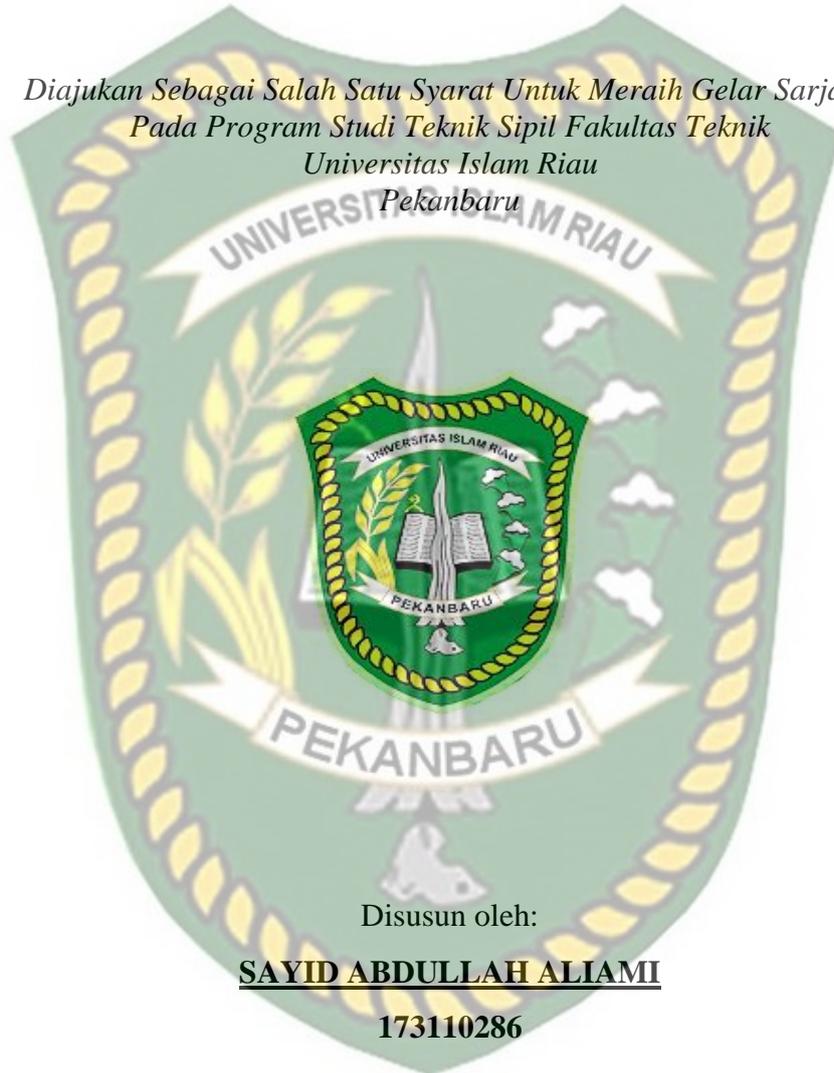


**PENGARUH WAKTU SIKLUS TERHADAP PRODUKTIVITAS ALAT
BERAT PADA PEKERJAAN PERKERASAN JALAN RIGID
PAVEMENT GUDANG BULOG BUNGA RAYA**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau
Pekanbaru*



Disusun oleh:

SAYID ABDULLAH ALIAMI

173110286

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH WAKTU SIKLUS TERHADAP PRODUKTIVITAS ALAT
BERAT PADA PEKERJAAN PERKERASAN JALAN RIGID
PAVEMENT GUDANG BULOG BUNGA RAYA**

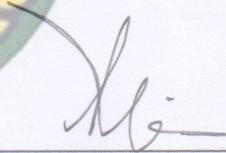
Disusun Oleh :

**SAYID ABDULLAH ALIAMI
NPM : 173110286**

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

PEKANBARU

Dr. Elizar, S.T., M.T.
Pembimbing


Tanggal 25 Agustus 2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH WAKTU SIKLUS TERHADAP PRODUKTIVITAS ALAT
BERAT PADA PEKERJAAN PERKERASAN JALAN RIGID
PAVEMENT GUDANG BULOG BUNGA RAYA**

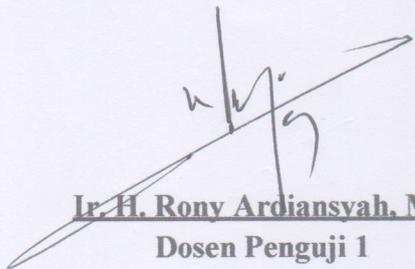
Disusun Oleh :

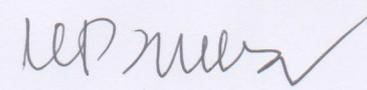
SAYID ABDULLAH ALIAMI
NPM : 173110286

*Telah Disetujui Didepan Dewan Penguji Pada Tanggal 25 Agustus 2022
Dan Menyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima*

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


Dr. Elizar, S.T., M.T.
Pembimbing


Ir. H. Rony Ardiansyah, M.T.
Dosen Penguji 1


Ir. H. Firdaus Agus, M.P.
Dosen Penguji 2

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (strata satu) di Universitas Islam Riau.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan oleh pembimbing.
3. Dalam karya ini tidak terdapat karya atau pendapat orang kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang suda diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, 25 Agustus 2022

Yang Bersangkutan Pernyataan



Sayid Abdullah Aliami
173110286

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhannahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "**Pengaruh Waktu Siklus Terhadap Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya**". Adapun penulisan Tugas Akhir dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis untuk menyelesaikan program studi (Strata 1) pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

Penulis mengakui bahwa kesempurnaan itu hanya milik Allah Subhanahu Wa Ta'ala. Untuk itu, dengan kelapangan hati penulis menerima kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Pekanbaru, 25 Agustus 2022

Sayid Abdullah Aliami

173110286

UCAPAN TERIMA KASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu`alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dengan baik. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Selain dorongan dari diri sendiri, penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan bisa terlaksana tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak lain. Oleh karena itu, dalam penulisan dan penyelesaian tugas akhir ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C.L, Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng Muslim, ST., MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, S.Si., M.Sc, Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT, Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, ST., M.Si, Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, ST., MT, Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Ibu Dr. Elizar, ST., MT sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir ini.
9. Bapak Ir. H. Rony Ardiansyah, MT sebagai Dosen Penguji I dalam Tugas Akhir ini.
10. Bapak Ir. H. Firdaus Agus, MP sebagai Dosen Penguji II dalam Tugas Akhir ini.

11. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
12. Bapak dan ibu seluruh staff Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
13. Teristimewa orang tua penulis Bapak Muhammad Dain dan Ibu Masniati yang telah memberikan kasih sayang, do'a yang tiada henti serta dukungan baik moral maupun material kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
14. Adek tercinta Ulva Rahma Wati, Bismita Sari Rahayu, dan Hafizhoti Rahmi yang selalu memberikan semangat, do'a dan motivasi.
15. Kepada Pihak PT. Bunda, yang telah membantu dalam memberikan izin di lokasi penelitian.
16. Untuk teman seperjuangan di kala suka dan duka selama perkuliahan yakni Aldi Asnuri, Dika Resa, Fadillah Hakim, Lukman Hakim, Diki Wahyudi, Tareq Mustaqim Masri, Angela Geofani, Mega Sukmawati, Villy Shania Qurannisa, Nanda Eliza, serta rekan – rekan Mahasiswa/I Teknik Sipil Angkatan 2017 Universitas Islam Riau. Juga semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu – persatu yang telah banyak membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
17. Terima Kasih atas semua bantuan yang diberikan. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua orang yang membutuhkan dan semoga amal baik kita mendapatkan balasan setimpal dari Allah SWT. Amin.

Wasslamu`alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Pekanbaru, 25 Agustus 2022

Sayid Abdullah Aliami

173110286

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum	4
2.2 Penelitian Terdahulu	4
2.3 Keaslian Penelitian.....	6
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Proyek Konstruksi.....	10
3.2 Alat Berat	11
3.3 Pengoperasian Alat Berat.....	13
3.3.1 Waktu Siklus	14

3.3.2 Efisiensi Alat.....	16
3.3.3 Produktivitas Alat Berat.....	17
3.4. Dasar Pemilihan Alat Berat.....	19
3.5 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat.....	20
3.6 Jenis dan Fungsi Alat Berat.....	21
3.6.1 Excavator.....	22
3.6.2 Dump Truck.....	25
3.6.3 Bulldozer.....	31
3.6.4 Vibratory Roller.....	40
3.7 Efisiensi Kerja.....	43
3.8 Keterlambatan Proyek Konstruksi.....	44
3.8.1 Penyebab Keterlambatan Proyek.....	46
3.9 Metode Time Study.....	47
3.10 Pengujian Variabel Dengan SPSS.....	52
3.10.1 Analisis Regresi.....	52
3.10.2 Analisis Korelasi.....	54
3.10.3 Pengujian Hipotesis.....	56
3.10.4 Koefisien Determinasi.....	59
BAB IV METODE PENELITIAN.....	61
4.1 Umum.....	61
4.2 Lokasi Penelitian.....	61
4.3 Teknik Pengumpulan Data.....	63
4.4 Tahap Pelaksanaan Penelitian.....	66
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	69
5.1 Umum.....	69

5.2 Identifikasi alat berat.....	70
5.3 Identifikasi Proses Pekerjaan Penghamparan Material Agregat	74
5.4 Waktu Siklus Alat Berat	85
5.5 Hasil Analisa Produktivitas Alat Berat	99
5.6 Hasil Analisa Pengaruh Waktu Siklus dan Produktivitas Alat Berat.....	106
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	117
6.1 Kesimpulan	117
6.2 Saran	118
DAFTAR PUSTAKA	119
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 <i>Excavator</i>	24
Gambar 3. 2 <i>Dump Truck</i>	26
Gambar 3. 3 <i>Bulldozer</i>	32
Gambar 3. 4 <i>Universal Blade</i>	33
Gambar 3. 5 <i>Straight Blade</i>	33
Gambar 3. 6 <i>Angling Blade</i>	34
Gambar 3. 7 <i>Cushing Blade</i>	34
Gambar 3. 8 <i>Bowldozer</i>	35
Gambar 3. 9 <i>Universal blade</i>	35
Gambar 3. 10 <i>Vibratoty Roller</i>	40
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian	62
Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian	68
Gambar 5. 1 Potongan Melintang Lapisan Perkerasan	69
Gambar 5. 2 <i>Excavator</i>	71
Gambar 5. 3 <i>Dump Truck</i>	72
Gambar 5. 4 <i>Bulldozer</i>	73
Gambar 5. 5 <i>Vibratory Roller</i>	74
Gambar 5. 6 Lokasi Penelitian dan <i>quarry</i>	75
Gambar 5. 7 Proses Pengangkutan <i>Base Course A</i>	76
Gambar 5. 8 Proses Penghamparan Material <i>Base Course A</i>	77
Gambar 5. 9 Proses Pemadatan Material <i>Base Course A</i>	79
Gambar 5. 10 Lokasi Penelitian dan <i>quarry</i>	80
Gambar 5. 11 Proses Pengangkutan <i>Base Course B</i>	81
Gambar 5. 12 Proses Penghamparan Material <i>Base Course B</i>	82
Gambar 5. 13 Proses Pemadatan Material <i>Base Course B</i>	84
Gambar 5. 14 Grafik Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Lapisan Perkerasan <i>Base Course A</i>	102
Gambar 5. 15 Grafik Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Lapisan Perkerasan <i>Base Course B</i>	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian.....	7
Tabel 3. 1 Komponen waktu siklus.....	15
Tabel 3. 2 Faktor efisiensi alat berat	17
Tabel 3. 3 Faktor Pengisian <i>Bucket</i> Untuk <i>Excavator</i>	25
Tabel 3. 4 Waktu Bongkar dan Waktu Tunggu	30
Tabel 3. 5 Waktu Tetap atau Waktu Pengambilan Posisi	31
Tabel 3. 6 Waktu Ganti Persneling <i>Bulldozer</i>	37
Tabel 3. 7 <i>Blade</i> factor untuk <i>Bulldozer</i>	37
Tabel 3. 8 Faktor Konversi Volume Tanah / Material.....	38
Tabel 3. 9 Kecepatan Operasional	42
Tabel 3. 10 Lebar Alat Pemasatan.....	42
Tabel 3. 11 Jumlah Pass Pemasatan	43
Tabel 3. 12 Efisiensi Kerja.....	44
Tabel 3. 13 Nilai Rate Pekerjaan.....	49
Tabel 3. 14 Pengaruh <i>relaxation</i> terhadap <i>basic time</i>	51
Tabel 3. 15 Kategori Koefisien Korelasi.....	55
Tabel 4. 1 Form Pengamatan Waktu Siklus.....	65
Tabel 5. 1 Spesifikasi Excavator Kobelco SK 200 XDL.....	99
Tabel 5. 2 Waktu Siklus Excavator.....	100
Tabel 5. 3 Hasil Analisa Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Lapisan Perkerasan <i>Base Course A</i>	101
Tabel 5. 4 Spesifikasi Excavator Kobelco SK 200 XDL.....	103
Tabel 5. 5 Waktu Siklus Excavator.....	103
Tabel 5. 6 Hasil Analisa Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Lapisan Perkerasan <i>Base Course B</i>	105
Tabel 5. 7 Hasil Analisa Waktu Siklus dan Rata – Rata Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Lapisan Perkerasan <i>Base Course A</i>	106
Tabel 5. 8 Hasil Uji Koefisien Determinasi	108
Tabel 5. 9 Hasil Uji F (Simultan).....	108

Tabel 5. 10 Hasil Uji Regresi Linier Berganda	109
Tabel 5. 11 Hasil Uji t (Parsial)	110
Tabel 5. 12 Hasil Analisa Waktu Siklus dan Rata – Rata Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Lapisan Perkerasan <i>Base Course</i> B	112
Tabel 5. 13 Hasil Uji Koefisien Determinasi	113
Tabel 5. 14 Hasil Uji F (Simultan).....	113
Tabel 5. 15 Hasil Uji Regresi Linier Berganda.....	114
Tabel 5. 16 Hasil Uji t (Parsial).....	115



DAFTAR NOTASI

Q	= Produksi Per Jam
q	= Produksi Per Siklus
C_m	= Waktu Siklus
E	= Faktor Efisiensi Kerja
q_l	= Kapasitas <i>Bucket</i>
K	= Faktor <i>Bucket</i>
V	= Kecepatan
V_1	= Kecepatan Membawa Muatan
V_2	= Kecepatan Keadaan Kosong
m^3	= Meter Kubik
Km/jam	= Kilometer/jam
D	= Jarak Angkut
L	= Lebar Blade
H	= Tinggi Blade
a	= Faktor Blade
F	= Kecepatan Maju
R	= Kecepatan Mundur
Z	= Waktu Ganti Persneling
W	= Lebar Pemasatan
H	= Tebal Pemasatan
N	= Jumlah Pemasatan



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A- 1 Perhitungan <i>Base Course A Excavator</i>	A-1
Lampiran A- 2 Perhitungan <i>Base Course A Dump Truck</i>	A-2
Lampiran A- 3 Perhitungan <i>Base Course A Bulldozer</i>	A-3
Lampiran A- 4 Perhitungan <i>Base Course A Vibratory Roller</i>	A-4
Lampiran A- 5 Perhitungan <i>Base Course B Excavator</i>	A-6
Lampiran A- 6 Perhitungan <i>Base Course B Dump Truck</i>	A-7
Lampiran A- 7 Perhitungan <i>Base Course B Bulldozer</i>	A-8
Lampiran A- 8 Perhitungan <i>Base Course B Vibratory Roller</i>	A-9
Lampiran A- 9 Perhitungan Produktivitas <i>Base Course A Excavator</i>	A-11
Lampiran A- 10 Perhitungan Produktivitas <i>Base Course A Dump Truck</i>	A-11
Lampiran A- 11 Perhitungan Produktivitas <i>Base Course A Bulldozer</i>	A-12
Lampiran A- 12 Perhitungan Produktivitas <i>Base Course A Vibratory Roller</i> ..	A-13
Lampiran A- 13 Perhitungan Produktivitas <i>Base Course B Excavator</i>	A-14
Lampiran A- 14 Perhitungan Produktivitas <i>Base Course B Dump Truck</i>	A-14
Lampiran A- 15 Perhitungan Produktivitas <i>Base Course B Bulldozer</i>	A-15
Lampiran A- 16 Perhitungan Produktivitas <i>Base Course B Vibratory Roller</i> ..	A-16
Lampiran B- 1 Tabel Spesifikasi Alat Berat	B-1
Lampiran B- 2 Tabel Waktu Siklus <i>Excavator Base Course A</i>	B-2
Lampiran B- 3 Tabel Waktu Siklus <i>Dump Truck Base Course A</i>	B-3
Lampiran B- 4 Tabel Waktu Siklus <i>Bulldozer Base Course A</i>	B-4
Lampiran B- 5 Tabel Waktu Siklus <i>Vibratory Roller Base Course A</i>	B-5
Lampiran B- 6 Tabel Waktu Siklus <i>Excavator Base Course B</i>	B-6
Lampiran B- 7 Tabel Waktu Siklus <i>Dump Truck Base Course B</i>	B-7
Lampiran B- 8 Tabel Waktu Siklus <i>Bulldozer Base Course B</i>	B-8
Lampiran B- 9 Tabel Waktu Siklus <i>Vibratory Roller Base Course B</i>	B-9
Lampiran B- 10 Tabel Produktivitas Alat Berat <i>Base Course A</i>	B-10
Lampiran B- 11 Tabel Produktivitas Alat Berat <i>Base Course B</i>	B-11
Lampiran B- 12 Tabel Input Data SPSS <i>Base Course A</i>	B-12
Lampiran B- 13 Tabel Input Data SPSS <i>Base Course B</i>	B-15

Lampiran B- 14 Titik Persentase Distribusi F Untuk Probabilita = 0,10.....	B-18
Lampiran B- 15 Titik Persentase Distribusi t.....	B-19
Lampiran B- 16 Spesifikasi <i>Excavator</i> Kobelco SK200XD _L	B-20
Lampiran B- 17 Spesifikasi <i>Dump Truck</i> Hino FM 260 JD	B-22
Lampiran B- 18 Spesifikasi <i>Bulldozer</i> Komatsu D31E	B-26
Lampiran B- 19 Spesifikasi <i>Vibratory Roller</i> Dynavac CA250	B-29
Lampiran B- 20 Tabel Data Volume Pekerjaan <i>Base Course</i> A dan <i>Base Course</i> B	B-29
Lampiran C- 1 Lembar Bimbingan TA.....	C-1
Lampiran C- 2 Lembar Bimbingan TA.....	C-2
Lampiran C- 3 Lembar Bimbingan TA.....	C-3
Lampiran C- 4 Lembar Bimbingan TA.....	C-4
Lampiran C- 5 Lembar Bimbingan TA.....	C-5
Lampiran C- 6 Lembar Bimbingan TA.....	C-6
Lampiran C- 7 Lembar Bimbingan TA.....	C-7
Lampiran C- 8 Lembar Bimbingan TA.....	C-8
Lampiran C- 9 Lembar Bimbingan TA.....	C-9
Lampiran C- 10 Lembar Bimbingan TA.....	C-10
Lampiran C- 11 Lembar Bimbingan TA.....	C-11
Lampiran C- 12 Lembar Bimbingan TA.....	C-12
Lampiran C- 13 Lembar Bimbingan TA.....	C-13
Lampiran C- 14 Lembar Bimbingan TA.....	C-14
Lampiran C- 15 SK Pembimbing TA	C-15
Lampiran C- 16 SK Penguji TA	C-16
Lampiran C- 17 Surat Keterangan Bebas Plagiat	C-17
Lampiran C- 18 Surat Keterangan Persetujuan Seminar Tugas Akhir	C-18
Lampiran C- 19 Berita Acara Seminar Tugas Akhir	C-19
Lampiran C- 20 Surat Keterangan Persetujuan Komprehensif Tugas Akhir...	C-20
Lampiran C- 21 Berita Acara Ujian Komprehensif	C-21
Lampiran C- 22 Surat Keterangan Persetujuan Jilid Tugas Akhir.....	C-22

**PENGARUH WAKTU SIKLUS TERHADAP PRODUKTIVITAS ALAT
BERAT PADA PEKERJAAN PERKERASAN JALAN RIGID
PAVEMENT GUDANG BULOG BUNGA RAYA**

SAYID ABDULLAH ALIAMI

173110286

ABSTRAK

Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement merupakan jenis perkerasan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut. Jalan rigid pavement terdiri dari lapisan *base course* A dan *base course* B. Pada pelaksanaan perkerasan jalan yang berskala besar sangat membutuhkan adanya alat-alat berat sebagai penunjang dalam pekerjaan. Peran alat berat sangat diperlukan untuk mempercepat pekerjaan. Produktivitas berkaitan dengan permasalahan waktu yang terbatas sehingga berdampak pada waktu pelaksanaan proyek. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kegiatan alat berat, mengetahui waktu siklus alat berat, mengetahui besar produktivitas alat berat, dan mengetahui pengaruh waktu siklus dan produktivitas alat berat.

Metode yang digunakan dalam analisa pengaruh waktu siklus terhadap produktivitas adalah metode regresi linier berganda. Metode regresi linier berganda adalah analisis yang digunakan secara simultan untuk menguji pengaruh dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat dengan skala interval.

Berdasarkan dari hasil analisa produktivitas pada *base course* A dan *base course* B. Pada *base course* A, untuk analisa produktivitas *excavator* per jam 156,31 m³/jam, dan waktu siklus 16 detik. Produktivitas *dump truck* per jam 2,342 m³/jam, dan waktu siklus 382,68 menit. Produktivitas *bulldozer* per jam 52,576 m³/jam, dan waktu siklus 65,55 detik. Produktivitas *vibratory roller* per jam 44,196 m³/jam, dan waktu siklus 31,95 detik. Pengaruh waktu siklus terhadap produktivitas pada *base course* A adalah $Y = 34,254 - 2,685X_1 + 0,221X_2 - 0,174X_3 + 0,10X_4$. Sedangkan pada *base course* B, untuk analisa produktivitas *excavator* per jam 125,55 m³/jam, dan waktu siklus 18 detik. Produktivitas *dump truck* per jam 2,337 m³/jam, dan waktu siklus 383,63 menit. Produktivitas *bulldozer* per jam 37,703 m³/jam, dan waktu siklus 91,1 detik. Produktivitas *vibratory roller* per jam 66,296 m³/jam, dan waktu siklus 34,3 detik. Pengaruh waktu siklus terhadap produktivitas pada *base course* B adalah $Y = 23,831 - 1,650X_1 + 0,195X_2 - 0,115X_3 + 0,000X_4$.

Kata Kunci: *Alat Berat, Produktivitas, Waktu Siklus*

**THE EFFECT OF CYCLE TIME ON TOOL PRODUCTIVITY
HEAVY ON RIGID ROAD PAVING BULOG BUNGA
RAYA WAREHOUSE PAVEMENT**

SAYID ABDULLAH ALIAMI

173110286

ABSTRACT

Rigid Pavement Road Construction is a type of pavement that uses concrete as the main material for the pavement. Rigid pavement consists of layers of base course A and base course B. In the implementation of large-scale pavement, heavy equipment is needed to support the work. The role of heavy equipment is needed to speed up work. Productivity is related to the problem of limited time so that it has an impact on project implementation time. The purpose of this study was to determine the activities of heavy equipment, to determine the cycle time of heavy equipment, to determine the productivity of heavy equipment, and to determine the effect of cycle time and productivity of heavy equipment.

The method used in the analysis of the effect of cycle time on productivity is the multiple linear regression method. Multiple linear regression method is an analysis that is used simultaneously to test the effect of two or more independent variables on the dependent variable with an interval scale.

Based on the results of productivity analysis on base course A and base course B. On base course A, for analysis of excavator productivity per hour is 156.31 m³/hour, and cycle time is 16 seconds. Dump truck productivity per hour is 2,342 m³/hour, and cycle time is 382.68 minutes. Bulldozer productivity per hour is 52.576 m³/hour, and cycle time is 65.55 seconds. The productivity of the vibratory roller per hour is 44,196 m³/hour, and the cycle time is 31,95 seconds. The effect of cycle time on productivity on base course A is $Y = 34.254 - 2.685X_1 + 0.221X_2 - 0.174X_3 + 0.10X_4$. While on base course B, for analysis of excavator productivity per hour is 125.55 m³/hour, and cycle time is 18 seconds. Dump truck productivity per hour is 2,337 m³/hour, and cycle time is 383.63 minutes. The productivity of the bulldozer per hour is 37.703 m³/hour, and the cycle time is 91.1 seconds. The productivity of the vibratory roller per hour is 66,296 m³/hour, and the cycle time is 34.3 seconds. The effect of cycle time on productivity on base course B is $Y = 23.831 - 1.650X_1 + 0.195X_2 - 0.115X_3 + 0.000X_4$.

Keywords: Heavy Equipment, Productivity, Cycle Time

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan rigid pavement merupakan jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut. Jalan rigid pavement terdiri dari lapisan *base course* A dan *base course* B.. Pada pelaksanaan perkerasan jalan yang berskala besar sangat membutuhkan adanya alat-alat berat sebagai penunjang dalam pekerjaan. Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek karena dapat memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaan sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan mudah dan waktu yang relatif singkat. Penggunaan alat berat yang kurang tepat dengan kondisi dan situasi lapangan pekerjaan akan berdampak pada produktivitas alat berat (Rostiyanti, 2008).

Pada proyek Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya digunakan alat berat untuk membantu proses pekerjaan proyek. Proyek tersebut mengalami kendala seperti pada pekerjaan perataan tanah dan lapis pondasi *base course* A dan *base course* B, sehingga tidak memungkinkan untuk dikerjakan secara konvensional dengan waktu yang terbatas. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh waktu siklus. Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan alat berat untuk melaksanakan satu siklus operasi (Rostiyanti, 2008). Dan ini akan berpengaruh terhadap produktivitas. Sementara produktivitas adalah rasio antara hasil produksi (*output*) dengan total sumber daya yang digunakan (*input*) (Ervianto, 2002).

Metode penelitian menggunakan metode regresi linier berganda. Metode regresi linier berganda adalah analisis yang digunakan secara simultan untuk menguji pengaruh dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat dengan skala interval (Narimawati, 2008).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penting sekali untuk melakukan penelitian tentang Pengaruh Waktu Siklus Terhadap Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian dilatar belakang maka dapat dirumuskan masalah. Rumusan masalah adalah sebagai berikut ini :

1. Bagaimana kegiatan alat berat pada pelaksanaan pekerjaan Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya ?
2. Berapa waktu siklus yang dibutuhkan alat berat pada pekerjaan Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya ?
3. Berapa besar produktivitas masing – masing alat berat yang digunakan pada pekerjaan Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya ?
4. Bagaimana pengaruh waktu siklus dan produktivitas pada pelaksanaan pekerjaan Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi kegiatan alat berat pada pekerjaan Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya.
2. Mengetahui waktu siklus yang dibutuhkan alat berat pada pekerjaan Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya.
3. Mengetahui besar produktivitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya.
4. Mengetahui pengaruh waktu siklus dan produktivitas pada pelaksanaan pekerjaan Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil peneltian, diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui produktivitas alat berat, pengaruh waktu siklus dan produktivitas alat berat yang digunakan dalam pekerjaan penghamparan *base course A* dan *base course B*.
2. Menambah pengetahuan dan pemahaman mengenai jenis alat berat, produktivitas, dan proses penghamparan material *base course A* dan *base course B*.
3. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Dikarenakan banyaknya permasalahan yang ada, maka penulis memberikan batasan-batasan agar penelitian ini dapat tercapai dengan baik. Batasan masalah tersebut adalah :

1. Alat berat yang digunakan adalah pekerjaan pembangunan perkerasan jalan rigid pavement pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course A* dan *base course B*.
2. Alat berat yang digunakan di lapangan adalah *Excavator Kobelco SK 200 XD_L*, *Dump Truck Fuso Hino FM 260 JD*, *Bulldozer Komatsu D31E*, dan *Vibratory Roller Dynavac CA250*.
3. Penelitian ini dilakukan pada pukul 08.30 – 11.30 WIB dan 13.00 - 17.00 WIB dan hari kerja tidak ditentukan.
4. Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan 15 hari. Dari September sampai November.
5. Optimalisasi produksi pekerjaan yang dihitung hanya pada waktu pengerjaannya.
6. Penelitian ini tidak meninjau kondisi tanah dan kondisi lingkungan.
7. Tidak meninjau tingkat pendidikan operator alat berat.
8. Biaya dan pekerja tidak dianalisa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka adalah pembahasan hasil penelitian yang terdahulu yang dijadikan sebagai dasar bagi peneliti untuk melakukan suatu penelitian dengan menggunakan teori – teori yang relevan. Penulisan tinjauan pustaka bertujuan untuk memperkuat penelitian yang dilakukan dengan berlandaskan penelitian yang sudah ada, sehingga dalam bab ini terdapat beberapa referensi dari penelitian sebelumnya antara lain Tak & Rumbino (2022), Arsyad (2021), Mujiono (2020), Yitno dkk (2016), dan Fadli (2015).

2.2 Penelitian Terdahulu

Tak & Rumbino (2022) telah melakukan penelitian tentang Analisis Pencapaian Target Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Di Quarry PT. Bumi Indah Desa Benu kecamatan Takari Kabupaten Kupang. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh yang signifikan antar variabel (X_1 dan Y), (X_2 dan Y) dan variabel (X_1 , X_2 dan Y). Metode yang digunakan adalah metode *time study*. Berdasarkan hasil perhitungan software SPSS diperoleh uji normalitas menunjukkan nilai sig $0,200 > 0,05$, uji T menunjukkan variabel X_2 berpengaruh terhadap Y yang dibuktikan dengan hasil uji $t > 0,05$ yang berarti H_2 ditolak. Uji F menunjukkan bahwa nilai F hitung $16,086 > f$ tabel $3,34$, koefisien determinasi (R square) menunjukkan bahwa X_1 dan X_2 berpengaruh terhadap produksi aktual Y sebesar $0,510$ atau $51,0\%$. Diperoleh persamaan regresi linear, yaitu $Y = 439,728 - 0,765 X_1 - 0,171 X_2$.

Arsyad (2021) telah melakukan penelitian tentang Analisa Produktivitas Alat Berat Dalam Pekerjaan Penghamparan Material Agregat Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru – Padang Seksi IV Pekanbaru – Bangkinang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar produktivitas, mengetahui jumlah alat berat, mengetahui durasi pekerjaan dan faktor penyebab yang mempengaruhi

produktivitas. Berdasarkan dari hasil penelitian mengenai analisa produktivitas dan faktor penyebab adalah produktivitas *Excavator* per jam sebesar 192,085 m³/jam, produktivitas per hari adalah 1536.08 m³/hari, waktu siklus 16 detik. Produktivitas *Dump Truck* per jam 48,267 m³/jam, produktivitas per hari 386,141 m³/hari, waktu siklus sebesar 13 menit. Produktivitas *Motor Grader* per jam 115,709 m³/jam, produktivitas per hari 925,627 m³/hari, waktu siklus 1,99 menit. Produktivitas *Vibratory Roller* per jam 156,978 m³/jam, produktivitas per hari 1255,83 m³/hari, waktu siklus sebesar 2,54 menit. Jumlah alat berat *Excavator* sebanyak 1 unit, *Dump Truck* sebanyak 4 unit, *Motor Grader* sebanyak 2 unit, dan *Vibratory Roller* sebanyak 2 unit. Sedangkan kenyataan di lapangan jumlah *Excavator* sebanyak 1 unit, *Dump Truck* sebanyak 4 unit, *Motor Grader* sebanyak 2 unit tetapi kenyataan di lapangan *Motor Grader* yang digunakan hanya 1 unit, dan *Vibratory Roller* sebanyak 2 unit tetapi kenyataan di lapangan hanya ada 1 unit. Berdasarkan analisa, durasi pekerjaan sesuai dengan schedule dan kenyataan di lapangan yaitu selama 4 hari dengan volume pekerjaan terhampar 1257,3 m³.

Mujiono (2020) telah melakukan penelitian tentang Analisa Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Perpipaan Air Limbah Kota Pekanbaru Area Selatan (Paket SC-2). Penelitian bertujuan untuk memperoleh produktivitas alat berat, waktu pelaksanaan dan biaya operasional alat berat. Penelitian ini menggunakan beberapa metode penelitian yaitu observasi lapangan, data primer, dan data sekunder. Berdasarkan dari hasil analisa kapasitas produktivitas, waktu, dan biaya pada analisa peneliti secara alternatif. Pada analisa peneliti untuk kapasitas produktivitas *Dump Truck* mendapatkan nilai produktivitas sebesar 2,68 m³/jam dengan jumlah alat berat 3 unit dan pada kapasitas produktivitas *Excavator* mendapatkan nilai produktivitas sebesar 23,24 m³/jam dengan jumlah alat berat 1 unit serta waktu yang dibutuhkan oleh kedua alat untuk menyelesaikan pekerjaan yaitu selama 336 hari dengan total biaya keseluruhan alat berat sebesar Rp. 1.014.871.245,1. Sedangkan pada analisa alternatif mendapatkan kapasitas produktivitas *Dump Truck* sebesar 3,35 m³/jam dengan jumlah alat berat 2 unit dan kapasitas produktivitas *Excavator* sebesar 31,7 m³/jam dengan jumlah alat berat 1

unit serta waktu untuk menyelesaikan pekerjaan yaitu selama 336 hari dengan total biaya keseluruhan alat berat sebesar Rp. 921.778.491,60.

Yitno dkk (2016) telah melakukan penelitian tentang Model Produktivitas Alat Berat Excavator Berdasarkan Karakteristik Operator. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat model produktivitas alat berat *excavator* berdasarkan karakteristik operator ditinjau dari usia, pendidikan, pengalaman dan keahlian. Metode yang digunakan adalah metode regresi linier berganda. Berdasarkan hasil perhitungan software SPSS diperoleh uji F bahwa nilai F hitung $10,643 > F$ tabel 2,728, koefisien determinasi (R square) menunjukkan bahwa variabel bebas (Usia, Pendidikan, Pengalaman, Keahlian) berpengaruh terhadap variabel terikat (Produktivitas) sebesar 0,612 atau 61,2%. Diperoleh persamaan regresi linear, yaitu $Y = 0,767 - 0,061 X_1 + 0,009 X_2 + 0,373 X_3 + 0,374 X_4$.

Fadli (2015) telah melakukan penelitian tentang Analisa Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Simpang Beringin Maredan Kabupaten Siak. Penelitian bertujuan untuk memperoleh produktivitas alat berat, waktu pelaksanaan dan biaya operasional alat berat. Metode yang digunakan adalah observasi lapangan dan data sekunder. Metode ini adalah metode analisis alat berat dengan memperhitungkan kapasitas produksi, waktu (durasi) pelaksanaan pekerjaan, dan biaya operasional dari alat berat. Berdasarkan hasil perhitungan dilapangan diperoleh produktivitas, waktu (durasi) pelaksanaan pekerjaan dan biaya operasional dengan alat berat *Wheal Loader*, kapasitas produksi $119,734 \text{ m}^3/\text{jam}$, waktu 24 jam, dan biaya Rp.15.851.528,42. *Dump Truck* kapasitas produksi $4,188 \text{ m}^3/\text{jam}$, waktu 83 jam, dan biaya Rp.630.561.878,4. *Motor Grader*, kapasitas produksi $115,346 \text{ m}^3/\text{jam}$, waktu 18 jam, dan biaya Rp.15.996.024,56. *Vibration Roller*, kapasitas produksi $45 \text{ m}^3/\text{jam}$, waktu 45 jam, dan biaya Rp.31.260.406,26. *Water Tank Truck*, kapasitas produksi $85,714 \text{ m}^3/\text{jam}$, waktu 33 jam, biaya Rp.17.428,699,79.

2.3 Keahlian Penelitian

Setiap objek penelitian ini memiliki permasalahan yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh lokasi proyek, volume pekerjaan, jenis pekerjaan, jenis alat berat

dan waktu pelaksanaan, atas inilah penulis merasa penelitian ini belum diangkat sebagai Tugas Akhir. Dapat di lihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian

Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Peneitian	Pembahasan
Tak & Rumbino (2022)	Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh yang signifikan antar variabel (X_1 dan Y), (X_2 dan Y) dan variabel (X_1 , X_2 dan Y).	Metode yang digunakan adalah metode regresi linier berganda.	Dengan tingkat kepercayaan 95% atau $\alpha = 0,05$. Koefesien determinasi (R^2) sebesar 0,510 atau 51,0%. Diperoleh persamaan regresi linear berganda yaitu $Y = 439,728 - 0,765 X_1 - 0,171 X_2$. Dimana $X_1 = Excavator$, dan $X_2 = Dump Truck$. Material berupa agregat kelas A. Faktor hambatan yaitu variasi waktu edar dari <i>excavator</i> berupa berpindahannya untuk pengambilan material sehingga berdampak pada waktu siklus. Material 1 <i>excavator</i> tetap ditempat dan material 2 <i>excavator</i> berjalan dengan jarak 1 meter. Untuk waktu siklus <i>dump truck</i> tergantung dari waktu siklus <i>excavator</i> .
Arsyad (2021)	Untuk mengetahui besar produktivitas, mengetahui jumlah alat berat, mengetahui durasi pekerjaan dan faktor	Metode yang digunakan adalah metode <i>time study</i> .	Produktivitas <i>excavator</i> 192,085 m^3/jam , waktu siklus 16 detik. <i>Dump truck</i> 48,267 m^3/jam , waktu siklus 13 menit. <i>Motor grader</i> 115,709 m^3/jam , waktu siklus 1,99 menit. Dan <i>vibratory roller</i> 156,978 m^3/jam , waktu siklus 2,54 menit.

	penyebab yang mempengaruhi produktivitas.		
Mujiono (2020)	Untuk memperoleh produktivitas alat berat, waktu pelaksanaan dan biaya operasional alat berat.	Metode analisis alat berat dengan memperhitungkan kapasitas produktivitas, waktu, dan biaya pada analisa peneliti secara alternatif.	Analisa peneliti produktivitas <i>dump truck</i> 2,68 m ³ /jam dan <i>excavator</i> 23,24 m ³ /jam. Analisa alternatif produktivitas <i>dump truck</i> 3,35 m ³ /jam dan <i>excavator</i> 31,7 m ³ /jam.
Yitno dkk (2016)	untuk membuat model produktivitas alat berat <i>excavator</i> berdasarkan karakteristik operator ditinjau dari usia, pendidikan, pengalaman dan keahlian	Metode yang digunakan adalah metode analisis regresi linier berganda.	Dengan tingkat kepercayaan 95% atau $\alpha = 0,05$. Koefisien determinasi (R square) sebesar 0,612 atau 61,2%. Diperoleh persamaan regresi linear berganda yaitu $Y = 0,767 - 0,061 X_1 + 0,009 X_2 + 0,373 X_3 + 0,374 X_4$. Dimana $X_1 = \text{Usia}$, $X_2 = \text{Pendidikan}$, $X_3 = \text{Pengalaman}$, dan $X_4 = \text{Keahlian}$. Pengalaman dan keahlian sangat berpengaruh dilihat dari masa kerja operator lebih dari 5 tahun dan hasil wawancara dengan operator sudah beberapa kali mengerjakan pekerjaan di tempat atau medan rawa, lahan gambut, sungai serta jenis tanah yang bervariasi. Sedangkan keahlian dilihat dari

			cara mengoperasikan alat berat dari waktu relatif cepat dan volume yang dicapai lebih besar. Usia dan pendidikan tidak terlalu mempengaruhi karena volume kerja yang dihasilkan tidak melihat dari umur dan latar belakang pendidikan.
Fadli (2015)	Untuk memperoleh produktivitas alat berat, waktu pelaksanaan, biaya operasional alat berat, dan hasil analisa komparasi dengan peneliti dahulu.	Metode analisa alat berat dengan memperhitungan kapasitas produksi, waktu (durasi) pelaksanaan pekerjaan, dan biaya operasional dari alat berat.	Kapasitas produksi <i>wheel loader</i> 119,734 m ³ /jam, waktu 24 jam. <i>Dump truck</i> 4,188 m ³ /jam, waktu 83 jam. <i>Motor grader</i> 115,346 m ³ /jam, waktu 18 jam, <i>Vibration roller</i> 45 m ³ /jam, waktu 45 jam. Dan <i>water tank truck</i> 85,714 m ³ /jam, waktu 33 jam.

Dari Tabel 2.1 dapat dilihat perbandingan atau keaslian penelitian ini mirip dengan penelitian yang dilakukan oleh Arsyad, namun berbeda pada metode penelitian yang dilakukan. Penelitian ini menggunakan metode analisa regresi linier berganda sedangkan penelitian Arsyad (2021) menggunakan metode *time study*. Berdasarkan perbandingan pada tabel tersebut maka penelitian ini dapat dikatakan belum pernah diangkat terutama pada kalangan mahasiswa Universitas Islam Riau maupun Universitas lainnya. Selain itu jenis pekerjaan dan lokasi penelitian yang berbeda.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan hanya sekali dan biasanya berlangsung singkat. Proses yang terjadi dalam suatu rangkaian kegiatan mau tidak mau melibatkan pihak-pihak yang terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung. Suatu rangkaian kegiatan dalam proyek konstruksi dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu kegiatan rutin dan kegiatan proyek. Kegiatan rutin adalah rangkaian kegiatan terus – menerus yang berulang dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama, sedangkan kegiatan proyek adalah rangkaian kegiatan yang dilakukan hanya satu kali dan sering dalam jangka waktu yang singkat. Dengan demikian, kegiatan proyek memiliki awal dan akhir kegiatan yang jelas dan hasil kegiatan yang unik (Ervianto, 2002).

Kegiatan konstruksi adalah kegiatan yang harus melalui suatu proses yang panjang, yang di dalamnya terdapat banyak permasalahan yang harus diselesaikan. Selanjutnya, kegiatan konstruksi mencakup rangkaian kegiatan yang berurutan dan saling terkait. Biasanya rangkaian tersebut dimulai dari lahirnya suatu ide yang muncul dari suatu kebutuhan, pemikiran kemungkinan untuk mengimplementasikannya, keputusan untuk menguraikan dan menjelaskan secara lebih rinci tentang rumusan kebutuhan tersebut, penuangan dalam bentuk dari rancangan awal, melakukan pembuatan rancangan yang lebih rinci dan pasti, mengelola persiapan administrasi untuk pelaksanaan pembangunan dengan memilih calon pelaksana, melaksanakan pembangunan ke lokasi yang dituju, serta pemeliharaan dan persiapan penggunaan bangunan tersebut (Ervianto, 2002).

Kegiatan proyek adalah kegiatan sementara yang berlangsung untuk jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk yang kriteria mutunya telah ditetapkan dengan jelas (Soeharto, 1999).

3.2 Alat Berat

Alat berat adalah suatu alat yang dirancang atau didesain untuk dapat melakukan suatu fungsi atau kegiatan proses konstruksi berat apabila dikerjakan oleh tenaga manusia, seperti mengangkut, memindahkan, mengangkat, memuat, menggali, mencampur dan selanjutnya dengan cara yang sederhana, cepat, efisien, dan aman (Asiyanto dalam Handayani, 2015).

Alat berat yang dikenal di dalam ilmu Teknik Sipil adalah alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan konstruksi infrastruktur di bidang konstruksi. Alat berat merupakan elemen penting dalam proyek, terutama proyek konstruksi skala besar. Tujuan dari alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga dapat mencapai hasil yang diinginkan dengan lebih mudah dalam waktu yang relatif lebih singkat dan diharapkan hasilnya akan lebih baik. Alat berat yang umumnya dipakai didalam proyek konstruksi seperti *dozer*, alat gali (*excavator*) seperti *bachoe*, *front shovel*, *clamshell*; alat pengangkut seperti *loader*, *dump truck* dan *conveyor belt*; alat pemadat tanah seperti *roller* dan *compactor*, dan lain-lain (Rostiyanti, 2008).

Pemilihan alat berat yang akan digunakan merupakan salah satu faktor terpenting dalam keberhasilan suatu proyek. Alat berat yang dipilih harus sesuai agar pekerjaan dapat berjalan dengan lancar. Kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat mengakibatkan pekerjaan tidak berjalan dengan baik. Akibatnya, keterlambatan penyelesaian pekerjaan dapat terjadi yang menyebabkan meningkatnya biaya. Produktivitas yang rendah dan waktu yang dibutuhkan untuk membeli alat berat lain yang lebih sesuai adalah hal yang menyebabkan tingginya biaya (Kholil, 2012).

Pekerjaan tanah biasanya harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu. Oleh karena itu kapasitas harian yang telah ditentukan harus dipenuhi. Untuk itu diperlukan pengetahuan yang cukup untuk menganalisa kemampuan alat berat yang digunakan. Optimalisasi penggunaan alat berat adalah suatu metode yang digunakan dalam pemilihan dan penggunaan alat berat dengan tujuan untuk meminimalkan biaya yang dikeluarkan untuk kombinasi alat tersebut. Peran alat berat dalam pekerjaan konstruksi sipil memang tidak dapat dipisahkan, karena alat

tersebut memberikan efisiensi yang tinggi dibandingkan dengan tenaga manusia (*manual*) yang menggunakan alat – alat kerja (Prodjosumarto, 1996).

Saat proyek akan dimulai, kontraktor akan memilih alat berat yang akan digunakan untuk proyek tersebut. Pemilihan alat berat yang akan digunakan merupakan faktor penting dalam keberhasilan suatu proyek. Penggunaan alat berat untuk memudahkan kita dalam menyelesaikan pekerjaan, sehingga mendapatkan hasil yang diinginkan tepat waktu. (Rostiyanti, 2008).

Alat berat yang digunakan dalam ilmu teknik sipil adalah alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan konstruksi suatu struktur. Alat berat atau peralatan dalam pekerjaan sipil sangat terlibat dengan pemindahan tanah (*earth moving*) dan segala aspek timbul dari peralatan yang digunakan untuk memindahkan tanah (Jaya & Sutandi, 2019).

Dalam hal pemindahan tanah, selain memindahkan juga membentuk permukaan tanah yang harus sesuai kondisi fisik/teknis yang diinginkan. Beberapa jenis peralatan dan metode diperlukan untuk membentuk permukaan tanah di lokasi baru. Karena pekerjaan ini melibatkan tanah, batuan, vegetasi (pohon, semak belukar, dan rumput liar) maka penting untuk mengetahui sifat tanah dan tipe galian tanah (Jaya & Sutandi, 2019).

Sifat fisik yang harus dihadapi alat berat akan berpengaruh dalam (Jaya & Sutandi, 2019) :

1. Menentukan jenis alat dan kapasitas produksi.
2. Perhitungan volume pekerjaan.
3. Kemampuan kerja alat pada kondisi material yang ada.

Keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan alat berat (Wilopo dalam Setiawati & Maddeppungeng, 2013) antara lain :

1. Waktu pengerjaan lebih cepat
Mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
2. Tenaga besar
Melaksanakan jenis pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan manusia.

3. Ekonomis

Karena alasan efisiensi, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor- faktor ekonomis lainnya.

4. Mutu hasil kerja lebih baik

Dengan memakai alat berat, mutu hasil kerja menjadi lebih baik dan presisi.

3.3 Pengoperasian Alat Berat

Pengoperasian peralatan diatur oleh bagian peralatan dengan membuat tabulasi penggunaan alat (*equipment working scedule*) dengan tujuan menghindari waktu kosong untuk setiap peralatan. Waktu kosong atau waktu peralatan tidak bekerja adalah waktu dimana peralatan mengganggu untuk menunggu tugas, menunggu suku cadang dan menunggu operator, yang tentunya dapat merugikan karena berarti pemborosan terhadap waktu. Penggunaan alat harus dijadwalkan dengan seksama agar waktu kosong ada lebih sedikit. Program ini biasanya dilakukan oleh bagian peralatan setelah program pelaksanaan proyek diperoleh. Biasanya cara penggunaan alat terdapat didalam *operation* manual, sedangkan perawatan alat terdapat didalam *shop* manual dari masing – masing alat (Indrayani & Fuad, 2010).

Penggunaan alat memerlukan pengelolaan yang baik dan ketat untuk menghindari pemborosan dan meningkatkan efisiensi, sehingga perlu dilakukan pengelolaan alat agar pengelolaan alat lebih menguntungkan. Konsep manajemen peralatan mencakup beberapa hal, yaitu (Indrayani & Fuad, 2010) :

1. Perencanaan alat, dimana faktor – faktor yang mempengaruhi perencanaan peralatan adalah volume alat, spesifikasi pekerjaan dan waktu pelaksanaan pekerjaan.
2. Organisasi bagian alat, merupakan perangkat manajemen yang sangat penting. Dengan organisasi ini maka peralatan dapat dilakukan dengan efektif dan efisien. Pengetahuan yang diperlukan untuk menyusun organisasi bagian alat antara lain pengalaman, pengetahuan/keterampilan operasi peralatan, efisiensi penggunaan peralatan, perawatan peralatan, dan penyediaan suku cadang.

3. Pelaksanaan, dimana hasil pelaksanaan pengoperasian alat dicatat dan dikumpulkan di dalam catatan peralatan, agar dapat dianalisis kemampuan tiap jenis, tipe dan merek alat.
4. Pengawasan dan evaluasi, merupakan program yang dilakukan terhadap pengoperasian maupun pemeliharaan/perawatan alat.

Untuk mengoperasikan alat berat perlu membutuhkan aspek – aspek penting yang perlu di pertimbangkan untuk mempermudah pekerjaan konstruksi. Aspek-aspek penting itu adalah :

3.3.1 Waktu Siklus

Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan alat berat untuk melaksanakan satu siklus operasi. Setiap alat memiliki cara tertentu untuk menghitung waktu siklus tergantung dari cara kerja masing-masing alat (Rostiyanti, 2008).

Waktu siklus sangat mempengaruhi produktivitas alat berat karena waktu siklus merupakan faktor penentu untuk menghitung perjalanan bolak – balik yang dapat diselesaikan dalam satu jam kerja. Besar kecilnya waktu siklus akan menghasilkan tinggi rendahnya produktivitas alat berat, dimana total waktu siklus yang relatif kecil pasti akan menghasilkan produktivitas alat berat yang tinggi, dan sebaliknya besarnya waktu siklus akan mengakibatkan rendahnya produktivitas alat berat.

Siklus kerja dalam pemindahan material adalah kegiatan yang dilakukan berulang-ulang. Pekerjaan utama dari kegiatan ini adalah menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan dan kembali ke operasi semula. Semua operasi ini dapat dilakukan dengan satu alat atau beberapa alat (Rostiyanti, 2008).

Waktu yang diperlukan di dalam siklus kegiatan di atas disebut waktu siklus atau *cycle tyme* (CT). Waktu siklus terdiri dari beberapa unsur (Rostiyanti, 2008):

1. Waktu muat atau *Loading Time* (LT) merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk memuat material ke dalam angkut sesuai dengan kapasitas alat angkut tersebut.
2. Waktu angkut atau *Hauling Time* (HT) waktu yang diperlukan oleh suatu alat untuk bergerak dari tempat muat ke tempat bongkar.

3. Waktu kembali atau *Return Time* (RT) waktu kembali lebih singkat dari pada waktu berangkat karena kendaraan dalam keadaan kosong.
4. Waktu bongkar atau *Dumping Time* (DT) waktu ini tergantung dari jenis tanah, jenis alat, dan metode yang dipakai. Waktu pembongkaran merupakan bagian terkecil dari waktu siklus.
5. Waktu tunggu atau *Sptting Time* (ST) pada saat kembali ketempat muat adakalanya alat tersebut perlu antri dan menunggu sampai alat diisi kembali. Saat mengantri dan menunggu ini disebut waktu tunggu.

Waktu siklus sangatlah berpengaruh terhadap produksi kerja alat berat. Jadi besar kecilnya waktu siklus akan dapat menentukan tinggi atau rendahnya produksi alat berat, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Komponen waktu siklus (Nabar, 1998)

No.	Jenis Alat	Waktu Siklus			
		I	II	III	IV
1	Excavator	Waktu mengisi bucket	Waktu angkut	Waktu buang	Waktu kembali
2	Dump Truck	Waktu muat	Waktu angkut	Waktu buang	Waktu kembali
3	Bulldozer	Waktu menggusur	Waktu kembali	-	-
4	Vibratory Roller	Waktu memadatkan	-	-	-

Dari Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa jenis alat berat berbeda dan waktu siklus berdeda. Setiap alat berat memiliki perbedaan kegiatan.

3.3.2 Efisiensi Alat

Dalam pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan alat berat terdapat faktor yang mempengaruhi produktivitas alat yaitu efisiensi alat. Bagaimana efektivitas alat tersebut bekerja tergantung dari beberapa faktor, yaitu (Rostiyanti, 2008) :

1. Kemampuan operator dalam memakai alat.
2. Pemeliharaan alat.
3. Perencanaan dan pengaturan letak.
4. Topografi dan volume pekerjaan.
5. Metode pelaksanaan alat.

Cara umum untuk menentukan efisiensi alat adalah dengan menghitung berapa menit alat tersebut bekerja efektif dalam satu jam.

Faktor efisiensi harus diperhatikan agar kondisi lapangan dapat disesuaikan. Beberapa faktor efisiensi perlu diperhatikan dalam perhitungan produksi kerja alat berat (Nabar dalam Indrayani & Fuad, 2010) antara lain yaitu :

1. Faktor Efisiensi Kerja

Dua faktor yang menyebabkan perlu diperhitungkan efisiensi kerja antara lain:

- a. Faktor alat, dimana apabila ditinjau dari segi peralatannya maka tidak mungkin menggunakan suatu alat batas waktu yang tidak terbatas tanpa istirahat sehingga dibutuhkan waktu untuk pendinginan alat setelah bekerja dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan petunjuk / aturan pakai yang dikeluarkan dari pabrik.
- b. Faktor manusia, dimana tenaga manusia yang mengoperasikan alat sebagai operator juga tidak mungkin dapat bekerja secara terus-menerus dalam jangka waktu yang panjang dikarenakan keterbatasan dari tenaga manusia itu sendiri.

2. Faktor Koreksi

Faktor koreksi digunakan untuk merubah taksiran produksi dengan pekerjaan tertentu dan kondisi tempat. Dimana faktor koreksi akan berbeda-beda sesuai dengan jenis pekerjaan dan jenis alat yang digunakan.

3. Faktor Lain-lain

Faktor lain-lain ini diperhitungkan untuk menghindari kerugian akibat adanya kesalahan dari perhitungan ataupun kesalahan dalam memprediksi berbagai faktor yang akan mempengaruhi produksi kerja alat berat.

Dari beberapa pengalaman praktis, nilai efisiensi alat berat ditinjau dari sisi perawatan alat berat dan kondisi lapangan ditampilkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Faktor efisiensi alat berat (PUPR, 2016)

No.	Kondisi Operasi	Pemeliharaan Mesin				
		Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
1	Baik Sekali	0.83	0.81	0.76	0.70	0.63
2	Baik	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
3	Sedang	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
4	Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
5	Buruk Sekali	0.53	0.50	0.47	0.42	0.32

Tabel 3.2 menunjukkan faktor efisiensi alat berat yang berisikan tentang kondisi operasional oleh operator alat berat dan kondisi perawatan mesin oleh mekanik alat berat tersebut. Kondisi perawatan mesin yang baik pastinya akan mempengaruhi tingkat kondisi operasional alat berat oleh operator tersebut.

3.3.3 Produktivitas Alat Berat

Produktivitas adalah kemampuan alat dalam satuan waktu (m^3/jam), dan alat berat merupakan faktor yang penting dalam proyek, terutama proyek konstruksi dalam skala besar. Tujuan penggunaan alat berat adalah untuk memudahkan manusia dalam melakukan pekerjaan sehingga hasil yang diinginkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif singkat. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas, waktu siklus alat, dan efisiensi alat. Siklus kerja dalam pemindahan material adalah kegiatan yang dilakukan berulang – ulang. Waktu yang

diperlukan dalam siklus kegiatan disebut waktu siklus atau *Cycle Time* (CT) (Febrianti & Zulyaden, 2017).

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *out put* dan *input*, atau rasio antara hasil produksi terhadap total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi, tingkat produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, dan dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, bahan, uang, metoda dan peralatan. Keberhasilan atau kegagalan proyek konstruksi tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya (Ervianto, 2002).

Jumlah siklus adalah waktu yang dibutuhkan untuk produksi / jam. Waktu siklus meliputi waktu muat atau *loading time* (LT), waktu angkut dalam keadaan bermuatan *hauling time* (HL), waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT), waktu kembali dalam keadaan kosong atau *return time* (RT) dan waktu tunggu atau *potting time* (ST).

Produktivitas alat berat dilapangan tidak sama dengan keadaan alat yang kondisi ideal karena beberapa faktor seperti topografi, keahlian operator, pengoperasian dan pemeliharaan alat. Produktivitas alat per jam yang perlu diperhatikan dalam perencanaan adalah produktivitas alat standart dalam kondisi ideal dikalikan dengan faktor yang disebut efisiensi kerja. Nilai efisiensi kerja sulit ditentukan secara tepat, namun berdasarkan percobaan dapat ditentukan bahwa efisiensi kerja mendekati kenyataan. Efektivitas alat tergantung pada beberapa hal, yaitu (Rochmanhadi, 1992) :

1. Kemampuan operator pemakaian alat
2. Pemilihan dan pemeliharaan alat
3. Perencanaan dan pengaturan letak alat
4. Topografi dan volume pekerjaan
5. Kondisi cuaca
6. Metode pelaksanaan alat

Nilai efisiensi kerja alat berat dapat dilihat dari kondisi operasi alat berat yang digunakan di lokasi kerja. Nilai efisiensi kondisi operasi alat berat digunakan untuk menghitung produktivitas alat berat.

3.4. Dasar Pemilihan Alat Berat

Dasar pemilihan alat berat yang digunakan dalam proyek harus dipertimbangan dengan matang untuk memastikan bahwa pekerjaan selesai tepat waktu dan dengan kualitas yang ditentukan. Untuk menyelesaikan pekerjaan proyek dengan tepat waktu, diperlukan alat berat dalam kondisi baik dan dapat menyelesaikan pekerjaan dengan biaya yang relatif murah. Penggunaan alat berat adalah solusi utama untuk menggantikan tenaga manusia (Zulkarnain, 2020).

Pemilihan alat berat yang akan digunakan adalah salah satu faktor penting dalam keberhasilan suatu proyek. Alat berat yang dipilih harus dari jenis, ukuran dan jumlah yang benar. Ketepatan dalam pemilihan alat berat akan memudahkan jalannya sebuah proyek. Kesalahan dalam pemilihan alat berat berarti proyek menjadi berjalan tidak lancar (Zulkarnain, 2020).

Untuk pekerjaan pemindahan tanah, alat berat yang mampu bekerja dengan masing – masing alat ini sering digunakan. Pemindahan tanah adalah ilmu yang mempelajari tentang susunan tanah atau bahan yang diolah dan akan mengalami perubahan yang disebabkan oleh unsur tanah itu sendiri. Perubahan ini akan memberi perlawanan terhadap alat pemindahannya (Indrayani dan Fuad, 2010). Untuk menentukan kebutuhan peralatan, beberapa faktor yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Jenis Pekerjaan

Penggunaan alat berat pada dasarnya dipilih karena kemajuan teknologi dan kemampuan alat itu sendiri untuk menggantikan tenaga manusia dengan tenaga mesin. Pemilihan alat dilakukan karena banyaknya pekerjaan dan juga ketidakmampuan menggunakan tenaga manusia.

Jenis – jenis pekerjaan yang dilakukan dengan menggunakan alat berat, yaitu (Rostiyanti, 2008) :

1. Menggali material-material seperti tanah.
2. Meratakan material untuk membentuk permukaan.
3. Menimbun material.
4. Memuat material ke alat angkut.
5. Memadatkan material.
6. Mengangkat/mengangkut material menuju lokasi pekerjaan.

2. Prinsip Dasar Perhitungan Produksi Alat Berat

Permukaan tanah biasanya bukan merupakan tanah dasar. Pada saat melakukan pekerjaan proyek terlebih dahulu tanah harus diratakan untuk memudahkan pekerjaan. Tanah yang ketinggiannya melebihi elevasi yang diinginkan harus dipotong, sedangkan tanah yang ketinggian kurang dari elevasi yang diinginkan harus ditimbun. Ada beberapa metode untuk menentukan volume tanah yang perlu dibuang atau ditimbun. Untuk proyek bangunan biasanya digunakan metode grid sedangkan untuk proyek jalan metode yang digunakan adalah metode ruas. Metode lain juga digunakan untuk proyek jalan adalah metode diagram massa (Rostiyanti, 2008). Produksi kerja alat berat yang digunakan sangat mempengaruhi terhadap waktu kerja, artinya dengan menggunakan alat berat pekerjaan dapat dilakukan lebih cepat.

Keuntungan – keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan alat berat antara lain (Wilopo dalam Setiawati & Maddeppungeng, 2013) :

1. Waktu pengerjaan lebih cepat
Mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
2. Tenaga besar
Melaksanakan jenis pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia.
3. Ekonomis
Karena alasan efisiensi, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor – faktor ekonomis lainnya
4. Mutu hasil kerja lebih baik

3.5 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat

Pemilihan alat berat yang tepat dilakukan pada tahap perencanaan menjadi faktor penentu. Tidak semua jenis alat berat dapat digunakan di setiap proyek konstruksi. Kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat mengakibatkan tertundanya pelaksanaan proyek, sehingga mengakibatkan membengkaknya biaya proyek konstruksi. Untuk itu pengetahuan tentang fungsi dan spesifikasi alat berat

memegang peranan penting dalam pemeliharaan alat berat yang tepat. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat yaitu (Kholil, 2012) :

1. Fungsi yang akan dilaksanakan, alat berat yang akan digunakan disesuaikan dengan fungsinya terhadap pekerjaan yang akan dilaksanakan.
2. Kapasitas peralatan, alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut. Kapasitas alat yang dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.
3. Cara pengeporasian, alat disesuaikan dengan mobilitas (jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan, dll) yang telah ditetapkan.
4. Pembatas dari metode yang dipakai, batasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya dan pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat berubah.
5. Ekonomi, pemilihan alat juga mempertimbangkan biaya investasi atau sewa, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan.
6. Jenis proyek atau pekerjaan, pada jenis proyek yang berbeda, akan digunakan jenis alat berat yang berbeda pula.
7. Lokasi proyek, lokasi proyek juga akan mempengaruhi pemilihan alat berat yang digunakan.
8. Jenis dan daya dukung tanah, jenis tanah dilokasi pekerjaan serta jenis material yang akan dikerjakan juga mempengaruhi pemilihan alat berat yang akan digunakan.
9. Kondisi lapangan, kondisi lapangan yang sulit akan berbeda dengan kondisi lapangan yang standar dalam pemilihan alat berat.

3.6 Jenis dan Fungsi Alat Berat

Pemakaian alat berat bertujuan untuk mempermudah pekerjaan yang sulit dilakukan oleh tenaga manusia karena memakan waktu relatif lama. Oleh karena itu, penggunaan alat berat merupakan solusi yang sangat baik, karena pekerjaan yang dilakukan relatif cepat dan efisien. Alat berat memiliki jenis dan fungsi yang berbeda – beda, adapun fungsinya adalah sebagai berikut (Rostiyanti, 2008) :

1. Alat Penggali

Jenis alat dikenal dengan istilah *excavator*. Alat berat yang digunakan untuk menggali tanah dan batuan yaitu *front shovel*, *backhoe*, *dragline* dan *clamshell*.

2. Alat Pengangkut Material

Pengangkut material dibagi menjadi pengangkutan horizontal dan vertikal. *Truck* dan *wagon* termasuk dalam alat pengangkutan horizontal karena material yang diangkut hanya dipindahkan secara horizontal dari satu tempat ke tempat lain. *Truck* dan *wagon* memerlukan alat lain untuk membantu memuat material ke dalamnya.

3. Alat Pengolah Lahan

Kondisi lahan proyek merupakan lahan asli yang harus dipersiapkan sebelum lahan tersebut mulai diolah. Jika pada lahan masih terdapat semak atau pepohonan maka pembukaan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan *dozer*. Untuk pengangkatan lapisan tanah paling atas dapat digunakan *scraper*. Sedangkan untuk pembentukan permukaan supaya rata selain *dozer* dapat digunakan juga *motor grader*.

4. Alat Pemadatan

Pemadatan dilakukan untuk pembuatan jalan baik itu jalan tanah dengan penegerasan lentur maupun pengerasan kaku. Alat pemadatan adalah *tamping roller*, *pneumatic-tired roller*, *compactor*, *vibratory roller*, dan lain-lain.

3.6.1 Excavator

Excavator adalah alat berat yang terdiri dari mesin di atas roda khusus yang dilengkapi dengan lengan (*arm*), alat pengeruk (*bucket*), keranjang dan rumah dalam sebuah wahana putar dan digunakan untuk penggalian. Biasanya digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan berat yang tidak bisa dilakukan oleh tangan manusia (Rostiyanti, 2008).

Excavator terdiri dari tiga bagian utama sebagai berikut (Zulkarnain, 2020) :

1. Bagian atas yang dapat berputar (*revolving unit*).
2. Bagian bawah untuk berpindah tempat (*travelling unit*).
3. Bagian-bagian tambahan (*attachment*) yang dapat diganti sesuai dengan jenis pekerjaan yang akan dikerjakan.

Attachment yang penting kita ketahui adalah *crane*, *dipper*, *shovel*, *bachoe*, *dragline*, dan *clamshell*. Bagian bawah *Excavator* ada yang menggunakan roda rantai (*clawler truck*) dan ada yang dipasang diatas truck (*mounted truck*). Umumnya *Excavator* mempunyai tiga pasang mesin penggerak pokok yaitu (Febrianti & Zakia, 2018) :

1. Penggerak untuk mengendalikan *attachment*, mengangkat, menggali.
2. Penggerak untuk memutar *revolving unit*.
3. Penggerak untuk menjalankan *Excavator* agar dapat berpindah-pindah tempat.

Waktu siklus *Excavator* terdiri dari 4 komponen yaitu (Ramadhan & Kesuma, 2018) :

1. Waktu mengisi bucket (*excavating time*)
2. Waktu putar saat bermuatan penuh (*loaded swing time*)
3. Waktu bongkar muatan (*dumping time*)
4. Waktu putar kosong (*empty swing time*)

Keempat gerakan tersebut menentukan lama waktu siklus *Excavator*, namun waktu siklus ini juga tergantung dari ukuran *Excavator*, *Excavator* yang kecil waktu siklusnya akan lebih cepat dibandingkan dengan *Excavator* ukuran besar, dan tentu saja kondisi kerja berpengaruh.

Excavator adalah alat yang berfungsi sebagai penggali tanah maupun pemuat tanah, mampu menggali lebih teliti, pada tipe yang digerakkan secara hydraulic. Alat ini bekerja dengan cara mengeruk atau menggali material dengan menggunakan bucket yang dipasang dibagian depan yang ditempatkan dibawah permukaan tanah atau diatas alat itu sendiri untuk dipindahkan ke suatu tempat yang telah ditentukan atau memuat ke suatu alat berat untuk memindahkan (Ramadhan & Kesuma, 2018). *Excavator* yang digunakan untuk menggali material di lokasi pekerjaan, dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Excavator (United Tractor, 2021)

Dari Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa Excavator berfungsi untuk memudahkan pekerjaan penggali untuk memuat material ke Dump Truck, yang digerakkan dengan tenaga mesin diesel dan berjalan diatas kaki roda rantai.

Adapun untuk mencari produksi kerja *Excavator* adalah dengan menggunakan rumus dalam Persamaan 3.1

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{C_{ms}} \quad (3.1)$$

dimana :

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

q = Produksi persiklus (m^3)

C_{ms} = Waktu siklus *excavator* (detik)

E = Efisiensi kerja

Untuk mencari produksi persiklus *Excavator* dapat menggunakan rumus pada Persamaan 3.2

$$q = ql \times K \quad (3.2)$$

dimana :

ql = Kapasitas bucket (m^3)

K = Faktor pengisian bucket

Untuk menghitung waktu siklus *Excavator* dapat menggunakan rumus pada Persamaan 3.3

$$C_{ms} = t_m + t_{pb} + t_b + t_{pk} \quad (3.3)$$

dimana :

t_m = Waktu muat bucket (*digging time*)

t_{pb} = Waktu putar bermuatan (detik)

t_b = Waktu buang (detik)

t_{pk} = Waktu mengayun saat muatan kosong (detik)

Jenis tanah pada proyek yang diamati memiliki pengaruh besar pada perhitungan produktivitas. Kondisi lapangan juga diperoleh dengan observasi. Penentuan waktu siklus didasarkan pada pemilihan kapasitas bucket (Rostiyanti, 2008).

Faktor pengisian bucket adalah keadaan pengisian saat menggali, , terkadang penuh dan terkadang peres, sehingga saat menggali tidak selalu munjung terus atau peres terus (Zulkarnain, 2020).

Tabel 3. 3 Faktor Pengisian Bucket Untuk *Excavator* (Peurifoy, 2006)

Material	Faktor Pengisi Bucket
Tanah biasa, lempung	0,8 – 1,1
Pasir dan kerikil	0,9 – 1
Lempung padat	0,65 – 0,95
Lempung basah	0,5 – 0,9
Batu, pecahan sempurna	0,7 – 0,9
Batu, pecahan buruk	0,4 – 0,7

Dari Tabel 3.3 dapat dilihat faktor-faktor pengisi *bucket Excavator* sangat berpengaruh dalam produktivitas kerja seperti Tanah biasa, lempung faktor pengisi bucketnya 0,8-1,1, Pasir dan kerikil 0,9-1, Lempung padat 0,65-0,95, Lempung basah 0,5-0,9, Batu, pecahan sempurna 0,7-0,9, dan Batu, pecahan buruk 0,4-0,7.

3.6.2 Dump Truck

Dump truck adalah alat yang digunakan untuk memindahkan tanah, pasir, dan material konstruksi lainnya yang telah dimuat ke dalam bak belakang oleh

Excavator pada jarak menengah hingga jarak jauh (500 m atau lebih). Seperti diketahui bahwa material yang telah diisi ke dalam bak akan dibongkar oleh *Dump Truck* ke lokasi yang ditentukan terlebih dahulu (Ramadhan & Kesuma, 2018).

Perhitungan produktivitas *Dump Truck* dihitung dengan mengetahui berapa lama siklus dari *Dump Truck*. Dimulai dari berapa lama waktu yang diperlukan untuk mengisi bak *Dump Truck*, berapa lama waktu yang diperlukan *Dump Truck* berjalan ke lokasi penuangan material, berapa lama waktu yang diperlukan *Dump Truck* melakukan dumping dan berapa lama waktu siklus *dump truck* (Rezky et al., 2014).

Produktivitas alat tergantung pada waktu siklus. Waktu siklus *Dump Truck* meliputi waktu muat, waktu angkut, waktu bongkar muatan, waktu kembali, dan mengatur posisi dan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor kerja, kondisi kerja dan kondisi jalan kerja (Rostiyanti, 2008).

Waktu siklus adalah diperoleh dengan menjumlahkan semua elemen gerakan, mulai dari dimuat, berjalan, dumping dan ke balik posisi dimuat. Produktivitas *dump truck* ditentukan oleh beberapa faktor yaitu waktu kerja, kondisi kerja, dan tata laksana. Faktor lain yang juga mempengaruhi produktivitas *dump truck* adalah situasi dan kondisi jalan kerja untuk mencapai efisiensi kerja yang tinggi, maka produktivitas harus ditingkatkan (Rezky et al., 2014).

Dump truck yang digunakan untuk mengangkut material ke lokasi pekerjaan, dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Dump Truck (United Tractor, 2021)

Dari Gambar 3.2 dapat dilihat *Dump Truck* merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan dan mengangkat material hasil galian dari lokasi pekerjaan, baik berupa pasir maupun tanah untuk keperluan konstruksi dan *Dump Truck* juga berfungsi untuk mengangkat bahan yang diperlukan di lokasi konstruksi.

Ada beberapa jenis *Dump Truck* yang sering digunakan dalam dunia konstruksi (Kusrin, 2008).

1. *Slide Dump Truck*, cara penumpahan muatan ke arah samping.
2. *Rear Dump Truck*, cara penumpahan material ke arah belakang.
3. *Rear and side Dump Truck*, cara penumpahan muatan ke arah belakang dan samping

Beberapa perhitungan (keuntungan dan kerugian) yang harus diperhatikan dalam pemilihan ukuran truck (Rochmanhadi, 1992) :

1. Truck Besar

Keuntungan menggunakan Truck Besar dalam dunia konstruksi yaitu :

- a. Lebih sedikit digunakan untuk kapasitas yang sama dengan truck kecil.
- b. Supir yang digunakan lebih sedikit.
- c. Cocok untuk angkatan jarak jauh.
- d. Waktu yang hilang dalam pemuatan lebih sedikit.

Adapun kerugian yang di dapat dalam memilih Truck Besar dalam dunia konstruksi yaitu :

- a. Kerusakan pada jalan untuk menuju ke lokasi kerja relatif lebih cepat.
- b. Pengoperasian lebih sulit karena ukurannya yang besar.
- c. Kurangnya produksi kerja jika salah satu truck tidak beroperasi.
- d. Pemeliharaan lebih sulit dilaksanakan.

2. Truck kecil

Keuntungan :

- a. Lebih lincah dalam pengoperasian.
- b. Lebih mudah mengoperasikannya.
- c. Lebih mudah dan *fleksibel* dalam pengangkutan dalam jarak dekat.
- d. Pertimbangan terhadap jalan menuju lokasi kerja lebih sederhana.
- e. Penyesuaian terhadap kemampuan loader lebih mudah.

- f. Jika salah satu unit tidak beroperasi, tidak berpengaruh.
- g. Pemeliharaan akan lebih mudah dilakukan.

Kerugian :

- a. Waktu pekerjaan lebih banyak hilang karena banyaknya truck yang beroperasi, terutama waktu nuat.
- b. Excavator lebih sukar untuk memuatnya, karena ukuran baknya kecil.
- c. Lebih banyak memerlukan tenaga supir.
- d. Biaya pemeliharaan lebih besar, karena lebih banyak truck dan juga tenaga pemeliharannya.

Dengan memperhatikan faktor-faktor diatas kiranya cukup untuk memilih kapasitas dari *Dump Truck* yang betul – betul memenuhi kebutuhan dalam pekerjaan supaya mendapatkan hasil yang memuaskan dan lebih efisien.

Analisa produksi kerja *Dump Truck* adalah menghitung kemampuan alat mengangkut material dari satu tempat ke tempat lain.

Waktu siklus *Dump Truck* sangat mempengaruhi tingkat produktivitas suatu *Dump Truck*. Untuk menghitung produktivitas per jam *Dump Truck* dapat dilihat pada Persamaan 3.4

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{C_m} \quad (3.4)$$

dimana :

Q = Produktivitas (m^3 /jam)

C = Produktivitas per siklus (m^3)

E = Efesian kerja *dump truck*

C_m = Waktu siklus *dump truck* (menit)

Produksi per siklus *Excavator* sangat mempengaruhi kinerja *Dump Truck* dalam tingkat produktivitasnya, maka perhitungan produksi per siklus nya sangat diperlukan. Untuk produktivitas per siklus *Excavator* ke *Dump Truck* dapat dilihat pada Persamaan 3.5

$$C = q \times k \quad (3.5)$$

dimana :

q = Kapasitas *bucket* (m^3)

k = Faktor *bucket*

Selain faktor produksi per siklus *Excavator*, waktu siklus *Dump Truck* juga akan mempengaruhi tingkat produktivitas *Dump Truck* itu sendiri, maka diperlukan juga perhitungan untuk waktu siklus *Dump Truck* dapat dilihat pada Persamaan 3.6

$$C_m = n \times C_{m_s} + \frac{D}{V_1} + t_1 + \frac{D}{V_2} + t_2 \quad (3.6)$$

dimana :

n = Jumlah siklus yang diperlukan excavator untuk mengisi dump truck

C_{m_s} = Waktu siklus *excavator* (menit)

D = Jarak angkut *dump truck* (m)

V_1 = Kecepatan rata-rata *dump truck* dalam keadaan membawa muatan (m/menit)

V_2 = Kecepatan rata-rata *dump truck* dalam keadaan kosong (m/menit)

t_1 = Waktu buang + tunggu (menit)

t_2 = Waktu posisi pengisian dan excavator mulai mengisi (menit)

Untuk n atau jumlah siklus excavator untuk memuat ke dump truck dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.7

$$n = \frac{C_l}{q_l} \times k \quad (3.7)$$

dimana :

C_l = Kapasitas dump truck (m^3)

q_l = Kapasitas bucket (m^3)

k = Faktor bucket *excavator*

Untuk waktu muat T_1 (*Loading Time*) *Dump Truck* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.8

$$T_1 = \frac{C_d}{q_l} \times K \times C_m \quad (3.8)$$

dimana :

C_m = Waktu siklus (*Cycle Time*)

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

q_l = Kapasitas *bucket* alat pemuat (m^3)

K = Faktor kapasitas *bucket*

Untuk waktu tempuh T_h (*Healing Time*) *Dump Truck* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.9

$$T_h = D/V_1 \quad (3.9)$$

dimana :

D = Jarak angkut (meter)

V_1 = Kecepatan rata-rata saat muatan penuh (m/menit)

Untuk waktu bongkar T_d (*Dumping Time*) *Dump Truck* dapat diperkirakan dan tergantung dari lokasi penumpahan.

Untuk waktu kembali T_r (*Returning Time*) *Dump Truck* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.10

$$T_r = D/V_2 \quad (3.10)$$

dimana :

V_2 = Kecepatan kembali saat muatan kosong (m/menit)

Untuk jumlah *Dump Truck* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.11

$$M = \frac{C_m}{n \times C_{m_s}} \quad (3.11)$$

dimana :

M = Jumlah *dump truck*

Adapun untuk mengetahui waktu bongkar dan waktu tunggu bagi *Dump Truck*, dapat kita lihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Waktu Bongkar dan Waktu Tunggu (Rochmanhadi, 1984)

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

Dari Tabel 3.4 kita bisa melihat waktu bongkar dan waktu tunggu, dalam kondisi baik yaitu 0,5-0,7 menit, dalam kondisi sedang 1,0-1,3 menit, dan dalam kondisi kurang baik 1,5-2,0 menit.

Adapun untuk mengetahui waktu tetap atau waktu pengambilan posisi bagi *Dump Truck*, dapat kita lihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Waktu Tetap atau Waktu Pengambilan Posisi (Rochmanhadi, 1984)

Kondisi Operasi Kerja	t ₂ (menit)
Baik	0,1 – 0,2
Sedang	0,25 – 0,35
Kurang	0,40 – 0,50

Dari Tabel 3.5 kita bisa melihat waktu tetap atau waktu pengambilan posisi, dalam kondisi baik yaitu 0,1-0,2 menit, dalam kondisi sedang 0,25-0,35 menit, dan dalam kondisi kurang baik 0,4-0,5 menit.

3.6.3 Bulldozer

Bulldozer adalah salah satu alat berat yang mempunyai roda rantai untuk pekerjaan serbaguna memiliki kemampuan traksi yang tinggi (Tenriajeng, 2003).

Pada dasarnya *Bulldozer* adalah alat berat yang menggunakan traktor sebagai penggerak utamanya, yang artinya traktor tersebut memiliki *dozer attachment* dalam hal ini perlengkapannya (*attachment*) adalah *blade*. Pada hakikatnya *Bulldozer* adalah jenis *dozer* yang mampu untuk mendorong ke muka, *blade* nya tegak lurus pada arah gerak maju (Kusrin, 2008).

Ditinjau dari segi penggeraknya ada 2 macam *Bulldozer*, yaitu sebagai berikut (Prodjosumarto, 1996) :

Mengenai transmisi, ada 2 jenis *bulldozer*, khusus sebagai berikut:

1. *Bulldozer* yang memakai roda – roda karet (*wheel dozer*)
Gerakannya lebih gesit dan lincah, tetapi hanya cocok untuk daerah – daerah yang kering dan landasannya keras. Untuk daerah – daerah yang becek dan landasannya lunak, maka bulldozer tipe ini akan kehilangan kekuatannya karena sering selip. Untuk bekerja di daerah yang banyak terdapat batuan yang tajam juga tidak cocok.
2. *Bulldozer* yang memakai rantai (*crawler dozer*)
Gerakannya lamban, tetapi daya gusurnya meyakinkan. Alat ini dapat bergerak dengan mantap di daerah – daerah yang kering maupun becek, karena rantainya mampu menggigit landasan kerjanya dengan baik, sehingga

tidak akan selip. Untuk dipakai di daerah yang berbatuan tajam juga tidak menjadi masalah.

Ditinjau dari segi penggerak bilahnya (*blade control*) ada 2 macam *Bulldozer*, yaitu sebagai berikut (Prodjosumarto, 1996) :

1. *Bulldozer* yang bilahnya digerakkan dengan kabel (*cable controlled blade*)
Gerakannya naik turun bilah memakai kabel. Ini adalah *Bulldozer* tipe lama. Pada saat ini sudah tidak diproduksi lagi.
2. *Bulldozer* yang bilahnya digerakkan dengan tenaga hidraulik (*hydraulic controlled blade*)
Bulldozer yang modern memakai tenaga hidraulik untuk menggerakkan bilahnya naik turun.

Pada proyek konstruksi *Bulldozer* merupakan alat berat yang serba guna. Adapun fungsi dari *Bulldozer* adalah sebagai berikut (Kusrin, 2008) :

1. Pembersihan medan, membersihkan medan dari kayu – kayuan, tonggak – tonggak pohon, batu – batuan, dan lain – lain.
2. Membuat jalan kerja / jalan masuk ke lokasi pekerjaan.
3. Memindahkan / menggusur tanah sampai sejauh maksimum 100 m.
4. Menghampar dan mengisi / menimbun tanah.
5. Memindahkan material.
6. Membantu pemadatan secara tidak langsung.

Bulldozer yang digunakan untuk meratakan tanah dan material base di lokasi pekerjaan, dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 *Bulldozer* (United Tractors, 2021)

Dari Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa *Bulldozer* merupakan alat berat yang digunakan untuk meratakan jalan dan membentuk jalan (*grading*) yang digunakan dilokasi pekerjaan. *Bulldozer* juga digunakan untuk pengupasan lapisan atas yang hendak dibuang, atau dikurangi, mencampur material dan meratakan/menyebarkannya lagi.

Dalam pengoperasian, *Bulldozer* dilengkapi dengan *blade* yang dapat diatur sesuai kebutuhan yang diinginkan. Untuk itu dikenal berbagai macam *blade* yang dipakai pada *Bulldozer / angle dozer* yaitu sebagai berikut (Tenriajeng, 2003) :

1. Universal Blade (U – Blade)

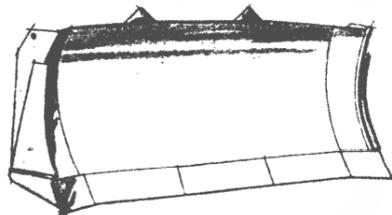
Blade jenis ini dilengkapi dengan sayap (*wing*) yang terdapat di sisi *blade* untuk efektifitas produksi. Hal ini memungkinkan *Bulldozer* untuk membawa / mendorong lebih banyak muatan karena kehilangan muatan yang relatif rendah pada jarak yang cukup jauh. Umumnya *Bulldozer* yang dilengkapi dengan *blade* jenis ini digunakan untuk pekerjaan reklamasi tanah, pekerjaan tumpukan, dan sebagainya. *Universal blade* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 *Universal Blade* (Tenriajeng, 2003)

2. Straight Blade (S – Blade)

Straight blade cocok digunakan untuk segala jenis lapangan, *blade* ini merupakan modifikasi dari *universal blade*, manuver lebih mudah dan *blade* ini dapat menhandel material dengan mudah. *Straight blade* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



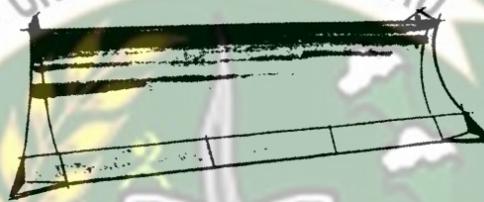
Gambar 3. 5 *Straight Blade* (Tenriajeng, 2003)

3. Angling Blade (A – Blade)

Angling blade dibuat untuk posisi lurus dan menyudut. *Blade* ini dibuat untuk :

- a. Pembuangan ke samping (*side casting*).
- b. Pembukaan jalan (*pioneering roads*).
- c. Menggali saluran (*cutting ditches*).
- d. Pekerjaan lainnya yang sesuai.

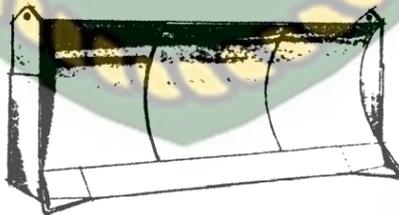
Angling blade dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 *Angling Blade* (Tenriajeng, 2003)

4. Cushion Blade (C – Blade)

Cushion blade (C – *Blade*) dilengkapi dengan bantalan karet yang berfungsi untuk meredam tumbukan. Selain digunakan untuk *push – loading*, juga dipakai untuk pemeliharaan jalan dan pekerjaan *dozing* lainnya mengingat lebar *cushion blade* ini memungkinkan untuk meningkatkan kemampuan manuver. *Cushion blade* dapat dilihat pada Gambar 3.7.

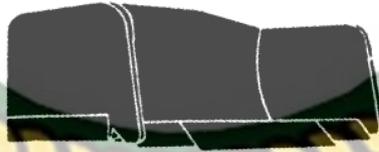


Gambar 3. 7 *Cushing Blade* (Tenriajeng, 2003)

5. Bowldozer

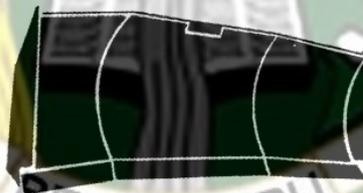
Blade jenis ini diciptakan untuk membawa atau mendorong material dengan jumlah kehilangan yang sesedikit mungkin, hal ini dapat terjadi karena

adanya dinding – dinding besi di samping blade. Blade ini juga dapat dipakai untuk jarak yang cukup jauh. *Bowldozer* dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 *Bowldozer* (Tenriajeng, 2003)

6. Universal Blade (U – Blade for Light Material)
Blade jenis ini didesain untuk pekerjaan dengan material yang terlepas (*noncohesive* material), seperti *stock pile* dari tanah lepas atau gembur, reklamasi dengan tanah lepas (gembur). Ukuran *blade* ditentukan berdasarkan ukuran *Bulldozer*. *Universal blade* (U – blade for light material) dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 *Universal blade* (Tenriajeng, 2003)

Dalam melaksanakan pekerjaan konstruksi dengan *Bulldozer*, dua teknik yang umum digunakan, yaitu *side by side dozing* dan *slot dozing*. Pada teknik *side by side dozing*, dua *Bulldozer* bekerja bersama secara berdampingan. Pisau kedua *Bulldozer* dihipitkan sedekat mungkin. Hal ini untuk mencegah *spillage* atau keluarnya material dari pisau. Sedangkan pada teknik *slot dozing* dibuat semacam penghalang di sisi pisau, yang berfungsi untuk menghindari adanya *spillage* dari *Bulldozer*. Penggunaan teknik ini dapat meningkatkan produktivitas (Rostiyanti, 2008).

Produktivitas *Bulldozer* sangat bergantung pada ukuran *blade*, kemampuan traktor, dan jarak tempuh. Perhitungan produktivitas ditentukan dari volume tanah yang dipindahkan dalam 1 siklus dan jumlah siklus dalam 1 jam pengoperasian.

Adapun untuk menghitung jumlah produksi per jam dari *Bulldozer* yang melakukan pekerjaan secara terus menerus dengan menggunakan rumus dalam Persamaan 3.12

$$Q = \frac{q \times 60 \times E \times \text{faktor tanah}}{C_m} \quad (3.12)$$

dimana :

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

q = Produksi (m^3) dalam satu siklus kemampuan alat untuk memindahkan tanah lepas

E = Efisiensi kerja

C_m = Waktu siklus dalam satu jam

Untuk menghitung produksi kerja *Bulldozer* pada saat pengusuran dapat menggunakan rumus pada Persamaan 3.13

$$q = L \times H^2 \times a \quad (3.13)$$

dimana :

L = Lebar *blade* / sudut (m/yd)

H = Tinggi *blade* (m)

a = Faktor *blade*

Untuk menghitung produktivitas standar dari *Bulldozer* dapat menggunakan rumus pada Persamaan 3.14

$$c_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \quad (3.14)$$

dimana :

D = Jarak angkut / gusur (m)

F = Kecepatan maju (m/menit)

R = Kecepatan mundur (m/menit)

Z = Waktu ganti persneling (m)

Untuk waktu ganti persneling *Bulldozer* dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Waktu Ganti Persneling Bulldozer (M. Sjachridirin, dkk, 1998)

No	Mesin	Waktu Ganti Persneling (Z)
1	Mesin penggerak langsung	
	- Tuas tunggal (single lever)	0,10
	- Tuas ganda (double lever)	0,20
2	Mesin – mesin <i>torqflow</i>	0,05

Dari Tabel 3.6 dapat dilihat waktu ganti persneling *Bulldozer* seperti mesin penggerak langsung yaitu tuas tunggal dengan waktu ganti persneling 0,10, dan tuas ganda dengan waktu ganti persneling 0,20, sedangkan mesin – mesin *torqflow* dengan waktu ganti persneling 0,05.

Untuk *blade factor Bulldozer* dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7 *Blade factor* untuk *Bulldozer* (Andi Tenrisukki Tanriajeng, 2003)

Kondisi Operasi Untuk <i>Dozing</i>	<i>Blade Factor</i>	Faktor Sudut
Mudah digusur	<i>Blade</i> mendorong tanah penuh, untuk tanah yang loose, lepas, kandungan airnya rendah	1,10 – 0,90
Sedang	<i>Blade</i> tidak penuh mendorong tanah, untuk tanah dengan campuran gravel, pasir atau lepas	0,90 – 0,70
Agak sukar digusur	Untuk tanah liat yang kandungan airnya tinggi, pasir bercampur kerikil, tanah liat yang keras	0,70 – 0,60

Tabel 3. 7 *Blade* factor untuk *Bulldozer* (Andi Tenrisukki Tanriajeng, 2003)
(Lanjutan)

Sukar digusur	Untuk batuan hasil ledakan atau batuan berukuran besar dan tertahan kuat pada tanah	0,40 – 0,60
---------------	---	-------------

Dari Tabel 3.7 menunjukkan kondisi operasi untuk dozing dilihat dari *blade* factor sehingga didapatkan nilai faktor sudut *Bulldozer*. Dari uraian tabel tersebut berdasarkan kondisi operasi untuk dozing, seperti mudah digusur faktor sudut 1,10 – 0,90, sedang dengan faktor sudut 0,90 – 0,70, agak sukar digusur dengan faktor sudut 0,70 – 0,60, dan sukar digusur dengan faktor sudut 0,40 – 0,60.

Untuk faktor konversi volume tanah / material dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Faktor Konversi Volume Tanah / Material (Andi Tenrisukki Tanriajeng, 2003)

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Sand Tanah Berpasir	Asli	1.00	1.11	0.99
	Gembur	0.90	1.00	0.80
	Padat	1.05	1.17	1.00
Sand Clay / Tanah Biasa	Asli	1.00	1.25	0.90
	Gembur	0.80	1.00	0.72
	Padat	1.11	1.39	1.00
Clay / Tanah Liat	Asli	1.00	1.35	0.90
	Gembur	0.70	1.00	0.63
	Padat	1.11	1.59	1.00

Tabel 3. 8 Faktor Konversi Volume Tanah / Material (Andi Tenrisukki Tanriajeng, 2003) (Lanjutan)

Gravelly Soil / Tanah Berkerikil	Asli	1.00	1.18	1.08
	Gembur	0.85	1.00	0.91
	Padat	0.93	1.09	1.00
Grovels / Kerikil	Asli	1.00	1.13	1.29
	Gembur	0.88	1.00	0.91
	Padat	0.97	1.10	1.00
Kerikil Besar dan Padat	Asli	1.00	1.42	1.03
	Gembur	0.70	1.00	0.91
	Padat	0.77	1.10	1.00
Pecahan Batu Kapur, Batu Pasir, Cadas Lunak, Sirtu	Asli	1.00	1.65	1.22
	Gembur	0.61	1.00	0.74
	Padat	0.82	1.35	1.00
Pecahan Granit, Basalt, Cadas Keras, dan lainnya	Asli	1.00	1.70	1.31
	Gembur	0.59	1.00	0.77
	Padat	0.76	1.30	1.00
Pecahan Cadas, Broken Rock	Asli	1.00	1.75	1.40
	Gembur	0.57	1.00	0.80
	Padat	0.71	1.24	1.00
Ledakan Batu Cadas, Kapur Keras	Asli	1.00	1.80	1.30
	Gembur	0.56	1.00	0.72
	Padat	0.77	1.38	1.00

Dari Tabel 3.8 dapat dilihat faktor konversi volume tanah / material. Berdasarkan adanya perubahan pengukuran volume maupun density material dibedakan atas keadaan asli, keadaan gembur, dan keadaan padat.

3.6.4 Vibratory Roller

Vibratory Roller merupakan alat berat yang digunakan untuk menggilas, memadatkan hasil timbunan, sehingga kepadatan tanah yang dihasilkan lebih sempurna (Rochmanhadi, 1992).

Vibratory Roller memiliki efisiensi pemadatan yang sangat baik. Alat ini memungkinkan untuk digunakan secara luas di semua jenis pekerjaan pemadatan. Efek yang ditimbulkan oleh *Vibratory Roller* adalah gaya dinamis yang bekerja pada tanah. Butir – butir tanah cenderung akan mengisi rongga – rongga kosong yang terdapat di dalam butiran sehingga akibat getarannya tanah menjadi lebih padat, dengan susunan yang lebih rapat (Rochmanhadi, 1992). *Vibratory Roller* yang digunakan untuk memadatkan tanah lokasi pekerjaan, dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 *Vibratoty Roller* (United Tractor, 2021)

Dari Gambar 3.10 dapat dilihat bahwa *Vibratory Roller* merupakan suatu alat berat yang berfungsi sebagai alat pemadat, dimana cara pemadatannya adalah dengan menggunakan efek getaran sangat cocok digunakan pada jenis tanah pasir atau kerikil berpasir.

Berbagai cara yang dilakukan dalam usaha pemadatan, dalam pelaksanaan konstruksi jalan dilaksanakan cara peggilasan dengan suatu alat penggilas (*roolers*). Jenis-jenis alat pemadatan adalah antara lain (Rochmanhadi, 1992) :

1. *Smooth Steel Roller* (penggilas besi dengan permukaan halus).

Jenis-jenis ini dibedakan lagi menjadi beberapa macam, diantaranya :

- a. *Three Wheel Rollers* (penggilas roda tiga).
- b. *Tandem Rollers* (penggilas tandem).
2. *Pneumatic Tired Rollers* (penggilas roda ban angin).
3. *Sheep Foot Type Roller* (penggilas kaki kambing).
4. *Vibratory Roller* (penggilas getar).
5. *Vibratory Plate Compactor* (alat pemadat-getaran).
6. *Mesh Grid Roller* (penggilas roda anyaman).
7. *Segment Roller* (penggilas dengan roda terdiri dari lempengan – lempengan)

Ada 3 faktor tanah yang perlu diperhatikan dalam proses pemadatan *Vibration Roller* yaitu (Rochmanhadi, 1992) :

1. *Frekuensi getar.*
2. *Amplitudo getaran.*
3. *Gaya sentrifugal.*

Adapun cara operasi alat berat ini adalah dengan system maju mundur, dimana saat beroperasi memadatkan alat ini bergerak maju dan kembali dengan cara mundur juga dalam keadaan beroperasi.

Adapun untuk mencari produksi *Vibratory Roller* adalah dengan menggunakan rumus dalam Persamaan 3.15

$$Q = \frac{W_x V_x H_x 1000 x E}{N} \quad (3.15)$$

dimana :

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

V = Kecepatan operasi (km/jam)

W = Lebar pemadatan (m)

H = Tebal pemadatan (m)

E = Efisiensi kerja

N = Jumlah pemadatan (jumlah pass oleh *compactor*)

Untuk kecepatan dari alat pemadat dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3. 9 Kecepatan Operasional (Rochmanhadi, 1984)

Type Compactor	Kecepatan Compactor (V)
<i>Compactor</i> (pemadatan tanah)	4 – 10 Km/jam
Temper	1,0 Km/jam
Mesin gilas getar	1,5 Km/jam
Mesin gilas roda besi	2,0 Km/jam
Mesin gilas roda karet	2,5 Km/jam

Dari Tabel 3.9 dapat dilihat kecepatan alat pemadat sangat berpengaruh dalam produktivitas kerja seperti Compactor dengan kecepatan 4 – 10 Km/jam, Temper dengan kecepatan 1,0 Km/jam, Mesin gilas getar dengan kecepatan 1,5 Km/jam, Mesin gilas roda besi dengan kecepatan 2,0 Km/jam, Mesin gilas roda karet dengan kecepatan 2,5 Km/jam.

Untuk lebar dari alat pemadatan dapat dilihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3. 10 Lebar Alat Pemadatan (Rochmanhadi, 1984)

Type Compactor	Lebar pemadatan (W)
<i>Compactor</i> tanah	Lebar roda gerak 0,2 meter
Mesin gilas getar	Lebar roda gerak 0,2 meter
Mesin gilas roda besi	Lebar roda gerak 0,1 - 0,2 meter
Mesin gilas roda karet	Lebar roda gerak 0,2 meter

Dari Tabel 3.10 dapat dilihat lebar alat pemadat sangat berpengaruh dalam produktivitas kerja seperti Compactor tanah dengan lebar 0,2 meter, Mesin gilas getar dengan lebar 0,2 meter, Mesin gilas roda besi dengan lebar 0,1 - 0,2 meter, Mesin gilas roda karet dengan lebar 0,2 meter.

Untuk jumlah pass dari alat pemadatan dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3. 11 Jumlah Pass Pemadatan (Rochmanhadi, 1984)

Type Compactor	Jumlah pass pemadatan (N)
Compactor tanah	3 -5
Mesin gilas getar	4 - 8
Mesin gilas roda besi	4 - 8
Mesin gilas roda karet	4 - 10

Dari Tabel 3.11 dapat dilihat jumlah pass alat pemadat sangat berpengaruh dalam produktivitas kerja seperti Compactor tanah dengan jumlah pass 3 -5, Mesin gilas getar dengan jumlah pass 4 -8, Mesin gilas roda besi dengan jumlah pass 4 - 8, Mesin gilas roda karet dengan jumlah pass 4 -10.

3.7 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu produktif dengan waktu kerja yang tersedia. Pekerja atau alat berat tidak mungkin bekerja terus - menerus dalam 60 menit / 1 jam, karena hambatan kecil atau akan selalu terjadi, misalnya : menunggu alat, pemeliharaan dan pelumasan mesin, operator istirahat, dll (Prodjosumarto, 1996).

Keberhasilan kerja alat tergantung pada berbagai faktor yang akan membentuk efisiensi secara keseluruhan. Efisiensi kerja inilah yang menentukan standar produktifitas suatu alat dalam kondisi ideal. Ada dua faktor yang menyebabkan perlu memperhitungkan faktor efisiensi kerja. Kedua faktor tersebut adalah faktor mesin dan faktor manusia sebagai operatormya (Rezky et al., 2014).

Dalam pelaksanaan pekerjaan dengan alat berat, ada beberapa faktor yang mempengaruhi produktivitas alat yaitu efisiensi alat. Efektifitas alat tersebut bekerja tergantung dari beberapa hal yaitu (Rostiyanti, 2008) :

1. Kemampuan operator memakai alat.
2. Pemilihan dan pemeliharaan alat.
3. Perencanaan dan pengukuran letak alat.
4. Topografi dan volume pekerjaan.
5. Kondisi cuaca.

6. Metode pelaksanaan alat.

Cara yang umum digunakan untuk menentukan efesiensi kerja adalah dengan menghitung berapa menit alat tersebut bekerja secara efektif dalam satu jam. Misalnya, jika dalam satu jam waktu efektif alat bekerja adalah 45 menit maka dapat dikatakan efisiensi kerja dapat menjadi $45/60$ atau 0.75 (Rostiyanti, 2008).

Produktivitas perjam dari suatu peralatan yang diperlakukan adalah standar dari alat tersebut dalam kondisi ideal dikalikan dengan faktor efisiensi kerja. Hal ini dikarenakan sulit untuk mencapai produktivitas perjam yang sesuai dilapangan. Maka perlu megalikan produktivitas perjam yang sesuai dilapangan. Oleh karena itu, perlu mengalihkan produkvtas berdasarkan perhitungann dengan efisiensi kerja. Efisiensi kerja juga disebut faktor koreksi, sehingga produktivitasnya mendekati lapangan. (Handoko et al., 2017). Efisiensi kerja dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3. 12 Efisiensi Kerja (M. Sjachdirin, dkk, 1998)

Metode Kerja	Pemilihan Alat				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,61
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

Dari tabel 3.12 menunjukkan bahwa efisiensi kerja sangat berpengaruh dalam menyelesaikan pekerjaan.

3.8 Keterlambatan Proyek Konstruksi

Keterlambatan proyek konstruksi adalah bertambahnya waktu pelaksanaan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek yang telah direncanakan dan dinyatakan dalam kontrak. Penyelesaian pekerjaan tidak tepat waktu merupakan kekurangan dari tingkat produktivitas dan tentunya semuanya ini akan

mengakibatkan pada pemborosan dana, baik dalam bentuk pembiayaan langsung yang dibelanjakan untuk proyek pemerintah, maupun dalam bentuk pembekalan investasi dan kerugian – kerugian pada proyek swasta (Hassan et al., 2016).

Keterlambatan proyek konstruksi adalah bagian dari waktu pelaksanaa yang tidak digunakan sesuai yang direncanakan sehingga menyebabkan satu atau lebih kegiatan berikutnya menjadi tertunda atau tidak dapat diselesaikan tepat sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan (Ervianto, 2003).

Keterlambatan pelaksanaan proyek biasanya selalu menimbulkan akibat yang merugikan bagi pemilik dan kontraktor, karena dampak keterlambatan adalah konflik dan perdebatan tentang apa dan siapa penyebabnya, serta tuntutan waktu, dan biaya yang meningkat (Proboyo, 1999).

Waktu adalah uang, nilai waktu semakin menjadi faktor kunci dalam proses pelaksanaan suatu proyek. Keterlambatan proyek menjadi kontribusi utama terhadap terjadinya pembengkakan biaya proyek. Secara umum, keterlambatan proyek sering terjadi karena perubahan perencanaan selama proses pelaksanaan, buruknya organisasi manajemen kontraktor, tidak tersusun dengan baik atau terintegrasinya rencana kerja, gambar dan spesifikasi yang tidak lengkap, dan ketidakmampuan kontraktor untuk melaksanakan pekerjaan.

Kerlambatan proyek sering kali menjadi sumber perselisihan dan tuntutan antara pemilik dan kontraktor, sehingga keterlambatan proyek akan sangat mahal nilainya baik di tinjau dari sudut pandang kontraktor maupun pemilik. Kontraktor akan dikenakan denda penalti sesuai dengan kontrak, selain itu kontraktar juga harus menanggung tambahan biaya *overhead* selama proyek masih dalam proses pelaksanaan. Dari sudut pandang pemilik, keterlambatan proyek akan membawa mengakibatkan berkurangnya pendapatan karena penundaan pengoperasian fasilitasnya (Alifen et al., 1999).

Peran aktif manajemen adalah salah satu kunci utama keberhasilan pengelolaan proyek. Pengkajian jadwal proyek harus ditinjau untuk menentukan langkah perubahan mendasar agar dapat menghindari atau mengurangi keterlambatan penyelesaian proyek (Hassan et al., 2016).

3.8.1 Penyebab Keterlambatan Proyek

Penyebab – penyebab keterlambatan waktu pelaksanaan proyek dapat dikategorikan dalam 3 kelompok, yaitu sebagai berikut (Proboyo, 1999) :

1. Keterlambatan yang layak mendapatkan ganti rugi (*Compensable Delay*), yakni keterlambatan yang disebabkan oleh tindakan, kelalaian, atau kesalahan pemilik proyek.
2. Keterlambatan yang tidak dapat dimaafkan (*Non Excusable Delay*), yakni keterlambatan yang disebabkan oleh tindakan, kelalaian, atau kesalahan kontraktor.
3. Keterlambatan yang dapat dimaafkan (*Excusable Delay*), yakni keterlambatan yang disebabkan oleh kejadian – kejadian diluar kendali baik pemilik maupun kontraktor.

Faktor keterlambatan yang diteliti dalam penelitian ini adalah faktor-faktor yang potensial untuk mempengaruhi waktu pelaksanaan konstruksi, yang terdiri dari 7 kategori (Andi et al. 2003), adalah sebagai berikut :

1. Tenaga kerja (*labors*)
 - a. Keahlian tenaga kerja.
 - b. Kedisiplina tenaga kerja.
 - c. Motivasi kerja para pekerja.
 - d. Ketersediaan tenaga kerja.
 - e. Komunikasi antara tenaga kerja dan kepala tukang / mandor.
2. Bahan (*material*)
 - a. Pengiriman barang / bahan.
 - b. Ketersediaan bahan konstruksi.
 - c. Kualitas bahan.
3. Peralatan (*equipment*)
 - a. Ketersediaan peralatan.
 - b. Kualitas peralatan.
4. Karakteristik tempat (*site characteristic*)
 - a. Keadaan permukaan dan dibawah permukaan tanah.
 - b. Karakteristik fisik bangunan sekitar lokasi.

- c. Tempat penyimpanan bahan / material
- d. Akses ke lokasi proyek.
- e. Lokasi proyek.
5. Manajerial (*managerial*).
 - a. Pengawasan proyek.
 - b. Perhitungan keperluan material.
 - c. Perubahan desain.
 - d. Jadwal pengiriman material dan peralatan.
 - e. Jadwal pekerjaan yang harus diselesaikan.
6. Keuangan (*financial*)
 - a. Pembayaran oleh pemilik.
 - b. Harga material.
7. Faktor – faktor lainnya (*other factors*)
 - a. Intensitas curah hujan.
 - b. Kecelakaan kerja.

3.9 Metode Time Study

Time Study adalah teknik pengukuran pekerjaan dengan cara melibatkan pengumpulan data berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (Pawira et al., 2015).

Time study merupakan metode yang digunakan untuk strategi peningkatan proses yang digunakan untuk mencatat waktu dan tingkat kinerja pelaksanaan operasi atau elemen dalam kondisi tertentu, dan pada tingkat pekerjaan tertentu untuk menentukan indeks kinerja individu atau kelompok pekerja, departemen, atau secara keseluruhan. *Time study* juga dapat digunakan untuk menganalisis data untuk mendapatkan waktu ideal yang dibutuhkan operator untuk bekerja pada tingkat kinerja yang ditentukan. Metode *Time Study* bertujuan untuk memeriksa pelaksanaan suatu kegiatan, menyederhanakan atau memodifikasi metode operasional untuk mengurangi pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan, pemborosan sumber daya, dan menetapkan standar waktu untuk menyelesaikan kegiatan produksi (Miranda & Tripiawan, 2019).

Metode *Time Study* digunakan untuk yaitu sebagai berikut (Miranda & Tripiawan, 2019) :

1. Mempelajari suatu jenis pekerjaan atau metode konstruksi yang masih baru dan belum mempunyai gambaran-gambaran *output* yang jelas.
2. Mencocokkan bila ada komplain dari para pekerja mengenai target yang terlalu ketat.
3. Meneliti keterlambatan yang terjadi.
4. Mengamati efektivitas komposisi kelompok kerja.
5. Sebagai dasar kebijakan intensif.

Aktivitas *time study* adalah aktivitas yang menambah nilai bagi perusahaan, terutama jika semua aktivitas ditujukan untuk pencapaian tujuan perusahaan secara keseluruhan. Tujuan utama pihak manajemen adalah untuk lebih fokus pada hasil yang dicapai dalam strategi perusahaan dengan memberdayakan sistem yang dimiliki, dimana terdapat keterkaitan penggunaan sumber daya manusia, bahan baku, peralatan, dan informasi. Sedangkan efektivitas dari *time study* ini untuk mengukur seberapa penghematan sumber daya untuk aktivitas yang menghasilkan *ouput* tertentu.

Teknik pengukuran waktu kerja dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebagai berikut (Rizani et al., 2012) :

1. Pengukuran secara langsung.
Pengukuran dilakukan secara langsung di tempat dimana pekerjaan diukur sedang berlangsung. Cara tersebut termasuk dalam pengukuran kerja dengan menggunakan jam henti (*stopwatch time-study*) dan sampling (*work sampling*).
2. Pengukuran secara tidak langsung.
Pengukuran dilakukan secara tidak langsung ketika pengamat tidak harus menghitung waktu kerja di tempat kerja yang diukur. Pengukuran ini hanya dilakukan dengan menghitung waktu kerja dengan membaca tabel waktu yang tersedia dengan mengetahui jalannya pekerjaan melalui elemen kerja atau elemen gerakan. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan waktu baku dan waktu gerakan.

Kegunaan utama dari *time study* adalah menghasilkan waktu standar suatu pekerjaan dengan kondisi tertentu, sehingga setelah itu dapat dihitung produktivitasnya. Tahap – tahap dalam menentukan *standar time* yaitu (Natalia et al., 2020) :

1. *Basic Time*

Mengukur *basic time*, untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas kerja. Pengukuran *basic time* dilakukan dengan tujuan untuk mencatat waktu yang diperlukan untuk beberapa kegiatan konstruksi. Pengukuran waktu dilakukan dengan menggunakan *stopwatch*. Semua aktivitas kerja diukur waktu pengerjaannya dan dicatat.

2. *Rate*

Pengukuran *basic time* saja tidak cukup untuk menghasilkan perkiraan mengenai usaha yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah aktivitas karena kemampuan kerja atau efisiensi tukang juga mempengaruhi terhadap waktu. *Rate* atau bobot antar pekerjaan bisa jadi berbeda antara individu dikarenakan sejumlah faktor seperti usia atau jenis kelamin. *Rate* dari seorang individu juga bisa berbeda dari waktu ke waktu selama sehari.

Berikut adalah kriteria yang dapat memudahkan seorang pengamat untuk menentukan *rate* terhadap pekerjaan yang diamati dapat dilihat pada Tabel 3.13.

Tabel 3. 13 Nilai Rate Pekerjaan (Leonart Malamassam, 2016)

<i>Rate</i>	Deskripsi
0	Tidak ada aktivitas
50	Sangat lambat, tidak memiliki keahlian, tidak termotivasi
75	Tidak cepat, kemampuan rata-rata, tidak tertarik
100	Cepat, kemampuan yang kualifikasi, termotivasi
125	Sangat cepat, kemampuan tinggi, termotivasi dengan baik
150	Sangat cepat, sangat berusaha dan konsentrasi

Dari Tabel 3.13 menunjukkan bahwa nilai *rate* tergantung dari aktivitas pekerjaan yang dilakukan dilapangan.

3. *Standard Time*

Standard time adalah ukuran waktu yang dijadikan sebagai pedoman durasi pekerjaan suatu operasi konstruksi yang nilainya berbeda dari masing – masing proyek karena adanya perbedaan kondisi lapangan, kondisi manajemen, dan kemampuan tenaga kerja. Untuk menghitung *standar time* dapat menggunakan rumus pada Persamaan 3.16

$$\begin{aligned}
 \text{Standard Time} &= \text{Basic Time} + \text{Relaxation Allowance} \\
 &+ \text{Contingency Allowance} \qquad (3.16)
 \end{aligned}$$

- a. *Basic time*, adalah ukuran waktu normal yang dibutuhkan oleh tukang yang berkualifikasi menyelesaikan suatu operasi konstruksi. Untuk mendapatkan *basic time* bisa diperoleh dengan menggunakan rumus pada Persamaan 3.17

$$\text{Basic Time} = \text{OT} \times \frac{\text{Observed rating}}{\text{Standard rating}} \qquad (3.17)$$

dimana :

Observed time (OT) = Waktu yang diperoleh pada saat observasi lapangan.

Observed rating/rate = *Rate* merupakan bobot yang diberikan terhadap pekerjaan yang diteliti. Bobot yang diperoleh dari tahap menentukan *rate* adalah dengan menggunakan Tabel 3.11.

Standard rating = bobot standar yang diberikan untuk suatu pekerjaan, biasanya diberi bobot sebesar 100

- b. *Relaxation Allowance*, tujuan dari adanya *relaxation allowance* adalah untuk mencegah ketidakakuratan nilai *standar time* akibat beberapa faktor yang tidak pasti waktunya seperti waktu menganggur, waktu menunggu dan waktu lainnya. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 3.14.

Tabel 3. 14 Pengaruh *relaxation* terhadap *basic time* (Leonart Malamassam, 2016)

Kondisi / Penyebab	Deskripsi	Persen dari <i>Basic Time</i>
Standar	Kebutuhan pribadi (toilet, minum, cuci tangan, dsb) dan kelelahan normal	8
Posisi kerja	Berdiri	2
	Posisi cukup sulit	2 – 7
	Posisi sangat sulit (berbaring, tangan menjangkau maksimum, dsb)	2 – 7
Konsentrasi	Perhatian biasa, melihat gambar-gambar	0 – 5 0 – 8
	Perhatian ekstra, penjelasan yang rumit dan panjang	
Lingkungan	Pencahayaan: cukup sampai remang-remang	0 – 5
	Ventilasi: cukup sampai berdedu lalu kondisi ekstrem / sangat berdedu	0 – 10
	Kebisingan: tenang sampai bising	0 – 5
	Panas: sejuk sampai 35°C kelembaban 95%	0 – 70
Tenaga yang Digunakan	Ringan: beban sampai 5 kg	1
	Sedang: beban sampai 20 kg	1 – 10
	Berat: beban sampai 40 kg	10 – 30
	Sangat berat: beban sampai 50 kg	30 – 50
Monoton / Kebosanan	Secara mental	0 – 4
	Secara fisik	0 – 5

Dari Tabel 3.14 menunjukkan bahwa persen dari *basic time* dilihat dari kondisi di lapangan.

c. *Contingency Allowance*

Contingency allowance sama dengan *relaxation allowances*, *contingency allowance* atau kelonggaran akibat hal tak terduga juga bertujuan agar *standard time* menjadi akurat, penyebabnya adalah karena sejumlah faktor waktu yang tidak pasti. *Contingency allowance* biasanya adalah hubungan antara kontraktor dengan beberapa pihak. Contoh hal tak terduga tersebut antara lain adalah penyesuaian dan pemeliharaan alat, waktu tunggu yang disebabkan oleh subkontraktor, kerusakan mesin, kekurangan material, hal – hal yang tidak diinginkan yang terjadi dilapangan seperti jenis tanah yang buruk, angin kencang, cuaca buruk, dan perubahan desain. *Contingency allowance* akibat hal tak terduga pada proyek konstruksi biasanya cukup dengan nilai 5%.

3.10 Pengujian Variabel Dengan SPSS

SPSS adalah perangkat lunak statistik yang berguna untuk mengolah dan menganalisis data penelitian. SPSS adalah program aplikasi komputer yang mampu untuk menganalisis statistik dengan keakuratan tinggi, dan merupakan sistem manajemen data dalam lingkungan grafis dengan menggunakan menu deskriptif dan kotak dialog yang sederhana (Matondang, 2017).

Terdapat beberapa pengujian yang dapat dioperasikan dengan menggunakan program SPSS, dalam penelitian ini digunakan beberapa yaitu :

3.10.1 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah suatu analisis yang mengukur pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat. Jika pengukuran ini melibatkan satu variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y) dinamakan analisis regresi linier sederhana yang dirumuskan : $Y = a + bX$. Nilai a adalah konstanta dan nilai b adalah koefisien regresi untuk variable X. Sedangkan jika pengukuran pengaruh antar variabel melibatkan lebih dari satu variabel bebas ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) dinamakan analisis regresi linier berganda, dikatakan linier karena setiap estimasi atas nilai

diharapkan mengalami peningkatan atau penurunan mengikuti garis lurus (Sunnyoto, 2010). Persamaan estimasi regresi linier berganda sebagai berikut :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n \quad (3.18)$$

dimana :

- Y = Variabel terikat (dependen)
- $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ = Variabel bebas (independent)
- a = Nilai konstanta
- $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ = Koefisien regresi

Sebenarnya secara statistik penggunaan nilai konstanta dilakukan jika satuan – satuan variabel X dan variabel Y tidak sama. Sebaliknya jika variabel X dan variabel Y baik linier sederhana maupun linier berganda mempunyai satuan yang sama, maka nilai konstanta dihilangkan / diabaikan dengan asumsi setiap perubahan variabel Y akan proporsional dengan perubahan nilai variabel bebas (X).

Untuk menentukan nilai a dan b_1, b_2, \dots, b_n dipergunakan beberapa persamaan regresi linier sederhana:

1. $\sum y = a_n + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + \dots + b_n \sum X_n$
2. $\sum X_1 Y = a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 + \dots + b_n \sum X_1 X_n$
3. $\sum X_2 Y = a \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2 + \dots + b_n \sum X_2 X_n$ dan seterusnya.

Banyaknya persamaan regresi linier berganda untuk menghitung nilai $a, b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ dapat dirumuskan $= n_x - 1$, di mana $n_x =$ banyak variabel bebas (X). Contoh jika banyak variabel bebas (X) ada 2 yaitu X_1 dan X_2 maka persamaan regresi linier berganda yang harus dibuat adalah $2+1 = 3$ persamaan. Jika banyak variabel bebas ada 3 (X_1, X_2, X_3), maka $3+1 = 4$ persamaan, dan seterusnya, tergantung banyak variabel bebas. Berarti variabel bebas semakin banyak akan semakin banyak persamaan regresi linier berganda yang harus dibuat dan disamping itu penyelesaiannya pun semakin panjang dan rumit, sehingga diperlukan ketelitian yang tinggi.

3.10.2 Analisis Korelasi

Analisis korelasi adalah analisis untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antara 2 variabel yaitu variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y) atau untuk mengetahui seberapa kuat atau lemahnya hubungan antara variabel independent dan variabel dependent (Sugiyono, 2017).

1. Analisa Korelasi Parsial

Analisis korelasi menunjukkan arah dan kekuatan hubungan antara dua variabel atau lebih, arahnya dinyatakan dalam bentuk hubungan positif atau negatif, sedangkan kekuatan atau kelemahan hubungan dinyatakan dalam besarnya koefisien korelasi. Untuk mengetahui ada tidaknya hubungan yang positif dan signifikan antara variabel bebas dengan variabel terikat dapat digunakan rumus korelasi *pearson product moment*, rumus korelasinya adalah sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}} \quad (3.19)$$

dimana :

- r_{xy} = Koefisien korelasi *pearson*
- X_i = Variabel bebas (independent)
- Y_i = Variabel terikat (dependent)
- n = banyak sampel yang diteliti

Koefisien korelasi r menunjukkan derajat korelasi antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y). Nilai koefisien harus terdapat dalam batas-batas -1 hingga +1 ($-1 < r \leq +1$), yang menghasilkan beberapa kemungkinan, yaitu:

1. Tanda positif menunjukkan adanya korelasi positif antara variabel – variabel yang diuji, yang berarti setiap kenaikan dan penurunan nilai – nilai X akan diikuti dengan kenaikan dan penurunan Y.

2. Tanda negatif menunjukkan adanya korelasi negatif antara variabel – variabel yang diuji, yang berarti setiap kenaikan nilai-nilai X akan diikuti dengan penurunan Y dan sebaliknya.
3. Jika $r = 0$ atau mendekati 0, maka menunjukkan korelasi yang lemah atau tidak ada korelasi sama sekali antara variabel-variabel yang diteliti.

Untuk dapat memberikan penafsiran terhadap koefisien korelasi yang ditemukan besar atau kecil, maka dapat berpedoman pada ketentuan seperti Tabel 3.15.

Tabel 3. 15 Kategori Koefisien Korelasi (Sugiyono, 2017)

Interval Korelasi	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

Dari Tabel 3.15 menunjukkan kategori koefisien korelasi dilihat dari interval korelasi sehingga didapatkan tingkat hubungannya. Dari uraian tabel tersebut berdasarkan interval korelasi, seperti 0,00 – 0,199 tingkat hubungannya sangat rendah dan 0,80 – 1,00 tingkat hubungannya sangat kuat.

2. Analisis Korelasi Simultan

Analisis korelasi ganda digunakan untuk mengetahui derajat atau kekuatan hubungan antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y) secara bersama – sama. Koefisien tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$R^2_{yx1x2} = \sqrt{\frac{r_{yxi}^2 + r_{yx2}^2 - 2r_{yx1} + r_{yx2} + r_{x1x2}}{1 - r_{x1x2}^2}} \quad (3.20)$$

dimana :

R^2_{yx1x2} = Korelasi antara variabel X_1 dan X_2 secara bersamaan – sama dengan variabel Y

r_{yx1} = Korelasi *product moment* antara X_1 dengan Y

r_{yx2} = Korelasi *product moment* antara X_2 dengan Y

r_{x1x2} = Korelasi *product moment* antara X_1 dengan X_2

3.10.3 Pengujian Hipotesis

Hipotesis adalah asumsi atau dugaan tentang sesuatu hal yang dibuat untuk menjelaskan sesuatu yang biasanya sering dituntut untuk melakukan pengecekannya. Hipotesis statistik adalah dalam perumusan hipotesis statistik, antara hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_a) selalu berpasangan, bila salah satu ditolak, maka hipotesis lain pasti diterima untuk mengambil keputusan, yaitu kalau H_0 ditolak H_a diterima. Hipotesis statistik dinyatakan oleh simbol (Sugiyono, 2017).

Rancangan uji hipotesis digunakan untuk mengetahui korelasi kedua variabel yang diteliti. Langkah – langkah dalam perancangan uji hipotesis ini dimulai dengan penentuan hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_a), pemilihan tes statistik, perhitungan nilai statistik dan penetapan tingkat signifikan.

Uji signifikansi pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat secara simultan menggunakan uji F dan secara parsial menggunakan uji t . Beberapa tahapan pengujian hipotesis adalah sebagai berikut:

1. Uji Parsial (Uji t)

Uji parsial (Uji t) digunakan untuk mengetahui pengaruh masing – masing variabel bebas terhadap variabel terikat. Adapun langkah – langkah yang dilakukan adalah:

a. Menentukan Hipotesis

Hipotesis yang akan diuji berhubungan dengan ada atau tidaknya pengaruh yang signifikan antara variabel bebas terhadap variabel terikat. Apabila hipotesis tersebut dinyatakan ke dalam hipotesis adalah:

Menentukan Hipotesis

$H_0 : \beta_1 = 0$: tidak terdapat pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat.

$H_a : \beta_1 \neq 0$: terdapat pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat.

b. Menentukan tingkat signifikansi

Dalam pengujian hipotesis, kita terlebih dahulu menentukan tingkat signifikansi pengujian (biasanya disimbolkan dengan α (alpha)). Misalnya 1%, 5%, 10% dan seterusnya. Tingkat signifikansi tersebut yang merupakan probabilitas dalam tabel.

Rumus mencari t_{tabel} adalah :

$$t_{tabel} = t_{\alpha/2} (df) \quad (3.21)$$

$$df = n - 1 \quad (3.22)$$

dimana n = jumlah observasi/sampel

Gunanya memperoleh nilai t_{tabel} adalah sebagai daerah penerimaan dan penolakan hipotesis.

c. Menghitung nilai t_{hitung} bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas secara menyeluruh memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat. Maka dapat dianalisis dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (3.23)$$

dimana :

t = nilai uji t

n = jumlah sampel

r = Koefisien korelasi hasil r hitung

r^2 = Koefisien Determinasi

d. Kriteria pengujian

1. Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak, dan H_a diterima, artinya antara variabel X dan variabel Y ada pengaruhnya atau signifikan.

2. Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_a ditolak, artinya antara variabel X dan variabel Y tidak ada pengaruhnya atau tidak signifikan.
 3. Jika nilai probabilitasnya (α) lebih kecil dari 0.05 (5%) maka dapat disimpulkan terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel bebas terhadap variabel terikat.
 4. Jika nilai probabilitasnya (α) lebih besar dari 0.05 (5%) maka dapat disimpulkan bahwa variabel bebas tidak berpengaruh terhadap variabel terikat.
2. Uji Stimultan (Uji F)

Uji pengaruh stimultan (Uji F) digunakan untuk mengetahui apakah variabel bebas secara bersama-sama atau stimultan mempengaruhi variabel terikat. Apabila hipotesis penelitian tersebut dinyatakan kedalam hipotesis adalah:

a. Menentukan Hipotesis

$H_0 : \beta_1, \beta_2 = 0$: Tidak terdapat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat.

$H_a : \beta_1, \beta_2 \neq 0$: Terdapat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat.

b. Menentukan tingkat signifikansi

Dalam pengujian hipotesis, kita terlebih dahulu menentukan tingkat signifikansi pengujian (biasanya disimbolkan dengan α (alpha). Misalnya 1%, 5%, 10% dan seterusnya. Tingkat signifikansi tersebut yang merupakan probabilita dalam tabel.

Rumus mencari F_{tabel} adalah :

$$df1 = k - 1 \quad (3.24)$$

$$df2 = n - k \quad (3.25)$$

dimana k adalah jumlah variabel (bebas + terikat) dan n adalah jumlah observasi/sampel.

Gunanya memperoleh nilai F_{tabel} adalah sebagai daerah penerimaan dan penolakan hipotesis.

- c. Nilai F_{hitung} bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas secara menyeluruh memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel terikat. Maka dapat dianalisis dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F = \frac{R^2 / (k-1)}{(1-R^2) / (n-k-1)} \quad (3.26)$$

dimana :

R^2 = Nilai koefisien ganda

n = Jumlah sampel

k = Jumlah variabel bebas

- d. Kriteria pengujian
1. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak, dan H_a diterima, artinya antara variabel X dan variabel Y ada pengaruhnya atau signifikan.
 2. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_a ditolak, artinya antara variabel X dan variabel Y tidak ada pengaruhnya atau tidak signifikan.
 3. Jika nilai probabilitasnya (α) lebih kecil dari 0.05 (5%) maka dapat disimpulkan terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel bebas terhadap variabel terikat.
 4. Jika nilai probabilitasnya (α) lebih besar dari 0.05 (5%) maka dapat disimpulkan bahwa variabel bebas tidak berpengaruh terhadap variabel terikat.

3.10.4 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (R^2) pada dasarnya mengukur kemampuan model dalam menjelaskan variasi variabel bebas (Ghazali, 2016). Nilai koefisien determinasi adalah nol dan satu. Nilai R^2 yang kecil berarti kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan perubahan variabel terikat sangat terbatas. Nilai yang mendekati satu berarti bahwa variabel bebas memberikan hampir semua informasi yang diperlukan untuk memprediksi perubahan variabel terikat. Koefisien Determinasi (K_d) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Kd = r^2 \times 100 \% \quad (3.27)$$

dimana :

Kd = Koefisien determinasi

r^2 = Koefisien kuadrat korelasi ganda

Berdasarkan penghitungan koefisien korelasi, maka dapat dihitung koefisien determinasi yaitu untuk melihat persentase pengaruh variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Jika $r^2 = 100 \%$ berarti variabel bebas berpengaruh sempurna terhadap variabel terikat, demikian sebaliknya jika $r^2 = 0$ berarti variabel bebas tidak berpengaruh terhadap variabel terikat.



BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian adalah cara ilmiah untuk mengumpulkan data untuk tujuan tertentu. Metode ilmiah tersebut berarti kegiatan penelitian yang didasarkan pada ciri – ciri keilmuan yaitu rasional, empiris, dan sistematis. Rasional artinya kegiatan penelitian dilakukan dengan cara yang masuk akal, sehingga tercapai nalar manusia. Empiris berarti bahwa metode yang digunakan dalam penelitian dapat diamati oleh indra manusia, sehingga orang lain dapat mengamati dan mengetahui metode yang digunakan. Sedangkan sistematis berarti proses yang digunakan dalam penelitian dengan menggunakan langkah – langkah yang bersifat logis (Sugiyono, 2015).

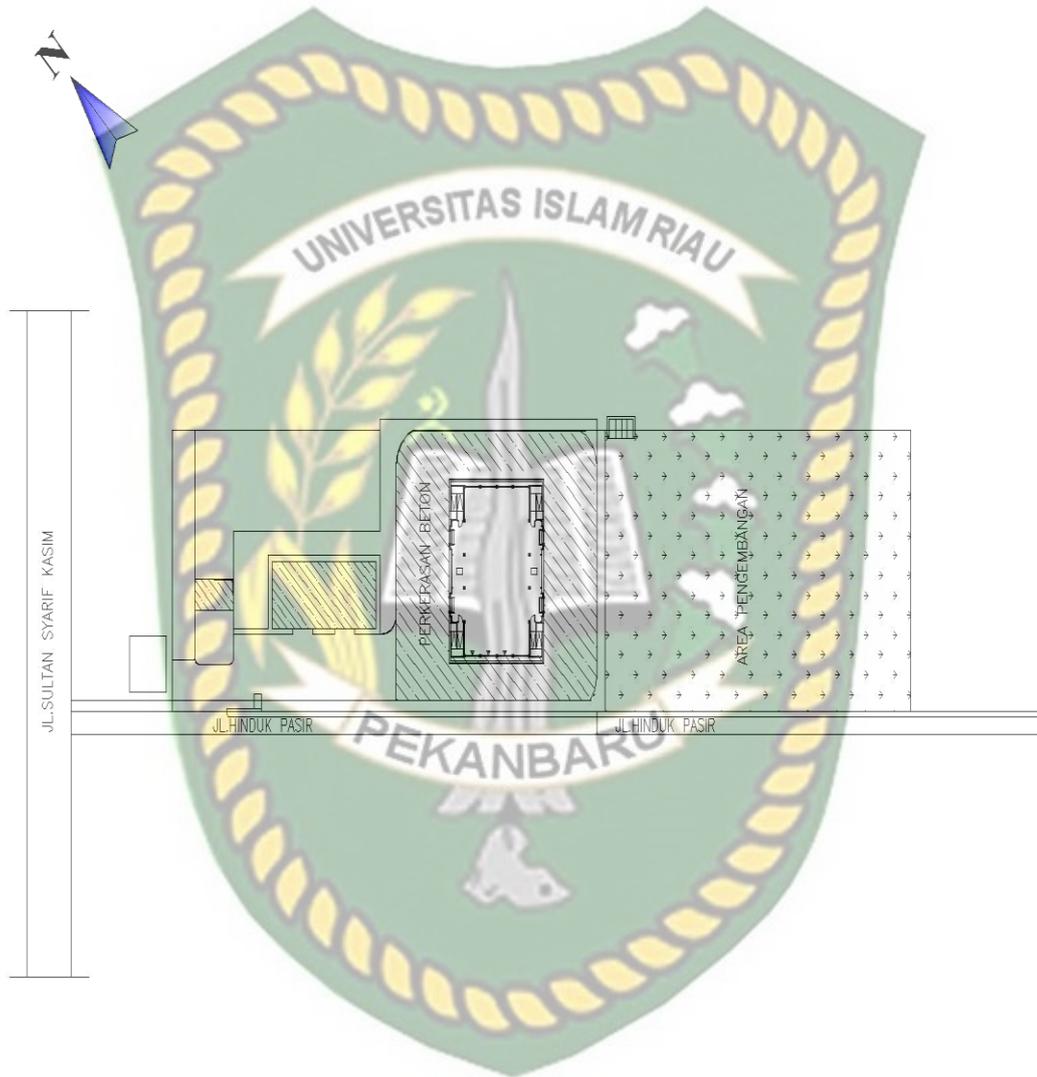
Studi kasus membutuhkan metode referensi sebagai dasar acuan untuk studi pustaka dan mengumpulkan data yang diperlukan. Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Metode penelitian dimulai dengan pengamatan lapangan dan pengumpulan data yang diperoleh langsung dari dokumen proyek dan dari lapangan. Setelah semua data terkumpul, maka pengolahan data dapat dilakukan.

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan metode regresi linier berganda. Metode regresi linier berganda adalah analisis yang digunakan secara simultan untuk menguji pengaruh dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat dengan skala interval (Narimawati, 2008).

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog, Kecamatan Bunga Raya, Kabupaten Siak, Provinsi Riau. Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya ini berlokasi di Sultan Syarif Kasim, Kecamatan Bunga Raya. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Dokumen ini adalah Arsip Miilik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa lokasi penelitian pekerjaan Perkerasan Jalan Rigid Pavement ini terdapat di jalan Sultan Syarif Kasim.

4.3 Teknik Pengumpulan Data

Untuk menganalisa permasalahan dan upaya menyelesaikan penelitian ini, maka penelitian ini menggunakan studi literatur. Metode studi literatur adalah metode yang digunakan untuk memperjelas konsep penelitian yang dilakukan dengan cara mendapatkan buku-buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang memuat landasan teori dan rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari kontraktor proyek Pembangunan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya. Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah :

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh melalui pengamatan, yaitu pengamatan di lapangan secara langsung dan wawancara di lapangan dengan pihak terkait seperti kontraktor, pemilik alat berat, dan pekerja di lapangan atau hasil penelitian terhadap data waktu siklus. Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan pengamatan di lokasi pekerjaan, pengamatan tersebut yaitu :

- a. Pengamatan waktu yang dibutuhkan di lapangan untuk peralatan, *Excavator*, *Dump Truck*, *Bulldozer*, *Vibratory Roller*, untuk melaksanakan suatu kegiatan atau disebut dengan siklus. Form tabel pengamatan alat berat berbeda – beda untuk setiap alat berat. Pengamatan tersebut dilakukan untuk mendapatkan waktu siklus dan informasi alat berat yang digunakan.
- b. Jam kerja peralatan di mulai dari jam 08.00 WIB dan berakhir pada sore hari jam 17.00 WIB (8 jam kerja efektif).

Data Primer :

1. Data harian alat berat

Adapun alat berat yang dimaksud adalah *Excavator*, *Dump Truck*, *Bulldozer*, dan *Vibratory Roller*.

Berikut adalah urutan tahapan pengambilan data :

a. *Excavator*

Pada *Excavator*, data yang didapatkan adalah kapasitas *bucket Excavator*, menghitung waktu mengisi *bucket*, menghitung waktu putar saat bermuatan dan saat kosong, dan menghitung waktu membuang muatan ke bak *Dump Truck*.

b. *Dump Truck*

Data yang didapatkan dari *Dump Truck* adalah, kapasitas bak *Dump Truck*, kecepatan *Dump Truck*, jarak dari *quarry* ke lapangan, menghitung waktu yang dibutuhkan *Dump Truck* dalam keadaan kosong maupun bermuatan, dan menghitung waktu muat dan bongkar.

c. *Bulldozer*

Pada *Bulldozer*, data yang didapatkan yaitu kecepatan *Bulldozer*, mengukur lebar pisau/*blade*, mengukur lebar jalan, mengetahui tebal hamparan, dan menghitung waktu yang ditempuh alat dalam satu lintasan.

d. *Vibratory Roller*

Data yang didapatkan dari *Vibratory Roller* adalah mengetahui kecepatan kerja, mengukur lebar pemadatan efektif alat, mengukur tebal pemadatan, dan menghitung waktu yang ditempuh alat dalam satu lintasan.

Adapun form pengamatan waktu siklus yang digunakan untuk mendapatkan data pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Form Pengamatan Waktu Siklus

Nama Alat :
Kapasitas Bucket :
Waktu Kerja :
Jam Kerja :

No	Siklus	Waktu (Detik)				Jumlah
		Gali (T1)	Putar Muatan (T2)	Buang (T3)	Putar Kosong (T4)	
1	Ke - 1					
2	Ke - 2					
3	Ke - 3					
4	Ke - 4					
5	Ke - 5					
6	Ke - 6					
7	Ke - 7					
8	Ke - 8					
9	Ke - 9					
10	Ke - 10					
11	Ke - 11					
12	Ke - 12					
13	Ke - 13					
14	Ke - 14					
15	Ke - 15					
16	Ke - 16					
17	Ke - 17					
18	Ke - 18					
19	Ke - 19					
20	Ke - 20					
Total						
Rata - Rata						

Pada Tabel 4.1 Dapat dilihat salah satu contoh form pengamatan waktu siklus alat berat di lapangan. Form pengamatan untuk tiap alat berat yang akan diteliti berbeda dengan menyesuaikan setiap alat berat yang digunakan di lapangan.

2. Dokumentasi

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari instansi terkait. Biasanya berwujud data yang diperoleh berupa data laporan dan dokumentasi yang telah tersedia. Data sekunder yang diperlukan meliputi :

- a. Spesifikasi alat berat.
- b. Data proyek berupa RAB.
- c. Gambar teknis pekerjaan.

4.4 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian ini dilakukan beberapa langkah – langkah yang dimulai dari awal sampai akhir untuk menyelesaikan penelitian. Setiap langkah – langkah saling berkaitan agar penelitian berjalan lancar dan terarah. Adapun tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mulai
Mulai adalah tahap awal dalam melakukan penelitian. Tahap ini dilakukan sebelum melakukan kegiatan seperti mencari judul penelitian yang akan dilakukan.
2. Tahap persiapan
Tahap persiapan merupakan langkah yang perlu dilakukan pada penelitian tugas akhir, yaitu mempersiapkan gambaran tentang penelitian yang dilakukan berdasarkan judul yang sudah ditentukan. Kemudian mencari permasalahan pada judul dan menentukan lokasi penelitian yang akan dilakukan.
3. Studi Literatur
Studi literatur dilakukan untuk menentukan metode penelitian, teknik pengumpulan data, serta analisa pengolahan data. Studi literatur didapat melalui referensi penelitian sebelumnya, buku, jurnal, dan lain – lain.
4. Pengumpulan Data
Dalam pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan cara peninjauan langsung dan wawancara di lapangan dengan pihak terkait seperti kontraktor,

pemilik alat berat, dan pekerja yang ada dilapangan. Sedangkan untuk data sekunder diperoleh dari pihak kontraktor berupa data spesifikasi alat berat, data proyek, dan gambar teknis pekerjaan.

5. Analisis Data

Setelah data-data yang diperlukan terkumpul, kemudian dilakukan pengolahan dan analisis data. Dengan menggunakan rumus-rumus yang telah dijelaskan di landasan teori pada bab III. Adapun tahap-tahap dalam menganalisa perhitungan yaitu :

- a. Perhitungan waktu siklus alat berat.
- b. Perhitungan produktivitas alat berat.
- c. Analisis regresi linier berganda menggunakan SPSS 20.0.

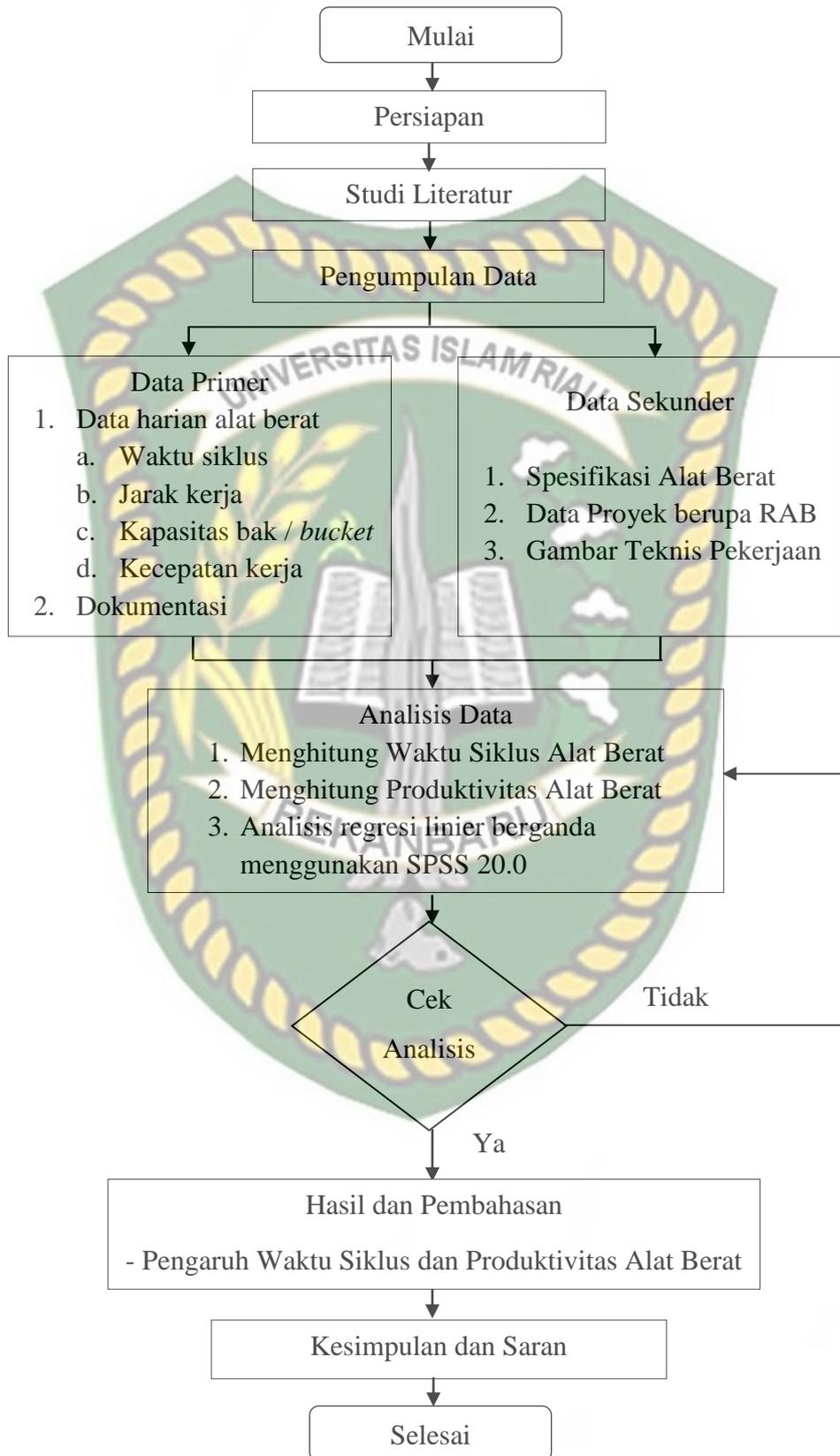
6. Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini menjelaskan hasil – hasil analisis data yang didapat dari penelitian dalam bentuk tabel. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu siklus dan produktivitas alat berat.

7. Kesimpulan dan Saran

Tahapan ini merupakan tahapan penarikan kesimpulan dari hasil akhir analisis data penelitian serta memberikan saran terhadap hasil penelitian.

Untuk lebih jelas tahapan penelitian yang dilakukan kemudian digambarkan dalam bentuk bagan alir seperti pada Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian

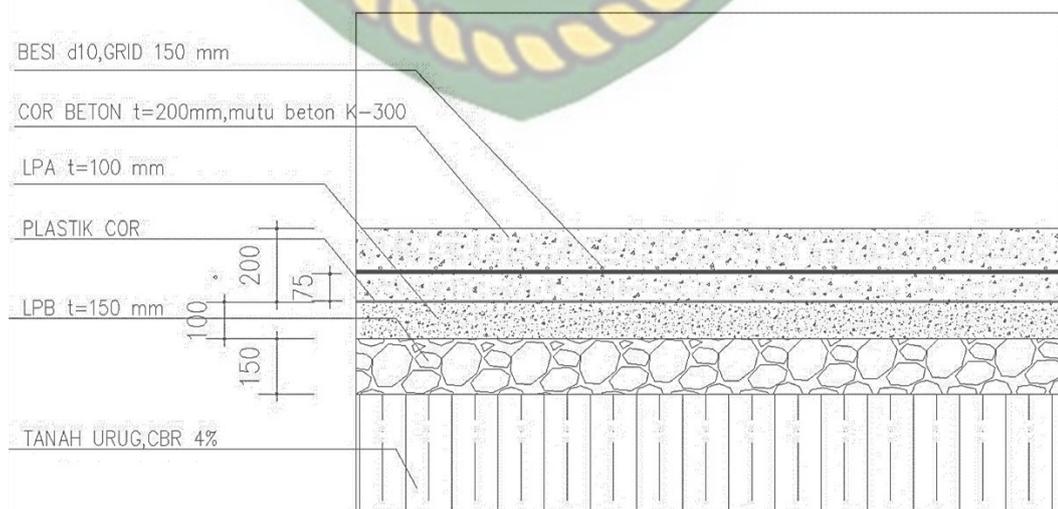
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Penelitian ini dilakukan pada pekerjaan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya dengan menggunakan alat berat *Excavator, Dump Truck, Bulldozer, Vibratory Roller* untuk mempermudah pekerjaan. Lokasi penelitian ini terletak di Jalan Sultan Syarif Kasim Kecamatan Bunga Raya Kabupaten Siak dengan data-data proyek adalah sebagai berikut :

Nama Paket : Pembangunan Gudang Komoditas Pangan Kapasitas 1000 Ton
Pekerjaan : Jalan Beton
Pemilik : Bulog
Nilai Kontrak : Rp. 958.858.654,00
Lokasi : Jl. Sultan Syarif Kasim Kec. Bunga Raya Kab. Siak
Jam Kerja Efektif : 8 jam/hari
Kontraktor Pelaksana : PT. BUNDA
Konsultan Pengawas : PT. DUTA CONSULTAN ENGINEERING

Dalam penelitian ini lapisan pekerjaan yang diamati adalah *base course* A dan *base course* B. Potongan lapisan perkerasan seperti Gambar 5.1



Gambar 5. 1 Potongan Melintang Lapisan Perkerasan

Pada Gambar 5.1 menunjukkan tebal lapisan perkerasan *base course* A dan *base course* B. Pada lapisan perkerasan *base course* A dengan ketebalan yaitu 0,1 m. Sedangkan pada lapisan perkerasan *base course* B dengan ketebalan yaitu 0,15 m. Untuk volume material *base course* A adalah 197,18 m³ dan volume material *base course* B adalah 295,77 m³.

5.2 Identifikasi alat berat

Pada penelitian ini yang dikerjakan adalah pekerjaan lapisan perkerasan *base course* A dan *base course* B. Pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course* A dan *base course* B dilakukan menggunakan alat berat yaitu *Excavator*, *Dump Truck*, *Bulldozer*, dan *Vibratory Roller*. Pekerjaan ini dimulai dari *Excavator* sebagai alat berat untuk memuat material pekerjaan, setelah itu dimuat ke dalam *Dump Truck*. *Dump Truck* ini bertugas sebagai mengantarkan material pekerjaan dari *quarry* ke lokasi pekerjaan. Setelah itu material dihamparkan menggunakan *Bulldozer*, setelah itu material pekerjaan tersebut dipadatkan oleh *Vibratory Roller* yang bertujuan untuk memadatkan material *base course* A dan *base course* B tersebut.

Adapun alat berat yang digunakan pada pekerjaan ini antara lain, yaitu :

1. Excavator

Excavator adalah alat yang berfungsi sebagai penggali material atau pemuat material, mampu menggali lebih dalam, pada tipe yang digerakkan secara hidrolis. Alat ini bekerja dengan mengeruk atau menggali material menggunakan *bucket* yang dipasang didepan yang terletak dibawah permukaan tanah atau diatas alat itu sendiri untuk memuat material ke dalam *Dump Truck*. *Excavator* yang digunakan untuk menggali material di lokasi pekerjaan dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 2 *Excavator* (Dok. Lapangan, 2020)

Dari gambar 5.2 menunjukkan *Excavator* sedang menggali material untuk memuat ke *Dump Truck*, yang digerakkan dengan tenaga hydraulic mesin diesel dan berjalan diatas kaki roda rantai. Merk *Excavator* adalah Kobelco SK 200 XD_L dengan kapasitas bucket 0,93 m³. Jenis *Excavator* tersebut *hydraulic controlled* dengan tipe kelabang dan *boom* pendek. Ukuran *Excavator* mempengaruhi waktu siklus. *Excavator* yang kecil waktu siklusnya akan lebih cepat daripada *Excavator* yang besar, dan kondisi kerja juga berpengaruh.

2. *Dump Truck*

Dump truck adalah alat angkut untuk mengangkut material pekerjaan. Waktu operasi pelayanan angkutan *Dump Truck* dipengaruhi oleh waktu muat, waktu ke lokasi pekerjaan dan kembali lagi ke *quarry*, selain itu juga dipengaruhi oleh kondisi pada waktu pemuat dan waktu *dumping*. Alat berat *Dump Truck* dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 *Dump Truck* (Dok. Lapangan, 2020)

Dari Gambar 5.3 menunjukkan *Dump Truck* sebagai alat angkut material dari *quarry* ke lokasi pekerjaan, dan muatan *Dump Truck* dibongkar sesuai arahan dari pelaksana yang ada di lokasi pekerjaan. Type *Dump Truck* adalah Hino FM 260 JD dengan bak berkapasitas 20 m³. Jenis *Dump Truck* tersebut *rear dump truck* yaitu cara penumpahan muatan ke arah belakang. Besarnya kapasitas muatan *Dump Truck* adalah dua puluh dua kali kapasitas alat gali yang memasukkan material ke dalam bak *Dump Truck* tersebut.

3. Bulldozer

Bulldozer adalah alat yang menggunakan traktor sebagai penggerak utamanya. *Bulldozer* sebenarnya adalah nama jenis dari *dozer*, yang mampu untuk mendorong ke muka. Kita menyebutnya *Bulldozer*, karena biasanya dilengkapi dengan *dozer attachment*, dalam hal ini *attachment* adalah *blade*, atau perlengkapannya adalah *blade*. *Bulldozer* digunakan untuk memindahkan material dan menyebarkan material di lokasi pekerjaan. Alat berat *Bulldozer* dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5. 4 *Bulldozer* (Dok. Lapangan, 2020)

Dari Gambar 5.4 menunjukkan *Bulldozer* sedang melakukan pekerjaan meratakan material *base course* yang telah dibongkar oleh *Dump Truck* di lokasi pekerjaan. Type *Bulldozer* adalah Komatsu D31E. Jenis *Bulldozer* tersebut *crawler tractor dozer* yaitu menggunakan roda kelabang. Jenis *blade* adalah *angling blade* dengan lebar *blade* 2,875 m dan tinggi *blade* 0,7 m. *Blade* jenis ini digunakan untuk pembuangan material ke arah samping, misalnya perintisan jalan dan pengisian material ke tempat semula. *Blade* jenis ini penggunaannya dapat diatur dengan posisi lurus maupun membentuk sudut ke kiri atau ke kanan.

4. Vibratory Roller

Vibratory Roller adalah alat pemadat yang dapat menggetarkan roda silinder baja bagian depan, sehingga mempunyai efisiensi pemadatan yang sangat tinggi dan banyak digunakan dalam setiap semua jenis pekerjaan pemadatan. Dengan alat ini, material seperti pasir, kerikil, dan batu pecah dapat dipadatkan lebih rapat karena alat tersebut memberikan tekanan dan getaran pada material dibawahnya. Dengan adanya getaran, partikel yang lebih kecil mengisi ruang di antara partikel yang lebih besar. Alat berat *Vibratory Roller* ini dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5. 5 *Vibratory Roller* (Dok. Lapangan, 2020)

Dari gambar 5.5 menunjukkan *Vibratory Roller* sedang melakukan pekerjaan pemadatan material *base course*. Type *Vibratory Roller* adalah Dynavac CA250. Alat ini mempunyai roda depan besi dan roda belakang karet. Pada roda depan besi yang berfungsi sebagai pemadatan dengan lebar pemadat 2,13 m dan diameter drum 1,52 m. Sedangkan pada roda belakang karet terdapat kembang yang berfungsi untuk menjaga agar alat tidak mengalami slip dengan ukuran ban 23,1-26/12 PR.

5.3 Identifikasi Proses Pekerjaan Penghamparan Material Agregat

Dalam pelaksanaan pekerjaan penghamparan material untuk pekerjaan lapisan perkerasan *base course A* dan *base course B* di Gudang Bulog Bunga Raya dibutuhkan bantuan tenaga alat berat sebagai pendukung dalam melakukan pekerjaan. Pada saat pengamatan alat berat yang digunakan di lapangan adalah *Excavator* sebagai alat pemuat, *Dump Truck* sebagai alat angkut, *Bulldozer* sebagai alat penghamparan material, dan *Vibratory Roller* sebagai alat pemadat. Alur dalam pekerjaan penghamparan material melalui beberapa proses, yaitu:

1. Pengangkutan material dari *quarry* ke lokasi pekerjaan dan pembongkaran material di lokasi pekerjaan.
2. Proses penghamparan lapisan perkerasan *base course A* dan *base course B* menggunakan alat berat *Bulldozer*.
3. Proses pemadatan lapisan perkerasan *base course A* dan *base course B* yang telah terhampar menggunakan alat berat *Vibratory Roller*.

Proses kegiatan pekerjaan penghamparan lapisan perkerasan *base course A* dan *base course B* adalah sebagai berikut:

1. *Base Course A*

Dalam penelitian ini volume pekerjaan pada pekerjaan penghamparan material lapisan perkerasan *base course A* adalah $197,18 \text{ m}^3$. Pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course A* terdiri dari beberapa proses kegiatan adalah sebagai berikut:

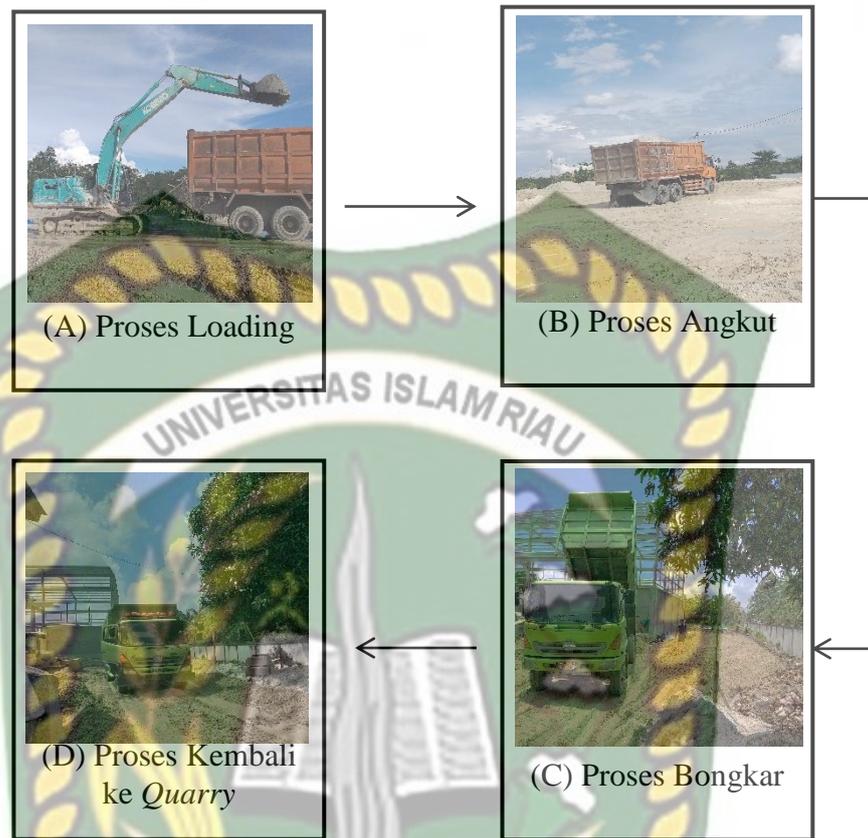
- a. Pengangkutan material dari *quarry* ke lokasi pekerjaan.

Pengangkutan material dari *quarry* ke lokasi pekerjaan dilakukan dengan menggunakan alat berat *Dump Truck* dengan jarak angkut 151 km dan material yang diangkut berupa *base course A* seperti pada Gambar 5.6.



Gambar 5. 6 Lokasi Penelitian dan *quarry* (Dokumentasi, 2020)

Pada Gambar 5.6 dapat dilihat bahwa *base course A* berada di *quarry* dan lokasi penelitian berada di Rimbo Panjang. Jarak dari *quarry* menuju lokasi penelitian adalah 151 Km. Untuk proses pengangkutan material *base course A* dapat dilihat pada Gambar 5.7

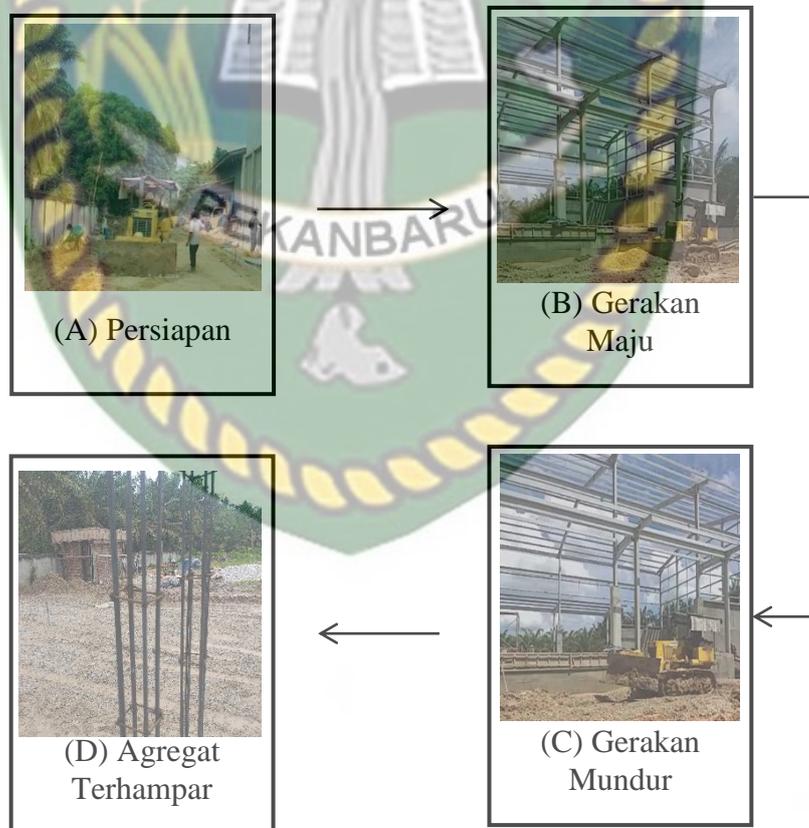


Gambar 5. 7 Proses Pengangkutan *Base Course A* (Dokumentasi, 2020)

Pada Gambar 5.7 dapat dilihat proses pengangkutan *base course A* yang diangkut dari *quarry* menuju lokasi pekerjaan. Pada Gambar 5.7 (A) Sebelum pengangkutan maka dilakukan tahapan pengisian *bucket dump truck* atau *loading*. Tahap ini dilakukan dengan dua alat yaitu *dump truck* dan *excavator*. *Dump truck* yang digunakan di lapangan memiliki kapasitas *bucket* 20 m^3 . Sedangkan, *excavator* memiliki kapasitas *bucket* $0,93 \text{ m}^3$. Tahapan *loading* dilakukan dengan melakukan pengisian *bucket excavator* kemudian diangkut dan dimasukkan ke dalam *bucket dump truck* sebanyak 20 m^3 . Setelah proses pengisian *bucket/loading* selesai dilakukan kemudian dilakukan tahapan pengangkutan seperti pada Gambar 5.7 (B). Pada proses pengangkutan, kecepatan *dump truck* adalah 40 Km/jam . Kecepatan *dump truck* dan medan perjalanan perlu diperhatikan agar pada saat pengangkutan material yang dibawa tidak terjatuh dan juga mengurangi resiko kecelakaan kerja. Setelah

dump truck telah sampai di lokasi pekerjaan dilakukan proses bongkar material. Proses pembongkaran material dilakukan diletakkan pada satu titik seperti pada Gambar 5.7 (C). Pada Gambar 5.7 (D) Setelah proses bongkar material selesai dilakukan maka selanjutnya *dump truck* kembali ke *quarry*. Kecepatan *dump truck* saat muatan kosong adalah 60 km/jam.

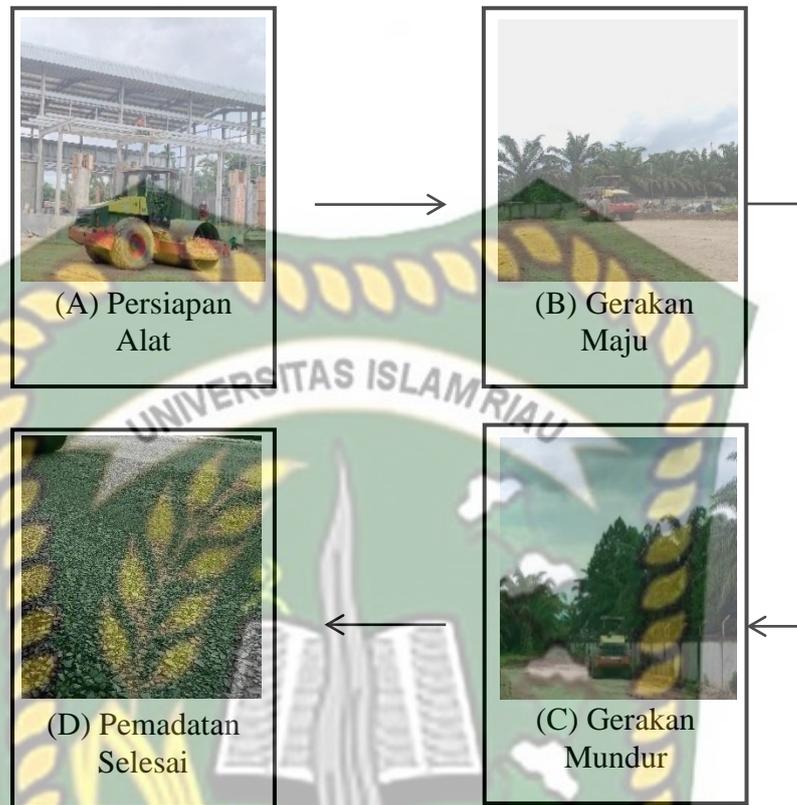
- b. Proses penghamparan *base course* A menggunakan *Bulldozer*
- Setelah proses pembongkaran material, kemudian dilakukan proses penghamparan material. Tahap persiapan, pada tahap ini sebelum penghamparan dilakukan terlebih dulu persiapan alat berat yang harus tersedia. Jika alat berat sudah siap, selanjutnya mesin *bulldozer* dinyalakan untuk beberapa saat interval waktu sekitar 3 – 5 menit. Setelah dinyalakan, alat berat kemudian di posisikan pada area pekerjaan. Proses pekerjaan penghamparan material *base course* A dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5. 8 Proses Penghamparan Material *Base Course* A (Dokumentasi, 2020)

Pada Gambar 5.8 dapat dilihat proses pekerjaan penghamparan material *base course* A. Pada Gambar 5.8 (A) *bulldozer* berada pada posisi area pekerjaan, kemudian bergerak maju dan menurunkan *blade* untuk menghamparkan *base course* A. Lebar *blade* pada *bulldozer* yang digunakan di lapangan adalah 2,875 m dan tinggi *blade* 0,7 m. Selanjutnya pada Gambar 5.8 (B) *Bulldozer* bergerak maju untuk menghampar, kemudian bergerak mundur untuk melakukan *passing* (lintasan) selanjutnya. *Passing* (lintasan) adalah gerak maju mundur dari *bulldozer* dalam satu kali gerakan. Pada saat proses penghamparan, *bulldozer* mengarahkan material ke setiap area hamparan hingga tertutupi sepenuhnya. Selain menghampar agregat material, *blade* pada *bulldozer* berfungsi untuk meratakan permukaan area yang telah terhampar seperti pada Gambar 5.8 (C). Pada proses terakhir *bulldozer* melakukan perataan yang dilakukan dengan maksud untuk mencapai keseragaman elevasi area permukaan. Elevasi dari lapisan *base course* A sudah ditentukan pada perencanaan yaitu 10 cm seperti pada Gambar 5.8 (D). setelah tercapai elevasi yang diinginkan kemudian dilakukan kegiatan pemadatan menggunakan alat pemadat *vibratory roller*.

- c. Proses pemadatan *base course* A menggunakan *Vibratory Roller*
Setelah agregat material telah terhampar dan diratakan menggunakan *bulldozer*, kemudian dilakukan persiapan pemadatan menggunakan alat berat *vibratory roller*. Proses pekerjaan pemadatan dapat dilihat pada Gambar 5.9



Gambar 5.9 Proses Pemadatan Material *Base Course A* (Dokumentasi, 2020)

Pada Gambar 5.9 dapat dilihat proses pekerjaan pemadatan material *base course A* menggunakan alat berat *vibratory roller*. Pada Gambar 5.9 (A) adalah tahap persiapan, dilakukan dengan mengatur posisi alat berat ke area yang akan dipadatkan. Setelah itu mesin dari *vibratory roller* dinyalakan dengan interval waktu kurang lebih 3 – 5 menit. Pada Gambar 5.9 (B) setelah alat telah siap, *vibratory roller* kemudian bergerak maju dengan kecepatan 1,5 Km/jam. Kecepatan maju *vibratory roller* cenderung sangat lambat, hal ini bertujuan agar agregat menjadi padat secara optimal. Sambil bergerak maju, *vibratory roller* operator dari juga menyalakan fungsi getar pada alat pemadat. Fungsi getar ini bertujuan untuk memadatkan *base course A* agar tidak terdapat celah – celah sehingga material menjadi padat dengan optimal. Pada Gambar 5.9 (C) *vibratory roller* bergerak mundur dengan kecepatan 2 Km/jam. Saat bergerak mundur operator *vibratory roller* menyalakan fungsi getar pada alat pemadat

dengan tujuan untuk memadatkan *base course* A agar tidak terdapat celah – celah sehingga material menjadi padat dengan optimal. Satu kali gerak maju dan mundur pada *vibratory roller* dihitung menjadi 1 siklus (1 passing). Terakhir pada Gambar 5.9 (D) proses pemadatan dilakukan hingga agregat mencapai elevasi yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan yaitu 10 cm untuk tebal lapisan *base course* A.

2. *Base Course* B

Dalam penelitian ini volume pekerjaan pada pekerjaan penghamparan material lapisan perkerasan *base course* B adalah 295,77 m³. Pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course* B terdiri dari beberapa proses kegiatan adalah sebagai berikut:

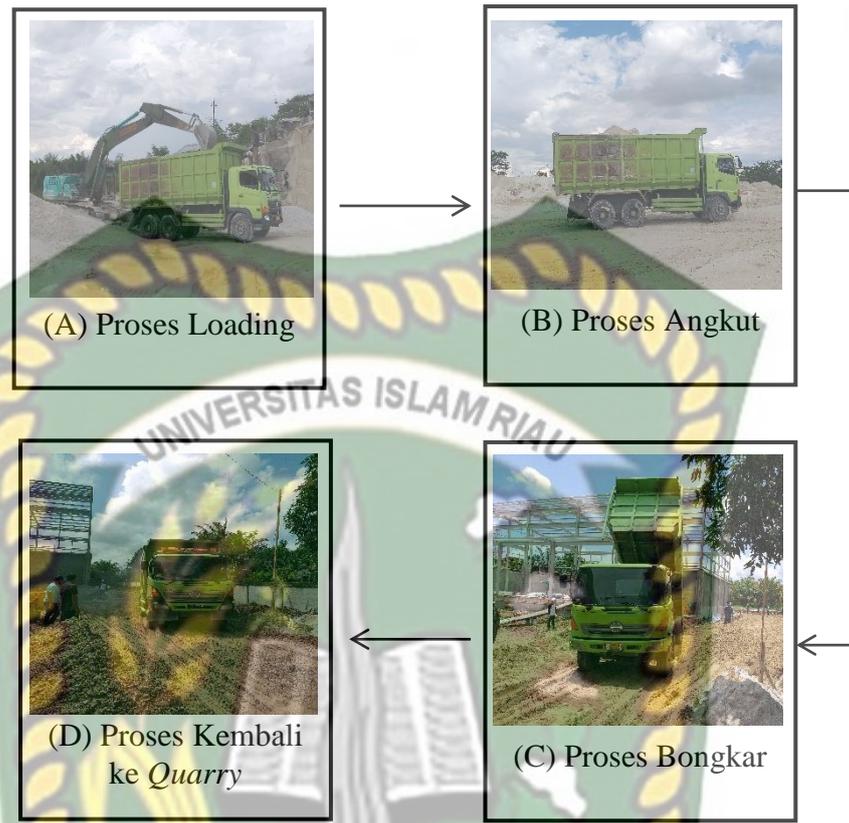
- a. Pengangkutan material dari *quarry* ke lokasi pekerjaan.

Pengangkutan material dari *quarry* ke lokasi pekerjaan dilakukan dengan menggunakan alat berat *Dump Truck* dengan jarak angkut 151 km dan material yang diangkut berupa *base course* B seperti pada Gambar 5.10.



Gambar 5. 10 Lokasi Penelitian dan *quarry* (Dokumentasi, 2020)

Pada Gambar 5.10 dapat dilihat bahwa *base course* B berada di *quarry* dan lokasi penelitian berada di Rimbo Panjang. Jarak dari *quarry* menuju lokasi penelitian adalah 151 Km. Untuk proses pengangkutan material *base course* B dapat dilihat pada Gambar 5.11



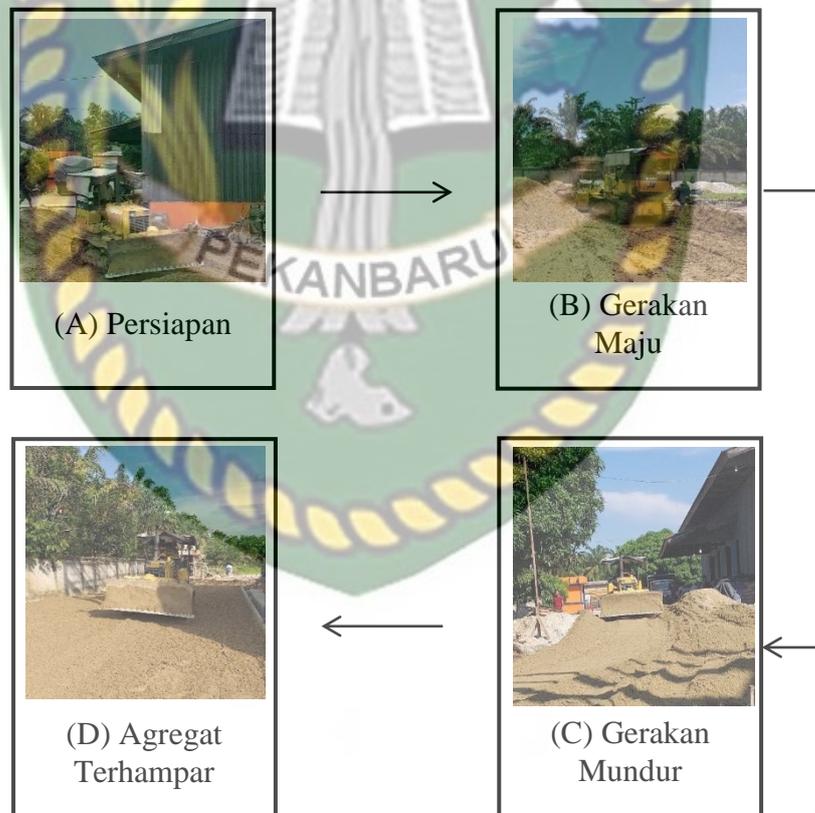
Gambar 5. 11 Proses Pengangkutan *Base Course B* (Dokumentasi, 2020)

Pada Gambar 5.11 dapat dilihat proses pengangkutan *base course B* yang diangkut dari *quarry* menuju lokasi pekerjaan. Pada Gambar 5.11 (A) Sebelum pengangkutan maka dilakukan tahapan pengisian *bucket dump truck* atau *loading*. Tahap ini dilakukan dengan dua alat yaitu *dump truck* dan *excavator*. *Dump truck* yang digunakan di lapangan memiliki kapasitas *bucket* 20 m^3 . Sedangkan, *excavator* memiliki kapasitas *bucket* $0,93 \text{ m}^3$. Tahapan *loading* dilakukan dengan melakukan pengisian *bucket excavator* kemudian diangkut dan dimasukkan ke dalam *bucket dump truck* sebanyak 20 m^3 . Setelah proses pengisian *bucket/loading* selesai dilakukan kemudian dilakukan tahapan pengangkutan seperti pada Gambar 5.11 (B). Pada proses pengangkutan, kecepatan *dump truck* adalah 40 Km/jam . Kecepatan *dump truck* dan medan perjalanan perlu diperhatikan agar pada saat pengangkutan material yang dibawa tidak terjatuh dan juga mengurangi resiko kecelakaan kerja. Setelah *dump truck* telah sampai di lokasi pekerjaan dilakukan proses bongkar material.

Proses pembongkaran material dilakukan diletakkan pada satu titik seperti pada Gambar 5.11 (C). Pada Gambar 5.11 (D) Setelah proses bongkar material selesai dilakukan maka selanjutnya *dump truck* kembali ke *quarry*. Kecepatan *dump truck* saat muatan koosng adalah 60 km/jam.

b. Proses penghamparan *base course* B meggunakan *Bulldozer*

Setelah proses pembongkaran material, kemudian dilakukan proses penghamparan material. Tahap persiapan, pada tahap ini sebelum penghamparan dilakukan terlebih dulu persiapan alat berat yang harus tersedia. Jika alat berat sudah siap, selanjutnya mesin *bulldozer* dinyalakan untuk beberapa saat interval waktu sekitar 3 – 5 menit. Setelah dinyalakan, alat berat kemudian di posisikan pada area pekerjaan. Proses pekerjaan penghamparan material *base course* B dapat dilihat pada Gambar 5.12.

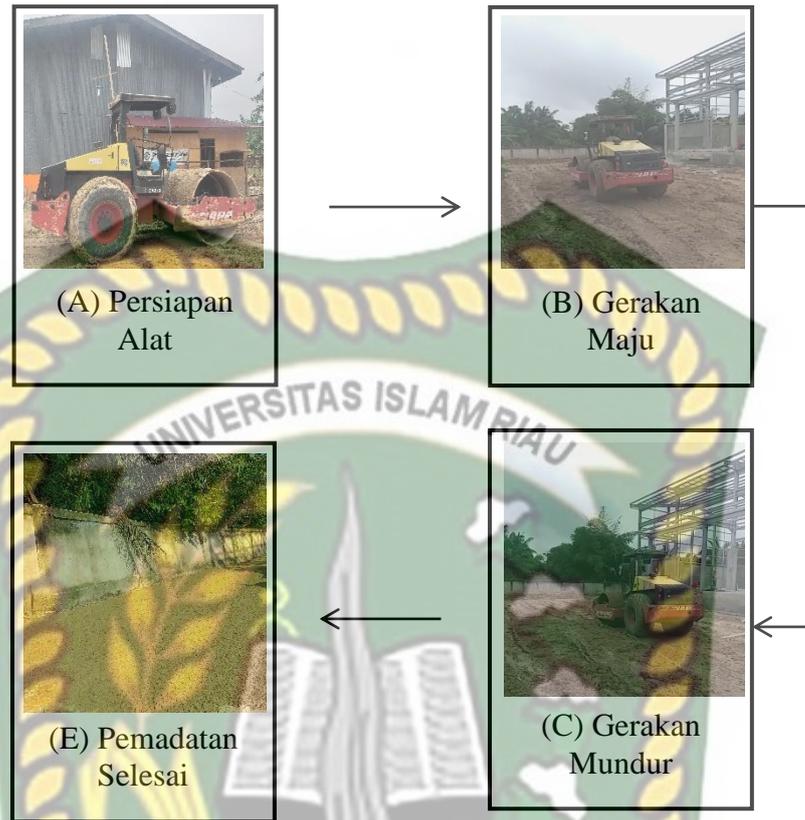


Gambar 5. 12 Proses Penghamparan Material *Base Course* B (Dokumentasi, 2020)

Pada Gambar 5.12 dapat dilihat proses pekerjaan penghamparan material *base course* B. Pada Gambar 5.12 (A) *bulldozer* berada pada posisi area pekerjaan, kemudian bergerak maju dan menurunkan *blade* untuk menghamparkan agregat. Lebar *blade* pada *bulldozer* yang digunakan di lapangan adalah 2,875 m dan tinggi *blade* 0,7 m. Selanjutnya pada Gambar 5.12 (B) *Bulldozer* bergerak maju untuk menghampar, kemudian bergerak mundur untuk melakukan *passing* (lintasan) selanjutnya. *Passing* (lintasan) adalah gerak maju mundur dari *bulldozer* dalam satu kali gerakan. Pada saat proses penghamparan, *bulldozer* mengarahkan material ke setiap area hamparan hingga tertutupi sepenuhnya. Selain menghampar agregat material, *blade* pada *bulldozer* berfungsi untuk meratakan permukaan area yang telah terhampar seperti pada Gambar 5.12 (C). Pada proses terakhir *bulldozer* melakukan perataan yang dilakukan dengan maksud untuk mencapai keseragaman elevasi area permukaan. Elevasi dari lapisan *base course* B sudah ditentukan pada perencanaan yaitu 15 cm seperti pada Gambar 5.12 (D). setelah tercapai elevasi yang diinginkan kemudian dilakukan kegiatan pemadatan menggunakan alat pemadat *vibratory roller*.

c. Proses pemadatan *base course* B menggunakan *Vibratory Roller*

Setelah agregat material telah terhampar dan diratakan menggunakan *bulldozer*, kemudian dilakukan persiapan pemadatan menggunakan alat berat *vibratory roller*. Proses pekerjaan pemadatan dapat dilihat pada Gambar 5.13



Gambar 5.13 Proses Pematatan Material *Base Course B* (Dokumentasi, 2020)

Pada Gambar 5.13 dapat dilihat proses pekerjaan pematatan material *base course B* menggunakan alat berat *vibratory roller*. Pada Gambar 5.13 (A) adalah tahap persiapan, dilakukan dengan mengatur posisi alat berat ke area yang akan dipadatkan. Setelah itu mesin dari *vibratory roller* dinyalakan dengan interval waktu kurang lebih 3 – 5 menit. Pada Gambar 5.13 (B) setelah alat telah siap, *vibratory roller* kemudian bergerak maju dengan kecepatan 1,5 Km/jam. Kecepatan maju *vibratory roller* cenderung sangat lambat, hal ini bertujuan agar agregat menjadi padat secara optimal. Sambil bergerak maju, *vibratory roller* operator dari juga menyalakan fungsi getar pada alat pematat. Fungsi getar ini bertujuan untuk memadatkan *base course B* agar tidak terdapat celah – celah sehingga material menjadi padat dengan optimal. Pada Gambar 5.13 (C) *vibratory roller* bergerak mundur dengan kecepatan 2 Km/jam. Saat bergerak

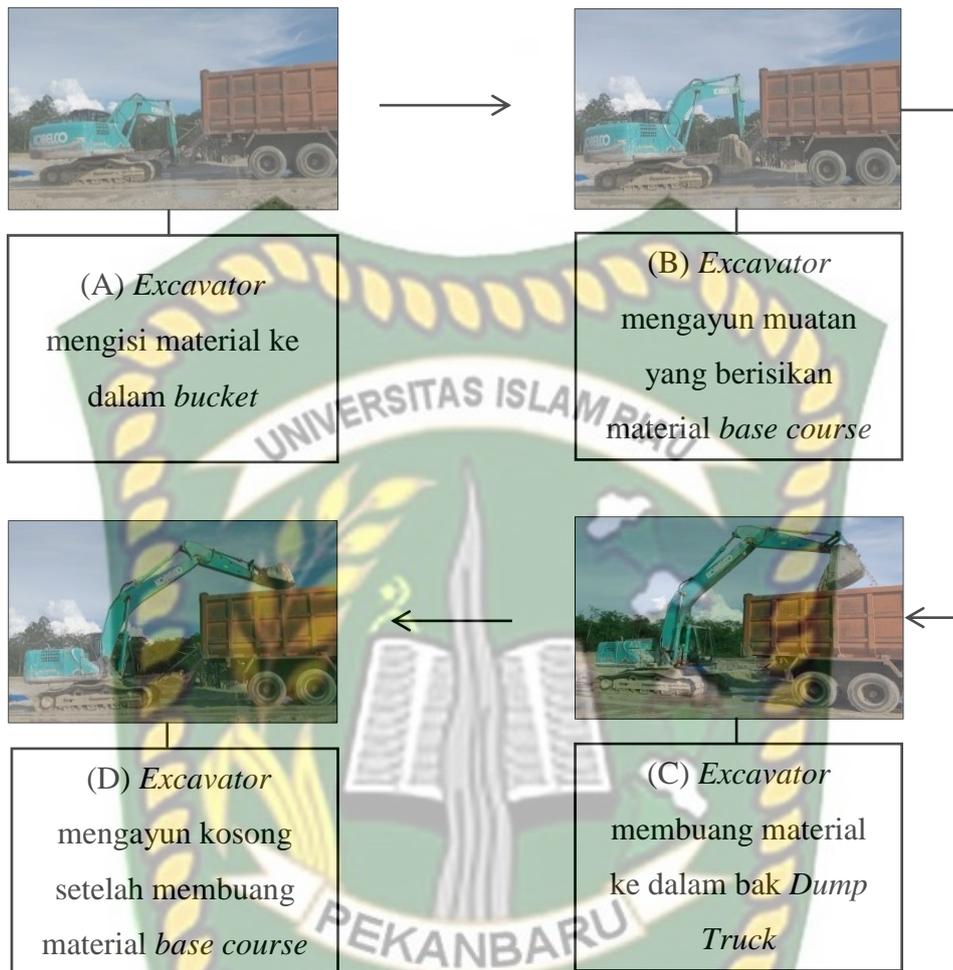
mundur operator *vibratory roller* menyalakan fungsi getar pada alat pemadat dengan tujuan untuk memadatkan *base course* B agar tidak terdapat celah – celah sehingga material menjadi padat dengan optimal. Satu kali gerak maju dan mundur pada *vibratory roller* dihitung menjadi 1 siklus (1 passing). Terakhir pada Gambar 5.13 (D) proses pemadatan dilakukan hingga agregat mencapai elevasi yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan yaitu 15 cm untuk tebal lapisan *base course* B.

5.4 Waktu Siklus Alat Berat

Waktu siklus dalam pekerjaan ini diperoleh dengan menjumlahkan semua elemen dari gerakan alat berat dilokasi pekerjaan. Siklus pekerjaan adalah proses gerakan dari suatu alat dari gerakan mulanya sampai kembali lagi pada gerakan mula tersebut. Waktu yang diperlukan untuk melakukan satu siklus kegiatan disebut waktu siklus. Dalam operasi alat berat produksi dilapangan, umumnya semua berjalan pada sebuah siklus. Alat berat yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Excavator

Excavator digunakan untuk memuat material *base course* A dan *base course* B di *quarry*. Waktu siklus *excavator* dimulai dari waktu mengisi *bucket*, waktu berputar saat bermuatan, waktu bongkar muatan, dan waktu berputar kosong. Bagan alir waktu siklus *excavator* adalah sebagai berikut:



Dapat dilihat waktu siklus setiap kegiatan alat berat *excavator* mulai dari waktu mengisi material (T1), waktu mengayun muatan (T2), waktu membuang material (T3), dan waktu mengayun kosong (T4). Untuk waktu siklus *excavator* pada pekerjaan *base course A* dan *base course B* dapat dilihat sebagai berikut :

A. Waktu Siklus *Excavator* pada pekerjaan *Base Course A*

No	Siklus	Waktu (Detik)				Jumlah
		Gali (T1)	Putar Muatan (T2)	Buang (T3)	Putar Kosong (T4)	
1	Ke - 1	5	3	3	3	14
2	Ke - 2	4	4	4	3	15
3	Ke - 3	5	3	2	3	13
4	Ke - 4	5	4	3	3	15
5	Ke - 5	4	4	3	3	14
6	Ke - 6	5	4	2	4	15
7	Ke - 7	5	4	3	3	15
8	Ke - 8	4	4	3	3	14
9	Ke - 9	4	5	3	3	15
10	Ke - 10	6	4	3	4	17
11	Ke - 11	5	5	2	4	16
12	Ke - 12	6	4	2	4	16
13	Ke - 13	5	4	2	4	15
14	Ke - 14	6	4	2	4	16
15	Ke - 15	6	4	2	4	16
16	Ke - 16	5	5	3	3	16
17	Ke - 17	7	5	3	4	19
18	Ke - 18	6	5	3	4	18
19	Ke - 19	5	4	3	3	15
20	Ke - 20	5	4	2	4	15
Total		103	83	53	70	309
Rata - Rata		5.15	4.15	2.65	3.5	15.45

Waktu siklus diperoleh dengan cara menjumlahkan rata – rata T1, T2, T3, dan T4. Kemudian didapat nilai waktu siklus *excavator* pada pekerjaan *base course A* sebesar 15,45 detik.

B. Waktu Siklus *Excavator* pada pekerjaan *Base Course* B

No	Siklus	Waktu (Detik)				Jumlah
		Gali (T1)	Putar Muatan (T2)	Buang (T3)	Putar Kosong (T4)	
1	Ke - 1	6	5	4	4	19
2	Ke - 2	5	6	3	4	18
3	Ke - 3	4	5	3	4	16
4	Ke - 4	5	5	4	4	18
5	Ke - 5	5	5	4	4	18
6	Ke - 6	4	5	4	4	17
7	Ke - 7	6	5	5	4	20
8	Ke - 8	5	5	3	4	17
9	Ke - 9	4	5	4	4	17
10	Ke - 10	5	5	3	4	17
11	Ke - 11	6	5	4	3	18
12	Ke - 12	6	6	3	4	19
13	Ke - 13	5	5	3	5	18
14	Ke - 14	6	5	3	4	18
15	Ke - 15	5	5	3	4	17
16	Ke - 16	4	6	3	4	17
17	Ke - 17	4	6	3	4	17
18	Ke - 18	4	6	3	5	18
19	Ke - 19	5	5	4	4	18
20	Ke - 20	6	5	3	4	18
Total		100	105	69	81	355
Rata - Rata		5	5.25	3.45	4.05	17.75

Waktu siklus diperoleh dengan cara menjumlahkan rata – rata T1, T2, T3, dan T4. Kemudian didapat nilai waktu siklus *excavator* pada pekerjaan *base course* B sebesar 17,75 detik.

Terdapat perbedaan waktu siklus *excavator* pada *base course* A lebih cepat dibandingkan waktu siklus pada *base course* B. Hal ini dikarenakan jangkauan gali *excavator* pada *base course* A lebih dekat dibandingkan pada *base course* B. Sehingga berpengaruh pada lengan *excavator* ketika proses pengambilan material. Selanjutnya karena campuran pasir di *base course* A lebih sedikit dibandingkan

pada *base course* B. Campuran pasir pada *base course* A 18% dan pada *base course* B 32% sehingga menyebabkan daya lekat pada *base course* B lebih kuat dibandingkan *base course* A.

C. Jangkauan gali *Excavator* pada *Base Course* A dan *Base Course* B

1. *Base Course* A



Jangkauan gali excavator pada *base course* A

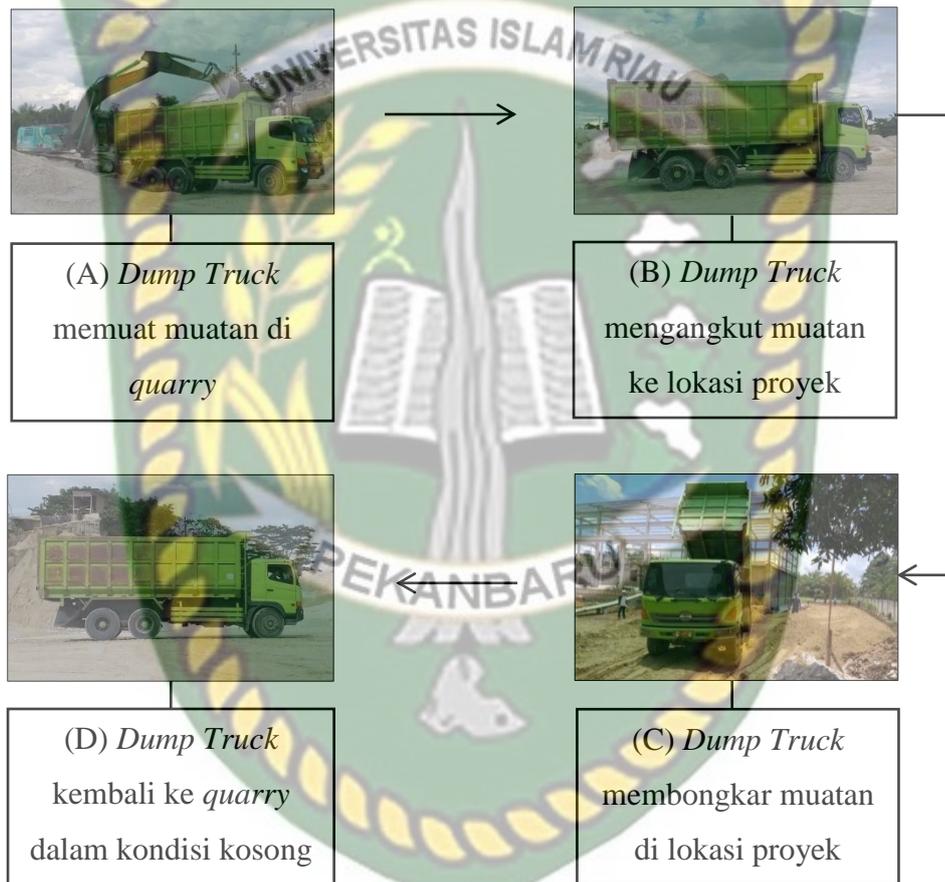
2. *Base Course* B



Jangkauan gali excavator pada *base course* B

2. Dump Truck

Dump Truck digunakan untuk mengangkut material *base course* A dan *base course* B dari *quarry* ke lokasi proyek. Waktu siklus *dump truck* dimulai dari waktu mengisi muatan, waktu mengangkut material *base course*, waktu membongkar material *base course*, dan waktu kembali ke *quarry*. Bagan alir waktu siklus *dump truck* adalah sebagai berikut:



Dapat dilihat waktu siklus dari kegiatan alat berat *dump truck* mulai dari waktu muat sampai dengan waktu kembali.

A. Waktu Siklus *Dump Truck* pada pekerjaan *Base Course A*

No	Siklus	Waktu Muat T1 (Menit)	Waktu Angkut T2 (Menit)	Waktu Bongkar T3 (Menit)	Waktu Kembali T4 (Menit)	Jumlah
1	Ke - 1	4.34	226.5	0.58	151	382.42
2	Ke - 2	4.58	226.5	1.02	151	383.1
3	Ke - 3	4.19	226.5	1.12	151	382.81
4	Ke - 4	4.37	226.5	1.08	151	382.95
5	Ke - 5	4.55	226.5	0.47	151	382.52
6	Ke - 6	4.48	226.5	0.49	151	382.47
7	Ke - 7	4.24	226.5	0.54	151	382.28
8	Ke - 8	4.35	226.5	0.39	151	382.24
9	Ke - 9	4.49	226.5	0.48	151	382.47
10	Ke - 10	4.26	226.5	1.11	151	382.87
11	Ke - 11	4.18	226.5	1.03	151	382.71
12	Ke - 12	4.29	226.5	0.57	151	382.36
13	Ke - 13	4.57	226.5	1.02	151	383.09
14	Ke - 14	5.02	226.5	0.45	151	382.97
15	Ke - 15	4.48	226.5	0.55	151	382.53
16	Ke - 16	4.52	226.5	1.06	151	383.08
17	Ke - 17	4.26	226.5	1.08	151	382.84
18	Ke - 18	4.28	226.5	1.13	151	382.91
19	Ke - 19	4.53	226.5	0.55	151	382.58
20	Ke - 20	4.47	226.5	0.52	151	382.49
Jumlah		88.45	4530	15.24	3020	7653.69
Rata - rata		4.42	226.5	0.76	151	382.68

Waktu siklus diperoleh dengan menjumlahkan rata – rata T1, T2, T3, dan T4. Kemudian didapat nilai waktu siklus *dump truck* pada pekerjaan *base course A* sebesar 382,68 menit.

B. Waktu Siklus *Dump Truck* pada pekerjaan *Base Course B*

No	Siklus	Waktu Muat T1 (Menit)	Waktu Angkut T2 (Menit)	Waktu Bongkar T3 (Menit)	Waktu Kembali T4 (Menit)	Jumlah
1	Ke - 1	5.45	226.5	1.06	151	384.01
2	Ke - 2	5.36	226.5	0.57	151	383.43
3	Ke - 3	5.51	226.5	0.47	151	383.48
4	Ke - 4	5.18	226.5	1.09	151	383.77
5	Ke - 5	5.49	226.5	1.15	151	384.14
6	Ke - 6	5.13	226.5	0.54	151	383.17
7	Ke - 7	5.58	226.5	0.49	151	383.57
8	Ke - 8	5.37	226.5	0.56	151	383.43
9	Ke - 9	5.24	226.5	1.03	151	383.77
10	Ke - 10	5.55	226.5	1.17	151	384.22
11	Ke - 11	5.19	226.5	1.05	151	383.74
12	Ke - 12	5.27	226.5	0.52	151	383.29
13	Ke - 13	5.43	226.5	0.58	151	383.51
14	Ke - 14	5.52	226.5	0.46	151	383.48
15	Ke - 15	5.48	226.5	0.57	151	383.55
16	Ke - 16	5.25	226.5	1.04	151	383.79
17	Ke - 17	5.29	226.5	1.13	151	383.92
18	Ke - 18	5.46	226.5	1.08	151	384.04
19	Ke - 19	5.12	226.5	0.52	151	383.14
20	Ke - 20	5.2	226.5	0.54	151	383.24
Jumlah		107.07	4530	15.62	3020	7672.69
Rata - rata		5.35	226.5	0.78	151	383.63

Waktu siklus diperoleh dengan menjumlahkan rata – rata T1, T2, T3, dan T4. Kemudian didapat nilai waktu siklus *dump truck* pada pekerjaan *base course B* sebesar 383,63 menit.

Terdapat perbedaan waktu siklus *dump truck* pada *base course A* dan *base course B*. Hal ini karena waktu siklus *dump truck* tergantung pada waktu siklus *excavator*. Sehingga waktu siklus *dump truck* pada *base course A* lebih cepat dibandingkan pada *base course B*.

3. Bulldozer

Bulldozer digunakan untuk meratakan material *base course* A dan *base course* B dilokasi proyek. Waktu siklus *bulldozer* dimulai dari mendorong material *base course*, waktu *bulldozer* kembali mundur, dan waktu ganti persneling. Bagan alir waktu siklus *bulldozer* adalah sebagai berikut:



Dapat dilihat waktu siklus setiap kegiatan alat berat *bulldozer*. Waktu siklus dari kegiatan *bulldozer* dimulai dari waktu maju, waktu mundur, dan waktu ganti persneling.

A. Waktu Siklus *Bulldozer* pada pekerjaan *Base Course A*

Siklus	Waktu (Detik)			Jumlah
	Maju	Mundur	Ganti Persenelig	
1	27	24	11	62
2	21	18	13	52
3	20	18	12	50
4	21	20	10	51
5	31	26	13	70
6	27	37	13	77
7	60	43	13	116
8	18	18	10	46
9	29	28	11	68
10	30	28	12	70
11	24	24	10	58
12	31	29	12	72
13	19	17	11	47
14	31	28	12	71
15	30	27	13	70
16	26	23	12	61
17	25	24	10	59
18	23	22	11	56
19	27	31	12	70
20	39	35	11	85
Jumlah	559	520	232	1311
Rata-rata	27.95	26.00	11.6	65.55

Waktu siklus diperoleh dengan cara menjumlahkan rata – rata waktu maju, waktu mundur, dan waktu ganti persneling. Kemudian didapat nilai waktu siklus *bulldozer* pada pekerjaan *base course A* sebesar 65,55 detik.

B. Waktu Siklus *Bulldozer* pada pekerjaan *Base Course B*

Siklus	Waktu (Detik)			Jumlah
	Maju	Mundur	Ganti Persneling	
1	26	24	11	61
2	28	25	12	65
3	41	34	13	88
4	33	29	10	72
5	29	25	10	64
6	42	38	12	92
7	47	43	12	102
8	32	28	11	71
9	43	40	20	103
10	56	53	12	121
11	50	46	11	107
12	48	45	11	104
13	47	44	12	103
14	49	45	13	107
15	31	28	10	69
16	32	29	10	71
17	44	40	11	95
18	42	38	12	92
19	56	52	12	120
20	53	49	13	115
Jumlah	829	755	238	1822
Rata-rata	41.45	37.75	11.9	91.1

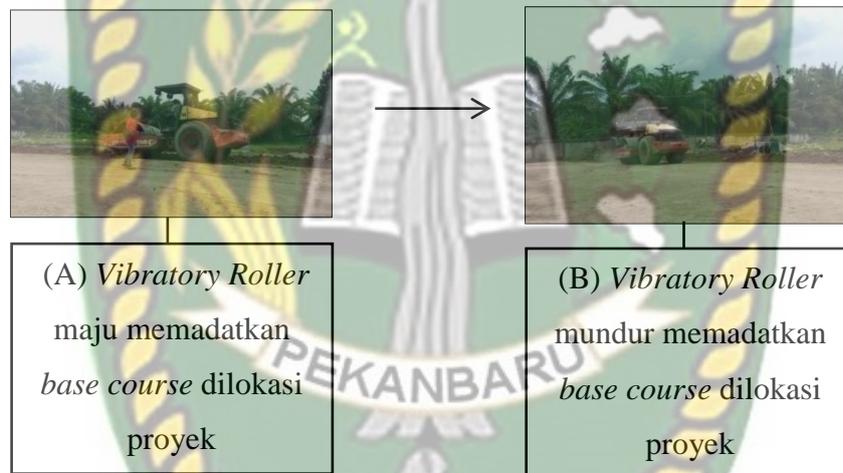
Waktu siklus diperoleh dengan cara menjumlahkan rata – rata waktu maju, waktu mundur, dan waktu ganti persneling. Kemudian didapat nilai waktu siklus *bulldozer* pada pekerjaan *base course B* sebesar 91,1 detik.

Terdapat perbedaan waktu siklus *bulldozer* pada *base course A* lebih cepat dibandingkan waktu siklus pada *base course B*. Hal ini karena *base course B* menyatu langsung dengan lapisan tanah dasar (*sub grade*). Dimana lapisan tanah dasar setelah diratakan dengan *bulldozer* dan dipadatkan menggunakan *vibratory roller* terjadi hujan maka membuat lapisan tanah dasar tidak begitu keras. Sehingga ketika *base course B* dihamparkan menggunakan *bulldozer* terjadi hambatan dan

membuat waktu siklus *bulldozer* menjadi lambat. Sedangkan pada *base course* A menyatu langsung dengan *base course* B. Ketika *base course* A dihamparkan menggunakan *bulldozer*, kondisi *base course* B sudah dalam keadaan dipadatkan dengan baik. Maka waktu siklus *bulldozer* pada *base course* A menjadi lebih cepat.

4. Vibratory Roller

Vibratory Roller digunakan untuk memadatkan material *base course* A dan *base course* B dilokasi proyek. Waktu siklus dimulai dari waktu maju memadatkan material *base course* dan waktu mundur memadatkan material *base course*. Bagan alir waktu siklus *Vibratory Roller* adalah sebagai berikut:



Dapat dilihat waktu siklus setiap kegiatan alat berat *vibratory roller*. Waktu siklus dari kegiatan *vibratory roller* adalah waktu maju dan waktu mundur.

A. Waktu Siklus *Vibratory Roller* pada pekerjaan *Base Course A*

Siklus	Waktu Maju (T1)	Waktu Mundur (T2)	Jumlah
1	24	22	46
2	22	19	41
3	18	20	38
4	21	38	59
5	13	12	25
6	12	15	27
7	9	12	21
8	28	26	54
9	8	10	18
10	7	12	19
11	24	28	52
12	22	26	48
13	8	11	19
14	11	14	25
15	15	14	29
16	12	10	22
17	15	13	28
18	12	10	22
19	12	11	23
20	9	14	23
Jumlah	302	337	639
Rata - rata	15.1	16.9	31.95

Waktu siklus diperoleh dengan cara menjumlahkan rata – rata T1 dan T2. Kemudian didapat waktu siklus pada pekerjaan *base course A* sebesar 31,95 detik.

B. Waktu Siklus *Vibratory Roller* pada pekerjaan *Base Course B*

Siklus	Waktu Maju (T1)	Waktu Mundur (T2)	Jumlah
1	27	25	52
2	24	21	45
3	19	21	40
4	21	39	60
5	14	14	28
6	13	16	29
7	8	9	17
8	32	31	63
9	6	8	14
10	7	13	20
11	31	34	65
12	27	25	52
13	8	10	18
14	13	16	29
15	16	15	31
16	13	11	24
17	17	15	32
18	11	10	21
19	11	12	23
20	8	15	23
Jumlah	326	360	686
Rata - rata	16.3	18.0	34.3

Waktu siklus diperoleh dengan cara menjumlahkan rata – rata T1 dan T2. Kemudian didapat waktu siklus pada pekerjaan *base course B* sebesar 34,3 detik.

Terdapat perbedaan waktu siklus *vibratory roller* pada *base course A* lebih cepat dibandingkan waktu siklus pada *base course B*. Hal ini karena *base course B* menyatu langsung dengan lapisan tanah dasar (*sub grade*). Ketika *base course B* dipadatkan menggunakan *vibratory roller* pada lapisan tanah dasar tidak begitu keras. Sehingga menjadi hambatan ketika *vibratory roller* memadatkan *base course B* tersebut, maka membuat waktu siklus menjadi lambat. Sedangkan pada *base course A* menyatu langsung dengan *base course B*. Kondisi *base course B* sudah dalam keadaan dipadatkan dengan baik, sehingga ketika *base course A* dihamparkan menggunakan *bulldozer* dan dipadatkan dengan *vibratory roller* sudah dalam kondisi normal. Maka waktu siklus *vibratory roller* pada *base course A* menjadi lebih cepat.

5.5 Hasil Analisa Produktivitas Alat Berat

Dalam penelitian ini volume pekerjaan penghamparan material lapisan perkerasan *base course* A adalah 197,18 m³ dan *base course* B adalah 295,77 m³. Alat berat yang digunakan pada pekerjaan penghamparan material ini adalah *Excavator* sebagai alat gali dan pemuat material, *Dump Truck* sebagai alat agkut, *Bulldozer* sebagai alat hampar dan meratakan, *Vibratory Roller* sebagai alat pemadat. Waktu siklus alat berat diperoleh dari pengamatan durasi waktu di lapangan dengan menggunakan metode *time study* dan waktu kerja adalah selama 8 jam/hari.

Setelah semua data waktu siklus telah didapat, selanjutnya pengolahan data dilakukan untuk mengetahui hasil penelitian. Analisa produktivitas alat berat pada penghamparan material *base course* A dan *base course* B adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan Lapisan Perkerasan *Base Course* A

Hasil Analisa Produktivitas Excavator

Dalam pekerjaan penghamparan material *base course* A, *excavator* digunakan sebagai alat pemuat material ke dalam bak penampung *dump truck*. Excavator yang digunakan di lapangan adalah *excavator* Kobelco SK 200 XD_L. Kapasitas *bucket excavator* adalah 0,93 m³. Untuk spesifikasi dari *excavator* Kobelco SK 200 XD_L dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Spesifikasi Excavator Kobelco SK 200 XD_L (2020)

Excavator Kobelco SK 200 XD _L		
Description	Unit	
Bucket	m ³	0,93
Boom	m	5,65
Arm	m	2,94

Pada Tabel 5.1 dapat dilihat kapasitas *bucket* (q_1) adalah 0,93 m³, *boom excavator* memiliki panjang 5,7 m, dan panjang lengan/*arm* adalah 2,94 m. Dalam satu siklus pekerjaan, *excavator* memiliki empat gerakan (kegiatan). Mulai dari kegiatan waktu gali (T1), waktu putar isi (T2), waktu buang (T3), dan waktu putar kosong (T4). Dengan menggunakan metode *time study* dan observasi, maka

didapatkan waktu dari tiap kegiatan mulai dari T1, T2, T3, dan T4 yang dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Waktu Siklus Excavator

No	Kegiatan	Waktu (Detik)
T1	Waktu Muat	5,15
T2	Waktu Putar Isi	4,15
T3	Waktu Buang	2,65
T4	Waktu Putar Kosong	3,5
Total		15,45

Pada Tabel 5.2 dapat dilihat rata – rata nilai waktu dari tiap kegiatan *excavator* mulai dari T1, T2, T3, dan T4. Sehingga waktu siklus dari alat berat *excavator* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C_m &= T1 + T2 + T3 + T4 \\
 &= 5,15 + 4,15 + 2,65 + 3,5 \\
 &= 15,45 \approx 16 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisa, waktu siklus yang diperoleh 16 detik dan untuk penjabaran waktu siklus dapat dilihat pada Lampiran. Selanjutnya, untuk kapasitas *bucket* (q_1) adalah $0,93 \text{ m}^3$. Nilai faktor bucket yang diambil adalah nilai maksimum 0,9 dengan material yang diangkut adalah batu pecah sempurna. Kemudian dapat dilakukan analisa produktivitas per siklus *excavator* menggunakan persamaan 3.2 :

Produktivitas per siklus

$$\begin{aligned}
 q &= q_1 \times K \\
 &= 0,93 \times 0,9 \\
 &= 0,837 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Hasil dari analisa produktivitas per siklus (q) nilai sebesar $0,837 \text{ m}^3$. Selanjutnya untuk faktor efisiensi alat (E) dapat dilihat dari Tabel 3.2. Nilai dari faktor efisiensi yang diambil adalah 0,83. Nilai waktu siklus (C_m) adalah 16 detik. Setelah instrumen untuk menghitung nilai produktivitas didapatkan, kemudian

dapat dilakukan analisa produktivitas *excavator* dengan menggunakan persamaan 3.1 :

Produktivitas per jam

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{(q \times 3600 \times E)}{Cm} \\
 &= \frac{(0,837 \times 3600 \times 0,83)}{16} \\
 &= 156,31 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Hasil dari analisa produktivitas per jam didapatkan sebesar 156,31 m³/jam. Karena waktu pekerjaan yang ditetapkan di lapangan adalah 8 jam/hari maka analisa produktivitas *excavator* dalam satu hari adalah sebagai berikut :

Site out put per hari (dalam satu hari alat bekerja selama 8 jam)

$$\begin{aligned}
 &= 8 \times 156,31 \\
 &= 1250,48 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa, nilai dari produktivitas alat berat *excavator* dalam satu hari adalah 1250,48 m³/hari.

Selanjutnya hasil analisa produktivitas masing – masing alat berat pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course* A dapat dilihat di lampiran.

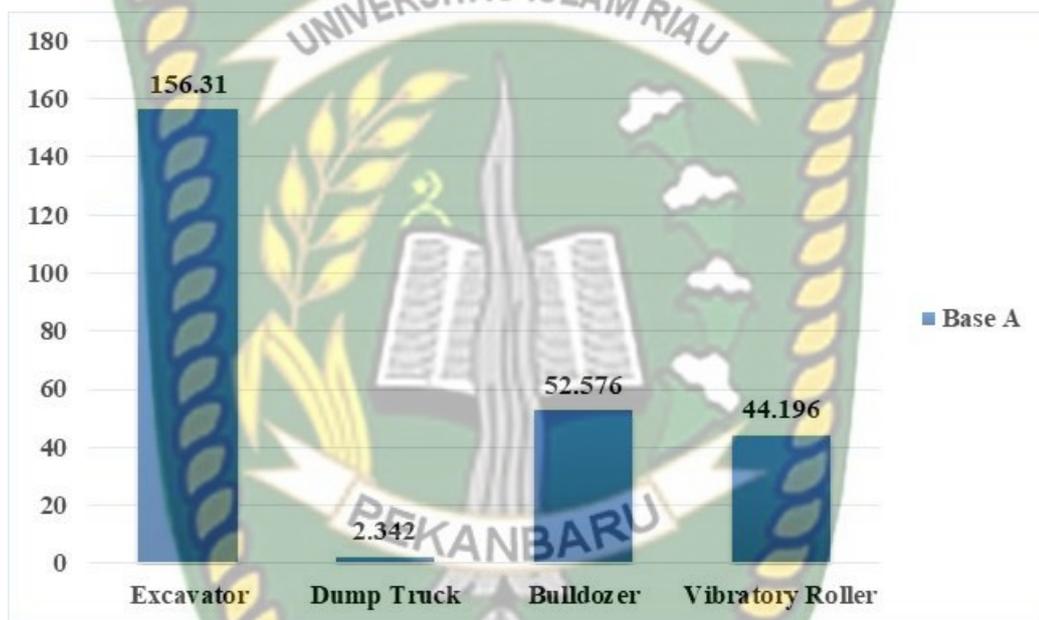
Hasil analisa produktivitas alat berat pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course* A seperti pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Hasil Analisa Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Lapisan Perkerasan *Base Course* A

No	Jenis Alat	Produktivitas (m ³ /jam)
1	<i>Excavator</i> (Kobelco SK 200 XD _L)	156,31
2	<i>Dump Truck</i> (Hino FM 260 JD)	2,342
3	<i>Bulldozer</i> (Komatsu D31E)	52,576
4	<i>Vibratory Roller</i> (Dynavac CA250)	44,196

Berdasarkan dari Tabel 5.3 dapat dilihat hasil produktivitas alat berat pekerjaan lapisan perkerasan *base course* A dengan volume 197,18 m³. Hasil dari analisa produktivitas alat berat pekerjaan lapisan perkerasan *base course* A didapat *excavator* 156,31 m³/jam, *dump truck* 2,342 m³/jam, *bulldozer* 52,576 m³/jam, dan *vibratory roller* 44,196 m³/jam.

Dalam bentuk grafik produktivitas alat berat pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course* A seperti Gambar 5.14.



Gambar 5. 14 Grafik Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Lapisan Perkerasan *Base Course* A

Pada Gambar 5.14 dapat dilihat produktivitas alat berat pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course* A. Dengan demikian dapat dilihat bahwa *excavator* memiliki nilai produktivitas terbesar dibandingkan alat berat lainnya.

2. Pekerjaan Lapisan Perkerasan *Base Course* B

Hasil Analisa Produktivitas Excavator

Dalam pekerjaan penghampanan material *base course* B, *excavator* digunakan sebagai alat pemuat material ke dalam bak penampung *dump truck*. Excavator yang digunakan di lapangan adalah *excavator* Kobelco SK 200 XD_L.

Kapasitas *bucket excavator* adalah $0,93 \text{ m}^3$. Untuk spesifikasi dari *excavator* Kobelco SK 200 XD_L dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 4 Spesifikasi Excavator Kobelco SK 200 XD_L (2020)

Excavator Kobelco SK 200 XD _L		
Description	Unit	
Bucket	m ³	0,93
Boom	m	5,65
Arm	m	2,94

Pada Tabel 5.4 dapat dilihat kapasitas *bucket* (q_1) adalah $0,93 \text{ m}^3$, *boom excavator* memiliki panjang 5,7 m, dan panjang lengan/*arm* adalah 2,94 m. Dalam satu siklus pekerjaan, *excavator* memiliki empat gerakan (kegiatan). Mulai dari kegiatan waktu gali (T1), waktu putar isi (T2), waktu buang (T3), dan waktu putar kosong (T4). Dengan menggunakan metode *time study* dan observasi, maka didapatkan waktu dari tiap kegiatan mulai dari T1, T2, T3, dan T4 yang dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Waktu Siklus Excavator

No	Kegiatan	Waktu (Detik)
T1	Waktu Muat	5
T2	Waktu Putar Isi	5,25
T3	Waktu Buang	3,45
T4	Waktu Putar Kosong	4,05
Total		17,75

Pada Tabel 5.5 dapat dilihat rata – rata nilai waktu dari tiap kegiatan *excavator* mulai dari T1, T2, T3, dan T4. Sehingga waktu siklus dari alat berat *excavator* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C_m &= T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \\
 &= 5 + 5,25 + 3,45 + 4,05 \\
 &= 17,75 \approx 18 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisa, waktu siklus yang diperoleh 18 detik dan untuk penjabaran waktu siklus dapat dilihat pada Lampiran. Selanjutnya, untuk kapasitas *bucket* (q_1) adalah $0,93 \text{ m}^3$. Nilai faktor bucket yang diambil adalah nilai maksimum 0,9 dengan material yang diangkut adalah batu pecah sempurna. Kemudian dapat dilakukan analisa produktivitas per siklus *excavator* menggunakan persamaan 3.2 :

$$\begin{aligned}
 q &= q_1 \times K \\
 &= 0,93 \times 0,9 \\
 &= 0,837 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Hasil dari analisa produktivitas per siklus (q) nilai sebesar $0,837 \text{ m}^3$. Selanjutnya untuk faktor efisiensi alat (E) dapat dilihat dari Tabel 3.2. Nilai dari faktor efisiensi yang diambil adalah 0,75. Nilai waktu siklus (C_m) adalah 18 detik. Setelah instrumen untuk menghitung nilai produktivitas didapatkan, kemudian dapat dilakukan analisa produktivitas *excavator* dengan menggunakan persamaan 3.1 :

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{(q \times 3600 \times E)}{C_m} \\
 &= \frac{(0,837 \times 3600 \times 0,75)}{18} \\
 &= 125,55 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Hasil dari analisa produktivitas per jam didapatkan sebesar $125,55 \text{ m}^3/\text{jam}$. Karena waktu pekerjaan yang ditetapkan di lapangan adalah 8 jam/hari maka analisa produktivitas *excavator* dalam satu hari adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Site out put per hari (dalam satu hari alat bekerja selama 8 jam)} \\
 &= 8 \times 125,55 \\
 &= 1004,4 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa, nilai dari produktivitas alat berat *excavator* dalam satu hari adalah $1004,4 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Selanjutnya hasil analisa produktivitas masing – masing alat berat pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course* B dapat dilihat di lampiran.

Hasil analisa produktivitas alat berat pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course* B seperti pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Hasil Analisa Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Lapisan Perkerasan *Base Course* B

No	Jenis Alat	Produktivitas (m ³ /jam)
1	<i>Excavator</i> (Kobelco SK 200 XD _L)	125,55
2	<i>Dump Truck</i> (Hino FM 260 JD)	2,337
3	<i>Bulldozer</i> (Komatsu D31E)	37,703
4	<i>Vibratory Roller</i> (Dynavac CA250)	66,296

Berdasarkan dari Tabel 5.6 dapat dilihat hasil produktivitas alat berat pekerjaan lapisan perkerasan *base course* B dengan volume 295,77 m³. Hasil dari analisa produktivitas alat berat pekerjaan lapisan perkerasan *base course* B didapat *excavator* 125,55m³/jam, *dump truck* 2,337m³/jam, *bulldozer* 37,703 m³/jam, dan *vibratory roller* 66,296 m³/jam.

Dalam bentuk grafik produktivitas alat berat pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course* B seperti Gambar 5.15.



Gambar 5. 15 Grafik Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Lapisan Perkerasan *Base Course B*

Pada Gambar 5.15 dapat dilihat produktivitas alat berat pada pekerjaan lapisan perkerasan *base course B*. Dengan demikian dapat dilihat bahwa *excavator* memiliki nilai produktivitas terbesar dibandingkan alat berat lainnya.

5.6 Hasil Analisa Pengaruh Waktu Siklus dan Produktivitas Alat Berat

1. Pekerjaan Lapisan Perkerasan *Base Course A*

Pengaruh waktu siklus dan produktivitas diperoleh berdasarkan waktu siklus alat berat dan rata – rata produktivitas alat berat. Rata – rata produktivitas dihitung seperti berikut ini :

$$\text{Produktivitas excavator} = 178,64 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produktivitas dump truck} = 2,344 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produktivitas bulldozer} = 55,459 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produktivitas vibratory roller} = 44,198 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Sehingga rata – rata produktivitas untuk pekerjaan lapisan *base course A* adalah :

$$\begin{aligned} \text{Rata – rata produktivitas} &= \frac{\text{Prod excavator} + \text{Prod dump truck} + \text{Prod bulldozer} + \text{Prod viratory roller}}{4} \\ &= \frac{178,64 + 2,344 + 55,459 + 44,198}{4} \\ &= 70,160 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya hasil rata – rata produktivitas pekerjaan lapisan perkerasan *base course A* seperti Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Hasil Analisa Waktu Siklus dan Rata – Rata Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Lapisan Perkerasan *Base Course A*

No	Waktu Siklus				Rata – Rata Produktivitas (m ³ /jam)
	Excavator	Dump Truck	Bulldozer	Vibratory Roller	
1	14	382,42	62	46	70,160
2	15	383,1	52	41	69,848

Tabel 5. 7 Hasil Analisa Waktu Siklus dan Rata – Rata Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Lapisan Perkerasan *Base Course* A (Lanjutan)

3	13	382,81	50	38	76,922
4	15	382,95	51	59	70,172
5	14	382,52	70	25	68,575
6	15	382,47	77	27	64,482
7	15	382,28	116	21	60,729
8	14	382,24	46	54	74,983
9	15	382,47	68	18	65,959
10	17	382,87	70	19	60,694
11	16	382,71	58	52	65,533
12	16	382,36	72	48	62,652
13	15	383,09	47	19	71,607
14	16	382,97	71	25	62,819
15	16	382,53	70	29	62,993
16	16	383,08	61	22	64,804
17	19	382,84	59	28	59,112
18	18	382,91	56	22	61,720
19	15	382,58	70	23	65,598
20	15	382,49	85	23	63,431

Hasil analisa Tabel 5.7 merupakan hasil waktu siklus dan rata – rata produktivitas alat berat pekerjaan lapisan perkerasan *base course* A. Untuk berikutnya dianalisa dengan analisa persamaan regresi linier berganda menggunakan SPSS berikut ini :

Tabel 5. 8 Hasil Uji Koefisien Determinasi

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.978 ^a	.957	.945	1.13990

a. Predictors: (Constant), Vibratory Roller, Dump Truck, Excavator, Bulldozer
 $R^2 = 0,957$ atau 95,7 %

Hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,957 artinya bahwa pengaruh variabel bebas X_1 (*Excavator*), X_2 (*Dump Truck*), X_3 (*Bulldozer*), X_4 (*Vibratory Roller*) terhadap variabel terikat Y (Produktivitas) adalah sebesar 95,7 % sedangkan sisanya 4,3 % dipengaruhi oleh variabel lain.

Tabel 5. 9 Hasil Uji F (Simultan)

ANOVA^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	430.477	4	107.619	82.824	.000 ^b
Residual	19.491	15	1.299		
Total	449.968	19			

a. Dependent Variable: Produktivitas

b. Predictors: (Constant), Vibratory Roller, Dump Truck, Excavator, Bulldozer
 Cara mendapatkan F tabel :

$$\begin{aligned}
 k &= 5 \text{ (variabel bebas + terikat)} \\
 n &= 20 \text{ (jumlah observasi/sampel)} \\
 \text{F tabel diperoleh : } \quad df1 &= k - 1 \\
 &= 5 - 1 \\
 &= 4 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad df2 &= n - k \\
 &= 20 - 5 \\
 &= 15
 \end{aligned}$$

Pengujian dilakukan pada $\alpha = 10\%$, maka nilai F tabel adalah 2,36. Lihat pada $N1 = 4$ dan $N2 = 15$ pada tabel di lampiran B-18.

F hitung (82,824) > F tabel (2,36)

Signifikansi 0,000 < 0,1

Hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai signifikansi 0,000 < 0,1, sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima yang berarti terdapat pengaruh nyata (signifikan) variabel bebas (*excavator, dump truck, bulldozer, vibratory roller*) secara simultan/bersama – sama terhadap variabel terikat (produktivitas).

Tabel 5. 10 Hasil Uji Regresi Linier Berganda

	Coefficients ^a				Standardized Coefficients Beta	
	Unstandardized Coefficients					
	B	Std. Error				
(Constant)	34.254	494.549			.069	.946
Excavator	-2.685	.207			-.770	-12.979
Dump Truck	.221	1.291			.013	.171
Bulldozer	-.174	.024			-.567	-7.257
Vibratory Roller	.010	.025			.027	.698

a. Dependent Variable: Produktivitas

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$$

$$Y = 34,254 - 2,685X_1 + 0,221X_2 - 0,174X_3 + 0,10X_4$$

Hal ini menerangkan bahwa waktu siklus berpengaruh terhadap produktivitas. Untuk *excavator* nilainya sebesar (-2,685) artinya setiap penambahan 1 detik waktu siklus maka nilai produktivitas akan menurun sebesar (-2,685) m³. Untuk *dump truck* sebesar 0,221 artinya setiap penambahan 1 detik waktu siklus maka nilai produktivitas akan meningkat sebesar 0,221 m³. Untuk *bulldozer* sebesar (-0,174) artinya setiap penambahan 1 detik waktu siklus maka nilai produktivitas akan menurun sebesar (-0,174) m³. Untuk *vibratory roller* sebesar 0,01 artinya setiap penambahan 1 detik waktu siklus maka nilai produktivitas akan meningkat sebesar 0,01 m³.

Tabel 5. 11 Hasil Uji t (Parsial)

	Coefficients ^a				
	Unstandardized Coefficients		Standardized		
	B	Std. Error	Coefficients		
(Constant)	34.254	494.549	.069		.946
Excavator	-2.685	.207	-.770	-12.979	.000
Dump Truck	.221	1.291	.013	.171	.867
Bulldozer	-.174	.024	-.567	-7.257	.000
Vibratory Roller	.010	.025	.027	.396	.698

a. Dependent Variable: Produktivitas

Cara mendapatkan t tabel :

$$n = 20 \text{ ((jumlah observasi/sampel)}$$

$$t \text{ tabel diperoleh : } t \text{ tabel} = t_{\alpha/2} (df)$$

$$= t_{0,1/2} (n - 1)$$

$$= t_{0,05} (20 - 1)$$

$$= t_{0,05} (19)$$

$$= 1,729$$

Pengujian dilakukan pada $\alpha = 10\%$, maka nilai t tabel adalah 1,729. Lihat pada kolom $\alpha = 0,05$ dan $df = 19$ pada tabel di lampiran B-19.

Excavator

t hitung (12,979) > t tabel (1,729) dan Signifikansi 0,000 < 0,1

Dari hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai signifikansi 0,000 < 0,1, artinya terdapat pengaruh nyata (signifikan) variabel bebas (*excavator*) terhadap variabel terikat (produktivitas) secara parsial.

Dump Truck

t hitung (0,171) < t tabel (1,729) dan Signifikansi 0,867 > 0,1

Dari hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai signifikansi 0,867 > 0,1, artinya tidak terdapat pengaruh nyata (signifikan) variabel bebas (*dump truck*) terhadap variabel terikat (produktivitas) secara parsial.

Bulldozer

t hitung (7,257) > t tabel (1,729) dan Signifikansi 0,000 < 0,1

Dari hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai signifikansi 0,000 < 0,1, artinya terdapat pengaruh nyata (signifikan) variabel bebas (*bulldozer*) terhadap variabel terikat (produktivitas) secara parsial.

Vibratory Roller

t hitung (0,396) < t tabel (1,729) dan Signifikansi 0,698 > 0,1

Dari hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai signifikansi 0,698 > 0,1, artinya tidak terdapat pengaruh nyata (signifikan) variabel bebas (*vibratory roller*) terhadap variabel terikat (produktivitas) secara parsial.

2. Pekerjaan Lapisan Perkerasan *Base Course B*

Pengaruh waktu siklus dan produktivitas diperoleh berdasarkan waktu siklus alat berat dan rata – rata produktivitas alat berat. Rata – rata produktivitas dihitung seperti berikut ini :

Produktivitas *excavator* = 118,942 m³/jam

Produktivitas *dump truck* = 2,334 m³/jam

Produktivitas *bulldozer* = 56,368 m³/jam

Produktivitas *vibratory roller* = 66,296 m³/jam

Sehingga rata – rata produktivitas untuk pekerjaan lapisan perkerasan *base course B* adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Rata – rata produktivitas} &= \frac{\text{Prod excavator} + \text{Prod dump truck} + \text{Prod bulldozer} + \text{Prod vibratory roller}}{4} \\
 &= \frac{118,942 + 2,334 + 56,368 + 66,296}{4} \\
 &= 60,985 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya hasil rata – rata produktivitas pekerjaan lapisan perkerasan *base course B* seperti Tabel 5.12.

Tabel 5. 12 Hasil Analisa Waktu Siklus dan Rata – Rata Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Lapisan Perkerasan *Base Course* B

No	Waktu Siklus				Rata - Rata Produktivitas (m ³ /jam)
	Excavator	Dump Truck	Bulldozer	Vibratory Roller	
1	19	384,01	61	52	60,985
2	18	383,43	65	45	61,771
3	16	383,48	88	40	62,238
4	18	383,77	72	60	60,485
5	18	384,14	64	28	61,976
6	17	383,17	92	29	59,736
7	20	383,57	102	17	53,835
8	17	383,43	71	63	62,500
9	17	383,77	103	14	58,738
10	17	384,22	121	20	57,495
11	18	383,74	107	65	56,579
12	19	383,29	104	52	55,160
13	18	383,51	103	18	56,892
14	18	383,48	107	29	56,580
15	17	383,55	69	31	62,850
16	17	383,79	71	24	62,499
17	17	383,92	95	32	59,440
18	18	384,04	92	21	57,889
19	18	383,14	120	23	55,710
20	18	383,24	115	23	56,021

Hasil analisa Tabel 5.12 merupakan hasil waktu siklus dan rata – rata produktivitas alat berat pekerjaan lapisan perkerasan *base course* B. Untuk berikutnya dianalisa dengan analisa persamaan regresi linier berganda menggunakan SPSS berikut ini :

Tabel 5. 13 Hasil Uji Koefisien Determinasi

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.993 ^a	.986	.983	.37600

a. Predictors: (Constant), Vibratory Roller, Excavator, Dump Truck, Bulldozer
 $R^2 = 0,986$ atau 98,6 %

Hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,986 yang dapat diartikan bahwa pengaruh variabel bebas X_1 (*Excavator*), X_2 (*Dump Truck*), X_3 (*Bulldozer*), X_4 (*Vibratory Roller*) terhadap variabel terikat Y (produktivitas) adalah sebesar 98,6 % sedangkan sisanya 1,4 % dipengaruhi oleh variabel lain.

Tabel 5. 14 Hasil Uji F (Simultan)

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	Regression	151.927	4	37.982	268.655	.000 ^b
	Residual	2.121	15	.141		
	Total	154.047	19			

a. Dependent Variable: Produktivitas
 b. Predictors: (Constant), Vibratory Roller, Excavator, Dump Truck, Bulldozer
 Cara mendapatkan F tabel :

$$\begin{aligned}
 k &= 5 \text{ (variabel bebas + terikat)} \\
 n &= 20 \text{ (jumlah observasi/sampel)} \\
 \text{F tabel diperoleh :} \quad df1 &= k - 1 \\
 &= 5 - 1 \\
 &= 4 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad df2 &= n - k \\
 &= 20 - 5 \\
 &= 15
 \end{aligned}$$

Pengujian dilakukan pada $\alpha = 10\%$, maka nilai F tabel adalah 2,36. Lihat pada $N1 = 4$ dan $N2 = 15$ pada tabel di lampiran B-18.

F hitung (268,655) > F tabel (2,36)

Signifikansi 0,000 < 0,1

Hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai signifikansi 0,000 < 0,1, sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima yang berarti terdapat pengaruh nyata (signifikan) variabel bebas (*excavator, dump truck, bulldozer, vibratory roller*) secara simultan/bersama – sama terhadap variabel terikat (produktivitas).

Tabel 5. 15 Hasil Uji Regresi Linier Berganda

	Coefficients ^a				Standardized Coefficients Beta		
	Unstandardized Coefficients						
	B	Std. Error					
(Constant)	23.831	108.894			.219	.830	
Excavator	-1.650	.096			-.528	-17.275	.000
Dump Truck	.195	.283			.022	.689	.501
Bulldozer	-.115	.005			-.796	-22.716	.000
Vibratory Roller	.000	.006			-.002	-.047	.963

a. Dependent Variable: Produktivitas

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$$

$$Y = 23,831 - 1,650X_1 + 0,195X_2 - 0,115X_3 + 0,000X_4$$

Hal ini menerangkan bahwa waktu siklus berpengaruh terhadap produktivitas. Untuk *excavator* nilainya sebesar (-1,650) artinya setiap penambahan 1 detik waktu siklus maka nilai produktivitas akan menurun sebesar (-1,650) m³. Untuk *dump truck* sebesar 0,195 artinya setiap penambahan 1 detik waktu siklus maka nilai produktivitas akan meningkat sebesar 0,195 m³. Untuk *bulldozer* sebesar (-0,115) artinya setiap penambahan 1 detik waktu siklus maka nilai produktivitas akan menurun sebesar (-0,115) m³. Untuk *vibratory roller* sebesar (0,00) artinya setiap penambahan 1 detik waktu siklus maka nilai produktivitas akan meningkat sebesar 0,00 m³.

Tabel 5. 16 Hasil Uji t (Parsial)

	Coefficients ^a			
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	
	B	Std. Error	Beta	
(Constant)	23.831	108.894	.219	.830
Excavator	-1.650	.096	-.528	-17.275
Dump Truck	.195	.283	.022	.689
Bulldozer	-.115	.005	-.796	-22.716
Vibratory Roller	.000	.006	-.002	-.047

a. Dependent Variable: Produktivitas

Cara mendapatkan t tabel :

$$n = 20 \text{ ((jumlah observasi/sampel)}$$

$$t \text{ tabel diperoleh : } t \text{ tabel} = t_{\alpha/2} (df)$$

$$= t_{0,1/2} (n - 1)$$

$$= t_{0,05} (20 - 1)$$

$$= t_{0,05} (19)$$

$$= 1,729$$

Pengujian dilakukan pada $\alpha = 10\%$, maka nilai t tabel adalah 1,729. Lihat pada kolom $\alpha = 0,05$ dan $df = 19$ pada tabel di lampiran B-19.

Excavator

t hitung (17,275) > t tabel (1,729) dan Signifikansi 0,000 < 0,1

Hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai signifikansi 0,000 < 0,1, artinya terdapat pengaruh nyata (signifikan) variabel bebas (*excavator*) terhadap variabel terikat (produktivitas) secara parsial.

Dump Truck

t hitung (0,689) < t tabel (1,729) dan Signifikansi 0,501 > 0,1

Hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai signifikansi 0,501 > 0,1, artinya tidak terdapat pengaruh nyata (signifikan) variabel bebas (*dump truck*) terhadap variabel terikat (produktivitas) secara parsial.

Bulldozer

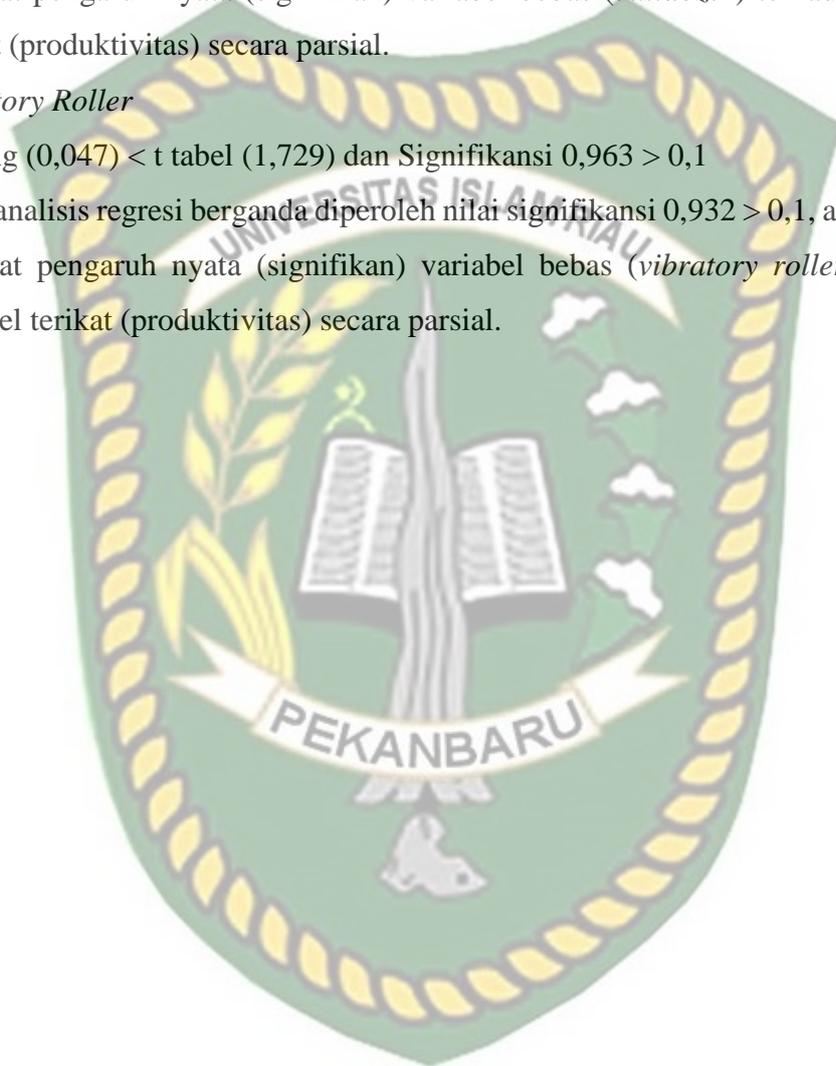
t hitung (22,716) > t tabel (1,729) dan Signifikansi 0,000 < 0,1

Hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai signifikansi 0,000 < 0,1, artinya terdapat pengaruh nyata (signifikan) variabel bebas (*bulldozer*) terhadap variabel terikat (produktivitas) secara parsial.

Vibratory Roller

t hitung (0,047) < t tabel (1,729) dan Signifikansi 0,963 > 0,1

Hasil analisis regresi berganda diperoleh nilai signifikansi 0,932 > 0,1, artinya tidak terdapat pengaruh nyata (signifikan) variabel bebas (*vibratory roller*) terhadap variabel terikat (produktivitas) secara parsial.



BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu siklus alat berat *base course* A lebih cepat dibandingkan waktu siklus alat berat *base course* B. Hal ini disebabkan oleh jangkauan gali *excavator* pada *base course* A lebih dekat dibandingkan *base course* B, campuran pasir *base course* A lebih sedikit daripada *base course* B sehingga daya lekat pada *base course* B lebih kuat, dan lapisan tanah dasar tidak begitu keras.
2. Produktivitas alat berat *base course* A lebih besar dibandingkan produktivitas alat berat *base course* B. Hal ini disebabkan oleh waktu siklus alat berat *base course* A lebih cepat dibandingkan dengan waktu siklus alat berat *base course* B.
3. Pengaruh waktu siklus terhadap produktivitas pada *base course* A dari keempat alat yang paling berpengaruh adalah *dump truck* dengan nilai koefisien regresi 0,221. Hasil uji regresi berganda pada *base course* A menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara waktu siklus terhadap produktivitas dengan kontribusi sebesar 95,7%, hal ini disebabkan oleh efektivitas semua alat bekerja dengan baik. Sedangkan pengaruh waktu siklus terhadap produktivitas pada *base course* B dari keempat alat yang paling berpengaruh adalah *dump truck* dengan nilai koefisien regresi 0,195. Hasil uji regresi berganda pada *base course* B menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara waktu siklus terhadap produktivitas dengan kontribusi sebesar 98,6%, hal ini disebabkan oleh efektivitas semua alat bekerja dengan baik.
4. Hasil penelitian ini sama dengan hasil penelitian Tak dan Rumbino. Pada penelitian ini alat yang paling berpengaruh adalah *dump truck* dengan nilai koefisien regresi 0,221, sedangkan pada penelitian penelitian Tak dan Rumbino alat yang paling berpengaruh adalah *dump truck* juga dengan nilai koefisien regresi 0,171.

6.2 Saran

Adapun beberapa saran terkait dengan hasil penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Karena hambatan *excavator* berdampak pada waktu siklus dan berpengaruh terhadap produktivitas, disarankan *excavator* sedekat mungkin dengan material.
2. Kondisi lapisan tanah dasar lunak dan keras, maka perlu diadakan penelitian selanjutnya terhadap rasio komparasi *base course* A dan *base course* B untuk berbagai kondisi.
3. Untuk penelitian selanjutnya yang ingin melakukan penelitian dapat meneliti tentang *base course* C sehingga mendapatkan perbandingan dari penelitian ini dengan penelitian selanjutnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Alifen, R. S., Setiawan, R. S., & Sunarto, A. (1999). *Analisa What If Sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek*. Dimensi Teknik Sipil. Vol 2 no 1. Maret.
- Arsyad, R. (2021). *Analisa Produktivitas Alat Berat Dalam Pekerjaan Penghamparan Material Agregat Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru – Padang Seksi IV Pekanbaru – Bangkinang*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- Ervianto, W. I. (2002). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Fadli, M. (2015). *Analisa Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Simpang Beringin Maredan Kabupaten Siak*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- Febrianti, D., & Zakia. (2018). *Analisis produktivitas dan waktu penggunaan alat berat excavator pada pekerjaan galian tanah*.
- Febrianti, D., & Zulyaden. (2017). *Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan*. Vol 3 no 4 April.
- Ghazali, I. (2016). *Aplikasi Analisis Multivariete dengan Program IBM SPSS 23*. Badan Universitas Diponegoro.
- Handayani, E. (2015). *Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Pembangunan TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) Desa AMD Kec. Muara Bulian Kab. Batanghari*. Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi. Vol 15 no 3.
- Handoko, B. N., Wiranto, P., & Mudianto, A. (2017). *Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan Jalan Ruas Jailolo – Matui Provinsi Maluku Utara*. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil.

- Hassan, H., Mangare, J. B., & Pratisis, P. A. K. (2016). *Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Pada Proyek Konstruksi dan Alternatif penyelesaiannya (Studi Kasus: di Manado Town Square 3)*. Jurnal Sipil Statik. Vol 4 no 11. November.
- Indrayani, & Fuad. (2010). *Pemindahan Tanah Mekanis dan Alat Berat*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Jaya, W., & Sutandi, A. (2019). *Analisis Produktivitas Alat Berat Mesin Bor Auger, Crawler Crane, Dan Excavator Pada Proyek a Dan B*. Jurnal Mitra Teknik Sipil. Vol 2 no 1. Februari.
- Kholil, A. (2012). *Alat Berat*. PT Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Kusrin. (2008). *Pemindahan Tanah Mekanis & Alat Berat*. Penerbit Semarang University Press.
- Miranda, S., & Tripiawan, W. (2019). *Perbandingan Penentuan Waktu Baku Menggunakan Metode Time Study dan Critical Path Method (CPM)*. Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri. Vol 3 no 1. Juli.
- Mujiono, E. (2020). *Analisa Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Perpipaan Air Limbah Kota Pekanbaru Area Selatan (Paket SC-2)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- Natalia, M., Adibroto, F., & Lubis, R. (2020). *Perbandingan Produktivitas Tenaga Kerja Dengan Menggunakan Metode Time Study Terhadap AHSP SNI 2018*. Jurnal Teknik Sipil. Vol 6 no 2. Oktober.
- Pawira, S., Tjakra, J., & Arsjad, T. T. (2015). *Optimalisasi Produktivitas Tenaga Kerja dalam Proyek Konstruksi*. Tekno Sipil. Vol 13 no 26.
- Proboyo, B. (1999). *Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek : Klasifikasi dan Peringkat Dari Penyebab-Penyebabnya*. Civil Engineering Dimension. Vol 1 no 2. September.

- Prodjosumarto, P. (1996). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Institut Teknologi Bandung.
- Ramadhan, Y., & Kesuma, T. N. A. (2018). *Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah (Studi Kasus Proyek Perumahan Fortune Villa Graha Raya)*. *Jurnal Widyakala*. Vol 5 no 1. Maret.
- Rezky, N. H., Wanim, A., & Retno, D. P. (2014). *Analisa Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Proyek Perkerasan Jalan Kebun Durian-Gunung Sahilan-Gunung Sari Kabupaten Kampar*. *Jurnal Sainstis*. Vol 14 no 1. April.
- Rizani, N. C., Safitri, D. M., & Wulandari, P. A. (2012). *Perbandingan Pengukuran Waktu Baku Dengan Metode Stopwatch Time study dan Metode Ready work Factor (RWF) Pada Departemen Hand Insert PT. Sharp Indonesia*. *Jurnal Teknik Industri*.
- Rochmanhadi. (1992). *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Rostiyanti, S. F. (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi* (Edisi 2). Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Setiawati, D. N., & Maddeppungeng, A. (2013). *Analisis Produktivitas Alat Berat pada Proyek Pembangunan Pabrik Krakatau Posco Zone IV di Cilegon*. *Jurnal Konstruksia*. Vol 4 no 2. Juni.
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga, Jakarta.
- Sugiyono. (2017). *Statistik untuk penelitian*. Alfabeta.
- Sunyoto, D. (2010). *Uji KHI Kuadrat dan Regresi Untuk Penelitian*. Graha Ilmu.
- Tenriajeng, A. T. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Penerbit Gunadarma.
- Zulkarnain, F. (2020). *Pemindahan Tanah Mekanis dan Peralatan Konstruksi* (M. Arifin (ed.)). UMSU Press.