

TUGAS AKHIR

ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN RELOKASI JALAN NASIONAL RUAS SUI DURI – MEMPAWAH (*ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT PRODUCTIVITY IN THE CONSTRUCTION PROJECT FOR THE RELOCATION OF THE SUI DURI –MEMPAWAH NATIONAL ROAD SECTION*)

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



ALBARESI AKBAR

19511128

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

2026

TUGAS AKHIR

ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN RELOKASI JALAN NASIONAL RUAS SUI DURI – MEMPAWAH (ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT PRODUCTIVITY IN THE CONSTRUCTION PROJECT FOR THE RELOCATION OF THE SUI DURI – MEMPAWAH NATIONAL ROAD SECTION)



Pembimbing

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

Penguji I

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

Penguji II

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



Ir. Yunalis Muntagi, S.T., M.T., Ph.D (Eng)., IPM
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan bahwa sesungguhnya laporan Tugas Akhir berjudul Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah yang telah saya susun sebagai syarat untuk persyaratan memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain dituliskan 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 bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 06 Januari 2026

Yang membuat pernyataan,



Albaresi Akbar

(19511128)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri - Mempawah. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Prodi Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Allah SWT atas segala petunjuk dan pertolongan kepada hamba-Mu yang sedang menuntut ilmu ini.
2. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D (Eng)., IPM selaku Ketua Program Studi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Program Sarjana, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan dan masukan-masukan selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM selaku Dosen Penguji I dalam Sidang Tugas Akhir
5. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji II dalam Sidang Tugas Akhir

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

Yogyakarta, 13 Januari 2026
Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Albares Akbar', written in a cursive style.

Albares Akbar (19511128)

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Perbedaan Penelitian	9
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 Manajemen Proyek	14
3.1.1 Memastikan Proyek Selesai Tepat Waktu	14
3.1.2 Memastikan Proyek Selesai Sesuai Anggaran	14
3.1.3 Memastikan Proyek Sesuai dengan Standar Kualitas	15
3.1.4 Memenuhi Kebutuhan dan Harapan Klien	15
3.2 Alat Berat	16

3.3	Macam Alat Berat	17
3.3.1	Excavator	17
3.3.2	Dump Truck	18
3.4	Waktu	20
3.5	Efisiensi Alat Berat	20
3.6	Produktivitas	21
3.6.1	Material	22
3.6.2	Produktivitas Excavator	25
3.6.3	Produktivitas Dump Truck	28
3.7	Biaya	33
BAB IV METODE PENELITIAN		35
4.1	Metode Penelitian	35
4.2	Jenis Penelitian	35
4.3	Obyek dan Subyek Penelitian	35
4.4	Pengumpulan Data	37
4.4.1	Data Primer	37
4.4.2	Data Sekunder	37
4.5	Analisis Data	38
4.5.1	Produktivitas Excavator	38
4.5.2	Produktivitas Dump Truck	39
4.5.3	Kombinasi Alat Berat	39
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		41
5.1	Tinjauan Umum	41
5.2	Analisis Data Umum	41
5.2.1	Lokasi Pekerjaan Timbunan dan Quarry	42
5.2.2	Volume Pekerjaan Timbunan	43
5.2.3	Faktor Bucket	43
5.2.4	Faktor Efisiensi	44
5.3	Analisis Produktivitas Alat Berat	47
5.3.1	Analisis Produktivitas Excavator Berdasarkan Standar	47
5.3.2	Analisis Produktivitas Dump Truck Berdasarkan Standar	49

5.3.3	Produktivitas Excavator Berdasarkan Data Lapangan	51
5.3.4	Produktivitas Dump Truck Berdasarkan Data Lapangan	55
5.3.5	Perbandingan Produktivitas Berdasarkan Standar dan Data Lapangan	58
5.4	Analisis Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat	59
5.4.1	Analisis Biaya Sewa Alat Berat	59
5.4.2	Perhitungan Kombinasi Alat Berat Kondisi Eksisting	60
5.4.3	Perhitungan Alternatif Alat Berat	62
5.4.4	Perbandingan Biaya dan Waktu	65
5.5	Pembahasan	68
5.5.1	Produktivitas Alat Berat	68
5.5.2	Kombinasi Alat Berat	70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		72
6.1	Kesimpulan	72
6.2	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN		80

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian	8
Tabel 3.1 Faktor Konversi Volume Tanah	22
Tabel 3.2 Faktor <i>Bucket (Bucket Fill factor)</i>	25
Tabel 3.3 Waktu Siklus Standar (<i>Standart Cycle Time</i>) (Detik)	26
Tabel 3.4 Faktor Konversi Galian (F_v)	27
Tabel 3.5 Faktor Efisiensi Kerja (F_{aEXC})	27
Tabel 3.6 Waktu Buang <i>Dump Truck</i>	29
Tabel 3.7 Faktor Efisiensi Alat (F_{aDT}) <i>Dump Truck</i>	31
Tabel 3.8 Kecepatan Tempuh Rata-Rata Maksimum <i>Dump Truck</i>	31
Tabel 3.9 Berat Isi Material	31
Tabel 5.1 Pengamatan Pertama Waktu Henti <i>Excavator</i>	44
Tabel 5.2 Pengamatan Pertama Waktu Henti <i>Dump Truck</i>	44
Tabel 5.3 Pengamatan Kedua Waktu Henti <i>Excavator</i>	45
Tabel 5.4 Pengamatan Kedua Waktu Henti <i>Dump Truck</i>	45
Tabel 5.5 Rekapitulasi Pengamatan Waktu Henti <i>Excavator</i>	45
Tabel 5.6 Rekapitulasi Pengamatan Waktu Henti <i>Excavator</i>	46
Tabel 5.7 Rekapitulasi Efisiensi Kerja Pada Alat Berat	47
Tabel 5.8 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Pengamatan Pertama	51
Tabel 5.9 Rekapitulasi Waktu Siklus <i>Excavator</i>	52
Tabel 5.10 Rekapitulasi Produktivitas <i>Excavator</i>	54
Tabel 5.11 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Pengamatan Pertama	55
Tabel 5.12 Rekapitulasi Waktu Siklus <i>Dump Truk</i>	55
Tabel 5.13 Rekapitulasi Produktivitas <i>Dump Truk</i>	57
Tabel 5.14 Perbandingan Produktivitas Standar dan Data Lapangan	58
Tabel 5.15 Rekapitulasi Biaya Sewa Alat Berat Kondisi Eksisting	62
Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Alternatif 1	63

Tabel 5.17 Rekapitulasi Perhitungan Alternatif 2	65
Tabel 5.18 Rekapitulasi Perbandingan Kombinasi Alat Berat	66
Tabel 5.19 Perbandingan Biaya dan Waktu Kombinasi Alat Berat	68

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 <i>Excavator</i>	17
Gambar 3.2 <i>Dump Truck</i>	18
Gambar 4.1 Lokasi Proyek Pembangunan Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri- Mempawah	35
Gambar 4.2 Diagram Alir (<i>Flowchart</i>) Penelitian	39
Gambar 4.3 Jadwal Penelitian	40
Gambar 5.1 Peta Rute Lokasi Pekerjaan dan Quarry	42
Gambar 5.2 Grafik Produktivitas <i>Excavator</i> per Jam	54
Gambar 5.3 Grafik Produktivitas <i>Dump Truck</i> per Jam	58
Gambar 5.4 Perbandingan Durasi Kondisi Existing dan Alternatif	66
Gambar 5.5 Perbandingan Biaya Kondisi Existing dan Alternatif	66

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Gambar Excavator Sumitomo SH 210-5	80
Lampiran 2. Gambar Dump Truck 8 M ³	81
Lampiran 3. Gambar <i>Excavator mengisi Dump Truck</i>	82
Lampiran 4. Pengamatan Ke-1 Waktu Siklus <i>Excavator</i>	83
Lampiran 5. Pengamatan Ke-2 Waktu Siklus <i>Excavator</i>	84
Lampiran 6. Pengamatan Ke-3 Waktu Siklus <i>Excavator</i>	85
Lampiran 7. Pengamatan Ke-4 Waktu Siklus <i>Excavator</i>	86
Lampiran 8. Pengamatan Ke-5 Waktu Siklus <i>Excavator</i>	87
Lampiran 9. Pengamatan Ke-6 Waktu Siklus <i>Excavator</i>	88
Lampiran 10. Pengamatan Ke-7 Waktu Siklus <i>Excavator</i>	89
Lampiran 11. Pengamatan Ke-8 Waktu Siklus <i>Excavator</i>	90
Lampiran 12. Pengamatan Ke-9 Waktu Siklus <i>Excavator</i>	91
Lampiran 13. Pengamatan Ke-10 Waktu Siklus <i>Excavator</i>	92
Lampiran 14. Pengamatan Ke-1 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	93
Lampiran 15. Pengamatan Ke-2 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	94
Lampiran 16. Pengamatan Ke-3 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	95
Lampiran 17. Pengamatan Ke-4 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	96
Lampiran 18. Pengamatan Ke-5 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	97
Lampiran 19. Pengamatan Ke-6 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	98
Lampiran 20. Pengamatan Ke-7 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	99
Lampiran 21. Pengamatan Ke-8 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	100
Lampiran 22. Pengamatan Ke-9 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	101
Lampiran 23. Pengamatan Ke-10 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	102
Lampiran 24. Pengamatan Ke-1 Waktu Henti Alat Berat	103
Lampiran 25. Pengamatan Ke-2 Waktu Henti Alat Berat	104
Lampiran 26. Pengamatan Ke-3 Waktu Henti Alat Berat	105

Lampiran 27. Pengamatan Ke-4 Waktu Henti Alat Berat	106
Lampiran 28. Pengamatan Ke-5 Waktu Henti Alat Berat	107
Lampiran 29. Pengamatan Ke-6 Waktu Henti Alat Berat	108
Lampiran 30. Pengamatan Ke-7 Waktu Henti Alat Berat	109
Lampiran 31. Pengamatan Ke-8 Waktu Henti Alat Berat	110
Lampiran 32. Pengamatan Ke-9 Waktu Henti Alat Berat	111
Lampiran 33. Pengamatan Ke-10 Waktu Henti Alat Berat	112

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Sw	: <i>Swell %</i> (Pengembangan)
Sh	: <i>Shrinkage %</i> (Penyusutan)
B	: Berat jenis tanah keadaan asli
L	: Berat jenis keadaan lepas
C	: Berat jenis keadaan padat
Q	: Produktivitas (m^3/jam)
V	: Kapasitas <i>bucket</i> (m^3)
FaEXC	: Faktor efisiensi alat
Fb	: Faktor <i>bucket</i>
Fv	: Faktor konversi kedalaman galian alat <i>excavator</i>
Ts	: Waktu siklus standar
60	: Perkalian 1 jam ke menit
Cmt (L)	: Waktu muat (menit)
Qt	: Kapasitas <i>dump truck</i> (m^3)
ql	: Kapasitas <i>bucket excavator</i> (m^3)
K	: Faktor <i>bucket</i>
Cm	: Waktu siklus pemuat (menit)
Cmt (F)	: Waktu tempuh untuk mengangkut muatan (menit)
Cmt (R)	: Waktu tempuh untuk kembali tanpa muatan (menit)
D	: Jarak angkut (meter)
VF	: Kecepatan rata-rata muatan penuh (m/menit)
VR	: Kecepatan rata-rata untuk Kembali (m/menit)
Q	: Kapasitas produksi <i>dump truck</i> (m^3/jam)
V	: Kapasitas bak <i>dump truk</i>
Fa	: Faktor efisiensi <i>dump truk</i>
BiL	: Berat isi material (lepas,gembur)
Ts	: Waktu siklus (menit), $T_s = T_1+T_2+T_3+T_4$

T1	: Waktu muat (menit)
T2	: Waktu tempuh isi (menit)
T3	: Waktu tempuh kosong (menit)
T4	: Waktu penumpahan dan pengambilan posisi (menit)
V	: Kapasitas bak
D	: Berat isi material
Q _{exc}	: Produktivitas <i>excavator</i>
V _F	: Kecepatan rata-rata bermuatan (km/jam)
V _R	: Kecepatan rata-rata kosong (km/jam)
L	: Jarak angkut

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur jalan memegang peranan vital dalam mendukung konektivitas dan percepatan pertumbuhan ekonomi. Proyek pembangunan relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri – Mempawah merupakan salah satu upaya strategis dalam memperbaiki akses transportasi, terutama sebagai konsekuensi dari pembangunan Pelabuhan Internasional Kijing. Efektivitas pelaksanaan proyek sangat dipengaruhi oleh produktivitas alat berat, terutama excavator dan dump truck, yang memiliki peran utama dalam proses pekerjaan lapangan, maka dilakukan analisis produktivitas alat berat berdasarkan standar literatur dan kondisi aktual di lapangan untuk menentukan kombinasi alat berat yang efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis produktivitas dan kombinasi alat berat pada proyek tersebut. Penelitian dilakukan dengan pendekatan deskriptif melalui observasi lapangan dan wawancara sebagai metode pengumpulan data primer serta studi dokumen sebagai data sekunder. Analisis dilakukan dengan menghitung produktivitas excavator dan dump truck berdasarkan waktu siklus, kapasitas, dan efisiensi kerja alat, kemudian dilakukan analisis kombinasi alat berat berdasarkan kapasitas, biaya sewa, durasi pekerjaan, dan volume pekerjaan untuk menentukan alternatif kombinasi yang efisien.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata produktivitas excavator mencapai 140,686 m³/jam dan 1125,491 m³/hari, sedangkan dump truck menghasilkan rata-rata produktivitas sebesar 10,726 m³/jam dan 85,805 m³/hari. Kombinasi alat berat untuk kondisi aktual di lapangan membutuhkan durasi 71 hari dengan biaya sebesar Rp 2.535.462.895,49. Alternatif 1 merupakan opsi yang paling efisien dengan mempercepat durasi menjadi 56 hari dan sedikit peningkatan biaya sebesar 1,11% disbanding kondisi aktual di lapangan. Alternatif 3 menyesuaikan dengan durasi rencana yaitu selama 90 hari tetapi terdapat peningkatan biaya yang signifikan sebesar 27,93%. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk perencanaan dan peningkatan efisiensi kerja alat berat pada proyek konstruksi jalan.

Kata kunci: alat berat, produktivitas, excavator, dump truck.

ABSTRACT

The development of road infrastructure plays a vital role in supporting connectivity and accelerating economic growth. The relocation project of the National Road Section Sei Duri–Mempawah represents a strategic effort to improve transportation access, particularly as a consequence of the development of the Kijing International Port. The effectiveness of the project implementation is significantly influenced by the productivity of heavy equipment, particularly excavators and dump trucks, which function as the main components in field operations. Therefore, an analysis of heavy equipment productivity was conducted based on established literature standards and actual field conditions to determine the most efficient equipment combination.

This study aims to analyze the productivity and optimal combination of heavy equipment used in the project. A descriptive approach was employed, involving field observations and interviews as primary data collection methods and document review as secondary data. Productivity calculations for excavators and dump trucks were carried out using cycle time, capacity, and equipment efficiency parameters. An analysis of equipment combinations was then performed based on capacity, rental costs, work duration, and work volume to identify efficient alternatives.

The results indicate that the average productivity of the excavator reached 140.686 m³/hour and 1,125.491 m³/day, while the dump truck recorded an average productivity of 10.726 m³/hour and 85.805 m³/day. Under actual field conditions, the combination of heavy equipment required 71 days to complete the work at a cost of Rp 2,535,462,895.49. Alternative 1 was identified as the most efficient option because it reduced the duration to 56 days with only a slight cost increase of 1.11% compared with actual field conditions. Alternative 3 aligned with the planned duration of 90 days but required a significantly higher cost, amounting to an increase of 27.93%. The findings of this study are expected to serve as a reference for planning and improving heavy equipment efficiency in road construction projects.

Keywords: *heavy equipment, productivity, excavator, dump truck.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan satu dari sekian aspek vital dalam meningkatkan konektivitas dan mempercepat pertumbuhan ekonomi dari suatu wilayah (Sawitri, 2023). Jalan adalah prasarana transportasi yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya. Jalan mencakup berbagai jenis, seperti jalan di atas tanah, di bawah tanah, di bawah air, serta di atas permukaan air, dengan pengecualian untuk jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Anas, 2021). Infrastruktur jalan memiliki peran yang sangat penting dalam pembangunan nasional, berfungsi sebagai tulang punggung mobilitas dan konektivitas antarwilayah. Jalan mempunyai peranan yang sangat penting, maka pemerintah mempunyai hak dan kewajiban pembinaan jaringan jalan dengan cara melakukan perencanaan, pemeliharaan, serta pengolahan sebagaimana mestinya (Febrianti, Zakia dan Mawardi, 2021).

Ketersediaan dan kualitas jalan yang baik dapat mendukung pertumbuhan ekonomi dengan memperlancar arus barang dan jasa, serta meningkatkan aksesibilitas ke berbagai daerah (Damanik, Damanik dan Nopeline, 2024). Hal ini membantu dalam mewujudkan keseimbangan pembangunan antarwilayah, dimana daerah-daerah yang sebelumnya terisolasi dapat berkembang dan menikmati hasil-hasil pembangunan secara merata. Dengan demikian, pembangunan jalan menjadi salah satu prioritas dalam upaya pemerataan ekonomi dan pengentasan kemiskinan. Pembangunan jalan pada proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri – Mempawah merupakan salah satu proyek jalan yang akan dibangun di kota Mempawah. Pembangunan jalan ini merupakan konsekuensi dari pembangunan Pelabuhan Internasional Kijing di Mempawah.

Proyek Pembangunan Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri - Mempawah memiliki panjang efektif sebesar 5,6 km dengan total dana sebesar Rp. 188.909.724.300 (termasuk PPN 10%). Sumber dana proyek ini berasal dari PT Pelabuhan Indonesia (Persero). Kontraktor untuk proyek ini adalah PT. Wijaya Karya (Persero), Tbk, perencana proyek adalah PT Daya Kreasi Mitrayasa, dan konsultan pengawasnya adalah PT Yodya Karya (Persero). Proyek relokasi jalan nasional ruas Sui Duri - Mempawah menjadi salah satu proyek penting yang bertujuan untuk memperbaiki akses transportasi dan mendukung mobilitas masyarakat serta distribusi barang.

Dalam proyek konstruksi, produktivitas alat berat ialah salah satu dari sekian banyak faktor yang memegang peranan penting dalam menentukan keberhasilan dari suatu proyek (Kurniawati dan Putra, 2023). Alat berat digunakan dalam berbagai tahapan konstruksi, mulai dari persiapan lahan, pemadatan, penggalian, hingga pengaspalan. Efisiensi dan efektivitas penggunaan alat berat berpengaruh langsung pada durasi dan biaya proyek (Harianto, 2025). Namun, sering kali ditemui berbagai tantangan dalam mengelola produktivitas alat berat. Faktor-faktor seperti kondisi cuaca, topografi, kemampuan operator, serta pemeliharaan alat berat dapat mempengaruhi kinerja alat tersebut (Wijanarko dan Rahmadi, 2024).

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan aspek penting dalam meningkatkan konektivitas dan pertumbuhan ekonomi wilayah. Dalam proyek relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri - Mempawah, penggunaan alat berat seperti *excavator* menjadi faktor krusial. Analisis biaya juga penting untuk mengoptimalkan penggunaan alat berat dan memastikan efisiensi serta keberlanjutan proyek (Maddeppungeng, Intari dan Oktafiani, 2019).

Analisis produktivitas alat berat merupakan alat yang penting untuk memastikan bahwa alat berat digunakan secara efisien dan efektif dalam proyek relokasi jalan nasional ruas Sei Duri - Mempawah. Dengan meningkatkan produktivitas alat berat, target waktu dan biaya proyek dapat tercapai, serta keselamatan dan kesehatan pekerja dapat terjamin. Penggunaan alat berat merupakan solusi yang tepat untuk menyelesaikan pekerjaan dalam proyek

pembangunan seperti Gedung, jembatan, bendungan, jalan dan lain lain sebagainya (Hariyanto, Lestari dan Firdaus, 2020).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu :

1. Berapa nilai produktivitas berdasarkan standar literatur yang dihasilkan dari pemakaian alat berat yang digunakan pada proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri - Mempawah?
2. Berapa nilai produktivitas berdasarkan kondisi aktual dilapangan yang dihasilkan dari pemakaian alat berat yang digunakan pada proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri - Mempawah?
3. Kombinasi alat berat yang optimal dan efisien pada proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri - Mempawah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini ialah :

1. Mengetahui produktivitas berdasarkan standar literatur yang dihasilkan dari pemakaian alat berat yang digunakan pada proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri – Mempawah.
2. Mengetahui produktivitas berdasarkan kondisi aktual dilapangan yang dihasilkan dari pemakaian alat berat yang digunakan pada proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri – Mempawah.
3. Mengetahui kombinasi alat berat yang optimal dan efisien pada proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri – Mempawah.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil dari analisis penelitian ini dapat memberikan manfaat berupa:

1. Menambah wawasan bagi peneliti mengenai optimalisasi dalam pemanfaatan serta pengelolaan alat berat pada suatu proyek konstruksi.
2. Menambah referensi tentang produktivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan konstruksi.
3. Menambah referensi tentang kombinasi alat berat yang optimal dan efisien digunakan pada pekerjaan konstruksi.
4. Memberikan masukan untuk peneliti selanjutnya sebagai sebuah penelitian lanjutan pada bidang alat berat proyek konstruksi.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini, ruang lingkup permasalahan dijelaskan dengan cermat agar tidak melebar dari tujuan yang ingin dicapai. Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini melibatkan:

1. Penelitian ini menganalisis produktivitas dan kombinasi pada alat berat yang digunakan mencakup *Excavator Sumitomo SH210-5* dan *dump truck* yang berkapasitas 8 m³.
2. Penelitian ini menganalisis produktivitas dan kombinasi alat berat pada Proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah.
3. Penelitian ini meninjau pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah.
4. Analisis hanya mencakup penggunaan alat berat sesuai dengan mekanisme kerja operasionalnya serta kapasitas dari alat tersebut.
5. Data yang digunakan berupa waktu siklus alat berat dilapangan sebanyak 10 pengamatan.
6. Rumus yang digunakan berdasarkan rumus-rumus yang sudah ada sebelumnya.
7. Kombinasi alat berat menggunakan variabel waktu dan biaya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian ini, terhadap beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang saat ini dilakukan, penelitian tersebut di antaranya ialah :

1. Penelitian pertama dengan judul “Analisis Produktivitas Alat Berat dalam Pekerjaan Tanah Pada Proyek Pembangunan Jalan Pengganti Ruas di Gunungkidul Tahun Anggaran 2024” yang diteliti oleh Alvian Surya Putra, Muhammad Nur Sahid, Alfia Magfirona, Budi Priyanto. Hasil dari Penelitian ini menunjukkan bahwa produktivitas alat berat pada proyek pembangunan jalan pengganti di Gunungkidul dipengaruhi oleh jenis alat yang digunakan. Pada pekerjaan galian, produktivitas Excavator Hitachi ZAXIS 200 dapat menjangkau 46,002 m³/jam, sehingga volume galian diselesaikan dalam waktu 4 hari, dan melebihi rencana selama 6 hari. Bulldozer Caterpillar D6G menunjukkan produktivitas yang mencapai 131,804 m³/jam dengan durasi kerja selama 4 hari, Dump Truck Hino Ranger FM 260 (10 m³) memiliki produktivitas aktual sebesar 21,463 m³/jam dan lebih tinggi dari rencana awal sebesar 25,285 m³/jam pengangkutan diselesaikan selama 4 hari. Pada timbunan, Motor Grader Caterpillar 120 GC menunjukkan peningkatan produktivitas secara signifikan sebesar 44,921 m³/jam, sangat jauh dari rencana awal yang hanya 17,317 m³/jam, sehingga dapat diselesaikan selama 4 hari. Pekerjaan lapis pondasi agregat kelas A, Motor Grader dan Compactor memiliki nilai produktivitas sebesar 29,008 m³/jam lebih tinggi dari rencana awal yang hanya sebesar 24,231 m³/jam sehingga pekerjaan dapat diselesaikan selama 3 hari. Dump Truck Hino 136HDX (5 m³) mempunyai produktivitas aktual 22,615 m³/jam sedikit dibawah rencana namun memenuhi target dengan jangka waktu 3 hari.

2. Penelitian kedua dengan judul “Analisa Penggunaan dan Produktivitas Alat Berat pada Kegiatan Peningkatan Ruas Jalan Simpang Pauh – Air Hitam Provinsi Jambi” yang diteliti oleh Fadhilah Akbar, Fakhrol Rozi Yamali dan Annisa Dwiretnani (2021). Hasil dari Penelitian ini menunjukkan bahwa produktivitas *Asphalt Finisher Merk Mitsubishi MF40W* didapat sebesar 39,68 ton / jam dengan membutuhkan 1 unit alat untuk menghampar aspal dengan volume yang dibutuhkan sebanyak 1450,04 ton dalam waktu 6 hari sedangkan, produktivitas *Asphalt Finisher merk Vollvo P2820D* Tahun 2020 didapat sebesar 69,58 ton / jam dengan membutuhkan 1 unit alat untuk menghampar aspal dengan volume yang dibutuhkan sebanyak 1450,04 ton dalam waktu 3 hari. produktivitas *Tandem Roller Lutong LTC* didapat sebesar 38,03 ton / jam dengan membutuhkan 1 unit alat untuk pemadatan aspal dengan volume yang dibutuhkan sebanyak 1450,04 ton dalam waktu 6 hari sedangkan, produktivitas *Tandem Roller Merk Vollvo DD 105* Tahun 2020 didapat sebesar 83,38 ton / jam dengan membutuhkan 1 unit alat untuk pemadatan aspal dengan volume yang dibutuhkan sebanyak 1450,04 ton dalam waktu 3 hari. Produktivitas *Pneumatic Tired Roler KR20W* didapat sebesar 37, 56 ton / jam dengan membutuhkan 1 unit alat untuk memadatkan aspal dengan volume yang dibutuhkan sebanyak 1450,04 ton dalam waktu 6 hari sedangkan, produktivitas *Pneumatic Tired Roller Merk Vollvo PT220* tahun 2020 didapat sebesar 82,56 ton / jam dengan membutuhkan 1 unit alat untuk memadatkan aspal dengan volume yang dibutuhkan sebanyak 1450,04 ton dalam waktu 3 hari.
3. Penelitian ketiga dengan judul “Analisis Produktivitas Alat Berat dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah Pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan” yang diteliti oleh Anto Budi Listyawan, Muhammad Nur Sahid, Gotot Slamet Mulyono, dan Hanry Khairurizal Fadhlullah (2021). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa berdasarkan data dan produktivitas alat berat yang digunakan dalam Pekerjaan Pemindahan Tanah Pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan, diperoleh hasil dari perhitungan produktivitas alat berat *Excavator Komatsu PC50 22 m3* /jam,

Excavator Hitachi Zx 210-5 80,78 m³ /jam, *Three Wheel Roller Sakai KD7610* 60 m³ /jam, dan *Dump Truck Colt FE SHD* 6,96 m³ /jam. Pelaksanaan pekerjaan tanah memerlukan waktu lebih lama 95 hari dibandingkan waktu rencana. 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 dimana biaya pada saat pelaksanaan lebih murah dibandingkan dengan saat rencana.

4. Penelitian keempat dengan judul “Analisis Biaya dan Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Pemasangan Tanah Proyek Taman Wisata Religi Salatiga Terhadap Waktu Tahun Anggaran 2024” yang diteliti oleh Rezal Nur Budiyo, Muhammad Nur Sahid, Tsulis Iqbal Khairul Amar, Alfiya Magfirona. Hasil penelitian menyatakan adanya selisih besar antara sisi produktivitas rencana dengan produktivitas realisasi di lapangan. Pertama, produktivitas rencana Excavator Kobelco SK 200 ditargetkan 153,450 m³/jam, namun pada kenyataannya turun menjadi 35,436 m³/jam. Dump Truck Mitsubishi HD125PS produktivitas rencana sebesar 9,501 m³/jam, realisasinya meningkat tidak signifikan sebesar 11,342 m³/jam. Pada Bulldozer Komatsu D31E, produktivitas rencana 73,694 m³/jam dan menurun secara signifikan menjadi 47,209 m³/jam. Selain itu, Vibro Roller Dynapac CA250D memiliki produktivitas rencana 252,557 m³/jam realisasinya menjadi 272,031 m³/jam. Sehingga perbedaan produktivitas menyebabkan proyek mengalami keterlambatan 6 hari dari rencana waktu yang telah ditentukan. Total biaya rencana sebesar Rp 1.557.136.116,06, sedangkan biaya pelaksanaan mencapai Rp 1.569.041.086,62, terdapat selisih Rp 11.904.970,56.
5. Penelitian kelima dengan judul “Perhitungan Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Jalan Simpang Korpri Purwotani” yang diteliti oleh Sihol Pardomuan Tambunan, Fajar Dewantoro, Dian Pratiwi (2023). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa berdasarkan hasil perhitungan analisis, produktivitas alat berat Grader adalah 856 m³ per hari, dengan waktu yang dibutuhkan selama 11 hari dan jumlah alat yang diperlukan sebanyak 2 unit.

Untuk alat berat vibratory roller, produktivitasnya mencapai 607,04 m³ per hari, dengan waktu yang dibutuhkan selama 5 hari dan jumlah alat yang diperlukan sebanyak 2 unit. Sementara itu, analisis untuk alat berat Truk Mixer menunjukkan produktivitas sebesar 30,5040 m³ per hari, dengan kebutuhan sebanyak 235 mobil truk mixer untuk satu jalur.

2.2 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dijabarkan di atas, maka terdapat perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang saat ini dilakukan seperti sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian

No	Penulis	Tahun	Judul	Lokasi	Subjek	Hasil	Perbedaan
1	Alvian Surya Putra, Muhammad Nur Sahid, Alfia Magfirona, Budi Priyanto	2025	Analisis Produktivitas Alat Berat dalam Pekerjaan Tanah Pada Proyek Pembangunan Jalan Pengganti Ruas di Gunungkidul Tahun Anggaran 2024	Gunungkidul	Produktivitas Alat Berat	Excavator Hitachi ZAXIS 200: 46,002 m ³ /jam Bulldozer Caterpillar D6G: 131,804 m ³ /jam Dump Truck Hino Ranger FM 260 (10 m ³): 21,463 m ³ /jam Motor Grader Caterpillar 120 GC (timbunan): 44,921 m ³ /jam Motor Grader & Compactor (lapis pondasi agregat kelas A): 29,008 m ³ /jam Dump Truck Hino 136HDX (5 m ³):	Penelitian ini berfokus pada produktivitas alat berat pada proyek jalan pengganti ruas, berbeda dengan proyek pembangunan

						22,615 m ³ /jam	jalan nasional.
2	Fadhilah Akbar, Fakhrul Rozi Yamali, Annisa Dwiretnani	2021	Analisa Penggunaan dan Produktivitas Alat Berat pada Kegiatan Peningkatan Ruas Jalan Simpang Pauh – Air Hitam Provinsi Jambi	Ruas Jalan Simpang Pauh – Air Hitam Provinsi Jambi	Produktivitas Alat Berat	<i>Asphalt Finisher Merk Mitsubishi MF40W</i> 39,68 ton / jam. <i>Asphalt Finisher merk Vollvo P2820D</i> Tahun 2020 69,58 ton / jam. <i>Tandem Roller Lutong LTC</i> 38,03 ton / jam. <i>Tandem Roller Merk Vollvo DD 105</i> Tahun 2020 83,38 ton / jam. <i>Pneumatic Tired Roler KR20W</i> didapat sebesar 37, 56 ton / jam. <i>Pneumatic Tired Roller Merk Vollvo PT220</i> tahun 2020 82,56 ton / jam	Perbedaan penelitian terletak pada jenis proyek dan lokasi, serta detail kombinasi alat berat yang digunakan.
3	Anto Budi Listyawan, Muhammad Nur Sahid, Gotot Slamet Mulyono, Hanry	2021	Analisis Produktivitas Alat Berat dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah Pada Pembangunan RSUD Pondok Aren	RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan	Produktivitas Alat Berat	<i>Excavator Komatsu PC50</i> 22 m ³ /jam, <i>Excavator Hitachi Zx 210-5</i> 80,78 m ³ /jam, <i>Three Wheel Roller Sakai KD7610</i> 60 m ³ /jam, dan <i>Dump Truck Colt FE SHD</i> 6,96 m ³ /jam. Selisih biaya rencana dan biaya	Perbedaan terletak pada lokasi penelitian serta kombinasi

	Khairurizal Fadhullah		Tangerang Selatan			pelaksanaan Rp 353.597.556	alat berat yang digunakan.
4	Rezal Nur Budiyanto, Muhammad Nur Sahid, Tsulis Iqbal Khairul Amar, Alfia Magfirona	2022	Analisis Biaya dan Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Pemadatan Tanah Proyek Taman Wisata Religi Salatiga Terhadap Waktu Tahun Anggaran 2024	Salatiga	Analisis Produktivitas dan Biaya Penggunaan Alat Berat	Excavator Kobelco SK 200 (Rencana): 153,450 m ³ /jam, Excavator Kobelco SK 200 (Realisasi): 35,436 m ³ /jam, Dump Truck Mitsubishi HD125PS (Rencana): 9,501 m ³ /jam, Dump Truck Mitsubishi HD125PS (Realisasi): 11,324 m ³ /jam, Bulldozer Komatsu D31E (Rencana): 73,694 m ³ /jam, Bulldozer Komatsu D31E (Realisasi): 47,209 m ³ /jam, Vibro Roller Dynapac CA250D (Rencana): 252,557 m ³ /jam, Vibro Roller Dynapac CA250D (Realisasi): 272,031 m ³ /jam	Perbedaan terletak pada penggunaan metode penelitian yang diaplikasikan pada studi tersebut
5	Sihol Pardomuan	2022	Perhitungan	Jalan	Produktivitas	Grader: 856 m ³ /hari, waktu 11 hari, 2	Perbedaan

	Tambunan, Fajar Dewantoro, Dian Pratiwi		Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Jalan Simpang Korpri Purwotani	Simpang Korpri Purwotani	Alat Berat	unit. Vibratory Roller: 607,04 m ³ /hari, waktu 5 hari, 2 unit. Truk Mixer: 30,5040 m ³ /hari, kebutuhan 235 mobil truk mixer untuk satu jalur.	terletak pada jenis alat dan jumlah yang digunakan.
--	---	--	---	--------------------------------	------------	---	--

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang telah ditinjau didapat bahwa ada beberapa indikator yang membedakan dengan penelitian ini yaitu, kombinasi alat-alat berat yang digunakan, lokasi penelitian, jenis pekerjaan, produktivitas alat-alat berat dan biaya yang diperlukan. Dari beberapa indikator yang telah disebutkan maka dapat dikatakan bahwa penelitian terdahulu berbeda dengan penelitian yang akan dilakukan ini. Dengan alasan-alasan tersebut maka penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan keasliannya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Manajemen Proyek

Manajemen Proyek adalah serangkaian proses yang digunakan untuk merencanakan, mengorganisasi, dan mengelola sumber daya (manusia, waktu, biaya, dan peralatan) untuk mencapai tujuan spesifik dalam batasan waktu dan anggaran yang telah ditetapkan (Tobing *et al.*, 2023). Sederhananya, manajemen proyek adalah cara kita mengelola suatu pekerjaan besar dari awal hingga akhir agar mencapai hasil yang diinginkan. Tujuan utama dari manajemen proyek adalah sebagai berikut (Project Management Institute, 2021):

3.1.1 Memastikan Proyek Selesai Tepat Waktu

1. Perencanaan Jadwal

Manajemen proyek yang efektif melibatkan perencanaan yang cermat dari awal hingga akhir, dengan menetapkan batas waktu yang realistis untuk setiap tahapan. Alat seperti diagram Gantt dan PERT chart sering digunakan untuk memetakan jadwal proyek.

2. Pengelolaan Sumber Daya

Alokasi sumber daya yang tepat, baik manusia, material, maupun peralatan, sangat penting untuk memastikan setiap tugas dapat diselesaikan tepat waktu.

3. Monitoring dan Evaluasi

Pemantauan secara rutin terhadap progres proyek dibandingkan dengan jadwal yang telah ditetapkan membantu dalam mengidentifikasi dan mengatasi hambatan yang mungkin timbul pada saat pelaksanaan.

3.1.2 Memastikan Proyek Selesai Sesuai Anggaran

1. Estimasi Biaya

Melakukan estimasi biaya yang akurat sejak tahap awal proyek untuk mengidentifikasi anggaran yang dibutuhkan. Hal ini melibatkan analisis biaya langsung dan tidak langsung, serta memperhitungkan kontingensi.

2. Kontrol Anggaran

Implementasi kontrol anggaran yang ketat melalui pemantauan pengeluaran secara rutin dan penyesuaian bila diperlukan untuk memastikan biaya tetap dalam batas yang telah ditetapkan.

3. Pelaporan Keuangan

Pelaporan keuangan yang transparan dan teratur kepada semua pemangku kepentingan untuk memastikan semua pihak tetap informatif mengenai status keuangan proyek.

3.1.3 Memastikan Proyek Sesuai dengan Standar Kualitas

1. Standar Kualitas

Menetapkan standar kualitas yang jelas dan terukur pada awal proyek, yang dapat berupa spesifikasi teknis, regulasi industri, atau persyaratan pelanggan.

2. Pengujian dan Verifikasi

Melakukan pengujian dan verifikasi secara berkelanjutan selama proses proyek untuk memastikan setiap bagian dari pekerjaan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan.

3. *Continuous Improvement*

Mengimplementasikan praktek peningkatan berkelanjutan, di mana umpan balik dari setiap tahap digunakan untuk meningkatkan proses dan hasil akhir proyek.

3.1.4 Memenuhi Kebutuhan dan Harapan Klien

1. Komunikasi Efektif

Memastikan komunikasi yang terbuka dan efektif dengan klien untuk memahami kebutuhan dan harapan mereka sejak awal proyek dan sepanjang proses pelaksanaan.

2. Kustomisasi dan Fleksibilitas

Mampu menyesuaikan pendekatan dan metode kerja sesuai dengan kebutuhan spesifik klien, menunjukkan fleksibilitas dalam menghadapi perubahan atau permintaan baru.

3. Kepuasan Klien

Mengukur kepuasan klien secara berkala melalui survei, wawancara, atau metode lain untuk memastikan bahwa hasil proyek memenuhi atau bahkan melampaui ekspektasi mereka.

Tahapan utama dalam manajemen proyek meliputi beberapa fase penting yang memastikan proyek berjalan lancar dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Tahap pertama adalah inisiasi, di mana tujuan proyek didefinisikan, lingkup proyek ditetapkan, dan persetujuan untuk memulai proyek diperoleh. Selanjutnya, perencanaan dilakukan dengan membuat rencana terperinci tentang bagaimana proyek akan dilaksanakan. Ini mencakup penyusunan jadwal, anggaran, alokasi sumber daya yang dibutuhkan, serta identifikasi dan mitigasi risiko yang mungkin terjadi (Project Management Institute, 2021).

Pada tahap pelaksanaan, pekerjaan dilaksanakan sesuai dengan rencana yang telah dibuat. Ini mencakup pengelolaan tim proyek, pengendalian kualitas, dan pengelolaan risiko yang terus-menerus untuk memastikan proyek berjalan sesuai jadwal dan anggaran. *Monitoring* dan pengendalian adalah tahap berikutnya, di mana kemajuan proyek dipantau secara berkala dan dibandingkan dengan rencana awal. Jika terdapat penyimpangan, tindakan korektif segera diambil untuk mengembalikan proyek ke jalur yang benar. Tahap terakhir adalah penutupan, di mana proyek diselesaikan, hasil proyek dievaluasi, dan semua dokumen proyek diarsipkan. Evaluasi ini mencakup penilaian terhadap keberhasilan proyek dalam mencapai tujuan yang ditetapkan (Project Management Institute, 2021).

3.2 Alat Berat

Alat berat adalah mesin-mesin besar yang dirancang khusus untuk menangani tugas-tugas konstruksi yang berat dan kompleks, seperti pekerjaan tanah, pemindahan material, dan pembangunan infrastruktur (Akbar, Yamali dan Dwiretnani, 2021). Alat-alat ini memiliki beberapa ciri khas yang

membedakannya dari peralatan manual, antara lain ukurannya yang besar sehingga mampu menangani skala pekerjaan yang besar, dilengkapi dengan mesin yang sangat bertenaga untuk menggerakkan alat-alat kerja yang berat, serta dirancang dengan fungsi spesifik seperti menggali, mengangkat, atau meratakan tanah. Komponen utama dari alat berat meliputi implemen seperti *bucket* (bak) atau *blade* (pisau) yang langsung bersentuhan dengan material, alat traksi seperti roda atau rantai yang memberikan daya dorong atau tarikan, struktur rangka yang menyatukan semua komponen, sumber tenaga umumnya menggunakan mesin diesel, dan sistem kendali yang mengatur operasi alat berat baik secara manual maupun otomatis. Keuntungan Menggunakan Alat Berat (Febrianti, Zakia dan Mawardi, 2021):

1. Efisiensi

Pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu yang lebih singkat.

2. Produktivitas

Menghasilkan output yang lebih besar dalam waktu yang sama.

3. Kualitas

Pekerjaan dapat dilakukan dengan presisi yang tinggi.

4. Keselamatan

Mengurangi risiko kecelakaan kerja yang disebabkan oleh pekerjaan manual.

3.3 Macam Alat Berat

3.3.1 Excavator

Excavator ada dalam beberapa jenis yang berbeda. *Mini Excavator*, yang lebih kecil ukurannya, sering digunakan untuk pekerjaan dalam ruangan atau di area yang sempit. *Medium Excavator*, dengan ukuran sedang, biasanya digunakan untuk berbagai proyek konstruksi umum. *Heavy Excavator*, yang ukurannya besar, digunakan untuk proyek-proyek berskala besar seperti pertambangan. *Long Reach Excavator* memiliki lengan yang sangat panjang, sehingga cocok untuk pekerjaan di area yang sulit dijangkau. Setiap jenis *excavator* dirancang untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam berbagai kondisi kerja (Farizki, Putra dan Khalifah, 2025).



Gambar 3.1 *Excavator*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Excavator memiliki beberapa komponen utama yang penting untuk fungsi operasionalnya. *Boom* adalah bagian lengan utama yang bisa digerakkan naik turun, sedangkan *arm* adalah lengan yang terhubung dengan *boom* dan dapat digerakkan maju mundur. *Bucket* adalah bagian bak penggali yang digunakan untuk menggali dan memuat material. *Undercarriage* merupakan bagian bawah *excavator* yang terdiri dari *track* atau roda, berfungsi sebagai penopang dan penggerak. *Cabin* adalah tempat di mana operator mengendalikan *excavator*, sementara sistem hidrolik adalah sistem yang menggerakkan semua bagian dari *excavator* tersebut (Prihadianto *et al.*, 2024).

3.3.2 *Dump Truck*

Dump truck juga dikenal sebagai truk pengangkut muatan, atau truk pengangkut timba, merupakan kendaraan kuat dan penting dalam industri konstruksi dan pertambangan. Ini adalah truk berat yang dirancang khusus untuk

mengangkut dan mengeluarkan material longgar seperti tanah, kerikil, pasir, batu pecah, batu bara, dan material lainnya yang sejenis. *Dump truck* memiliki beberapa fitur kunci yang membuatnya sangat efektif untuk berbagai kebutuhan konstruksi dan pertambangan (Pavlenko *et al.*, 2022). Fitur utamanya adalah kotak terbuka di bagian belakang, yang disebut "*dump body*" atau "*tipper*", yang dapat diangkat secara hidrolik untuk mengeluarkan isi muatannya di lokasi pembuangan. Mekanisme angkat hidrolik yang kuat terletak di bawah *dump body* memungkinkannya untuk miring ke atas dan dengan efisien membongkar materialnya. Konstruksi *dump truck* sangat kokoh untuk menahan kondisi keras di lokasi konstruksi dan tambang, dengan rangka yang kuat, sumbu berat yang tahan lama, dan ban besar untuk manuver di medan *off-road*. *Dump truck* hadir dalam berbagai ukuran dan konfigurasi yang berbeda, mulai dari model kecil yang digunakan untuk proyek konstruksi lokal hingga truk besar yang mampu mengangkut ratusan ton material di operasi tambang (Hidayanti dan Luthan, 2021).



Gambar 3.2 *Dump Truck*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.4 Waktu

Waktu adalah salah satu sumber daya yang paling terbatas dalam sebuah proyek. Pengelolaan waktu yang efektif sangat krusial untuk memastikan proyek selesai tepat waktu, sesuai anggaran, dan memenuhi kualitas yang diharapkan. Waktu memegang peranan krusial dalam setiap proyek konstruksi atau pengembangan. Tenggat waktu yang harus dipatuhi dalam setiap fase proyek tidak hanya menghindari potensi kerugian finansial akibat penalti keterlambatan, tetapi juga melindungi reputasi proyek dan mempertahankan kesepakatan kontrak yang ada (Wijanarko dan Rahmadi, 2024). Waktu dianggap sebagai sumber daya terbatas karena setiap penundaan pada satu aktivitas dapat mengganggu jadwal keseluruhan dan menghambat efisiensi penggunaan sumber daya lainnya seperti tenaga kerja dan peralatan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan biaya proyek secara signifikan (Putra, 2025). Pengiriman tepat waktu tidak hanya memastikan kepuasan pelanggan dengan hasil yang sesuai jadwal, tetapi juga membantu dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan menjamin efisiensi biaya (Sidadolog dan Harianto, 2025). Dengan memprioritaskan perencanaan jadwal yang teliti, analisis jalur kritis untuk mengidentifikasi aktivitas yang paling krusial, dan pengendalian yang ketat terhadap kemajuan proyek serta pengambilan tindakan korektif jika diperlukan, proyek dapat dijalankan dengan efektif dan sukses (Djajasinga, 2023).

3.5 Efisiensi Alat Berat

Alat berat yang ada di lokasi tidak mencapai tingkat produktivitas yang diharapkan jika dibandingkan dengan alat yang ideal, hal ini disebabkan oleh faktor geografi, kemampuan operator, dan pengoperasian alat. Standar produktivitas yang ideal dari peralatan dapat dikompromikan oleh variabel yang dikenal sebagai produktivitas kerja. Menilai produktivitas kerja tidaklah mudah karena banyak faktor seperti keahlian operator dalam mengoperasikan peralatan, lingkungan kerja yang dikelola oleh DPU (Departemen Pekerjaan Umum), dan berbagai faktor lain yang berdampak pada kinerja alat berat, belum sepenuhnya teratasi (Listyawan *et al.*, 2021).

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai dari efisiensi alat menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 1 Tahun 2022 (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2022) di mana :

1. Faktor Administrator (Operator)
 - a. Operator kelas I : 1,00
 - b. Operator kelas II : 0,80
 - c. Operator kelas III : 0,70
2. Faktor Alat
 - a. Alat baru : 1,00
 - b. Alat lama : 0,90
 - c. Alat rusak ringan : 0,80
3. Faktor Manajemen dan Sifat Manusia
 - a. Sangat baik : 1,00
 - b. Baik : 0,92
 - c. Sedang : 0,82
 - d. Kurang : 0,75
4. Faktor Material
 - a. Tanah Kohesif : 0,75 – 1,00
 - b. Tanah non-kohesif : 0,60 – 1,00
5. Faktor Kondisi Lapangan
 - a. Berat : 0,70
 - b. Sedang : 0,80
 - c. Ringan : 1,00
6. Faktor Iklim
 - a. Baik : 1,00
 - b. Sedang : 0,80

3.6 Produktivitas

Produktivitas adalah ukuran seberapa efisien suatu sumber daya, proses, atau sistem dalam menghasilkan *output* atau hasil. Dalam konteks proyek,

produktivitas mengukur sejauh mana kita dapat mencapai tujuan proyek dengan menggunakan sumber daya yang ada secara optimal. Produktivitas alat berat adalah ukuran efisiensi alat dalam menyelesaikan tugas dalam satuan waktu tertentu, sangat krusial dalam industri konstruksi karena dampak langsungnya terhadap biaya dan waktu penyelesaian proyek (Ghuzdewan, 2025). Faktor-faktor seperti kondisi fisik alat, seperti perawatan yang teratur dan usia alat, serta kualitas operator yang terlatih, memengaruhi produktivitas secara signifikan. Selain itu, kondisi lingkungan kerja seperti cuaca dan medan, kompleksitas pekerjaan, serta pengelolaan proyek yang efektif juga turut berperan dalam menentukan efisiensi alat berat (Kumara dan Ariana, 2023). Strategi untuk meningkatkan produktivitas meliputi perawatan berkala, pelatihan operator yang terus-menerus, pemilihan alat yang tepat untuk setiap pekerjaan, optimalisasi penggunaan bahan bakar, pengelolaan waktu kerja yang efisien, dan penerapan sistem insentif. Pengukuran produktivitas dapat dilakukan dengan menghitung volume material yang dipindahkan, luas area yang digarap, serta waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus kerja (Febrianti, Zakia dan Mawardi, 2021).

3.6.1 Material

Tanah merupakan material utama dalam pekerjaan konstruksi yang sangat memengaruhi efisiensi alat berat, terutama pada aktivitas galian dan pemindahan. Tanah terbentuk dari pelapukan material induk akibat pengaruh alami seperti air, udara, dan organisme (Supit, 2020). Menurut Purnomo dan Mulyono (2023), karakteristik tanah dapat berubah setelah melalui proses pemindahan, pengupasan, dan pemadatan. Perubahan ini memengaruhi volume tanah karena kondisi fisik material tanah tidak lagi sama seperti keadaan aslinya. Terdapat tiga kondisi utama tanah yang umum digunakan dalam perhitungan volume pekerjaan tanah, yaitu:

1. Tanah Asli (*Bank Material*)

Tanah dalam kondisi asli adalah material yang masih berada di lokasi asal tanpa mengalami gangguan mekanis seperti penggalian atau pemindahan.

Volume pada kondisi ini dinyatakan dalam satuan *bank cubic meters* (bcm) atau *bank cubic yards* (bcy)

2. Tanah Lepas (*Loose Material*)

Setelah digali, tanah akan mengalami pengembangan volume karena struktur tanah menjadi lebih longgar. Kondisi ini disebut tanah lepas atau *loose*, dengan volume yang lebih besar dibandingkan tanah aslinya. Proses ini dikenal sebagai *swell* dan volumenya dinyatakan dalam *loose cubic meters* (lcm) atau *loose cubic yards* (lcy).

3. Tanah Padat (*Compacted Material*)

Setelah dipindahkan dan dilakukan proses pemadatan, tanah akan mengalami penyusutan volume karena berkurangnya ruang antar partikel akibat udara yang terdorong keluar dari pori-pori. Fenomena ini disebut **shrinkage**, dan hasil akhirnya disebut sebagai tanah padat (*compacted*), dengan satuan volume *compacted cubic meters* (ccm) atau *compacted cubic yards* (ccy).

Dalam pelaksanaan pekerjaan tanah, setiap perubahan kondisi ini perlu diperhitungkan dengan menggunakan faktor konversi volume, yang dapat dilihat pada Tabel 3.1. berikut:

Tabel 3.1 Faktor Konversi Volume Tanah

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Awal	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Tanah Berpasir (Sand)	(A)	1,00	1,11	0,99
	(B)	0,90	1,00	0,80
	(C)	1,05	1,17	1,00
Tanah Biasa (Sand Clay)	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,80	1,00	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
Tanah Liat (Clay)	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00
Tanah Berkerikil (Gravelly Soil)	(A)	1,00	1,18	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,09	1,00

Lanjutan Tabel 3.1 Faktor Konversi Volume Tanah

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Awal	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Kerikil (Grovel)	(A)	1,00	1,13	1,29
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,10	1,00
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	(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	0,8
	(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: Purnomo dan Mulyono, 2023)

Keterangan : (A) : Asli

(B) : Gembur

(C) : Padat

Selain mempertimbangkan factor konversi volume, perhitungan volume tanah juga disesuaikan dengan kondisi tanah. Berikut adalah rumus perhitungannya (Das, 1995):

1. Pengembangan (*Swelling*)

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

2. Penyusutan (*Shrinkage*)

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

Keterangan:

- Sw : *Swell %* (Pengembangan)
 Sh : *Shrinkage %* (Penyusutan)
 B : Berat jenis tanah keadaan asli
 L : Berat jenis keadaan lepas
 C : Berat jenis keadaan padat

3.6.2 Produktivitas *Excavator*

Excavator adalah alat berat yang sangat serbaguna dan umum digunakan dalam berbagai proyek konstruksi. Alat ini sering disebut juga dengan penggali atau *backhoe* (Marista, Lete dan Yuneta, 2023). Bentuknya yang khas dengan lengan panjang dan bak penggali (*bucket*) membuatnya mudah dikenali. Fungsi utama *excavator* adalah sebagai berikut:

1. Menggali

Fungsi utama *excavator* adalah menggali tanah, baik untuk membuat lubang pondasi, parit, atau untuk membongkar material.

2. Memuat

Excavator juga digunakan untuk memuat material seperti tanah, pasir, atau batu ke dalam truk atau alat angkut lainnya.

3. Membongkar

Alat ini dapat digunakan untuk membongkar bangunan atau struktur lainnya.

4. Meratakan tanah

Dengan menggunakan *bucket* yang sesuai, *excavator* dapat digunakan untuk meratakan permukaan tanah.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 8 Tahun 2023 perhitungan produktivitas *excavator* dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2023):

$$Q = \frac{V \times FaEXC \times Fb \times 60}{Ts \times FV} \quad (3.3)$$

Keterangan:

Q : Produktivitas (m^3/jam)

V : Kapasitas *bucket* (m^3)

FaEXC : Faktor efisiensi alat

Fb : Faktor *bucket*

Fv : Faktor konversi kedalaman galian alat *excavator*

Ts : Waktu siklus standar

60 : Perkalian 1 jam ke menit

Beberapa faktor yang memengaruhi produktivitas *excavator* ditampilkan pada tabel berikut untuk mendukung proses perhitungan.

Tabel 3. 2 Faktor *Bucket* (*Bucket Fill factor*)

Kondisi Pemuatan	Kondisi Lapangan	Faktor Bucket
Mudah	Tanah biasa, lempung, tanah lembut Pemuatan material dari <i>stockpile</i> atau material yang sudah dikeruk oleh <i>excavator</i> lain, sehingga tidak memerlukan daya gali dan material dapat langsung dimuat munjung ke dalam <i>bucket</i> . Contoh : Pasir, tanah berpasir, tanah colloidal dengan kadar air sedang, dan lain-lain	1,1 – 1,2
Sedang	Tanah biasa berpasir, kering Memuat material tanah lepas dari <i>stockpile</i> dan sehingga lebih susah untuk dikeruk dan dimasukkan ke dalam <i>bucket</i> tetapi dapat dimuat hamper penuh. Contoh : Pasir kering, tanah yang berpasir, tanah campur tanah liat, tanah liat, gravel yang belum disaring, pasir padat, dan sebagainya atau menggali dan memuat gravel lunak langsung dan bukti asli	1,0 – 1,1

Lanjutan Tabel 3.2 Faktor *Bucket* (*Bucket Fill factor*)

Kondisi Pemuatan	Kondisi Lapangan	Faktor Bucket
Agak Sulit	Tanah biasa berbatu. Pemuatan batu belah atau batu cadas belah, tanah liat yang keras, pasir campur gravel, tanah berpasir, tanah colloidal yang liat, tanah liat dengan kadar air yang tinggi, bahan- bahan tersebut telah ada pada stockpile /persediaan sulit untuk mengisi bucket dengan material-material tersebut.	1,0 – 0,9
Sulit	Batu pecah hasil. Batu bongkah besar-besar dengan bentuk tidak beraturan dengan banyak ruangan di antara tumpukannya, batu hasil ledakan, batu-batu bundar yang besar-besar, pasir campuran batu-batu bundar tersebut, tanah berpasir, tanah campur lempung, tanah liat yang dimuat – gusur ke dalam bucket.	0,9 – 0,8

(Sumber : Permen PUPR, 2023)

Tabel 3. 3 Waktu Siklus Standar (*Standart Cycle Time*) (Detik)

Kapasitas Bucket (m ³ /heaped)	Kondisi Tanah	Sudut Putar (<i>swing</i>)			
		45° – 90°		90° – 180°	
0,10 – 0,60	Pasir, Kerikil, Tanah Lunak	10, 8	14,6	14,6	18,4
	Tanah Umumnya, Lempung	13,0	17,5	17,5	22,1
	Lempung Keras, Tanah Keras	16,6	22,4	22,4	28,8
0,60 – 1,25	Pasir, Kerikil, Tanah Lunak	14,4	18,2	18,2	22,1
	Tanah Umumnya, Lempung	18,3	23,3	23,3	28,2
	Lempung Keras, Tanah Keras	22,3	28,3	28,3	34,4

Lanjutan Tabel 3. 3 Waktu Siklus Standar (*Standart Cycle Time*) (Detik)

Kapasitas Bucket (m ³ /heaped)	Kondisi Tanah	Sudut Putar (<i>swing</i>)			
		45° – 90°		90° – 180°	
1,25 – 2,20	Pasir, Kerikil, Tanah Lunak	16,6	20,4	20,4	24,3
	Tanah Umumnya, Lempung	21,2	26,1	26,1	31,0
	Lempung Keras, Tanah Keras	25,8	31,8	31,8	37,8

(Sumber : Permen PUPR, 2023)

Tabel 3. 4 Faktor Konversi Galian (Fv)

Kondisi Galian (kedalaman galian terhadap kedalaman maksimum)	Kondisi Membuang, Menumpahkan (<i>Dumping</i>)			
	Mudah	Normal	Agak Sulit	Sulit
< 40%	0,5	0,9	1,1	1,4
(40 – 75)%	0,8	1	1,3	1,6
>75 %	0,9	1,1	1,5	1,8

(Sumber : Permen PUPR, 2023)

Tabel 3. 5 Faktor Efisiensi Kerja (FaEXC)

Kondisi Operasi	Faktor Efisiensi
Baik	0,83
Sedang	0,75
Agak Kurang	0,67
Kurang	0,58

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2023)

3.6.3 Produktivitas *Dump Truck*

Produktivitas *dump truck* bergantung pada waktu siklus pengerjaan proyek konstruksi. Waktu siklus pada *dump truck* meliputi beberapa tahap, antara lain waktu muat, waktu angkut, waktu buang, waktu perjalanan kembali, dan waktu tunggu. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi waktu siklus *dump truck* (Purnomo dan Mulyono, 2023):

1. Waktu Muat

Waktu muat adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengangkut material ke dalam *dump truck*. Waktu muat tergantung pada :

- a. Ukuran dan jenis *dump truck*,
- b. Jenis dan kondisi material yang dimuat,
- c. Kapasitas *dump truck*,
- d. Kemampuan operator mengoperasikan *dump truck*.

Perhitungan waktu muat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Cmt (L)} = \frac{qd}{ql} \times K \times Cm \quad (3.4)$$

Ketrangan:

- Cmt (L) : Waktu muat (menit)
 Qt : Kapasitas *dump truck* (m³)
 ql : Kapasitas *bucket excavator* (m³)
 K : Faktor *bucket*
 Cm : Waktu siklus pemuat (menit)

2. Waktu Angkut dan Kembali

Waktu angkut dan Kembali adalah waktu yang dibutuhkan untuk pemuatan dan kembali kosong, waktu angkut tergantung pada:

- a. Jarak tempuh,
- b. Kecepatan tempuh,
- c. Kondisi jalan yang dilalui.

Perhitungan waktu pengangkutan dan kembali bisa dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Cmt (F)} = \frac{D}{VF} \quad (3.5)$$

$$\text{Cmt (R)} = \frac{D}{VR} \quad (3.6)$$

Keterangan:

Cmt (F) : Waktu tempuh untuk mengangkut muatan (menit)

Cmt (R) : Waktu tempuh untuk kembali tanpa muatan (menit)

D : Jarak angkut (meter)

VF : Kecepatan rata-rata muatan penuh (m/menit)

VR : Kecepatan rata-rata untuk Kembali (m/menit)

3. Waktu Buang

Waktu buang adalah waktu yang dibutuhkan untuk membongkar material dari *dump truck*. Pembongkaran material, tergantung pada:

- a. Jenis dan kondisi material,
- b. Cara pembongkaran material,
- c. Jenis alat pengangkutan.

Untuk mengetahui kondisi operasi pekerjaan dan waktu pembongkaran dump truck dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3. 6 Waktu Buang *Dump Truck*

Kondisi Operasi Pekerjaan	T1 (Menit)
Baik	0,5 - 0,7
Sedang	1,0 – 1,3
Kurang	1,5 – 2,0

(Sumber : Purnomo dan Mulyono, 2023)

4. Waktu Tunggu

Waktu tunggu adalah waktu yang di butuhkan untuk pengambil posisi bak untuk dimuati loader. Waktu tunggu bergantung pada:

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

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 8 Tahun 2023 perhitungan produktivitas *dump truck* dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2023):

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{BiL \times Ts} \quad (3.7)$$

Keterangan:

- Q : Kapasitas produksi *dump truck* (m³/jam)
 V : Kapasitas bak *dump truck*
 Fa : Faktor efisiensi *dump truck*
 BiL : Berat isi material (lepas,gembur)
 Ts : Waktu siklus (menit), Ts = T1+T2+T3+T4

Berikut ini merupakan perhitungan waktu siklus *dump truck*:

$$T1 = \frac{V \times 60}{D \times Q_{exc}} \quad (3.8)$$

$$T2 = \frac{L \times 60}{V_F} \quad (3.9)$$

$$T3 = \frac{L \times 60}{V_R} \quad (3.10)$$

$$T4 = T1+T2 \quad (3.11)$$

Keterangan:

- T1 : Waktu muat (menit)
 T2 : Waktu tempuh isi (menit)
 T3 : Waktu tempuh kosong (menit)
 T4 : Waktu penumpahan dan pengambilan posisi (menit)
 V : Kapasitas bak
 D : Berat isi material
 Q_{exc} : Produktivitas *excavator*

V_F : Kecepatan rata-rata bermuatan (km/jam)

V_R : Kecepatan rata-rata kosong (km/jam)

L : Jarak angkut

Perhitungan produktivitas dump truck standar dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti efisiensi kerja alat, kecepatan rata-rata kendaraan, jenis material, dan volume bak angkut. Data acuan yang digunakan merujuk pada standar operasional umum di lapangan dengan asumsi kondisi alat dalam performa baik.

Tabel 3. 7 Faktor Efisiensi Alat (F_{ADT}) *Dump Truck*

Kondisi Kerja	Efisiensi Kerja
Baik	0,83
Sedang	0,80
Kurang Baik	0,75
Buruk	0,70

(Sumber : Permen PUPR, 2023)

Tabel 3. 8 Kecepatan Tempuh Rata-Rata Maksimum *Dump Truck*

Kondisi Lapangan	Kondisi Beban	Kecepatan (Km/jam)
Datar	Isi	40
	Kosong	60
Menanjak	Isi	20
	Kosong	40
Menurun	Isi	20
	Kosong	40

(Sumber : Permen PUPR, 2023)

Tabel 3. 9 Berat Isi Material

No.	Jenis Material	Berat isi (ton/m ³)	Berat isi (ton/m ³)	Kesulitan
1	Tanah biasa	1,040 - 1,145	1,100	1

Lanjutan Tabel 3. 9 Berat Isi Material

No.	Jenis Material	Berat isi (ton/m ³)	Berat isi (ton/m ³)	Kesulitan
2	Tanah berbatu	1,300 - 1,500	1,400	1
3	Tanah gambut	0,500 - 0,700	0,600	1
4	Tanah keras	1,150 - 1,450	1,300	1
5	Tanah lempung	1,200 - 1,400	1,300	1
6	Tanah liat	1,000 - 1,300	1,200	1
7	Tanah organik/humus	0,830 - 0,990	0,900	1
8	Agregat kasar batu pecah/Kerakal	1,196 – 1,263	1,230	1
9	Agregat kasar/split/koral beton	1,263 – 1,283	1,260	1
10	Agregat halus hasil pemecah batu	1,256 - 1,363	1,310	1
11	Batu kali/gunung	0,960 – 0,970	0,965	1
12	Batu belah (kali/gunung)	0,914 - 0,960	0,937	1
13	Pasir beton	1,255 – 1,482	1,370	1
14	Pasir pasang	1,243 – 1,316	1,280	1
15	Pasir urug	1,040 – 1,151	1,100	1
16	Semen Portland (PC)	1,275 – 1,285	1,280	1

(Sumber : Permen PUPR, 2023)

3.7 Biaya

Biaya dalam proyek adalah semua pengeluaran yang terkait dengan pelaksanaan suatu proyek, mulai dari perencanaan hingga penyelesaian. Pengelolaan biaya proyek yang efektif sangat penting untuk memastikan keberhasilan proyek dan menghindari pembengkakan anggaran (Sholeh, 2025). Secara umum, biaya proyek dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis utama. Biaya langsung mencakup biaya-biaya yang secara langsung terkait dengan

produksi produk atau layanan dalam proyek, seperti biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, dan biaya peralatan seperti sewa atau pembelian alat. Di sisi lain, biaya tidak langsung termasuk biaya-biaya yang mendukung pelaksanaan proyek secara keseluruhan tetapi tidak secara langsung terkait dengan produk atau layanan tertentu, seperti biaya overhead perusahaan, biaya pemasaran, dan biaya administrasi (Astuti *et al.*, 2024).

Beberapa faktor yang mempengaruhi biaya proyek meliputi skala dan kompleksitas proyek, durasi pelaksanaan, tingkat risiko yang terkait, dan perubahan harga bahan baku dan jasa akibat inflasi. Penerapan proses manajemen biaya yang efektif mencakup tahapan perencanaan biaya dengan estimasi biaya yang akurat dan penyusunan anggaran proyek yang komprehensif. Pengendalian biaya melibatkan monitoring terus-menerus terhadap pengeluaran proyek, analisis varian antara biaya aktual dan anggaran, serta pengambilan tindakan korektif untuk mengatasi penyimpangan anggaran yang mungkin terjadi (Judijanto, Kholida dan Sa'dianoor, 2025).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian didefinisikan sebagai suatu cara ilmiah yang digunakan untuk memperoleh data yang valid dengan tujuan agar suatu pengetahuan dapat ditemukan, dikembangkan, atau dibuktikan kebenarannya. Dalam bidang teknik sipil, metode penelitian diterapkan sebagai pedoman sistematis dalam pelaksanaan tahapan analisis, yang meliputi proses pengumpulan data lapangan, perhitungan produktivitas alat berat, serta evaluasi hasil berdasarkan teori dan kondisi aktual di lapangan (Sugiyono, 2019).

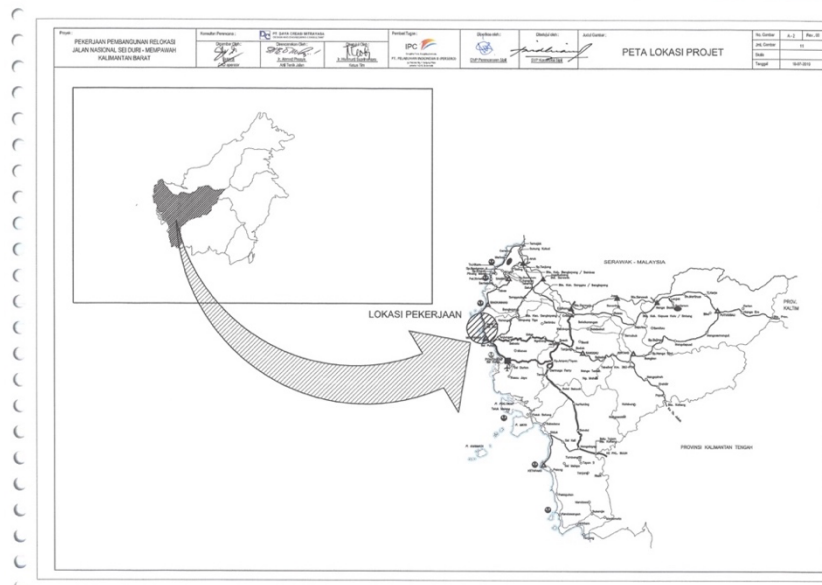
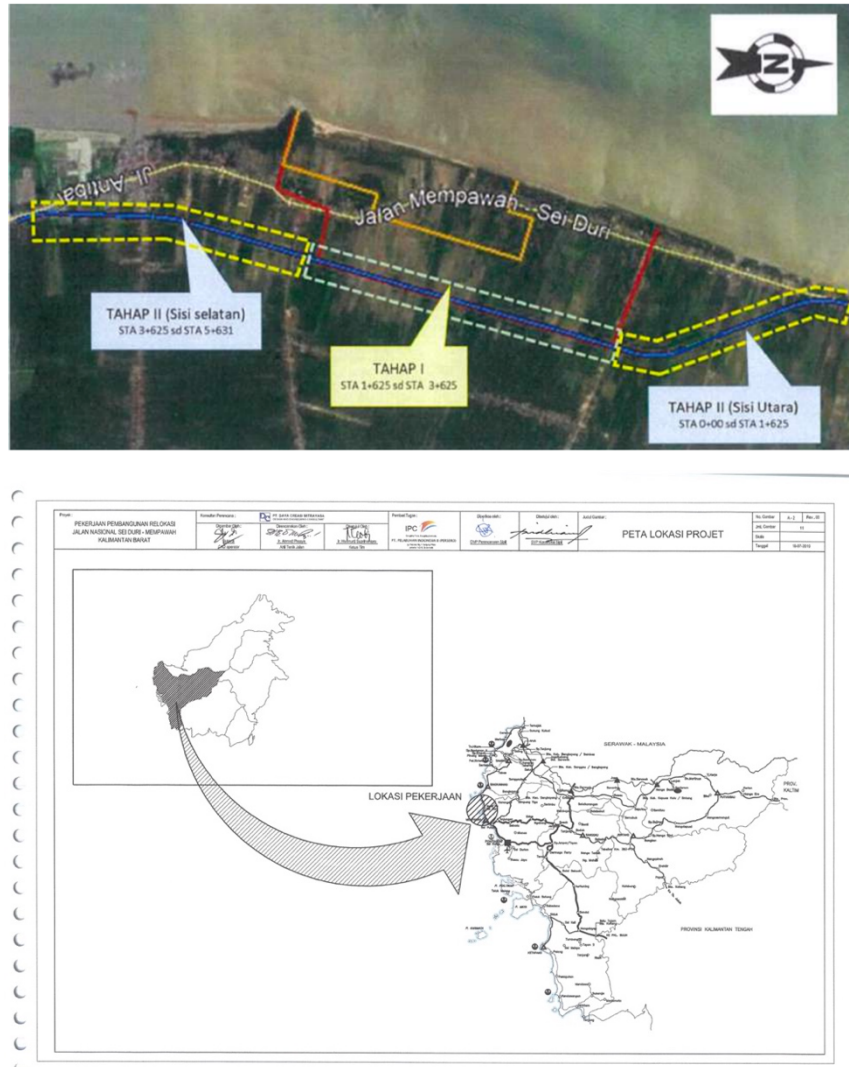
4.2 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode penelitian deskriptif. Metode penelitian deskriptif merupakan pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual di lapangan berdasarkan data yang diperoleh tanpa melakukan manipulasi terhadap variabel penelitian. Dalam bidang teknik sipil, khususnya pada kajian mengenai analisis produktivitas alat berat, metode ini digunakan untuk menjelaskan dan menilai kinerja alat berdasarkan hasil observasi, perhitungan, serta perbandingan antara produktivitas teoritis dan aktual di lapangan. Metode ini dapat memperoleh gambaran faktual mengenai efisiensi penggunaan alat berat, waktu siklus kerja, serta faktor-faktor yang memengaruhi produktivitas di lokasi proyek (Sugiyono, 2019).

4.3 Obyek dan Subyek Penelitian

Subjek penelitian merupakan batasan yang digunakan untuk menentukan ruang lingkup kajian, sehingga dapat diketahui objek atau individu yang menjadi fokus utama dalam pengamatan serta keterkaitannya dengan variabel penelitian (Mulya, 2024). Subyek dari penelitian ini adalah proyek pembangunan relokasi

jalan nasional ruas Sei Duri – Mempawah. Berikut merupakan gambar dari lokasi proyek:



Gambar 4.1 Lokasi Proyek Pembangunan Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri- Mempawah

(Sumber: Data Proyek)

Objek diartikan sebagai sesuatu, hal, atau individu yang menjadi fokus utama dalam suatu pembahasan atau kajian tertentu (KBBI, 2024). Objek dari penelitian ini adalah *Excavator Sumitomo SH 210-5* dan *dump truck 8M³* yang digunakan

untuk menilai produktivitasnya serta menentukan kombinasi dari *excavator* dan *dump truck* yang sesuai dengan kondisi lapangan.

4.4 Pengumpulan Data

4.4.1 Data Primer

Data primer merujuk pada informasi yang dikumpulkan secara langsung dari sumbernya, yakni proyek konstruksi yang sedang diselidiki. Data ini diperoleh melalui dua metode utama. Pertama, observasi langsung dilakukan dengan tujuan untuk memantau aktivitas penggunaan alat berat di lapangan. mengamati bagaimana alat berat dioperasikan, mengkaji kondisi kerja alat, serta memperhatikan faktor-faktor lain yang mempengaruhi produktivitas, seperti waktu siklus pekerjaan, kondisi tanah, cuaca, hambatan yang muncul, dan interaksi antara operator dengan alat berat. Metode kedua adalah wawancara, yang bertujuan untuk memperoleh informasi mendalam mengenai persepsi dan pengalaman para pelaku proyek terkait produktivitas alat berat. Wawancara dengan operator alat berat, mandor, dan pihak terkait lainnya untuk mengeksplorasi kendala yang dihadapi, usulan perbaikan, faktor-faktor yang dianggap paling berpengaruh terhadap produktivitas, serta tingkat kepuasan terhadap kinerja alat berat.

4.4.2 Data Sekunder

Data sekunder merujuk pada informasi yang telah dikumpulkan oleh pihak lain dan tersedia dalam bentuk publikasi atau dokumen. Dalam konteks penelitian ini, sumber data sekunder dapat ditemukan dari beberapa sumber, antara lain jurnal ilmiah yang membahas tentang produktivitas alat berat, faktor-faktor yang mempengaruhinya, dan metode analisis yang relevan. Selain itu, dokumen proyek juga menjadi sumber data sekunder yang penting. Buku teks, artikel jurnal, dan publikasi lainnya yang membahas topik terkait manajemen konstruksi, teknik sipil, dan penggunaan alat berat juga dapat digunakan sebagai data sekunder. Keunggulan menggunakan data sekunder antara lain efisiensi dalam pengumpulan data karena informasi sudah tersedia, kemampuan untuk

memberikan gambaran yang komprehensif dan mendalam tentang topik yang diteliti, serta memungkinkan untuk melakukan perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya untuk melihat tren atau perubahan dalam bidang yang bersangkutan.

4.5 Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan melalui penyelidikan dan hasil survei lapangan kemudian dianalisis menggunakan rumus produktivitas *excavator* (3.3) dan rumus produktivitas *dump truck* (3.7) berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 28 Tahun 2023 (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2023). Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk mengetahui nilai kerja dari produktivitas alat berat yang sedang diteliti. Dengan analisis ini, dapat dianalisis berapa nilai produktivitas dari alat berat tersebut, dan juga dapat menentukan kombinasi yang efisien dari alat berat yang digunakan pada proyek pembangunan relokasi jalan nasional ruas Sei Duri – Mempawah. Informasi ini sangat berguna untuk perencanaan dan pengelolaan proyek, karena dengan mengetahui produktivitas dan kombinasi alat berat, efisiensi kerja dapat ditingkatkan, biaya dapat ditekan, dan waktu penyelesaian proyek dapat dipercepat. Hasil analisis ini juga dapat memberikan wawasan lebih lanjut tentang bagaimana alat berat berkontribusi terhadap keseluruhan kinerja proyek.

4.5.1 Produktivitas *Excavator*

Pada perhitungan *excavator* jenis material merupakan factor yang berpengaruh, hal ini di karenakan untuk menentukan poin-poin penting didalam perhitungan. Penentuan waktu siklus didasarkan pada pemilihan kapasitas bucket (Rostiyanti, 2014). Alat berat memiliki efisiensi kerja sesuai dengan kondisi alat. Alat berat yang digunakan pada proyek pembangunan relokasi jalan nasional ruas Sui Duri – Mempawah salah satunya adalah *Excavator Sumitomo SH210-5* yang dalam keadaan kondisi baik. Untuk menentukan produktivitas *excavator* terdapat pada rumus produktivitas *excavator* (3.3) berdasarkan Peraturan Menteri

Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 28 Tahun 2023 (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2023).

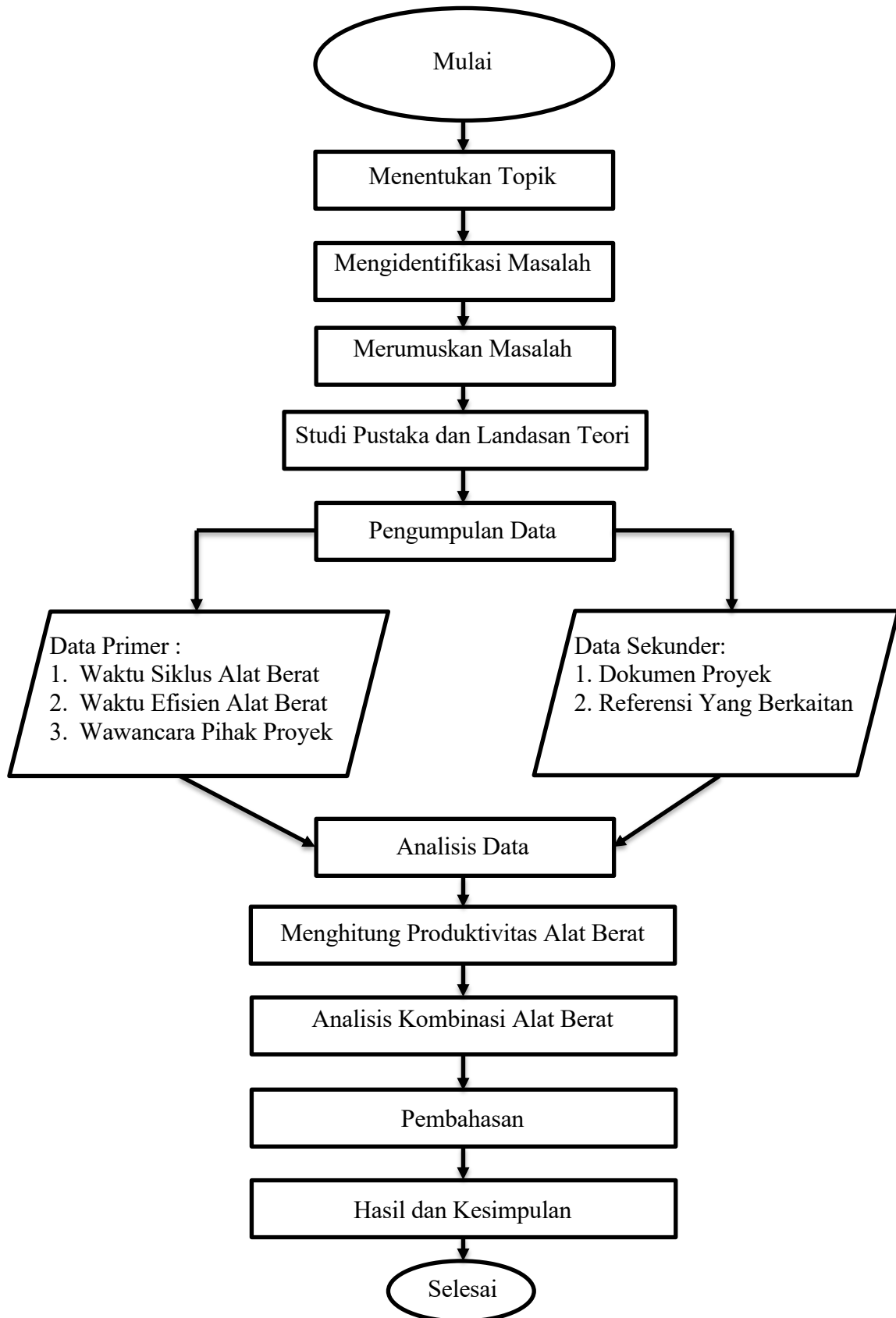
4.5.2 Produktivitas *Dump Truck*

Dump truck merupakan alat berat yang digunakan untuk mengangkut dan memindahkan material proyek konstruksi seperti tanah, batu, pasir, dan lain sebagainya. *Dump truck* yang digunakan pada pekerjaan relokasi jalan nasional ruas Sui Duri – Mempawah berkapasitas 8M³. Untuk menentukan produktivitas *dump truck* 8M³ terdapat pada rumus produktivitas *dump truck* (3.7) berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 28 Tahun 2023 (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2023).

4.5.3 Kombinasi Alat Berat

Kombinasi alat berat merupakan metode yang digunakan untuk menentukan jumlah serta jenis alat berat yang sesuai dengan kebutuhan pada suatu pekerjaan konstruksi. Pemilihan kombinasi yang tepat sangat penting karena dapat memengaruhi produktivitas, efisiensi waktu, dan besarnya biaya yang dikeluarkan. Dengan kombinasi yang seimbang, keterlambatan pekerjaan akibat waktu tunggu antar alat dapat diminimalkan, dan kapasitas produksi alat berat dapat dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, kombinasi yang efektif juga berperan dalam menekan biaya operasional melalui pengaturan penggunaan alat yang sesuai dengan beban pekerjaan. Oleh karena itu, diperlukan analisis menyeluruh terhadap produktivitas dan efisiensi alat berat agar dapat diperoleh kombinasi yang optimal dan mendukung keberhasilan pelaksanaan proyek (Putri & Soebandono, 2024).

Seluruh data dan informasi yang sudah terkumpul dan dianalisis kemudian diolah untuk mendapatkan hasil akhir yang dapat digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Berikut merupakan diagram alir penelitian ini :



Gambar 4.2 Diagram Alir (Flowchart) Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Studi kasus penelitian adalah pembangunan Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri – Mempawah. Pembangunan jalan pada proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri – Mempawah merupakan salah satu jalan yang akan dibangun di kota Mempawah. Jalan ini merupakan dampak dari pembangunan Pelabuhan Internasional Kijing di Mempawah. Berikut ini merupakan data proyek Pembangunan Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri – Mempawah:

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. Nama Proyek | : Pembangunan Relokasi Jalan Nasional Ruas Sei Duri – Mempawah Kalimantan Barat |
| 2. Pemilik Proyek | : PT Pelabuhan Indonesia (Persero) |
| 3. Kontraktor | : PT Wijaya Karya (Persero), Tbk |
| 4. Perencana | : PT Daya Kreasi Mitrayasa |
| 5. Konsultan Pengawas | : PT Yodya Karya (Persero) |
| 6. Lokasi Proyek | : Sei Duri – Mempawah, Kalimantan Barat |
| 7. Konstruksi bagian Atas | : Aspal |
| 8. Konstruksi bagian Bawah | : Timbunan |
| 9. Panjang Efektif | : 5.6 km |
| 10. Biaya Proyek | : Rp. 188.909.724.300 (Termasuk PPN 10%) |
| 11. Rencana Waktu Penyelesaian | : 480 Hari Kalender |
| 12. Tanggal Kontrak | : 29 November 2021 |

5.2 Analisis Data Umum

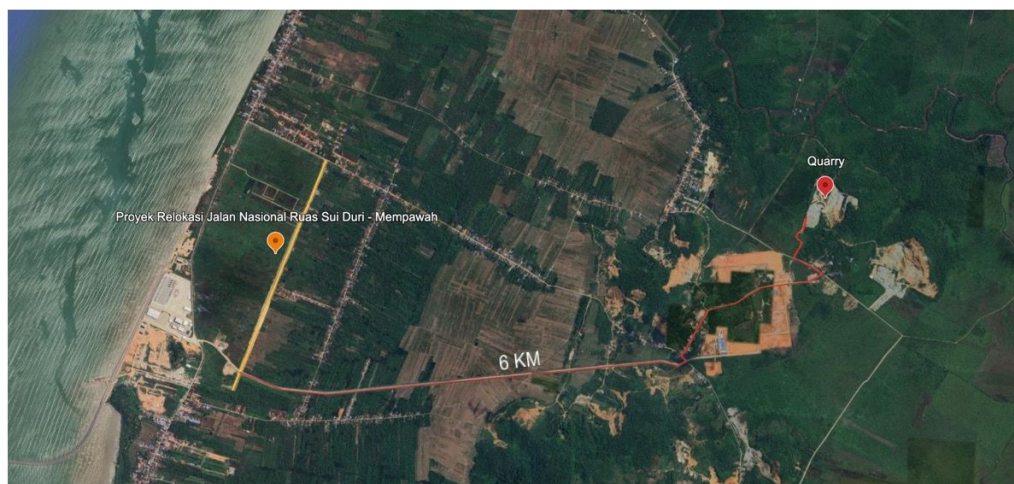
Bagian ini akan menganalisis data yang diperlukan untuk menghitung produktivitas alat berat, yaitu *excavator* dan *dump truck* berdasarkan standar yang

digunakan dalam proyek pembangunan relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah.

5.2.1 Lokasi Pekerjaan Timbunan dan Quarry

Lokasi pekerjaan timbunan berada di Sui Duri – Mempawah. Material yang digunakan pada pekerjaan timbunan di proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah berasal dari *quarry* yang berada pada Bukit Batu, Sungai Kunyit, Kab. Mempawah yang berjarak sekitar 6 km dari lokasi pekerjaan timbunan. Lokasi pekerjaan timbunan dan quarry beserta jaraknya dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut.

Peta Rute Pengangkutan Material dari Lokasi Quarry ke Lokasi Pekerjaan



- Keterangan :**
- Rute Lokasi Quarry ke Lokasi Pekerjaan
 - Rute Lokasi Pekerjaan
 - Lokasi Quarry
 - Lokasi Pekerjaan

Gambar 5.1 Peta Rute Lokasi Pekerjaan dan Quarry

5.2.2 Volume Pekerjaan Timbunan

Pada proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah terdapat pekerjaan timbunan tanah dengan volume total sebesar 213.849,35 m³ (data proyek).

Berdasarkan volume total tanah timbunan pada pekerjaan Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah, maka dapat diperoleh volume dalam keadaan *bank* dan *loose* dengan cara mengalikan volume total dengan nilai faktor konversi material pada tabel 3.1 sebagai berikut.

$$\text{Shrinkage Faktor} = \frac{\text{Volume Bank}}{\text{Volume Compac}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Bank} &= \text{Volume compac} \times \text{Shrinkage faktor} \\ &= 213.849,35 \times 0,9 \\ &= 192.464,415 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Loose} &= \text{Volume Bank} \times \text{Faktor loose} \\ &= 192.464,415 \times 1,25 \\ &= 240.580,519 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan data dan perhitungan diatas, maka didapat volume timbunan proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah sebesar 192.464,415 m³ untuk material asli dan 240.580,519 m³ untuk material gembur.

5.2.3 Faktor Bucket

Faktor *bucket* mengacu pada *fill factor*, yaitu rasio antara volume material yang mampu dimuat oleh *excavator* dengan kapasitas *bucket excavator*. nilai faktor *bucket* dipengaruhi oleh jenis material yang dimuat, kondisi alat, medan kerja serta kemampuan *excavator*.

Tanah pada proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri- Mempawah adalah tanah biasa, lempung, tanah lembut sehingga tidak memerlukan daya gali

dan material dapat langsung dimuat munjung ke dalam *bucket*. Maka didapatkan nilai faktor *bucket* yang dapat dilihat pada tabel 3.2 sebesar 1,1 – 1,2.

5.2.4 Faktor Efisiensi

Faktor efisiensi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti waktu siklus alat, kondisi medan, keahlian operator, jarak dan kecepatan angkut. Berdasarkan pengamatan waktu henti alat berat didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Pengamatan Pertama

Waktu henti *excavator* dan *dump truck* pada pengamatan pertama dapat dilihat pada tabel 5.1 dan 5.2 berikut:

Tabel 5.1 Pengamatan Pertama Waktu Henti *Excavator*

Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)
Excavator	1	7,41
	2	11,87
	3	6,78
Rata - Rata		8,69

Tabel 5.2 Pengamatan Pertama Waktu Henti *Dump Truck*

Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)
Dump Truck	1	6,31
	2	9,45
	3	17,62
	4	12,34
	5	7,85
Rata - Rata		10,71

2. Pengamatan Kedua

Waktu henti *excavator* dan *dump truck* pada pengamatan kedua dapat dilihat pada tabel 5.3 dan 5.4 berikut:

Tabel 5.3 Pengamatan Kedua Waktu Henti *Excavator*

Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)
Excavator	1	8,12
	2	10,45
	3	6,98
Rata - Rata		8,52

Tabel 5.4 Pengamatan Kedua Waktu Henti *Dump Truck*

Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)
Dump Truck	1	4,27
	2	10,96
	3	20,17
	4	14,89
	5	6,33
Rata - Rata		11,32

3. Rekapitulasi Pengamatan

Rekapitulasi rata-rata waktu henti *excavator* dan *dump truck* pada seluruh pengamatan dapat dilihat pada tabel 5.5 dan 5.6 berikut:

Tabel 5.5 Rekapitulasi Pengamatan Waktu Henti *Excavator*

Hari	Waktu Henti/Jam (menit)
1	8,69
2	8,52
3	9,49
4	8,97
5	8,65
6	9,13
7	10,63
8	8,32
9	9,65
10	10,35
Rata-Rata	9,24

Tabel 5.6 Rekapitulasi Pengamatan Waktu Henti *Dump Truck*

Hari	Waktu Henti/Jam (menit)
1	10,71
2	11,32
3	11,39
4	12,53
5	11,88
6	11,46
7	12,18
8	11,48
9	12,54
10	12,11
Rata-Rata	11,76

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap waktu henti alat, dapat dihitung rata-rata waktu henti dalam satu jam dari data tersebut dan diperoleh waktu kerja efektif dalam satu jam, yang selanjutnya digunakan untuk mendapatkan nilai faktor efisiensi alat. Berikut merupakan perhitungan efisiensi kerja pada alat berat *excavator* berdasarkan waktu henti alat.

Rata-rata waktu alat berhenti = 9,24 menit (tabel 5.5)

Rata-rata efektif alat bekerja = 60 menit – rata-rata waktu alat berhenti
 = 60 – 9,24
 = 50,76 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi Kerja (E)} &= \frac{\text{Rata-rata efektif alat bekerja}}{60} \times 100\% \\
 &= \frac{50,76}{60} \times 100\% \\
 &= 0,846
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan efisiensi kerja pada alat berat *dump truck* berdasarkan waktu henti alat.

Rata-rata waktu alat berhenti = 11,76 menit (tabel 5.6)

Rata-rata efektif alat bekerja = 60 menit – rata-rata waktu alat berhenti
 = 60 – 11,76
 = 48,24 menit

Efisiensi Kerja (E) = $\frac{\text{Rata-rata efektif alat bekerja}}{60} \times 100\%$
 = $\frac{48,24}{60} \times 100\%$
 = 0,804

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan efisiensi kerja pada alat, rekapitulasi efisiensi kerja pada alat berat dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut:

Tabel 5.7 Rekapitulasi Efisiensi Kerja Pada Alat Berat

Alat	Rata - Rata Waktu Henti (menit)	Waktu Efektif (menit)	Efisiensi Kerja (E)
Excavator	9,24	50,76	0,846
Dump truck	11,76	48,24	0,804

5.3 Analisis Produktivitas Alat Berat

Bagian ini akan menganalisis produktivitas alat berat, yaitu *excavator* dan *dump truck* berdasarkan standar yang digunakan dalam proyek pembangunan relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah. Analisis akan didasarkan pada perhitungan volume material yang diangkut per siklus dan jumlah siklus harian sesuai dengan data lapangan dan rumus produktivitas.

5.3.1 Analisis Produktivitas *Excavator* Berdasarkan Standar

Analisis produktivitas alat berat berdasarkan data teoritis yang diperoleh melalui kajian literatur bertujuan untuk mengidentifikasi kapasitas kerja optimal alat dalam kondisi operasional ideal. Hasil analisis ini berfungsi untuk mengevaluasi dan membandingkan produktivitas aktual di lapangan. Dalam

menganalisis produktivitas *excavator*, digunakan rumus produktivitas *excavator* berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 8 Tahun 2023. Berikut adalah perhitungannya:

1. Analisis Data *Excavator*

Kapasitas <i>bucket</i> (V)	= 0,93 m ³
Kondisi alat	= Baik
Jenis Material	= Tanah gambut
Kondisi operator	= Baik
Jam kerja (Tk)	= 8 jam
Jarak quarry-timbunan (L)	= 6 Km
Efisiensi kerja (Fa)	= 0,83 (Tabel 3.5)
Faktor konversi galian (Fv)	= 0,8 (tabel 3.4)
Waktu siklus (Ts)	= 28,3 detik (Tabel 3.3)
	= 0,47 menit
Faktor bucket (Fb)	= 1,2

Berdasarkan Tabel 3.2 mengenai faktor *bucket* (*bucket fill factor*) yang disesuaikan dengan kondisi lapangan dan kondisi material adalah tanah gambut.

2. Perhitungan Produktivitas *Excavator*

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas (Q)} &= \frac{V \times Fa_{EXC} \times Fb \times 60}{Ts \times FV} \\
 &= \frac{0,93 \times 0,83 \times 1,2 \times 60}{0,47 \times 0,8} \\
 &= 147,811 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas per hari} &= Tk \times Q \\
 &= 8 \times 147,811 \\
 &= 1.182,488 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kapasitas produksi *excavator* standar dengan menggunakan nilai faktor-faktor yang disesuaikan dengan literatur adalah $147,811\text{m}^3/\text{jam}$ dengan jam kerja efektif selama 8 jam sehingga didapatkan produktivitas *excavator* dalam 1 hari kerja adalah $1.182,488\text{ m}^3/\text{hari}$.

5.3.2 Analisis Produktivitas *Dump Truck* Berdasarkan Standar

Analisis produktivitas alat berat berdasarkan data teoritis yang diperoleh melalui kajian literatur bertujuan untuk mengidentifikasi kapasitas kerja optimal alat dalam kondisi operasional ideal. Hasil analisis ini berfungsi untuk mengevaluasi dan membandingkan produktivitas aktual di lapangan. Dalam menganalisis produktivitas *dump truck*, digunakan rumus produktivitas *dump truck* berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 8 Tahun 2023. Perhitungannya sebagai berikut:

1. Analisis Data *Dump Truck*

Kapasitas bak (V)	= 8 m^3
Kondisi alat	= Baik
Jenis Material	= Tanah Biasa
Kondisi operator	= Baik
Jam kerja (Tk)	= 8 jam
Jarak quarry-timbunan (L)	= 6 Km
Produktivitas Excavator	= $147,811\text{m}^3/\text{jam}$
Faktor efisiensi alat (Fa)	= 0,83 (Tabel 3.7)
Kecepatan bermuatan (Vf)	= $40\text{ km}/\text{jam}$ (Tabel 3.8)
Kecepatan kosong (Vr)	= $60\text{ km}/\text{jam}$ (Tabel 3.8)
Berat isi material lepas (Bil)	= $1,100\text{ ton}/\text{m}^3$

Berdasarkan Tabel 3.9 mengenai berat isi material yang disesuaikan dengan kondisi lapangan dan kondisi material adalah tanah biasa.

2. Perhitungan Produktivitas *Dump Truck*

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Muat (T1)} &= \frac{V \times 60}{BiL \times Q_{exc}} \\
 &= \frac{8 \times 60}{1,1 \times 147,811} \\
 &= 2,95 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Tempuh Isi (T2)} &= \frac{L \times 60}{V_F} \\
 &= \frac{6 \times 60}{40} \\
 &= 9 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Tempuh Kosong (T3)} &= \frac{L \times 60}{V_R} \\
 &= \frac{6 \times 60}{60} \\
 &= 6 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu lain-lain (T4)} &= T1 + T2 \\
 &= 2,95 + 9 \\
 &= 11,95 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu siklus (Ts)} &= T1 + T2 + T3 + T4 \\
 &= 2,95 + 9 + 6 + 11,95 \\
 &= 29,90 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas (Q)} &= \frac{V \times Fa \times 60}{BiL \times Ts} \\
 &= \frac{8 \times 0,83 \times 60}{1,1 \times 29,90} \\
 &= 12,113 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas per hari} &= T_k \times Q \\
 &= 8 \times 12,113 \\
 &= 96,904 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan produktivitas *dump truck* standar dengan menggunakan nilai faktor-faktor yang disesuaikan dengan literatur adalah 12,113 m³/jam dengan jam kerja efektif selama 8 jam dan kapasitas *dump truck* sebesar 8 m³, sehingga didapatkan produktivitas *dump truck* dalam 1 hari kerja adalah 96,904 m³/hari.

5.3.3 Produktivitas *Excavator* Berdasarkan Data Lapangan

Analisis produktivitas *Excavator Sumitomo SH210-5* sesuai data lapangan dilakukan untuk mengetahui produktivitas aktual alat berat dalam kondisi kerja nyata. Hasil dari analisis ini akan dibandingkan dengan produktivitas teoritis yang telah dihitung sebelumnya. Hasil pengamatan pertama waktu siklus yang didapatkan di lapangan bisa dilihat pada tabel 5.8 berikut:

Tabel 5.8 Waktu Siklus *Excavator* Pengamatan Pertama

Waktu Siklus Excavator					
Sesi	Siklus	Gali	Putar (isi)	Putar (Kosong)	Buang
		Waktu (detik)			
Pagi - Siang	1	8,73	6,94	5,11	6,77
	2	8,57	6,72	5,87	6,51
	3	9,67	7,16	5,24	7,19
	4	9,57	6,37	6,37	7,08
	5	8,54	7,41	5,91	6,11
Siang - Sore	1	9,65	6,61	6,27	7,28
	2	8,71	6,37	6,74	5,89
	3	10,03	8,11	6,34	7,29
	4	8,91	7,21	6,47	6,32
	5	8,47	7,63	7,11	6,27
Rata-Rata		9,09	7,05	6,14	6,67
Waktu Siklus Excavator		28,95			

Rekapitulasi waktu siklus *excavator* sebanyak 10 pengamatan dapat dilihat pada tabel 5.9 berikut ini:

Tabel 5.9 Rekapitulasi Waktu Siklus *Excavator*

Hari	Waktu Siklus (detik)	Waktu Siklus (menit)
1	28,95	0,48
2	29,66	0,49
3	30,62	0,51
4	29,20	0,49
5	29,10	0,48
6	32,22	0,54
7	30,13	0,50
8	32,51	0,54
9	31,24	0,52
10	28,89	0,48
Rata-Rata	30,25	0,50

Dalam menganalisis produktivitas *excavator*, digunakan rumus produktivitas *excavator* berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 8 Tahun 2023. Berikut adalah perhitungan produktivitas *excavator* pada pengamatan pertama:

1. Analisis Data *Excavator*

Kapasitas <i>bucket</i> (V)	= 0,93 m ³
Kondisi alat	= Baik
Jenis Material	= Tanah Gambut
Kondisi operator	= Baik
Jam kerja (Tk)	= 8 jam
Jarak quarry-timbunan (L)	= 6 Km
Efisiensi kerja (Fa)	= 0,846 (Tabel 5.6)
Faktor konversi galian (Fv)	= 0,8 (tabel 3.4)
Waktu siklus (Ts)	= 28,95 detik (Tabel 5.8)
	= 0,48 menit

Faktor bucket (Fb)	= 1,2
	Berdasarkan Tabel 3.4 mengenai faktor <i>bucket</i> (<i>bucket fill factor</i>) yang disesuaikan dengan kondisi lapangan dan kondisi material adalah tanah gambut.
Rata-rata waktu gali	= 9,09 detik (Tabel 5.7)
Rata-rata waktu putar isi	= 7,05 detik (Tabel 5.7)
Rata-rata waktu putar	= 6,14 detik (Tabel 5.7)
Rata-rata waktu buang	= 6,67 detik (Tabel 5.7)

2. Perhitungan Produktivitas *Excavator*

Waktu siklus (Ts)	= 9,09 + 7,05 + 6,14 + 6,67
	= 28,95 detik
	= 0,48 menit

Produktivitas (Q)	= $\frac{V \times Fa_{EXC} \times Fb \times 60}{Ts \times FV}$
	= $\frac{0,93 \times 0,846 \times 1,2 \times 60}{0,48 \times 0,8}$
	= 146,749 m ³ /jam

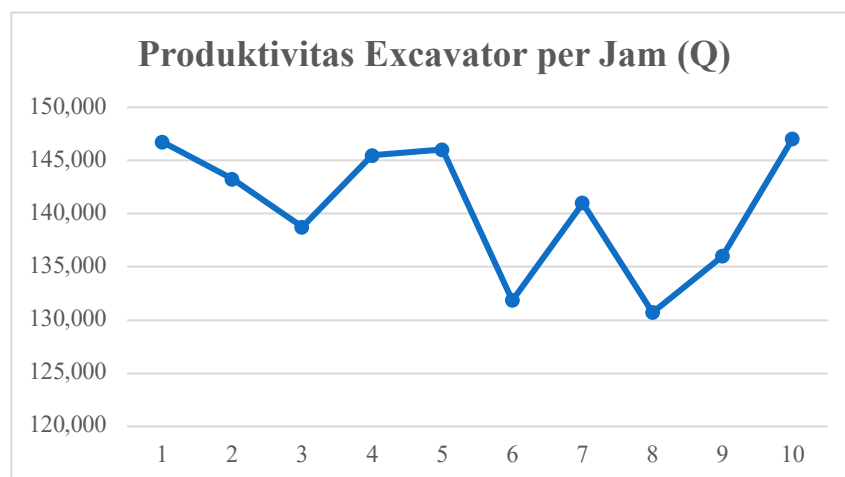
Produktivitas per hari	= Tk × Q
	= 8 × 146,749
	= 1173,989 m ³ /hari

Perhitungan produktivitas *Excavator Sumitomo SH210-5* pada hari pertama didapatkan nilai produktivitas sebesar 146,749 m³/jam dan 1173,989 m³/hari. Perhitungan produktivitas pada hari-hari berikutnya dilakukan dengan menerapkan prosedur yang sama seperti pada perhitungan produktivitas di hari pertama. Rekapitulasi hasil perhitungan produktivitas *Excavator Sumitomo SH210-5* dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator*

Hari	Waktu Siklus (Ts) (detik)	Waktu Siklus (Ts) (menit)	Produktivitas per Jam (Q) (m ³ /jam)	Produktivitas per Hari (Q) (m ³ /hari)
1	28,95	0,48	146,749	1173,989
2	29,66	0,49	143,241	1145,927
3	30,62	0,51	138,737	1109,892
4	29,20	0,49	145,492	1163,939
5	29,10	0,48	146,007	1168,059
6	32,22	0,54	131,856	1054,849
7	30,13	0,50	141,007	1128,052
8	32,51	0,54	130,704	1045,633
9	31,24	0,52	136,018	1088,146
10	28,89	0,48	147,053	1176,427
Rata-Rata	30,25	0,50	140,686	1125,491

Rekapitulasi hasil perhitungan produktivitas *Excavator Sumitomo SH210-5* sebanyak 10 pengamatan menunjukkan bahwa rata-rata produktivitas per jam mencapai 140,686 m³/jam, sedangkan rata-rata produktivitas per hari sebesar 1.125,491 m³/hari dengan kapasitas bucket sebesar 0,93 m³. Grafik yang menggambarkan produktivitas *Excavator Sumitomo SH210-5* per jam sebanyak 10 pengamatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut:

**Gambar 5.2 Grafik Produktivitas *Excavator* per Jam**

5.3.4 Produktivitas *Dump Truck* Berdasarkan Data Lapangan

Penelitian ini menggunakan *dump truck* dengan kapasitas angkut sebesar 8M³ untuk memindahkan material timbunan dari area quarry menuju lokasi penimbunan. Pengamatan dilakukan untuk memperoleh data waktu siklus *dump truck*, yang bertujuan sebagai dasar analisis produktivitas alat. Hasil pengamatan pertama terhadap waktu siklus tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut:

Tabel 5.11 Waktu Siklus *Dump Truck* Pengamatan Pertama

Siklus	Muat	Angkut	Buang	Kembali	Tunggu
	Waktu (menit)				
1	3,30	8,71	0,68	7,31	14,25
2	3,53	8,54	0,59	8,80	5,56
3	3,73	12,64	0,64	6,70	14,13
4	3,35	12,03	0,53	8,00	13,85
5	3,46	8,00	0,48	8,73	10,39
Rata-Rata	3,47	9,98	0,58	7,91	11,64
Waktu Siklus	33,59				

Pengamatan waktu siklus *dump truck* dilakukan sebanyak 10 pengamatan, rekapitulasi waktu siklus *dump truck* dapat dilihat pada tabel 5.11 sebagai berikut.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Waktu Siklus *Dump Truck*

Hari	Waktu Siklus (menit)	Waktu Siklus (jam)
1	33,59	0,56
2	33,67	0,56
3	32,50	0,54
4	35,55	0,59
5	30,41	0,51
6	37,95	0,63
7	32,28	0,54
8	31,17	0,52
9	29,85	0,50
10	31,72	0,53
Rata-Rata	32,87	0,55

Dari hasil pengamatan waktu siklus, dilakukan analisis perhitungan produktivitas *dump truck* pada pengamatan pertama untuk mengetahui kapasitas kerja aktual alat di lapangan. Berikut adalah perhitungannya menggunakan rumus produktivitas *dump truck* berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 8 Tahun 2023:

1. Analisis Data *Dump Truck*

Kapasitas bak (V)	= 8 m ³
Kondisi alat	= Baik
Jenis Material	= Tanah Biasa
Kondisi operator	= Baik
Jam kerja (Tk)	= 8 jam
Jarak quarry-timbunan (L)	= 6 Km
Produktivitas Excavator	= 140,686 m ³ /jam
Faktor efisiensi alat (Fa)	= 0,804 (Tabel 5.6)
Berat isi material lepas (Bil)	= 1,1 ton/ m ³

Berdasarkan Tabel 3.9 mengenai berat isi material yang disesuaikan dengan kondisi lapangan dan kondisi material adalah tanah biasa.

Rata-rata waktu muat	= 3,47 menit (Tabel 5.10)
Rata-rata waktu angkut	= 9,98 menit (Tabel 5.10)
Rata-rata waktu buang	= 0,58 menit (Tabel 5.10)
Rata-rata waktu kembali	= 7,91menit (Tabel 5.10)
Rata-rata waktu tunggu	= 11,64 menit (Tabel 5.10)

2. Perhitungan Produktivitas *Dump Truck*

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus (Ts)} &= 3,47 + 9,98 + 0,58 + 7,91 + 11,64 \\ &= 33,59 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Produktivitas (Q)} = \frac{V \times Fa \times 60}{BiL \times Ts}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{8 \times 0,804 \times 60}{1,1 \times 33,59} \\
 &= 10,446 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produktivitas per hari} &= T_k \times Q \\
 &= 8 \times 10,446 \\
 &= 83,569 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan produktivitas *dump truck* berdasarkan data lapangan adalah 10,446 m³/jam dengan jam kerja efektif selama 8 jam dan kapasitas *dump truck* sebesar 8M³, sehingga didapatkan produktivitas *dump truck* dalam 1 hari kerja adalah 83,569 m³/hari.

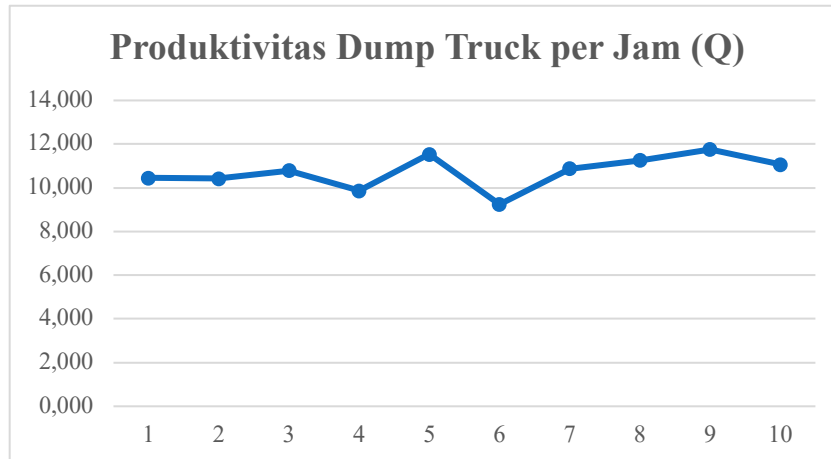
Analisis produktivitas pada pengamatan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan metode dan tahapan yang serupa dengan perhitungan produktivitas pada pengamatan pertama. Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas *dump truck* dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut:

Tabel 5.13 Rekapitulasi Produktivitas *Dump Truck*

Hari	Ts (menit)	Q (m ³ /jam)	Q (m ³ /hari)
1	33,59	10,446	83,569
2	33,67	10,421	83,371
3	32,50	10,796	86,367
4	35,55	9,868	78,944
5	30,41	11,537	92,297
6	37,95	9,244	73,956
7	32,28	10,870	86,961
8	31,17	11,257	90,053
9	29,85	11,755	94,041
10	31,72	11,061	88,491
Rata-Rata	32,87	10,726	85,805

Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas *dump truck* 8M³ sebanyak 10 pengamatan menunjukkan bahwa rata-rata produktivitas per jam mencapai 10,726 m³/jam, sedangkan produktivitas rata-rata harian sebesar 85,805 m³/hari. Grafik

yang menggambarkan produktivitas *dumptruck* per jam dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut:



Gambar 5.3 Grafik Produktivitas *Dump Truck* per Jam

5.3.5 Perbandingan Produktivitas Berdasarkan Standar dan Data Lapangan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan produktivitas alat berat yang dilakukan berdasarkan standar literatur dan data aktual di lapangan, diperoleh kapasitas produksi *excavator* berdasarkan standar sebesar 147,811 m³/jam. Untuk *dump truck*, perhitungan berdasarkan nilai faktor koreksi dari literatur menghasilkan produktivitas sebesar 12,113 m³/jam. Sementara itu, hasil pengukuran produktivitas aktual di lapangan menunjukkan bahwa *Excavator Sumitomo SH210-5* memiliki produktivitas sebesar 140,686 m³/jam, sedangkan *dump truck* 8M³ menunjukkan produktivitas sebesar 10,726 m³/jam. Perbandingan antara produktivitas berdasarkan standar dan data aktual di lapangan dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut:

Tabel 5.14 Perbandingan Produktivitas Standar dan Data Lapangan

Alat	Produktivitas (m ³ /jam)	
	Standar	Datal Lapangan
<i>Excavator</i>	147,811	140,686
<i>Dump Truck</i>	12,113	10,726

Hasil analisis menunjukkan bahwa produktivitas berdasarkan perhitungan standar literatur lebih tinggi dibandingkan dengan produktivitas aktual di lapangan. Meskipun selisih antara keduanya tidak terlalu signifikan, kondisi tersebut tetap menunjukkan adanya penurunan efisiensi kerja di lapangan. Penurunan ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain waktu tunggu alat, faktor cuaca, serta belum optimalnya koordinasi antar peralatan. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi dan perbaikan secara berkala untuk meningkatkan kinerja operasional alat berat di lapangan.

5.4 Analisis Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat

Pada bagian ini, akan dilakukan analisis perhitungan alternatif kombinasi alat berat. Biaya yang dianalisis mencakup biaya sewa, upah operator dan pembantu operator.

5.4.1 Analisis Biaya Sewa Alat Berat

Pada pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah menggunakan 1 unit *excavator* dan 50 unit *dumptruck*. Berikut ini merupakan harga sewa alat berat yang digunakan:

1. *Excavator*

Jenis peralatan	: <i>Excavator Sumitomo SH210-5</i>
Tenaga	: 133 HP
Kapasitas	: 0,93 M ³
Harga Sewa	: Rp 295.000,00/jam
Upah operator	: Rp 24.285,71/jam
Upah pembantu operator	: Rp 15.714,29/jam

2. *Dump Truck*

Jenis peralatan	: <i>Dump Truck 8M³</i>
Tenaga	: 190 HP
Kapasitas	: 8 M ³
Harga Sewa	: Rp 500.000,00/hari

Upah operator : Rp 200.000,00/hari

Berikut ini merupakan perhitungan total harga sewa alat berat yang digunakan:

1. *Excavator*

$$\begin{aligned} \text{Total harga sewa} &= \text{Harga Sewa} + \text{Upah Operator} + \text{Upah Pembantu Operator} \\ &= \text{Rp } 295.000,00 + \text{Rp } 24.285,71 + \text{Rp } 15.714,29 \\ &= \text{Rp } 335.000,00/\text{jam} \end{aligned}$$

Jam kerja per hari pada proyek ini adalah 8 jam kerja sehingga bisa dihitung total harga sewa perhari nya dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Total harga sewa per hari} &= 8 \times 335.000 \\ &= \text{Rp } 2.680.000,00 \end{aligned}$$

2. *Dump Truck*

$$\begin{aligned} \text{Total harga sewa} &= \text{Harga Sewa} + \text{Upah Operator} \\ &= \text{Rp } 500.000,00 + \text{Rp } 200.000,00 \\ &= \text{Rp } 700.000,00/\text{hari} \end{aligned}$$

5.4.2 Perhitungan Kombinasi Alat Berat Kondisi Eksisting

Dalam perhitungan kombinasi alat berat, beberapa komponen biaya utama yang dihitung adalah biaya sewa, biaya operator dan pembantu operator. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui kombinasi alat berat yang akan digunakan dalam proyek. Berikut ini adalah analisis perhitungan kombinasi alat berat didasarkan dengan produktivitas alat berat dan biaya sewa alat berat.

1. *Excavator*

$$\begin{aligned} \text{Jumlah alat} &= 3 \\ \text{Produktivitas per jam} &= 140,686 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 5.13)} \\ \text{Volume material} &= 240.580,519 \text{ m}^3 \\ \text{Waktu kerja excavator} &= \frac{\text{Volume Material}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produktivitas Excavator}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{240.580,519}{3 \times 140,686} \\
 &= 570 \text{ jam} \\
 \text{Durasi hari} &= \frac{\text{Waktu Kerja Alat Berat}}{\text{Waktu Kerja per Hari}} \\
 &= \frac{570}{8} \\
 &= 71 \text{ hari} \\
 \text{Harga sewa excavator} &= \text{Rp } 335.000,00/\text{jam} \\
 \text{Biaya total sewa excavator} &= \text{Harga sewa} \times \text{Jumlah alat} \times \text{Durasi} \\
 &= \text{Rp } 335.000,00 \times 3 \times 570 \\
 &= \text{Rp } 572.867.761,29
 \end{aligned}$$

2. *Dump Truk*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah alat} &= 50 \\
 \text{Produktivitas per jam} &= 10,726 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 5.13)} \\
 \text{Produktivitas per hari} &= 85,805 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 5.12)} \\
 \text{Volume material} &= 240.580,519 \text{ m}^3 \\
 \text{Waktu kerja dump truck} &= \frac{\text{Volume Material}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produktivitas Dump Truck}} \\
 &= \frac{240.580,519}{50 \times 10,726} \\
 &= 449 \text{ jam} \\
 \text{Durasi hari} &= \frac{\text{Waktu Kerja Alat Berat}}{\text{Waktu Kerja per Hari}} \\
 &= \frac{449}{8} \\
 &= 56 \text{ hari} \\
 \text{Harga sewa dump truck} &= \text{Rp } 700.000,00 \\
 \text{Biaya total sewa dump truck} &= \text{Harga sewa} \times \text{Jumlah alat} \times \text{Durasi} \\
 &= \text{Rp } 700.000,00 \times 50 \times 56 \\
 &= \text{Rp } 1.962.595.134,49
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi biaya sewa alat berat untuk menyelesaikan volume material sebesar 240.580,519 m³ dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Biaya Sewa Alat Berat Kondisi Eksisting

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi Pekerjaan (Hari)	Harga Sewa (Hari)	Biaya
Excavator	3	71	Rp 2.680,000,00	Rp 572.867.761,29
Dump Truck	50	56	Rp 700.000,00	Rp 1.962.595.134,49
Total				Rp 2.535.462.895,78

5.4.3 Perhitungan Alternatif Alat Berat

1. Alternatif 1

Perhitungan pada alternatif 1 dengan cara menyamakan waktu *excavator* dan *dump truck* dengan waktu pekerjaan tercepat pada perhitungan kondisi eksisting yaitu dengan durasi selama 56 hari dengan jumlah *dump truck* tetap sebanyak 50 unit.

a. *Excavator*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume material} &= 240.580,519 \text{ m}^3 \\
 \text{Produktivitas per jam (Q)} &= 140,686 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 5.13)} \\
 \text{Durasi rencana} &= 56 \text{ hari} \\
 \text{Waktu kerja } \textit{excavator} &= \text{Durasi rencana} \times \text{Waktu kerja} \\
 &= 56 \times 8 \\
 &= 449 \text{ jam} \\
 \text{Kebutuhan } \textit{excavator} \text{ (n)} &= \frac{\text{Volume Material}}{\text{Waktu Kerja} \times \text{Produktivitas}} \\
 &= \frac{240.580,519}{449 \times 140,686} \\
 &= 3,812 \approx 4 \text{ unit} \\
 \text{Harga sewa } \textit{excavator} &= \text{Rp } 335.000,00/\text{jam} \\
 \text{Biaya total sewa } \textit{excavator} &= \text{Harga sewa} \times \text{Waktu kerja} \times \text{n} \\
 &= \text{Rp } 335.000,00 \times 449 \times 4
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 601.114.852,62$$

c. *Dump Truck*

$$\begin{aligned} \text{Volume material} &= 240.580,519 \text{ m}^3 \\ \text{Produktivitas per jam (Q)} &= 10,726 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 5.13)} \\ \text{Produktivitas per hari} &= 85,805 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 5.12)} \\ \text{Durasi rencana} &= 56 \text{ hari} \\ \text{Jumlah dump truck} &= 50 \text{ unit} \\ \text{Harga sewa dump truck} &= \text{Rp } 700.000,00/\text{hari} \\ \text{Biaya total sewa dump truk} &= \text{Harga sewa} \times \text{Waktu kerja} \times n \\ &= \text{Rp } 700.000,00 \times 56 \times 50 \\ &= \text{Rp } 1.962.595.134,49 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis perhitungan pada alternatif 1, dengan menggunakan kombinasi peralatan berupa 4 unit *excavator* dan 50 unit *dump truck*, diperoleh durasi pekerjaan selama 56 hari untuk menyelesaikan volume material sebesar 240.580,519 m³. Total biaya sewa peralatan yang dibutuhkan pada alternatif ini adalah sebesar Rp 2.563.709.987,11. Rekapitulasi hasil perhitungan alternatif 1 dapat dilihat pada tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Alternatif 1

Alat	Jumlah Alat (n)	Durasi (hari)	Biaya
Excavator	4	56	Rp 601.114.852,62
Dump Truck	50	56	Rp 1.962.595.134,49
Biaya Total			Rp 2.563.709.987,11

2. Alternatif 2

Perhitungan pada alternatif 2 dengan cara menyesuaikan jadwal pelaksanaan proyek, di mana pekerjaan galian dan timbunan dengan

volume 240.580,519 m³ ditargetkan dapat diselesaikan dalam kurun waktu 3 bulan. Berdasarkan perencanaan tersebut, maka kombinasi alat berat didapatkan sebagai berikut.

a. *Excavator*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume material} &= 240.580,519 \text{ m}^3 \\
 \text{Produktivitas per jam (Q)} &= 140,686 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 5.13)} \\
 \text{Durasi rencana} &= 90 \text{ hari} \\
 \text{Waktu kerja excavator} &= \text{Durasi rencana} \times \text{Waktu kerja} \\
 &= 90 \times 8 \\
 &= 720 \text{ jam} \\
 \text{Kebutuhan excavator (n)} &= \frac{\text{Volume Material}}{\text{Waktu Kerja} \times \text{Produktivitas}} \\
 &= \frac{240.580,519}{720 \times 140,686} \\
 &= 2,375 \approx 3 \text{ unit} \\
 \text{Harga sewa excavator} &= \text{Rp } 335.000,00/\text{jam} \\
 \text{Biaya total sewa excavator} &= \text{Harga sewa} \times \text{Waktu kerja} \times n \\
 &= \text{Rp } 335.000,00 \times 720 \times 3 \\
 &= \text{Rp } 723.600.000,00
 \end{aligned}$$

b. *Dump Truck*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume material} &= 240.580,519 \text{ m}^3 \\
 \text{Produktivitas per jam dump truck} &= 10,726 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 5.13)} \\
 \text{Produktivitas per hari dump truck} &= 85,805 \text{ m}^3 \text{ (Tabel 5.12)} \\
 \text{Durasi rencana} &= 90 \text{ hari} \\
 \text{Produktivitas per jam excavator} &= n \times Q \\
 &= 3 \times 140,686 \text{ m}^3 \\
 &= 422,058 \text{ m}^3 \\
 \text{Produktivitas per hari excavator} &= \text{Tk} \times Q \\
 &= 8 \times 422,058 \\
 &= 3.376,464 \text{ m}^3 \\
 \text{Kebutuhan dump truck} &= \frac{\text{Produktivitas excavator}}{\text{Produktivitas dump truck}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{3.376,464}{85,805}$$

$$= 39,350 \approx 40 \text{ unit}$$

Harga sewa *dump truck* = Rp 700.000,00/hari

Biaya total sewa *dump truk* = Harga sewa \times Waktu kerja \times n

$$= \text{Rp } 700.000,00 \times 90 \times 40$$

$$= \text{Rp } 2.520.000.000,00$$

Hasil analisis perhitungan alternatif 2 dengan cara menyesuaikan jadwal pelaksanaan proyek menggunakan kombinasi alat berat sebanyak 3 unit *excavator* dan 40 *dump truck* untuk pekerjaan galian dan timbunan dengan volume 240.580,519 m³ dan target durasi selama 90 hari didapatkan total biaya sewa alat berat sebesar Rp 3.243.600.000,00. Rekapitulasi alternatif dapat dilihat pada tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Rekapitulasi Perhitungan Alternatif 2

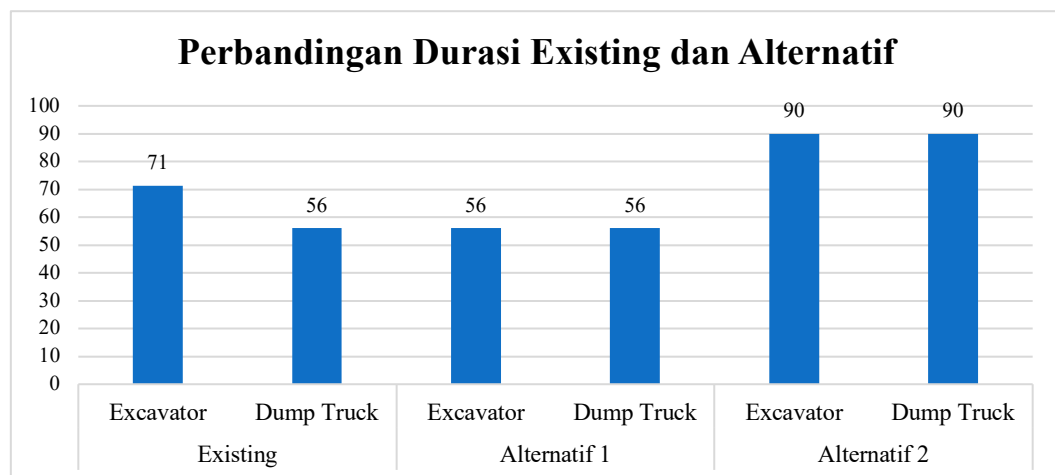
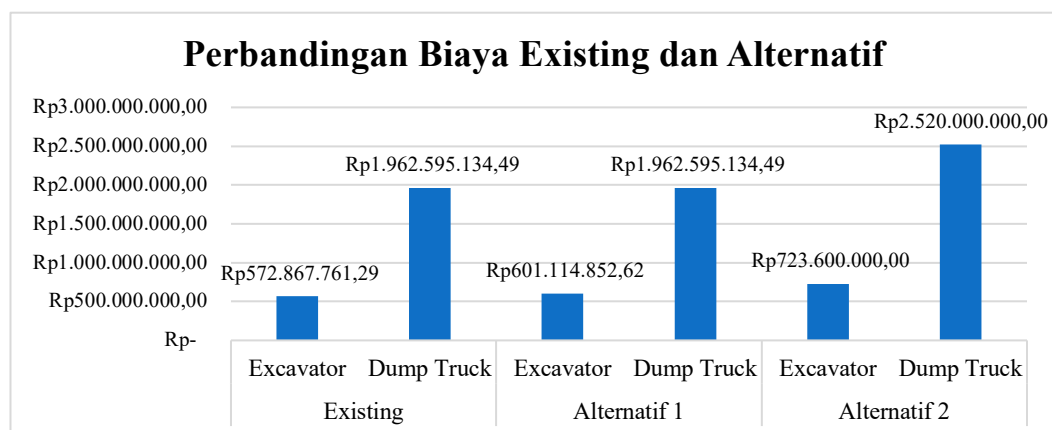
Alat	Jumlah Alat (n)	Durasi (hari)	Biaya
Excavator	3	90	Rp 723.600.000,00
Dump Truck	40	90	Rp 2.520.000.000,00
Biaya Total			Rp 3.243.600.000,00

5.4.4 Perbandingan Biaya dan Waktu

Setelah dilakukan analisis terhadap beberapa alternatif kombinasi alat berat, selanjutnya adalah membandingkan hasil analisis tersebut dengan kondisi existing. Perbandingan ini bertujuan untuk mengevaluasi perbedaan baik dari segi waktu pelaksanaan maupun biaya yang ditimbulkan oleh masing-masing kombinasi alat berat. Rekapitulasi perbandingan kombinasi alat berat kondisi existing dan alternatif dapat dilihat pada tabel 5.18 berikut.

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Perbandingan Kombinasi Alat Berat

Kondisi	Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Hari)	Biaya
Existing	Excavator	3	71	Rp 572.867.761,29
	Dump Truck	50	56	Rp 1.962.595.134,49
Total				Rp 2.535.462.895,78
Alternatif 1	Excavator	4	56	Rp 601.114.852,62
	Dump Truck	50	56	Rp 1.962.595.134,49
Total				Rp 2.563.709.987,11
Alternatif 2	Excavator	3	90	Rp 723.600.000,00
	Dump Truck	40	90	Rp 2.520.000.000,00
Total				Rp 3.243.600.000,00

Gambar 5.4 Perbandingan Durasi Kondisi *Existing* dan AlternatifGambar 5.5 Perbandingan Biaya Kondisi *Existing* dan Alternatif

Berikut merupakan perbandingan biaya dan waktu kombinasi alat berat terhadap kondisi existing dengan kondisi alternatif.

1. Kondisi Existing

Waktu = 71 Hari
Biaya = Rp 2.535.462.895,78

2. Alternatif 1

Waktu = 56 Hari
Biaya = Rp 2.563.709.987,11
Selisih waktu = 56 - 71
= -15 hari
Selisih biaya = Rp 2.563.709.987,11 - Rp 2.535.462.895,78
= Rp 28.247.091,33

Perbandingan waktu = $\frac{\text{Selisih Waktu}}{\text{Waktu Existing}} \times 100\%$
= $\frac{-15}{71} \times 100\%$
= - 21,30 %

Perbandingan biaya = $\frac{\text{Selisih Biaya}}{\text{Biaya Existing}} \times 100\%$
= $\frac{\text{Rp } 28.247.091,33}{\text{Rp } 2.535.462.895,78} \times 100\%$
= 1,11%

3. Alternatif 2

Waktu = 90 hari
Biaya = Rp 3.243.600.000,00
Selisih waktu = 90 - 71
= 19 hari
Selisih biaya = Rp 3.243.600.000,00 - Rp 2.535.462.895,78
= Rp 708.137.104,22

Perbandingan waktu = $\frac{\text{Selisih Waktu}}{\text{Waktu Existing}} \times 100\%$
= $\frac{19}{71} \times 100\%$

$$\begin{aligned}
 &= 26,31\% \\
 \text{Perbandingan biaya} &= \frac{\text{Selisih Biaya}}{\text{Biaya Existing}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp } 708.137.104,22}{\text{Rp } 2.535.462.895,78} \times 100\% \\
 &= 27,93\%
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perbandingan biaya dan waktu kombinasi alat berat dapat dilihat pada tabel 5.19 berikut.

Tabel 5. 19 Perbandingan Biaya dan Waktu Kombinasi Alat Berat

Kondisi	Jenis Alat	Jumlah Alat	Biaya		Waktu	
			Rp	%	Hari	%
Existing	Excavator	3	Rp2.535.462.895,78	100%	71	100%
	Dump Truck	50			56	
Alternatif 1	Excavator	4	Rp2.563.709.987,11	1,11%	56	-21,30%
	Dump Truck	50			56	
Alternatif 2	Excavator	3	Rp3.243.600.000,00	27,93%	90	26,31%
	Dump Truck	40			90	

Keterangan :

- (-) : Biaya lebih hemat atau waktu lebih cepat
- (+) : Biaya lebih mahal atau waktu lebih lama

5.5 Pembahasan

5.5.1 Produktivitas Alat Berat

Berdasarkan hasil analisis produktivitas alat berat dengan perhitungan standar literatur dan kondisi aktual dilapangan, diperoleh nilai produktivitas masing-masing alat berat. Didapatkan nilai rata-rata produktivitas alat berat menggunakan nilai-nilai faktor berdasarkan standar literatur untuk *excavator* sebesar 147,811 m³/jam dan untuk *dump truck* sebesar 12,113 m³/jam. Sementara itu pada kondisi aktual dilapangan didapatkan nilai rata-rata produktivitas alat berat untuk *excavator* sebesar 140,686 m³/jam dan untuk *dump truck* sebesar 10,726 m³/jam.

Terdapat perbedaan antara produktivitas alat berat berdasarkan standar literatur dan kondisi aktual dilapangan. Selisih antara keduanya tidak terlalu signifikan, yang mengindikasikan bahwa kondisi aktual dilapangan hamper ideal dengan acuan standar literatur tetapi kondisi tersebut tetap menunjukkan adanya penurunan efisiensi kerja di lapangan. Meskipun terdapat perbedaan antara perhitungan dengan standar literatur dan kondisi aktual dilapangan, nilai produktivitas aktual dilapangan masih menunjukkan kinerja alat yang cukup optimal dan berada dalam rentang yang dapat diterima. Perbedaan antara produktivitas alat berat berdasarkan standar literatur dan kondisi aktual dilapangan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti:

1. Dampak Kondisi Lapangan

Kondisi lapangan sangat mempengaruhi produktivitas alat berat dalam proyek relokasi jalan nasional Ruas Sui Duri – Mempawah. Lokasi quarry dengan lokasi pekerjaan berjarak 6 km. Hal tersebut berpengaruh terhadap produktivitas alat berat karena membutuhkan waktu tempuh yang lama. Akibatnya, volume material yang dipindahkan per hari menjadi lebih rendah dan berdampak pada produktivitas alat berat tersebut. Selain itu, jarak quarry ke lokasi pekerjaan juga mempengaruhi konsumsi bahan bakar alat, kondisi alat, dan potensi keterlambatan karena kondisi lalu lintas jalan yang tidak menentu.

2. Faktor Cuaca

Cuaca menjadi salah satu faktor eksternal yang tidak dapat dikontrol namun sangat memengaruhi produktivitas alat berat (Firnandi, 2023). Pada hari-hari cerah, *excavator* dan *dump truck* dapat beroperasi dengan efektif, namun hujan ringan maupun lebat memengaruhi kinerja mereka. Saat hujan lebat, kondisi tanah menjadi lebih lunak atau licin, mengakibatkan perlambatan operasi. Cuaca buruk, seperti hujan lebat, juga mengurangi jam kerja efektif harian. Oleh karena itu, produktivitas alat berat harus disesuaikan dengan mempertimbangkan pengaruh cuaca buruk, yang secara langsung mempengaruhi waktu operasional harian dan produktivitas secara keseluruhan.

3. Faktor Sumber Daya Manusia dan Alat

Efisiensi operator dan kondisi teknis alat berat turut memengaruhi perbedaan produktivitas. Operator yang kurang berpengalaman mungkin memerlukan waktu lebih lama untuk menyelesaikan satu siklus penggalian atau pengangkutan, yang mengakibatkan penurunan jumlah siklus harian. Di samping itu, alat berat yang tidak terawat dengan baik berpotensi mengalami kerusakan atau penurunan kinerja, yang semakin memperlambat operasi. Oleh karena itu, perawatan rutin dan pelatihan operator menjadi penting untuk mendekatkan produktivitas aktual dengan standar industri yang diharapkan.

Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan beberapa langkah perbaikan, seperti optimalisasi rute pengangkutan, penjadwalan operasi yang lebih efektif, perawatan rutin alat berat, serta pelatihan bagi operator untuk meningkatkan efisiensi dalam mengoperasikan alat berat. Dengan penerapan langkah-langkah ini, diharapkan produktivitas alat berat dapat meningkat dan lebih mendekati standar industri, sehingga proyek dapat diselesaikan sesuai dengan target anggaran dan waktu yang telah ditetapkan.

5.5.2 Kombinasi Alat Berat

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terhadap kombinasi alat berat pada proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah, terdapat perbandingan antara kondisi existing dan dua kondisi alternatif kombinasi alat berat pada durasi pekerjaan dan biaya penggunaan alat berat tersebut.

1. Kondisi Existing

Pada kondisi existing menggunakan kombinasi 3 unit *excavator* dan 50 unit *dump truck* dengan total biaya sebesar Rp 2.535.462.895,78 dan durasi pekerjaan selama 71 hari. Nilai ini adalah acuan pembanding terhadap kombinasi alternatif lainnya.

2. Alternatif 1

Pada kondisi alternatif 1 menggunakan kombinasi kombinasi 4 unit *excavator* dan 50 unit *dump truck* dengan total biaya sebesar Rp 2.563.709.987,11 dan durasi pekerjaan selama 56 hari. Pada kombinasi Alternatif ini waktu kerja menjadi lebih cepat 15 hari dibandingkan dengan kondisi existing, tetapi ada sedikit peningkatan biaya sebesar 1,11% lebih mahal dari kondisi existing atau sebesar Rp 28.247.091,33. Hal ini menjadikan Alternatif 1 sebagai pilihan yang efisien baik dari segi waktu dan biaya.

3. Alternatif 2

Pada kondisi alternatif 2 menggunakan kombinasi 3 unit *excavator* dan 40 unit *dump truck* dengan total biaya sebesar Rp 3.243.600.000,00 dan durasi pekerjaan selama 90 hari. Pada Alternatif ini, durasi pekerjaan menjadi lebih lama 19 hari dibandingkan dengan kondisi existing. Durasi pekerjaan pada Alternatif ini mengikuti penyesuaian dengan perencanaan proyek ini yaitu dengan target waktu kerja selama 3 bulan. Namun, percepatan durasi ini diikuti dengan peningkatan biaya yang cukup jauh, yaitu sebesar 27,93% lebih mahal dari kondisi existing atau sebesar Rp 708.137.104,22. Hal ini menjadikan Alternatif 2 perlu dipertimbangkan dalam efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan yang lebih lama tetapi sesuai dengan target yang telah direncanakan.

Berdasarkan hasil analisis kombinasi alat berat pada Proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah, diperoleh karakteristik masing-masing Alternatif dalam efisiensi waktu dan biaya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis produktivitas *excavator* dan *dump truck* pada Proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Produktivitas alat berat berdasarkan standar literatur yang dihitung menggunakan rumus berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 8 Tahun 2023 menunjukkan nilai produktivitas *excavator* sebesar 147,811 m³/jam dan *dump truck* sebesar 12,113 m³/jam. Nilai ini digunakan sebagai kondisi ideal sesuai referensi teknis umum yang berlaku.
2. Produktivitas alat berat berdasarkan kondisi aktual dilapangan menunjukkan nilai rata-rata produktivitas *excavator* sebesar 140,686 m³/jam dan *dump truck* sebesar 10,726 m³/jam. Nilai ini diperoleh dari hasil pengamatan di lapangan dan di analisis menggunakan rumus berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 8 Tahun 2023.
3. Kombinasi alat berat yang di analisis memiliki karakteristik masing-masing dalam segi efisiensi waktu dan biaya. Pada kombinasi Alternatif 1 memberikan hasil yang paling efisien dengan waktu kerja yang lebih cepat 15 hari dibandingkan dengan kondisi existing dan sedikit peningkatan biaya sebesar 1,11% lebih mahal atau sebesar Rp 28.247.091,33 lebih mahal dari kondisi existing. Pada kombinasi Alternatif 2 memberikan hasil waktu kerja yang sesuai dengan target rencana proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah yaitu selama 3 bulan, tetapi adanya peningkatan biaya

yang cukup jauh, yaitu sebesar 27,93% lebih mahal dari kondisi existing atau sebesar Rp 708.137.104,22 lebih mahal dari kondisi existing.

6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pada Proyek Relokasi Jalan Nasional Ruas Sui Duri – Mempawah adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan Produktivitas Alat Berat

Perencanaan produktivitas alat berat sebaiknya mengacu pada standar literatur dan pertimbangan terhadap kondisi aktual dilapangan untuk memperoleh kebutuhan alat dan durasi kerja yang efisien dan realistis, karena produktivitas alat berat dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor teknis dan operasional dilapangan seperti kemampuan operator, kondisi alat berat, koordinasi dilapangan, faktor cuaca, dan lain sebagainya.

2. Pemilihan Kombinasi Alat Berat

Pemilihan kombinasi alat berat yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan rencana waktu kerja dan volume pekerjaan tersebut agar mendapatkan produktivitas alat berat dan yang optimal dan biaya yang efisien.

3. Pengelolaan Kinerja Alat Berat

Pada produktivitas alat berat berdasarkan standar literatur dan berdasarkan kondisi aktual dilapangan terdapat perbedaan yang tidak terlalu signifikan tetapi tetap menunjukkan adanya indikasi penurunan produktivitas. Untuk meningkatkan kinerja alat berat tersebut dibutuhkan pengelolaan kinerja alat berat seperti:

a. Peningkatan Keterampilan Operator

Peningkatan keterampilan operator melalui pelatihan lebih lanjut dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mempercepat siklus kerja alat berat.

b. Pemeliharaan Rutin Alat Berat

Untuk menjaga efisiensi alat berat di level optimal, diperlukan pemeliharaan rutin dan inspeksi berkala terhadap kondisi alat.

Pemeliharaan ini akan mengurangi risiko kerusakan yang dapat menghambat produktivitas proyek.

c. Pengelolaan Waktu dan Koordinasi Alat Berat

Koordinasi yang lebih baik antara penggunaan *excavator* dan *dump truck* dapat meminimalkan waktu tunggu dan meningkatkan produktivitas kedua alat berat tersebut.

d. Manajemen Cuaca

Sebaiknya proyek memperhatikan kondisi cuaca dan membuat perencanaan yang adaptif terhadap perubahan cuaca dan iklim untuk menjaga produktivitas, terutama dalam menghadapi kondisi cuaca buruk yang dapat menurunkan efisiensi kerja alat berat.

Dengan penerapan strategi-strategi di atas, diharapkan produktivitas *excavator* dan *dump truck* dalam proyek konstruksi serupa dapat ditingkatkan, sehingga mendukung efisiensi dan keberhasilan proyek secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelia Ayu Kurniawati, S. and Nyoman Dita Pahang Putra, I. (2023) 'Analysis of Heavy Equipment Productivity in the Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Toll Road Construction Project Section 1 Package 1.1', *Composite : Journal of Civil Engineering 2024*, 03(01), pp. 1–12.
- Akbar, F., Yamali, F. R. and Dwiretnani, A. (2021) 'Analisa Penggunaan dan Produktivitas Alat Berat pada Kegiatan Peningkatan Ruas Jalan Simpang Pauh – Air Hitam Provinsi Jambi', *Jurnal Talenta Sipil*, 4(2), pp. 114–119. doi: 10.33087/talentsipil.v4i2.57.
- Anas, M. A. (2021) 'Analisis Peningkatan Jalan Pada Ruas Jalan Maliran – Sumber', *JSNu : Journal of Science Nusantara*, 1(1), pp. 8–12.
- Astuti, N. A. *et al.* (2024) 'Analisis Perilaku Biaya: Suatu Studi Komparasi Konsep Teoritis dan Praktik Pada Biaya Operasional (Perusahaan Jasa)', *GEMILANG: Jurnal Manajemen dan Akuntansi*, 4(3), pp. 135–145. doi: 10.56910/gemilang.v4i3.1584.
- Budyanto, R. N. *et al.* (2025) 'Analisis Biaya dan Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Pemadatan Tanah Proyek Taman Wisata Religi Salatiga Terhadap Waktu Tahun Anggaran 2024', in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2025*, pp. 76–85.
- Damanik, D., Damanik, P. and Nopeline, N. (2024) 'Analisis Pengaruh Infrastruktur Jalan dan Infrastruktur Listrik Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kota Pematang Siantar', *Jurnal KAFEBIS*, 2(1), pp. 59–67. doi: 10.51622/kafebis.v2i1.2378.
- Das, B. M. (1995) *Mekanika Tanah Rekayasa Geoteknis*. Jakarta: PT. Erlangga.
- Djajasingsa, I. N. D. (2023) *Manajemen Proyek*. CV Rey Media Grafika.
- Farizki, M., Putra, O. A. and Khalifah, V. A. S. (2025) 'Analisis Efektivitas

- Excavator Standar Dan Long Arm Pada Pekerjaan Galian Alur Sungai Tipe 2 (Studi Kasus Proyek Pengendalian Banjir Kali Bekasi Paket 7)', *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 20(2), pp. 40–48.
- Febrianti, D., Zakia and Mawardi, E. (2021) 'Analisis Biaya Operasional Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan', *Tameh: Journal of Civil Engineering*, 10(1), pp. 33–41. doi: 10.37598/xqf5mn09.
- Ghuzdewan, T. A. (2025) 'Manajemen Proyek Konstruksi Berbasis Produktivitas dan Prinsip Pareto : Studi Kasus Pada Proyek Bangunan Gedung', (April), pp. 1–6.
- Hariato, U. (2025) *Analisis Efisiensi Kombinasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan di Proyek Pembangunan Jalur Lintas Selatan Lot. 3 Pantai Serang - Sumbersih*. UPN Veteran Jawa Timur.
- Hariyanto, B., Lestari, D. M. and Firdaus, R. (2020) 'Kuantitatif Penggunaan Alat Berat Untuk Item Pekerjaan Galian Dan Timbunan (Studi Kasus: Peningkatan Jalan Kecamatan Ciruas-Lebakwangi-Pontang-Tirtayasa) Kabupaten Serang', *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE)*, 2(1), pp. 29–40.
- Hidayanti, S. R. and Luthan, P. L. A. (2021) 'Produktivitas Alat Berat Concrete Paver Gomaco Pada Pekerjaan Rigid Pavement Di Proyek Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi - Parapat', *Jurnal Engineering Development*, 1(1), pp. 52–56.
- Judijanto, L., Kholida, L. and Sa'dianoor, S. D. (2025) *Manajemen Konstruksi*. PT. Green Pustaka.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2023) *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 8 Tahun 2023 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia (2022) *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1*

Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia (2023) *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 28 Tahun 2023 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau.*

Kumara, I. N. I. and Ariana, I. K. A. (2023) ‘Analisis Waktu Produktivitas Kerja Alat Berat Pada Proyek Hotel EX. AP INN Kuta’, *Reinforcement Review in Civil Engineering Studies and Management*, 2(2), pp. 74–81. doi: 10.38043/reinforcement.v2i2.4858.

Listyawan, A. B. *et al.* (2021) ‘Analisis Produktivitas Alat Berat Dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah Pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan’, *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1), pp. 8–12. doi: 10.23917/dts.v14i1.15272.

Maddeppungeng, A., Intari, D. E. and Oktafiani, A. (2019) ‘Studi Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi Studi Kasus Proyek Pembangunan 6 Ruas Jalan Tol Dalam Kota Jakarta’, *Konstruksia*, 11(1), pp. 89–96. doi: 10.24853/jk.11.1.89-96.

Marista, V. N., Lete, M. K. and Yuneta, M. (2023) ‘Analisa Produktivitas Alat Berat Wheel Loader Ditinjau Dari Pekerjaan Di Lapangan Dan Tabel Produktivitas’, *JCEIT: Journal of Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 2(1), pp. 61–68.

Pavlenko, O. *et al.* (2022) ‘Analysis of the stress state of the 4-axle dump truck lifting mechanism hydraulic cylinder support’, *Transportation Research Procedia*, 63, pp. 347–359. doi: 10.1016/j.trpro.2022.06.022.

Prihadianto, B. D. *et al.* (2024) ‘Analisis Desain Boom, Arm, dan Bucket Alat Peraga Mini Excavator Zhugimada dengan Metode Elemen Hingga’, *Infotekmesin*, 15(01), pp. 165–170. doi: 10.35970/infotekmesin.v15i1.2124.

- Project Management Institute (2021) *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (7th ed.)*. PA: Project Management Institute.: Project Management Institute.
- Purnomo, A. and Mulyono, T. (2023) *Dasar Manajemen Alat Berat: Pemindehan Tanah Mekanis*. Deepublish.
- Putra, A. S. *et al.* (2025) 'Analisis Produktivitas Alat Berat Dalam Pekerjaan Tanah Pada Proyek Pembangunan Jalan Pengganti Ruas Di Gunungkidul Tahun Anggaran 2024', in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2025*, pp. 118–129.
- Putra, P. (2025) 'Pengendalian Waktu Pekerjaan Konstruksi Pembangunan RSUD Dr. Sobirin Kabupaten Musi Rawas: Analysis of Time Control for Construction Work for the Construction of Dr. RSUD. Sobirin, Musi Rawas Regency', *LITERA: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(2), p. 1.
- Rostiyanti, S. F. (2014) *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Sawitri, D. (2023) 'The Contribution of Road Construction on Regional Economic Development in Indonesia', *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 7(3), pp. 313–333. doi: 10.36574/jpp.v7i3.409.
- Sholeh, M. N. (2025) *Manajemen Kontrak Proyek Konstruksi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sidadolog, S. and Harianto (2025) 'Analisis Pelayanan, Harga Dan Word Of Mouth Terhadap Keputusan Pembelian Roti Kacang Hj. Eliya Lubis Di Kota Tebing Tinggi 1', *Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 12(3), pp. 1167–1174.
- Supit, D. D. (2020) 'Analisa Produktivitas Dan Efisiensi Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah, Dan Pekerjaan Perkerasan Berbutir', *Journal Dynamic Saint*, 5(1), pp. 906–917. doi: 10.47178/dynamicsaint.v5i1.959.
- Tobing, R. B. *et al.* (2023) *Manajemen Proyek : Teori & Penerapannya*. Jambi:

PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Wijanarko, D. and Rahmadi, R. W. (2024) 'Optimalisasi Produksi Alat Berat Dalam Pekerjaan Galian Dan Tanaman Di Proyek Jalan Raya (Studi Kasus: Jalur Lintas Selatan Lot 2 Blitar) (Analysis of Heavy Equipment Productivity in Excavation and Emailling Work on Road Projects (Case Study: South Cross T', *Jurnal Teknik Sipil Universitas Tulungagung*, 4(1), pp. 25–36. Available at: <http://journal.unita.ac.id/index.php/daktilitas/>.

LAMPIRAN

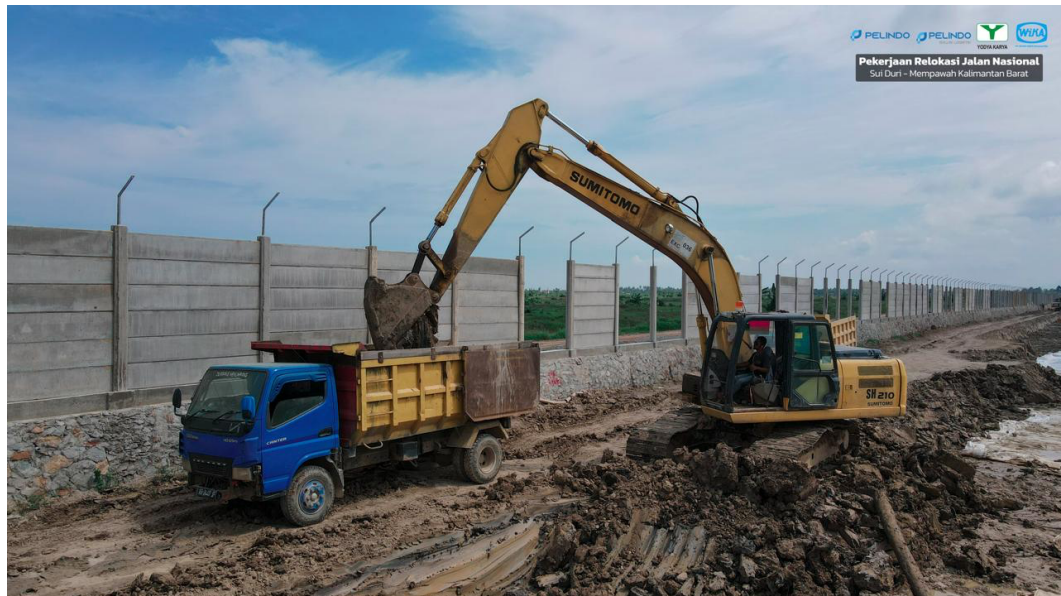
Lampiran 1. Gambar *Excavator Sumitomo SH 210-5*



Lampiran 2. Gambar *Dump Truck* 8M³




Lampiran 3. Gambar *Excavator Mengisi Dump Truck*




Lampiran 4. Pengamatan Ke-1 Waktu Siklus Excavator

Pengamatan Ke-1 Waktu Siklus Excavator

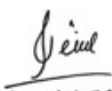
Sesi	Siklus	Gali	Putar		Buang
			(isi)	(Kosong)	
Waktu (detik)					
Pagi - Siang	1	8,73	6,94	5,11	6,77
	2	8,57	6,72	5,07	6,51
	3	9,67	7,16	5,24	7,19
	4	9,57	6,37	6,37	7,00
	5	8,54	7,41	5,91	6,11
Siang - Sore	1	9,65	6,61	6,27	7,28
	2	8,71	6,37	6,74	5,89
	3	10,03	8,11	6,34	7,29
	4	8,91	7,21	6,47	6,32
	5	8,47	7,63	7,11	6,27
Rata-Rata		9,09	7,05	6,14	6,67
Waktu Siklus Excavator		28,95			
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALDITRA					

Lampiran 5. Pengamatan Ke-2 Waktu Siklus *Excavator*


Pengamatan Ke-2 Waktu Siklus Excavator					
Sesi	Siklus	Gali	Putar (isi)	Putar (Kosong)	Buang
		Waktu (detik)			
Pagi - Siang	1	9,25	7,27	5,32	5,04
	2	8,79	6,92	6,13	5,72
	3	9,89	8,10	5,54	6,16
	4	8,21	7,17	6,13	5,97
	5	8,73	8,54	6,72	6,12
Siang - Sore	1	10,21	6,02	7,13	7,29
	2	9,21	7,24	7,26	7,11
	3	10,65	8,15	7,40	7,13
	4	7,89	7,76	6,04	6,10
	5	8,13	8,39	6,57	6,67
Rata-Rata		9,10	7,64	6,51	6,41
Waktu Siklus Excavator		29,66			
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALPITRA					

Lampiran 6. Pengamatan Ke-3 Waktu Siklus *Excavator*

Pengamatan Ke-3 Waktu Siklus Excavator


Sesi	Siklus	Gali	Putar (isi)	Putar (Kosong)	Buang
		Waktu (detik)			
Pagi - Siang	1	9,34	7,44	7,21	6,17
	2	7,08	7,06	6,08	6,59
	3	10,53	0,44	6,40	6,71
	4	9,67	6,43	7,07	5,07
	5	10,24	0,47	6,75	5,13
Siang - Sore	1	8,78	0,67	6,93	5,96
	2	9,21	7,17	7,40	5,03
	3	8,67	0,76	7,67	6,72
	4	9,34	0,24	6,13	6,30
	5	9,54	9,31	7,33	5,96
Rata-Rata		9,30	0,12	7,07	6,13
Waktu Siklus Excavator		30,62			
Mengetahui Pihak Proyek					
 CENI ALDIKA					

Lampiran 7. Pengamatan Ke-4 Waktu Siklus *Excavator*

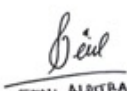
Pengamatan Ke-4 Waktu Siklus Excavator					
Sesi	Siklus	Gali	Putar (isi)	Putar (Kosong)	Buang
Pagi - Siang	1	9,21	7,37	5,67	7,16
	2	8,87	7,54	6,21	6,13
	3	9,28	6,92	5,74	7,31
	4	8,75	7,21	5,82	6,76
	5	8,49	8,19	5,73	6,43
Siang - Sore	1	8,93	6,86	5,97	6,17
	2	8,74	6,90	6,87	6,01
	3	9,21	7,43	6,35	7,19
	4	8,88	8,58	7,63	6,83
	5	7,89	6,93	7,71	6,07
Rata-Rata		8,82	7,40	6,37	6,61
Waktu Siklus Excavator		29,20			
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALUTRA					

Lampiran 8. Pengamatan Ke-5 Waktu Siklus *Excavator*


Pengamatan Ke-5 Waktu Siklus Excavator

Sesi	Siklus	Gali	Putar (isi)	Putar (Kosong)	Buang
		Waktu (detik)			
Pagi - Siang	1	8,04	6,73	5,00	6,12
	2	8,52	6,00	5,67	5,00
	3	8,77	7,23	6,21	5,72
	4	9,32	8,13	7,11	6,65
	5	8,33	8,61	7,42	5,72
Siang - Sore	1	9,65	8,74	7,53	6,57
	2	9,74	7,89	6,50	6,4-
	3	7,03	7,69	6,33	4,89
	4	8,21	8,21	7,29	6,47
	5	7,68	7,54	6,40	5,82
Rata-Rata		8,69	7,77	6,65	6,00
Waktu Siklus Excavator		29,10			
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALDIRA					


Lampiran 9. Pengamatan Ke-6 Waktu Siklus *Excavator*

Pengamatan Ke-6 Waktu Siklus Excavator					
Sesi	Siklus	Gali	Putar (isi)	Putar (Kosong)	Buang
		Waktu (detik)			
Pagi - Siang	1	9,47	8,39	6,21	7,58
	2	9,21	8,24	6,42	7,20
	3	10,54	9,12	8,27	8,57
	4	10,33	8,72	7,59	8,43
	5	9,76	8,58	7,48	7,54
Siang - Sore	1	9,21	7,29	6,27	7,38
	2	10,31	8,76	7,32	8,34
	3	9,49	8,21	7,29	7,32
	4	8,69	7,11	6,21	6,89
	5	8,78	6,96	5,32	6,92
Rata-Rata		9,58	8,19	6,84	7,62
Waktu Siklus Excavator		32,22			
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALOTPA					


Lampiran 10. Pengamatan Ke-7 Waktu Siklus *Excavator*

Pengamatan Ke-7 Waktu Siklus Excavator					
Sesi	Siklus	Gali	Putar (isi)	Putar (Kosong)	Buang
Pagi - Siang	1	10,72	9,26	6,19	7,03
	2	9,07	7,92	5,28	6,77
	3	10,41	9,18	6,52	7,53
	4	8,93	7,43	5,69	5,87
	5	8,65	7,52	5,78	5,43
Siang - Sore	1	8,72	7,11	6,31	7,91
	2	8,55	7,36	6,16	5,74
	3	10,11	8,77	7,15	7,16
	4	9,27	7,86	6,59	6,63
	5	8,76	7,23	6,41	6,15
Rata-Rata		9,40	7,97	6,26	6,51
Waktu Siklus Excavator		30,13			
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALDIRA					


Lampiran 11. Pengamatan Ke-8 Waktu Siklus *Excavator*

Pengamatan Ke-8 Waktu Siklus Excavator					
Sesi	Siklus	Gali	Putar (isi)	Putar (Kosong)	Buang
Pagi - Siang	1	9,18	8,35	6,33	6,91
	2	11,21	9,41	6,21	8,03
	3	9,63	8,32	6,19	6,48
	4	9,31	7,89	6,72	6,39
	5	10,64	7,64	6,21	7,47
Siang - Sore	1	10,41	9,31	6,78	7,13
	2	11,57	9,57	7,34	7,41
	3	10,37	9,11	7,11	7,64
	4	9,76	8,51	6,07	6,93
	5	9,49	8,44	6,38	7,21
Rata-Rata		10,16	8,66	6,53	7,16
Waktu Siklus Excavator		32,51			
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALDITRA					

Lampiran 12. Pengamatan Ke-9 Waktu Siklus *Excavator*

Pengamatan Ke-9 Waktu Siklus Excavator					
Sesi	Siklus	Gali	Putar (isi)	Putar (Kosong)	Buang
Pagi - Siang	1	9,02	7,84	6,07	6,71
	2	8,88	7,33	6,41	6,19
	3	11,36	9,87	7,76	8,02
	4	8,79	7,43	6,37	6,78
	5	8,31	7,05	6,19	6,18
Siang - Sore	1	10,21	9,08	7,21	7,36
	2	9,14	7,92	6,07	7,64
	3	8,87	7,12	6,48	5,94
	4	9,21	8,11	7,18	6,42
	5	10,64	9,12	7,89	7,39
Rata-Rata		9,44	8,09	6,84	6,86
Waktu Siklus Excavator		31,24			
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALOTIRA					

Lampiran 13. Pengamatan Ke-10 Waktu Siklus *Excavator*

Pengamatan Ke-10 Waktu Siklus Excavator					
Sesi	Siklus	Gali	Putar (isi)	Putar (Kosong)	Buang
Pagi - Siang	1	7,68	6,44	5,64	5,77
	2	8,03	7,19	6,87	6,91
	3	10,96	8,04	6,91	7,34
	4	8,84	7,14	6,11	6,27
	5	7,49	6,73	5,90	5,94
Siang - Sore	1	8,83	6,61	5,73	6,14
	2	7,97	6,19	5,02	5,92
	3	9,74	8,64	7,26	7,09
	4	9,89	8,13	7,09	7,13
	5	8,76	7,77	6,03	6,38
Rata-Rata		8,82	7,29	6,34	6,45
Waktu Siklus Excavator		28,89			
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ANDRA					


Lampiran 14. Pengamatan Ke-1 Waktu Siklus *Dump Truck*

Pengamatan Ke-1 Waktu Siklus *Dump Truck*

Siklus	Muat	Angkut	Buang	Kembali	Tunggu
	Waktu (menit)				
1	3,30	8,71	0,68	7,31	14,25
2	3,53	8,54	0,59	8,80	5,56
3	3,73	12,64	0,64	6,70	14,13
4	3,35	12,03	0,53	8,00	13,85
5	3,46	8,00	0,48	8,73	10,39
Rata-Rata	3,47	9,98	0,58	7,91	11,64
Waktu Siklus	33,59				
Mengetahui Pihak Proyek					
 GEN ALDICRA					


Lampiran 15. Pengamatan Ke-2 Waktu Siklus *Dump Truck*

Pengamatan Ke-2 Waktu Siklus Dump Truck

Siklus	Muat	Angkut	Buang	Kembali	Tunggu
	Waktu (menit)				
1	3,62	10,17	0,75	7,59	14,97
2	2,71	10,45	0,05	9,08	6,53
3	2,74	11,76	0,76	7,65	10,96
4	3,20	8,76	0,73	9,33	11,80
5	2,67	13,19	0,85	8,01	8,40
Rata-Rata	2,99	10,87	0,79	8,49	10,53
Waktu Siklus	33,67				
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALUTRA					


Lampiran 16. Pengamatan Ke-3 Waktu Siklus *Dump Truck*

Pengamatan Ke-3 Waktu Siklus Dump Truck

Siklus	Muat	Angkut	Buang	Kembali	Tunggu
	Waktu (menit)				
1	2,94	0,11	0,40	0,67	12,10
2	3,96	12,33	0,70	6,82	11,25
3	3,76	10,55	0,52	7,62	6,62
4	3,93	13,46	0,95	0,30	9,09
5	2,67	9,54	0,99	0,92	7,39
Rata-Rata	3,45	10,58	0,71	0,07	9,47
Waktu Siklus	32,50				
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALOTTRA					

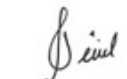
Lampiran 17. Pengamatan Ke-4 Waktu Siklus *Dump Truck*

Pengamatan Ke-4 Waktu Siklus Dump Truck

Siklus	Muat	Angkut	Buang	Kembali	Tunggu
	Waktu (menit)				
1	2,06	10,97	0,45	0,70	13,16
2	3,97	10,73	0,40	0,48	14,47
3	2,75	10,69	0,76	9,39	14,29
4	3,63	11,03	0,83	7,70	11,72
5	3,06	13,30	0,67	7,24	5,64
Rata-Rata	3,25	11,50	0,64	0,30	11,86
Waktu Siklus	35,55				
Mengetahui Pihak Proyek					
 GEWA AUDINA					


Lampiran 18. Pengamatan Ke-5 Waktu Siklus *Dump Truck*

Pengamatan Ke-5 Waktu Siklus Dump Truck

Siklus	Muat	Angkut	Buang	Kembali	Tunggu
	Waktu (menit)				
1	2,53	10,08	0,75	6,52	12,08
2	2,59	7,47	0,42	7,49	10,14
3	2,92	10,40	0,72	8,67	13,82
4	3,36	8,10	0,68	7,72	9,94
5	3,49	9,48	0,65	9,09	9,54
Rata-Rata	2,98	9,39	0,64	7,90	9,50
Waktu Siklus	30,41				
Mengetahui Pihak Proyek					
 _____ GENI ALIFRA					


Lampiran 19. Pengamatan Ke-6 Waktu Siklus *Dump Truck*

Pengamatan Ke-6 Waktu Siklus Dump Truck

Siklus	Muat	Angkut	Buang	Kembali	Tunggu
	Waktu (menit)				
1	3,48	4,52	0,44	0,68	13,01
2	2,62	10,34	0,72	9,92	6,03
3	3,19	13,12	0,45	8,92	13,56
4	2,65	11,97	0,72	6,54	5,93
5	3,63	18,65	0,64	10,94	13,69
Rata-Rata	3,12	14,64	0,59	9,00	10,60
Waktu Siklus	37,95				
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALDITRA					


Lampiran 20. Pengamatan Ke-7 Waktu Siklus *Dump Truck*

Pengamatan Ke-7 Waktu Siklus Dump Truck

Siklus	Muat	Angkut	Buang	Kembali	Tunggu
	Waktu (menit)				
1	3,85	0,15	0,48	7,67	14,27
2	3,68	9,17	0,82	8,69	12,03
3	3,49	10,41	0,51	7,15	5,58
4	3,63	7,43	0,59	6,65	9,77
5	3,08	10,72	0,43	8,02	13,51
Rata-Rata	3,71	9,18	0,57	7,64	11,19
Waktu Siklus	32,28				
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALMITRA					

Lampiran 21. Pengamatan Ke-8 Waktu Siklus *Dump Truck*

Pengamatan Ke-8 Waktu Siklus Dump Truck

Siklus	Muat	Angkut	Buang	Kembali	Tunggu
	Waktu (menit)				
1	2,60	7,48	0,92	2,71	14,41
2	3,35	11,05	0,42	6,75	11,57
3	3,35	9,21	0,56	8,51	8,14
4	2,90	7,92	0,79	7,87	14,29
5	3,90	7,07	0,77	8,19	6,10
Rata-Rata	3,22	8,55	0,69	7,81	10,90
Waktu Siklus	31,17				
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ANDITRA					


Lampiran 22. Pengamatan Ke-9 Waktu Siklus *Dump Truck*

Pengamatan Ke-9 Waktu Siklus *Dump Truck*


Siklus	Muat	Angkut	Buang	Kembali	Tunggu
	Waktu (menit)				
1	3,31	9,54	0,48	7,55	5,69
2	2,87	8,99	0,66	8,13	8,03
3	3,90	10,65	0,72	7,50	10,55
4	3,90	7,73	0,93	6,29	13,90
5	3,61	8,09	0,57	7,13	8,43
Rata-Rata	3,53	9,00	0,67	7,32	9,31
Waktu Siklus	29,85				
Mengetahui Pihak Proyek					
 GEMAL ALPITRA					

Lampiran 23. Pengamatan Ke-10 Waktu Siklus *Dump Truck*

Pengamatan Ke-10 Waktu Siklus Dump Truck


Siklus	Muat	Angkut	Buang	Kembali	Tunggu
	Waktu (menit)				
1	3,53	12,97	0,70	7,25	14,08
2	2,58	11,44	0,90	6,63	8,34
3	2,70	13,86	0,90	7,83	12,06
4	3,34	7,98	0,97	8,57	6,49
5	2,55	9,58	0,73	7,79	5,42
Rata-Rata	2,94	11,13	0,76	7,61	9,28
Waktu Siklus	31,72				
Mengetahui Pihak Proyek					
 GENI ALOTIRA					

Lampiran 24. Pengamatan Ke-1 Waktu Henti Alat Berat

Pengamatan Ke-1 Waktu Henti Alat Berat			
Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator	1	7,41	0,69
	2	11,07	
	3	6,78	
Dump Truck	1	6,31	10,71
	2	9,45	
	3	17,62	
	4	12,34	
	5	7,05	
Mengetahui Pihak Proyek			
 _____ GENI ALDITRA			

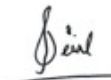
Lampiran 25. Pengamatan Ke-2 Waktu Henti Alat Berat

Pengamatan Ke-2 Waktu Henti Alat Berat


Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator	1	0,12	0,52
	2	10,45	
	3	6,90	
Dump Truck	1	4,27	11,32
	2	10,96	
	3	20,17	
	4	14,09	
	5	6,33	
Mengetahui Pihak Proyek			
 BENI ALITRA			

Lampiran 26. Pengamatan Ke-3 Waktu Henti Alat Berat


Pengamatan Ke-3 Waktu Henti Alat Berat

Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator	1	7,33	9,49
	2	12,02	
	3	9,11	
Dump Truck	1	5,40	11,39
	2	0,76	
	3	21,93	
	4	13,11	
	5	7,55	
Mengetahui Pihak Proyek			
 <u>Beni ALOTIKA</u>			

Lampiran 27. Pengamatan Ke-4 Waktu Henti Alat Berat


Pengamatan Ke-4 Waktu Henti Alat Berat			
Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator	1	6,27	0,97
	2	13,10	
	3	7,54	
Dump Truck	1	6,62	12,53
	2	12,45	
	3	19,22	
	4	16,33	
	5	0,02	
Mengetahui Pihak Proyek			
 GENI ALDIRA			

Lampiran 28. Pengamatan Ke-5 Waktu Henti Alat Berat

Pengamatan Ke-5 Waktu Henti Alat Berat			
Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator	1	9,22	8,65
	2	10,75	
	3	5,90	
Dump Truck	1	4,91	11,80
	2	9,78	
	3	22,65	
	4	15,10	
	5	6,88	
Mengetahui Pihak Proyek			
 GENI ALDIRA			


Lampiran 29. Pengamatan Ke-6 Waktu Henti Alat Berat

Pengamatan Ke-6 Waktu Henti Alat Berat

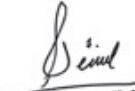
Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator	1	11,48	9,13
	2	9,07	
	3	6,03	
Dump Truck	1	5,66	11,46
	2	11,15	
	3	18,84	
	4	14,51	
	5	7,12	
Mengetahui Pihak Proyek			
 GENI ALITRA			

Lampiran 30. Pengamatan Ke-7 Waktu Henti Alat Berat


Pengamatan Ke-7 Waktu Henti Alat Berat

Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator	1	7,14	10,63
	2	14,11	
	3	10,65	
Dump Truck	1	6,03	12,18
	2	10,28	
	3	23,16	
	4	11,90	
	5	0,44	
Mengetahui Pihak Proyek			
 GENI ALDITRA			


Lampiran 31. Pengamatan Ke-8 Waktu Henti Alat Berat

Pengamatan Ke-8 Waktu Henti Alat Berat			
Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator	1	5,77	8,32
	2	12,89	
	3	6,31	
Dump Truck	1	5,32	11,48
	2	9,63	
	3	21,01	
	4	13,78	
	5	7,65	
Mengetahui Pihak Proyek			
 GENI ALPITRA			

Lampiran 32. Pengamatan Ke-9 Waktu Henti Alat Berat**Pengamatan Ke-9 Waktu Henti Alat Berat**

Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator	1	0,59	9,65
	2	11,33	
	3	9,02	
Dump Truck	1	6,77	12,54
	2	11,74	
	3	19,88	
	4	16,02	
	5	8,27	
Mengetahui Pihak Proyek			
 GENI ALDITFA			

Lampiran 33. Pengamatan Ke-10 Waktu Henti Alat Berat

Pengamatan Ke-10 Waktu Henti Alat Berat			
Alat	Sesi	Waktu Henti/Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator	1	9,66	10,35
	2	13,22	
	3	8,17	
Dump Truck	1	5,10	12,11
	2	10,67	
	3	22,38	
	4	19,76	
	5	6,54	
Mengetahui Pihak Proyek			
 GEN. ANDARA			