</i>	
		<i>100</i>	
		<i>90</i>	
	Sore	<i>100</i>	
		<i>90</i>	
		<i>90</i>	
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek		Catatan	
			

Lampiran 28. Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Sabtu

Pengamatan Faktor <i>Bucket</i> dan Faktor <i>Blade</i>		Hari : Sabtu Tanggal : 10 Februari 2024 Jam : 08.00 - 16.00	
Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Rata-rata Terisi Material
Excavator Komatsu PC-200	Pagi	110	97,77%
		90	
		90	
	Siang	100	
		90	
		80	
	Sore	100	
		120	
		100	
Bulldozer Komatsu D31E	Pagi	100	96,66%
		100	
		90	
	Siang	100	
		90	
		90	
	Sore	100	
		100	
		100	
Mengetahui Staff Lapangan/Proyek		Catatan	
			

Lampiran 29. Perhitungan Ukuran *Bucket Excavator*



Bangun 1

$$a = 1,2 \text{ m}$$

$$b = 0,73 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,13 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1,2 \times 0,73}{2} \times 0,75 \times 1,13 \\ &= 0,817838 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Bangun 2

$$d = 0,3 \text{ m}$$

$$r = 0,15 \text{ m}$$

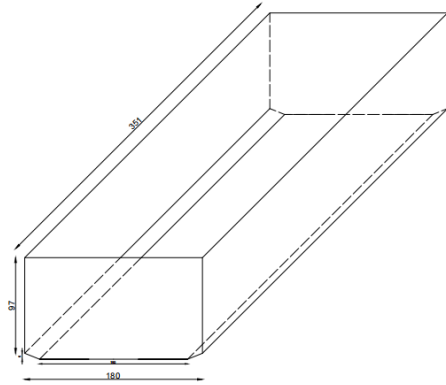
$$\text{Lebar} = 1,13 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1,14 \times 0,15^2}{2} \times 1,13 \\ &= 0,039917 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= 0,817838 + 0,039917 \\ &= 0,86 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Lampiran 30. Perhitungan Ukuran Bak *Dump Truck*

1. Mitsubishi (6,5 m³)



Bangun 1

Panjang = 180 cm

Lebar = 351 cm

Tinggi = 97 cm

Volume = $180 \times 351 \times 97$

= 6.128.460 cm³

= 6,12846 m³

Bangun 2

a = 150 cm

b = 180 cm

Tinggi = 6 cm

Lebar = 351 cm

Volume = $\frac{(150+180)}{2} \times 6 \times 351$

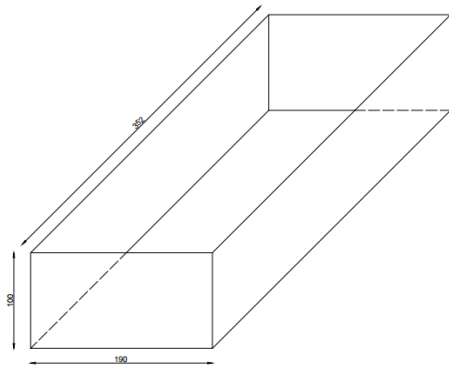
= 347.490 cm³

= 0,34749 m³

Volume Total = 6,12846 + 0,34749

= 6,5 m³

2. Toyota (6,7 m³)



Panjang = 190 cm

Lebar = 352 cm

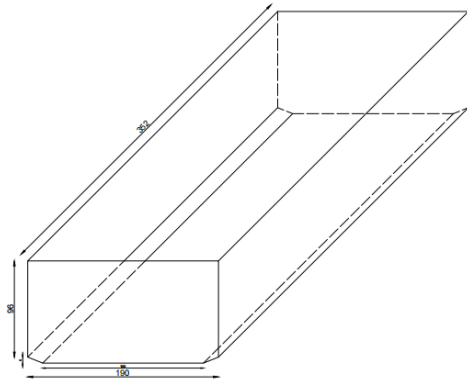
Tinggi = 100 cm

Volume = $190 \times 352 \times 100$

= 6.688.000 cm³

= 6,7 m³

3. Toyota (6,8 m³)



Bangun 1

Panjang = 190 cm

Lebar = 352 cm

Tinggi = 96 cm

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 190 \times 352 \times 96 \\ &= 6.420.480 \text{ cm}^3 \\ &= 6,42048 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Bangun 2

a = 160 cm

b = 190 cm

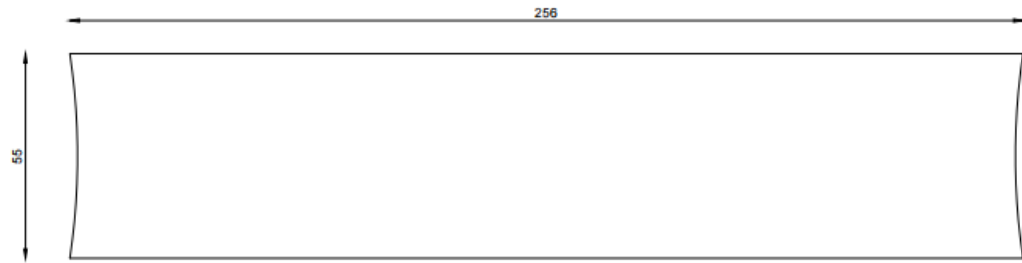
Tinggi = 6 cm

Lebar = 352 cm

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \frac{(160+190)}{2} \times 6 \times 352 \\ &= 369.600 \text{ cm}^3 \\ &= 0,3696 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume total} &= 6,42048 + 0,3696 \\ &= 6,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Lampiran 31. Perhitungan Ukuran *Blade Bulldozer*



Lebar = 256 cm

Tinggi = 55 cm

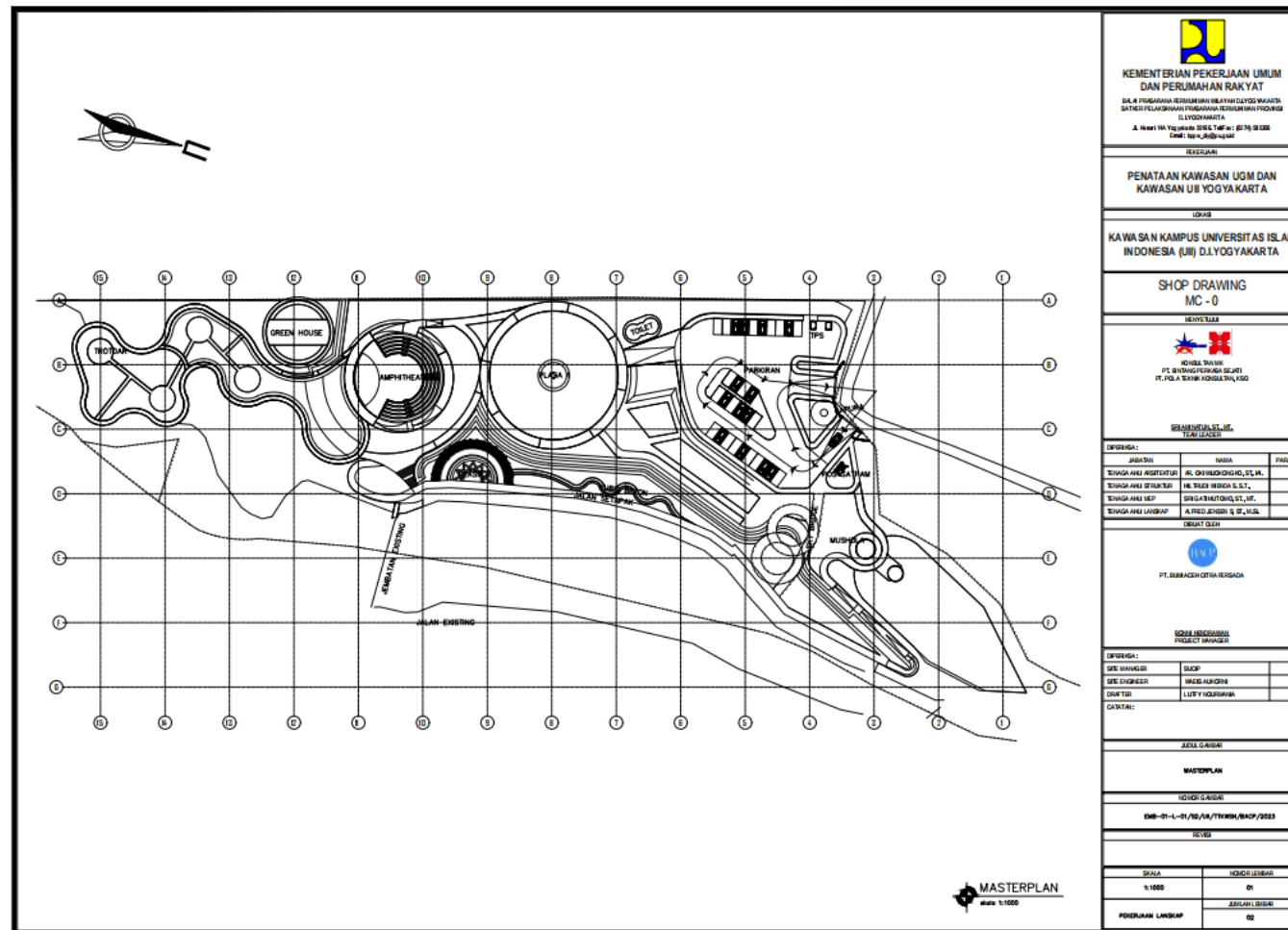
Lampiran 32. Elevasi Galian

Elevasi Asli	Elevasi Rencana	Galian
360.02	360	0.02
360.03	360	0.03
360.04	360	0.04
360.043	360	0.043
360.05	360	0.05
360.08	360	0.08
360.085	360	0.085
360.14	360	0.14
360.174	360	0.174
360.22	360	0.22
360.34	360	0.34
360.35	360	0.35
360.358	360	0.358
360.452	360	0.452
360.6	360	0.6
360.616	360	0.616
360.66	360	0.66
360.672	360	0.672
360.68	360	0.68
360.73	360	0.73
360.78	360	0.78
360.88	360	0.88
360.89	360	0.89
360.91	360	0.91
360.94	360	0.94
361.06	361	0.06
361.1	361	0.1
361.104	361	0.104
361.15	361	0.15
361.202	361	0.202
361.24	361	0.24
361.244	361	0.244
361.26	361	0.26
361.26	361	0.26
361.28	361	0.28
361.293	361	0.293
361.3	361	0.3
361.34	361	0.34
361.36	361	0.36
361.52	361	0.52
361.63	361	0.63
361.685	361	0.685
361.74	361	0.74

Elevasi Asli	Elevasi Rencana	Galian
361.749	361	0.749
361.75	361	0.75
361.766	361	0.766
361.8	361	0.8
361.81	361	0.81
361.82	361	0.82
361.859	361	0.859
361.861	361	0.861
361.956	361	0.956
362.1	362	0.1
362.216	362	0.216
362.22	362	0.22
362.235	362	0.235
362.25	362	0.25
362.3	362	0.3
362.311	362	0.311
362.319	362	0.319
362.41	362	0.41
362.42	362	0.42
362.422	362	0.422
362.423	362	0.423
362.45	362	0.45
362.456	362	0.456
362.611	362	0.611
362.76	362	0.76
362.77	362	0.77
362.8	362	0.8

Galian Rata-Rata = 0,467 m²

Lampiran 33. *Layout* Proyek Penataan Kawasan Kampus UII Embung Barat

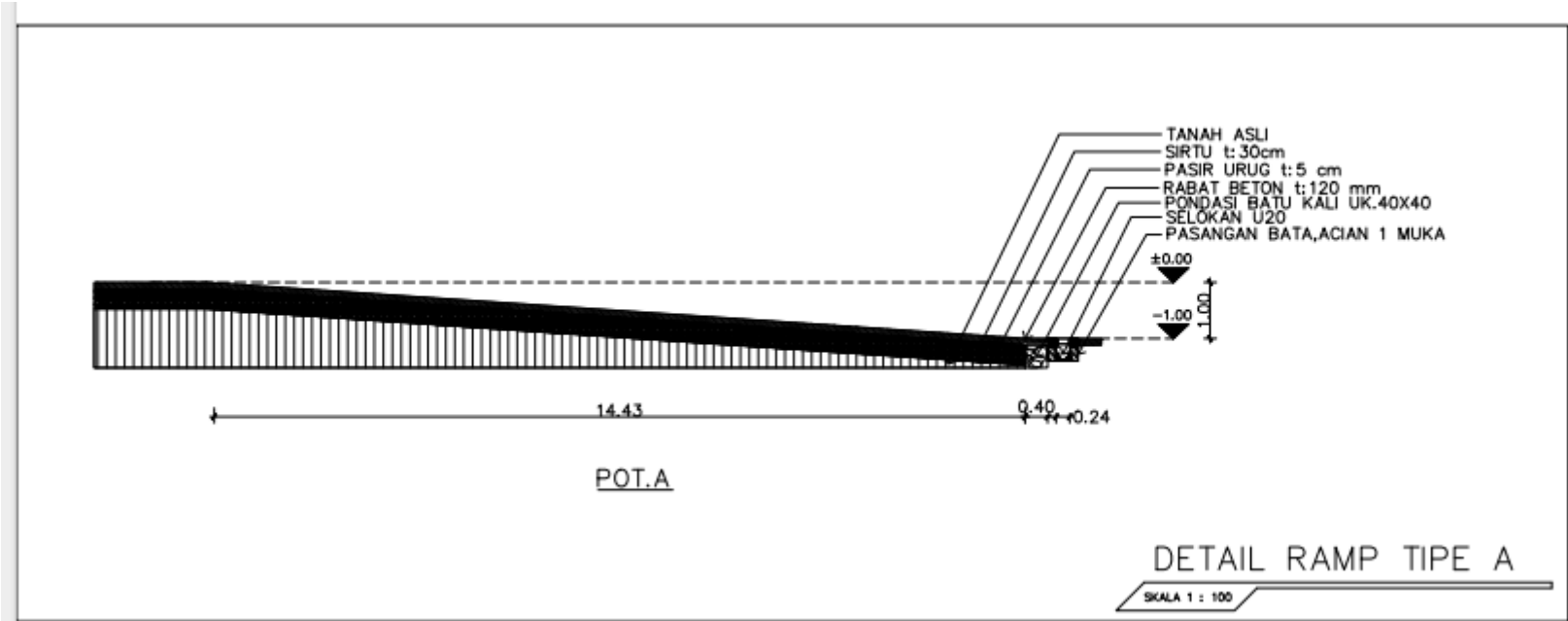


Lampiran 34. Rencana Galian dan Timbunan

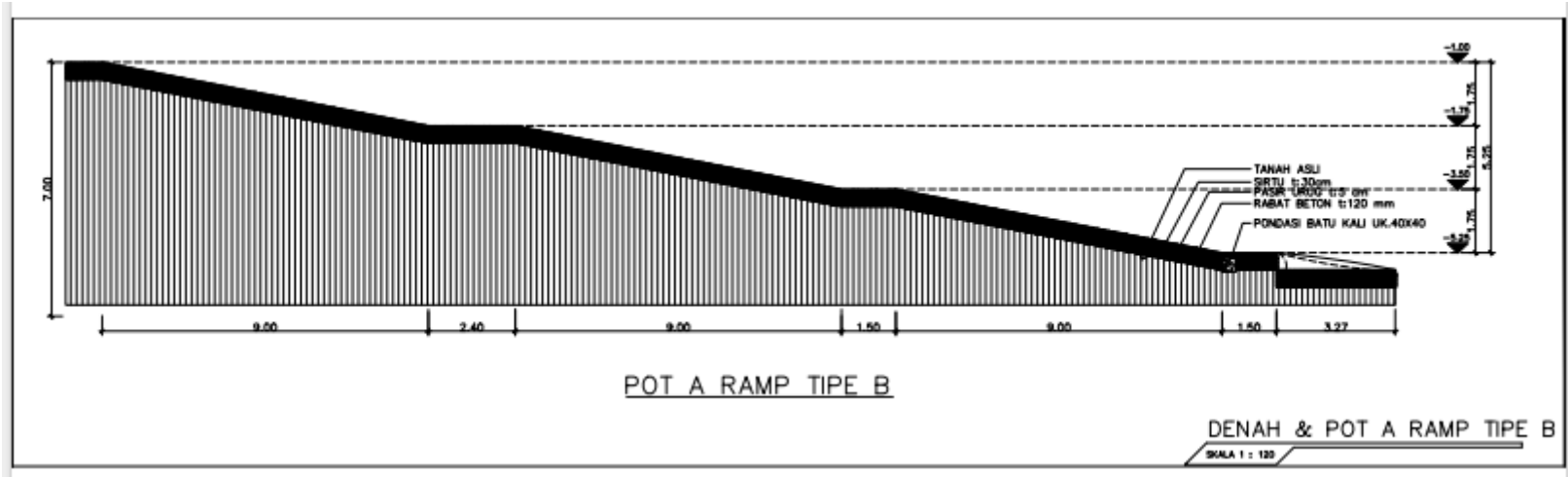


KODE	KETERANGAN	GALIAN		TIMBUNAN		TIMBUNAN		TIMBUNAN		TIMBUNAN	
	FILL	AREA 1	1 M	AREA 6	2 M	AREA 11	2 M	AREA 16	2 M	AREA 21	1 M
	CUT	AREA 2	1 M	AREA 7	1 M	AREA 12	1 M	AREA 17	3 M	AREA 22	2 M
		AREA 3	1 M	AREA 8	1 M	AREA 13	1 M	AREA 18	2 M	AREA 23	3 M
		AREA 4	1 M	AREA 9	2 M	AREA 14	1 M	AREA 19	1 M	AREA 24	1 M
		AREA 5	1 M	AREA 10	2 M	AREA 15	1 M	AREA 20	1 M		

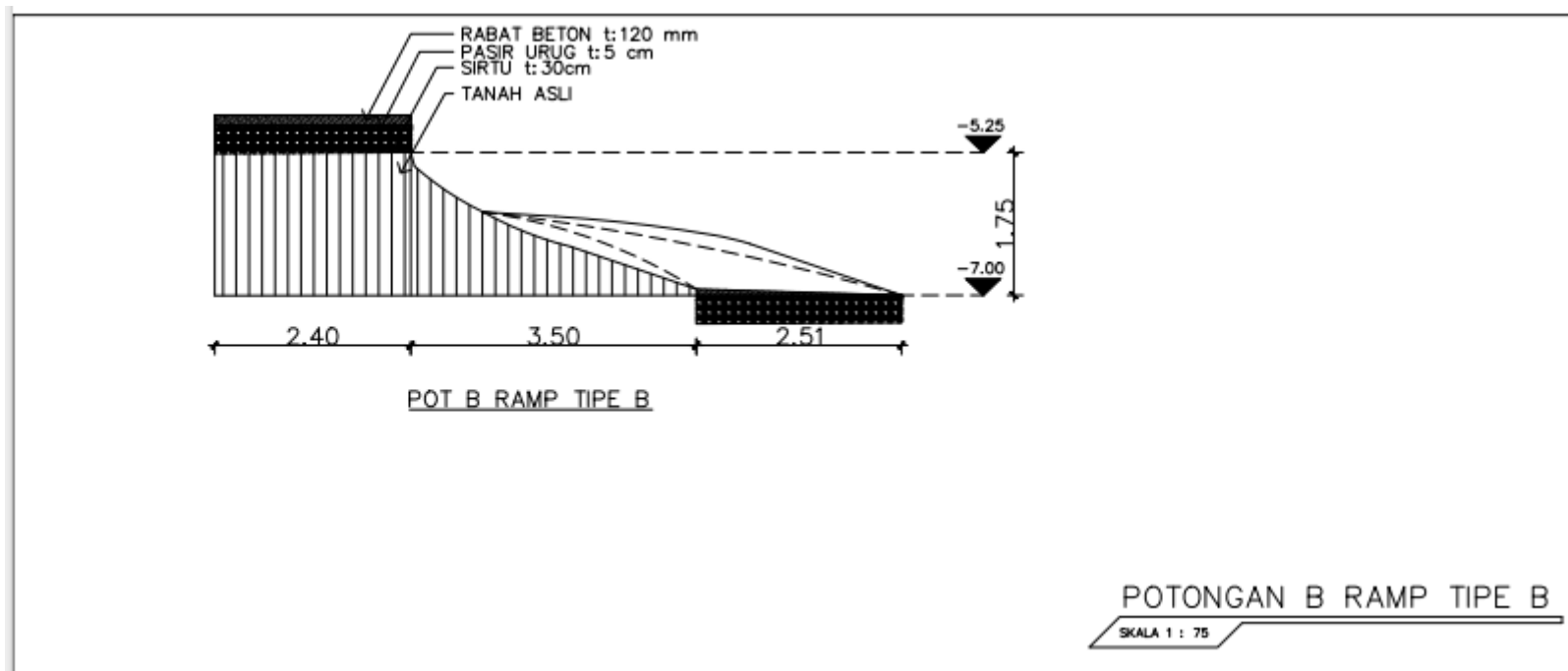
Lampiran 35. Detail Rencana *Ramp* Tipe A



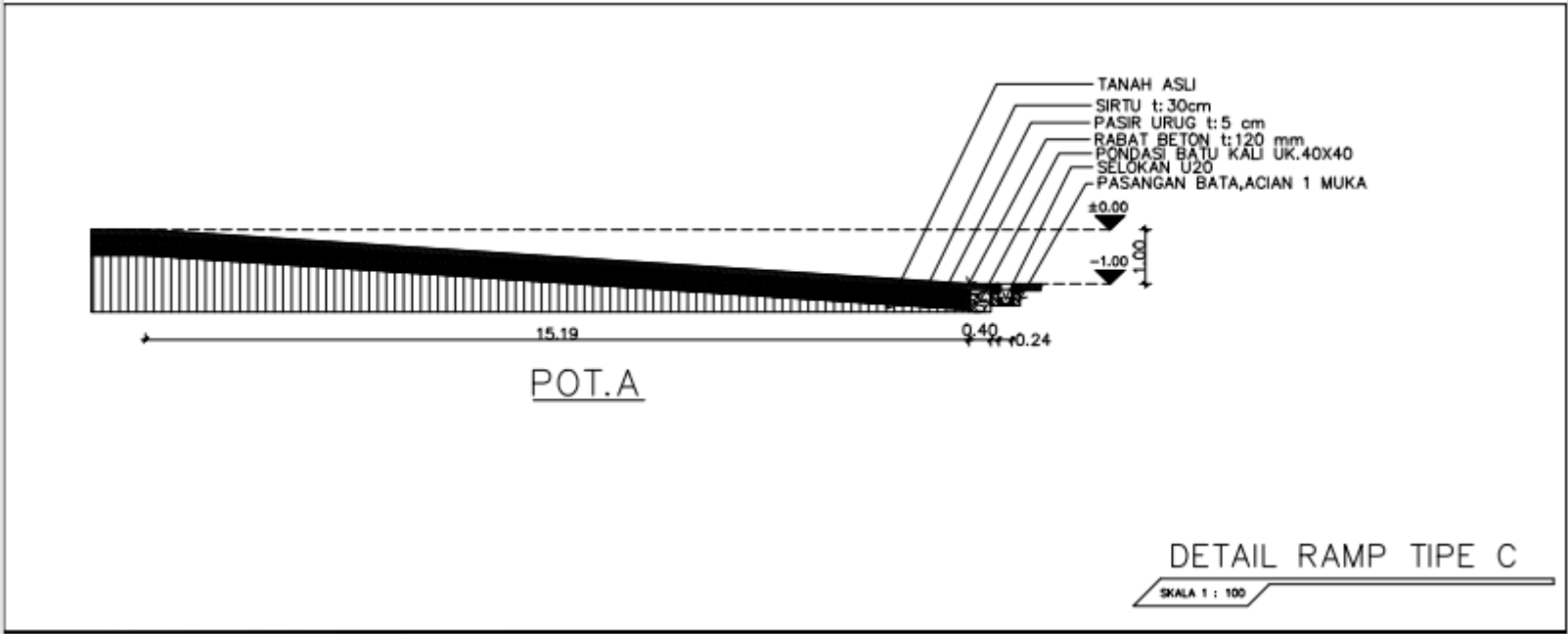
Lampiran 36. Detail Rencana *Ramp* Tipe B Potongan A



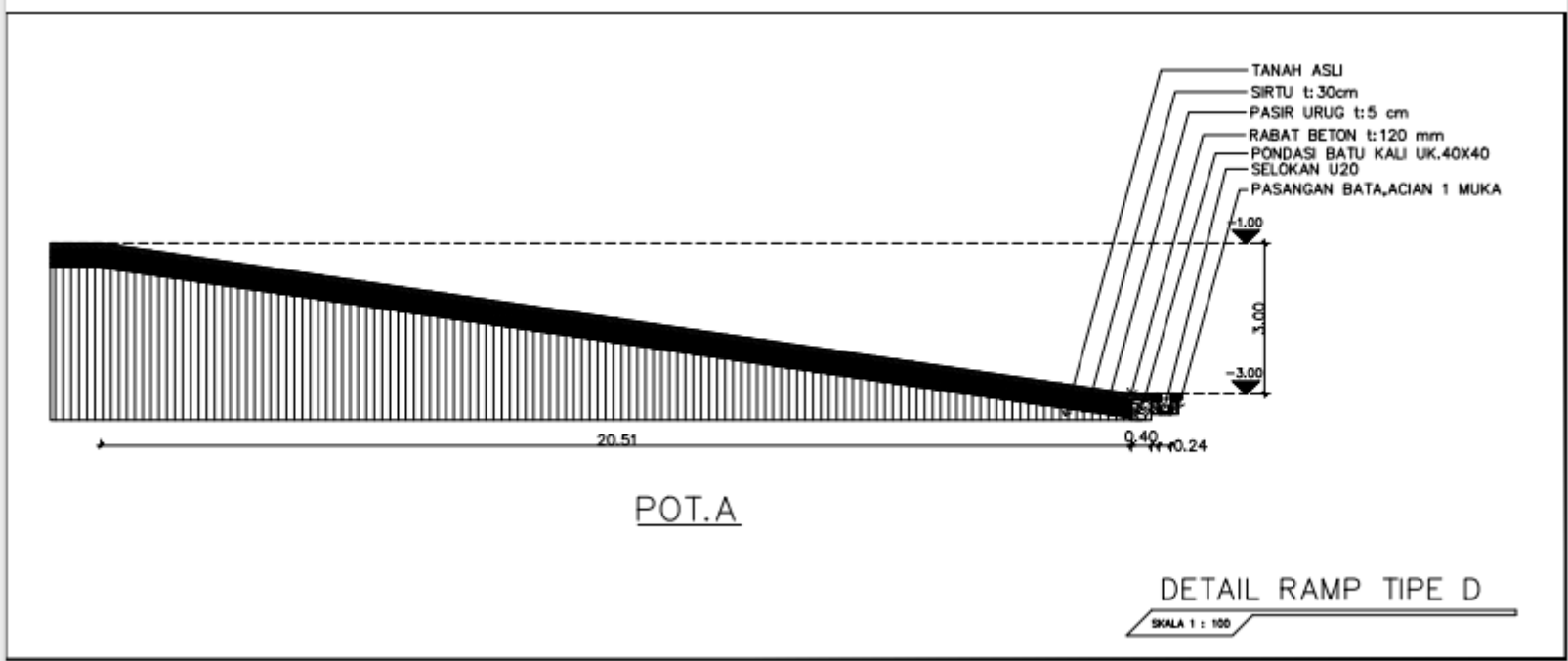
Lampiran 37. Detail Rencana *Ramp* Tipe B Potongan B



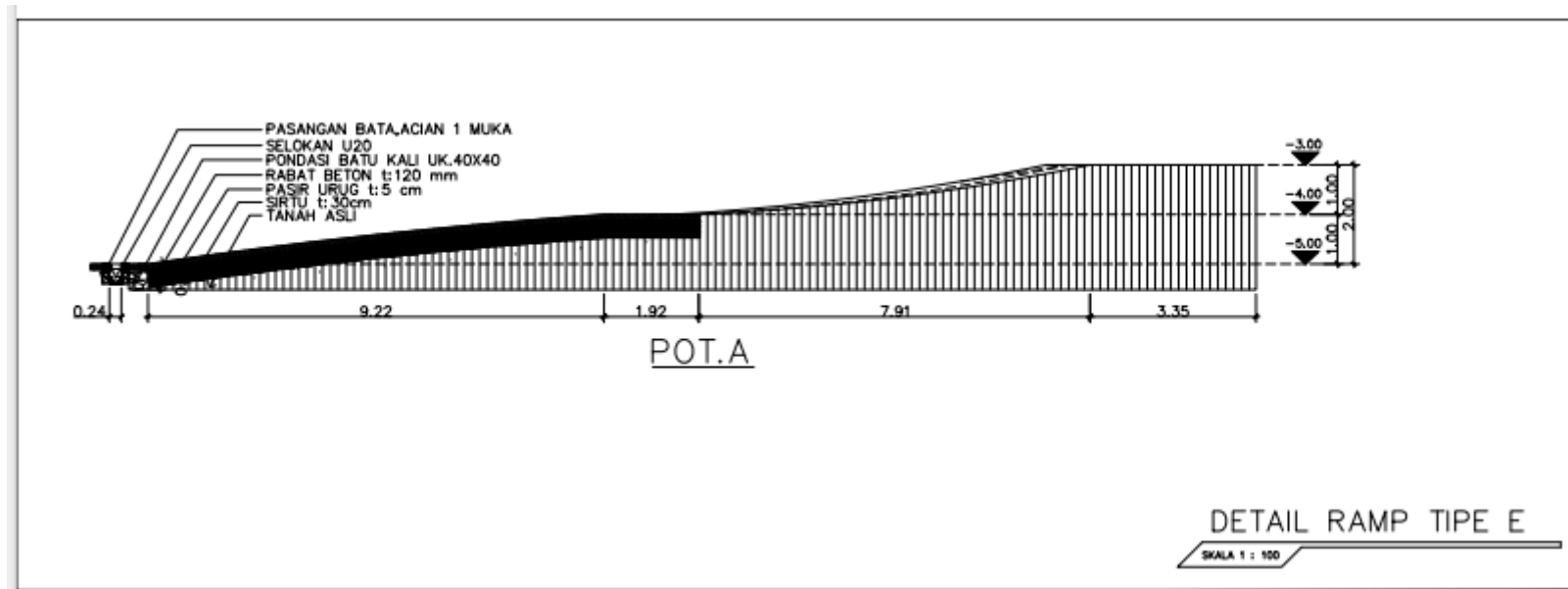
Lampiran 38. Detail Rencana *Ramp* Tipe C



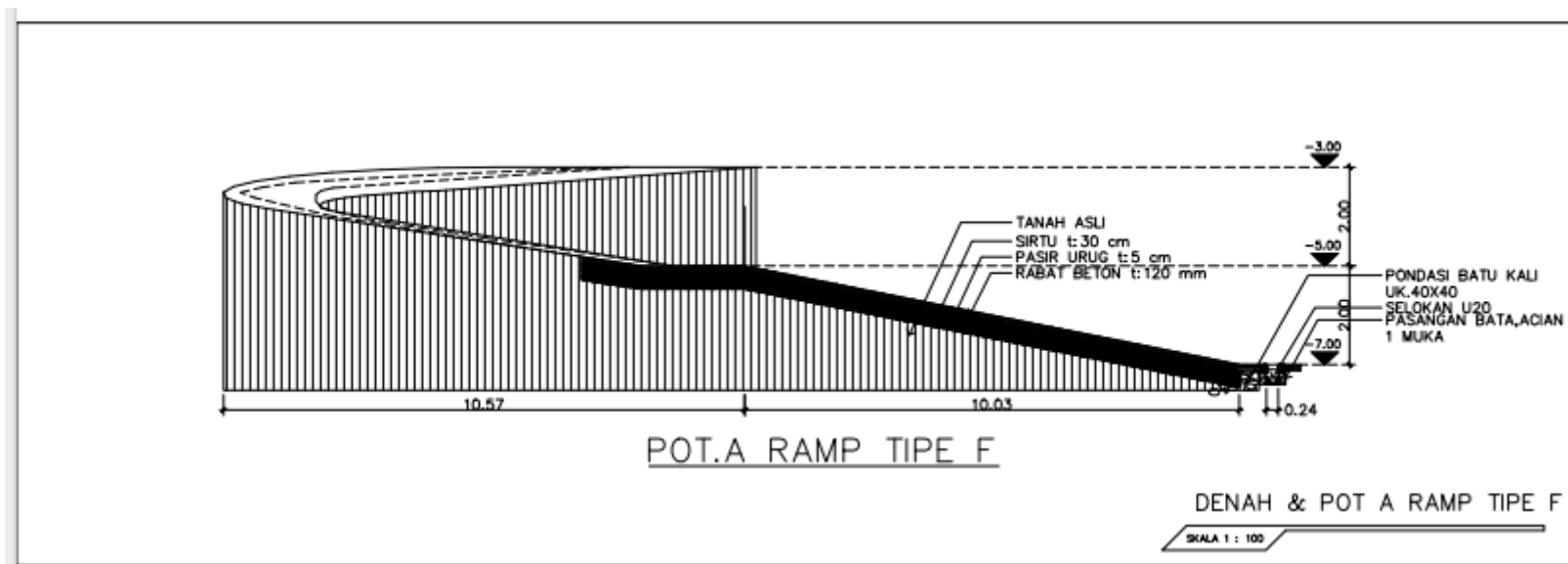
Lampiran 39. Detail Rencana *Ramp* Tipe D



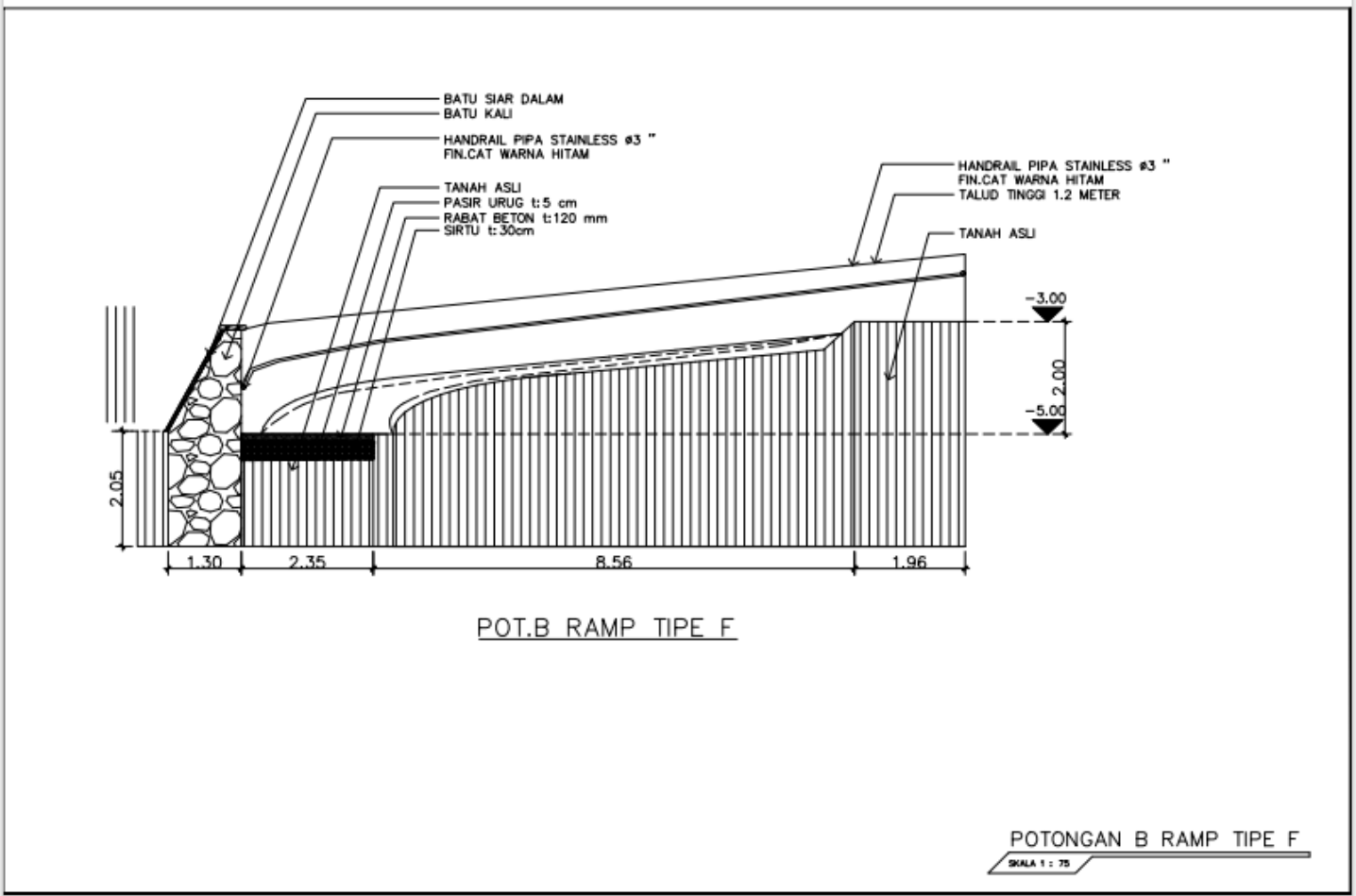
Lampiran 40. Detail Rencana *Ramp* Tipe E



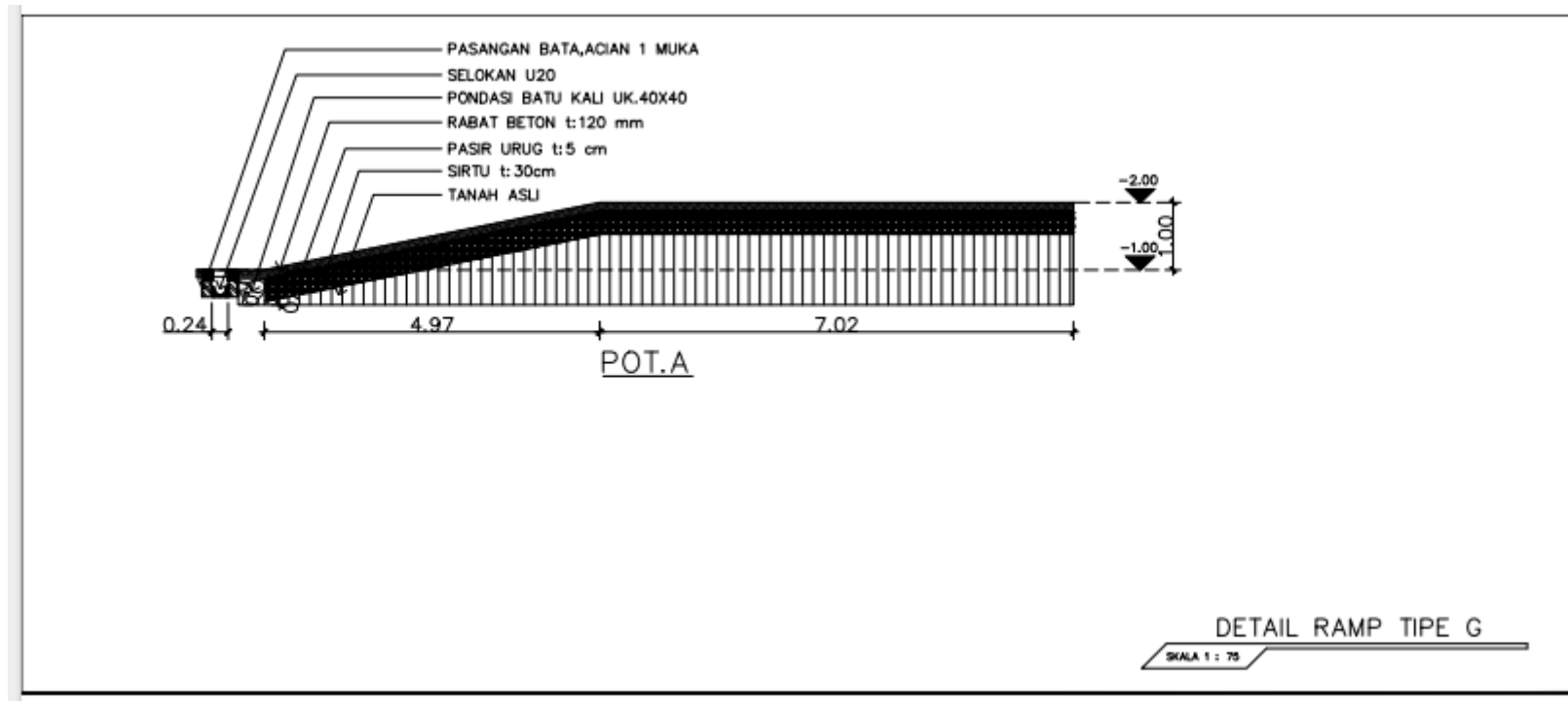
Lampiran 41. Detail Rencana *Ramp* Tipe F Potongan A



Lampiran 42. Detail Rencana *Ramp* Tipe F Potongan B



Lampiran 43. Detail Rencana *Ramp* Tipe G



Lampiran 44. Detail Rencana *Ramp* Tipe H

