

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN PEKERJAAN JALAN ASPAL KECAMATAN MARBAU KABUPATEN LABUHAN BATU UTARA (STUDI KASUS)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Program Studi Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**FANNY FAHRUROZY**

**1807210017**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2022**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Ini Diajukan Oleh:

Nama : Fanny Fahrurozy

NPM : 1807210017

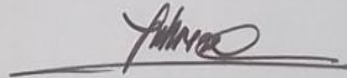
Program Studi : Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir : Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan  
Jalan Aspal Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu  
Utara

Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN  
KEPADA PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 22 September 2022  
Dosen Pembimbing



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Ini diajukan Oleh:

Nama : Fanny Fahrurozy

NPM : 1807210017

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir : Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan  
Jalan Aspal Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu  
Utara

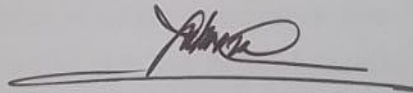
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 September 2022

Mengetahui dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing:



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



Dr. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM



Rizki Efrida, ST., M.T

Program Studi Teknik Sipil

Ketua:



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain. S.T., M.Sc., Ph.D

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama : Fanny Fahrurozy  
Tempat, Tanggal Lahir : Panigoran, 02 Oktober 2000  
Npm : 1807210017  
Fakultas : Teknik  
Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Jalan Aspal Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara”

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis. Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang bentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat dengan pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 22 September 2022

S  
an.



DD5AKX133707621  
Fanny Fahrurozy  
1807210017

## **ABSTRAK**

# **ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN ASPAL KECAMATAN MARBAU KABUPATEN LABUHAN BATU UTARA (Studi Kasus)**

**Fanny Fahrurozy  
1807210017**

**Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D**

Secara umum Infrastruktur jalan dibangun sebagai prasarana untuk memudahkan mobilitas dan aksesibilitas kegiatan sosial ekonomi dalam masyarakat. Keberadaan jalan sangatlah diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi, perdagangan serta sektor lainnya. Perkembangan Infrastruktur yang semakin pesat mendorong adanya peningkatan dan pembangunan yang ada pada saat ini. Tidak dapat dipungkiri bahwa pembangunan yang ada saat ini tidak lepas dengan adanya alat bantu yang digunakan, yaitu alat berat. Alat Berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, dan pertambangan. Keberadaan alat berat dalam setiap proyek sangatlah penting guna memebangunan infrastruktur dibidang konstruksi. Alat berat merupakan faktor penting penting dalam pembangunan proyek besar. Keuntungan menggunakan alat berat dibanding dengan alat manual yaitu dapat menyelesaikan pekerjaan pembangunan lebih cepat. Sehingga tidak perlu memakan waktu lama untuk bisa menyelesaikannya. Analisis biaya adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan yang dijabarkan dalam perkalian indeks alat yang digunakan dan upah kerja dengan harga sewa peralatan dan standar pengupahan pekerjaan. Adapun analisis produkivitas alat berat yang digunakan pada proyek pembangunan jalan aspal dikecamatan Marbau kabupaten Labuhan Batu Utara yaitu Excavator 3 unit dengan harga sewa alat berat yaitu Rp 27.537.616/hari, Vibratory roller 1 unit dengan harga sewa alat berat yaitu Rp 6.374.892/hari, Motor graider 1 unit dengan harga sewa alat berat yaitu Rp 3.276.203//hari, Dump Truck 10 unit dengan harga sewa alat berat yaitu Rp 1.284.348/hari, Tandem roller 1 unit dengan harga sewa alat berat yaitu Rp 3.212.844/hari.

Kata kunci: Jenis alat berat, biaya sewa alat berat

## ABSTRACT

# ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT PRODUCTIVITY ON ASPHALT ROAD DEVELOPMENT PROJECT KECAMATAN MARBAU KABUPATEN LABUHAN BATU UTARA (Studi Kasus)

**Fanny Fahrurozy**  
**1807210017**

**Assoc. Prof. Dr.Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D**

*In general, road infrastructure is built as an infrastructure to facilitate mobility and accessibility of socio-economic activities in the community. The existence of roads is necessary to support the pace of economic growth, trade and other sectors. The rapid development of infrastructure encourages the current improvement and development. It is undeniable that the current development cannot be separated from the tools used, namely heavy equipment. Heavy Equipment is a large-sized machine tool designed to carry out construction functions such as earthworks, road construction, building construction, and mining. The existence of heavy equipment in every project is very important in order to build infrastructure in the construction sector. Heavy equipment is an important important factor in the construction of large projects. The advantage of using heavy equipment compared to manual tools is that it can complete construction work faster. So it doesn't take long to complete. Cost analysis is a method of calculating the unit price of work which is described in the multiplication of the index of the tools used and the work wage with the rental price of the equipment and the standard of wages for work. The analysis of the productivity of heavy equipment used in the asphalt road construction project in the Marbau district, Labuhan Batu Utara district, namely Excavator 3 unit with a rental price of heavy equipment is Rp27.537.61 /day, Vibratory roller 1 unit with a rental price of heavy equipment is Rp. 6.374.892 /day, motor grader 1 unit with a rental price of Rp. 3.276.203/day for heavy equipment, 10 units of Dump Truck with a rental price of Rp 1.284.348/day for heavy equipment, 1 unit of tandem roller with a rental price of Rp. 3.212.844/day.*

*Keywords: Types of heavy equipment, heavy equipment rental costs*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Jalan Aspal Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara”. sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing dan sekaligus selaku Ketua Program studi teknik sipil yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak selaku Dr.Ir.Ade Faisal, ST., M.Sc., Ph.D., IPM, selaku Dosen Penguji I dan sekaligus selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, ST., M.T selaku Dosen Penguji II dan sekaligus selaku sekretaris program studi teknik sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.

6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Orang tua penulis terima kasih untuk semua dukungan serta kasih sayang dan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, dan telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Keluarga penulis Ayah, Ibu, Kakak dan Adik tercinta yang telah memberikan dukungan untuk kelancaran penulisan tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil Kelas A1 Pagi, terutama Fandi, Nisti, Alfarizi, Andre, Randi, Eka, dan Pandu, serta Candy beserta seluruh mahasiswa/i Teknik Sipil stambuk 2018 yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 03 September 2022

Fanny Fahrurozy



## DAFTAR ISI

COVER	
HALAMAN PENGESAHAN	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum	4
2.1.1 Pembangunan jalan	4
2.1.2 Produktivitas alat berat	5
2.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi alat berat	8
2.3 Pengenalan dasar alat berat	10
2.3.1. Beda ketinggian	10
2.3.2. Suhu/temperatur	10
2.4 Klarifikasi fungsional alat berat	10
2.5 Percepatan proyek	11
2.6 Klasifikasi operasional alat berat	12
2.7 Analisa Biaya	12

2.7.1	Cara sewa	12
2.7.2	Cara leasing	12
2.7.3	Cara membeli	13
2.8	Biaya alat berat	13
2.8.1	Biaya kepemilikan alat berat	13
2.8.2	Biaya pengoperasian alat berat	14
2.8.3	Biaya penyewaan alat berat	14
2.8.4	Biaya mobilisasi	14
2.8.5	Biaya pemakaian gemuk	15
2.8.6	Biaya operasional total	15
2.9	Kombinasi dan alat berat	15
2.10	Efisiensi Kerja alat berat	16
2.11.	Produktivitas Alat Metode Bina Marga	17
2.11.1	Excavator	17
2.11.2	Motor Grader	17
2.11.3	Vibratory Roller	18
2.11.4	Tandem Roller	19
2.11.5	Dump Truck	19
2.12.	Produktivitas Alat Metode Rochmanhadi	20
2.12.1	Excavator	20
2.12.2	Tandem Roller	21
2.12.3	Dump Truck	21
2.12.4	Motor Grader	22
2.12.5	Vibratory Roller	23
2.13.	Jenis-Jenis Alat Berat dan fungsi Alat Berat	24
2.13.1.	Excavator	24
2.13.2.	Motor Grader	25
2.13.3.	Vibratory Roller	26
2.13.4.	Tandem Roller	26
2.13.5.	Dump Truck	27
2.14.	Biaya Pengoperasian Alat Berat Metode Rochmanhadi	28
2.14.1.	Biaya Kepemilikan Alat Berat	28

2.14.2. Biaya Penyewaan Alat Berat	30
2.15. Biaya Pengoperasian Alat Berat Metode Bina Marga	30
2.15.1. Biaya Kepemilikan Alat Berat	30
2.15.2. Biaya Penyewaan Alat Berat	32
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>33</b>
3.1 Bagan Alir Penelitian	33
3.2 Lokasi Proyek	34
3.3 Metode Proyek Pembangunan Jalan Aspal	34
3.4 Pengumpulan Data	34
3.5 Data Produktivitas Alat Berat	35
3.6 Metode Pengolahan Data	37
3.6.1. Menentukan Jenis-Jenis Peralatan Untuk Masing-Masing pekerjaan	37
3.6.2. Menghitung Durasi Masing-Masing Pekerjaan	37
3.6.3. Menghitung Produktivitas Alat Berat	38
3.6.4. Perbandingan analisis produktivitas alat berat antara Metode Rochmanhadi dengan Metode Bina Marga	38
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>39</b>
4.1. Analisa Pengolahan Data	39
4.1.1. Excavator	39
4.1.2. Dump Truck	42
4.1.3. Vibratory Roller	46
4.1.4. Motor Graider	49
4.1.5. Tandem Roller	52
4.2. Analisis biaya	55
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>58</b>
5.1. Kesimpulan	58
5.2. Saran	58
Daftar Pustaka	
Lampiran	
Biodata	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Efisiensi Alat berat	8
Tabel 2.2 Mengenai alat Berat Yang digunakan Pada Poyek Pembangunan Jalan Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara	28
Tabel 2.3 Data Alat Berat Excavator	35
Tabel 2.4 Data Alat Berat Dump Truck	35
Tabel 2.5 Data Alat Berat Vibratory Roller	36
Tabel 2.6 Data Alat Berat Motor Graider	36
Tabel 2.7 Data Alat Berat Tandem Roller	36
Tabel 2.8 Hasil perhitungan Harga Sewa Alat Berat jam/hari yang dibutuhkan Pada Pembangunan Jalan aspal Kecamatan Marbau, Kabupaten Labuhan Batu Utara	56
Tabel 2.9 Hasil perhitungan harga sewa alat Alat Berat yang dibutuhkan Pada Pembangunan jalan aspal Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Alat Berat Excavator	25
Gambar 2.2. Alat Berat Motor Graider	25
Gambar 2.3. Alat Berat Vibratory Roller	26
Gambar 2.4. Alat Berat Tandem Roller	27
Gambar 2.5. Alat Dump Truck	27
Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 3.2. Gambar Peta Lokasi	34

## DAFTAR NOTASI

Lh	=	Panjang hamparan (m)
Q	=	Produksi per jam ( $m^3$ /jam)
q	=	Produksi per siklus ( $m^3$ )
E	=	Efisiensi alat
Cms	=	Waktu siklus excavator (detik)
B	=	Lebar Efektif kerja Blade (m)
Bo	=	Lebar overlap (m)
Fa	=	Faktor efesiensi alat
t	=	Tebal hamparan padat (m)
n	=	Jumlah lintasan (lintasan)
Ts <sub>2</sub>	=	Waktu siklus (menit)
v	=	Kecepatan rata-rata (km/jam)
b	=	Lebar efektif pemadatan (m)
n	=	Jumlah lintasan
t	=	Tebal hamparan padat (m)
Fa	=	Factor efesiensi alat
Q <sub>2</sub>	=	Kapasitas Produksi/jam ( $m^3$ )
Q	=	produksi per jam ( ton/jam)
N	=	jumlah lintasan
W	=	lebar efektif pemadatan (m)
V	=	kecepatan Kerja (km/jam)
E	=	faktor efisiensi alat
H	=	tebal hamparan ( m)
B	=	berat jenis laston ( $ton/m^3$ )
L	=	jarak rata-rata AMP ke lokasi
V <sub>1</sub>	=	kecepatan rata-rata bermuatan
L	=	jarak rata-rata AMP ke lokasi
V <sub>2</sub>	=	kecepatan rata-rata kosong
V	=	kapasitas bak dump truk
Fa	=	faktor efisiensi alat

$T_{s2}$	=	waktu total
$Q$	=	produksi per jam ( ton/jam)
$N$	=	jumlah lintasan
$W$	=	lebar efektif pemadatan (m)
$V$	=	kecepatan Kerja (km/jam)
$E$	=	faktor efisiensi alat
$H$	=	tebal hamparan ( m)
$B$	=	berat jenis laston ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )
$P$	=	produktivitas alat (ton/ jam )
$C$	=	kapasitas dum truck
$F_a$	=	faktor efisiensi alat
$C_{mt}$	=	waktu siklus dump truck ( menit )
$M$	=	jumlah dump truck yang bekerja
$N$	=	waktu siklus
$C$	=	Kapasitas Dump Truck
$D$	=	jarak angkut dump truck ( km )
$v_1$	=	kecepatan rata- rata dump truck bermuatan (km/jam)
$v_2$	=	kecepatan rata-rata dump truck kosong (km/jam)
$t_1$	=	waktu buang(menit)
$t_2$	=	waktu tunggudump truck( menit )
$N$	=	waktu siklus
$d_f$	=	jarak lurus pergi per siklus (meter)
$d_r$	=	jarak kembali dalam grading berikutnya (meter)
$V_f$	=	kecepatan rata-rata pergi (m/menit)
$V_y$	=	kecepatan rata-rata kembali (m/menit)
$N$	=	jumlah pass
$E$	=	efisiensi
$Q_a$	=	Luas operasi per jam ( $\text{m}^2/\text{jam}$ )
$V$	=	Kecepatan kerja (km/jam)
$L_e$	=	Panjang blade efektif (m)
$L_o$	=	lebar tumpang tindih/overlap (cm)
$E$	=	efisiensi

Qa	=	Luas operasi per jam ( $m^2/\text{jam}$ )
V	=	Kecepatan kerja ( $\text{km}/\text{jam}$ )
Le	=	Panjang blade efektif (m)
Q <sub>MG</sub>	=	Produksi Motor Grader ( $m^3/\text{jam}$ )
V	=	Kecepatan operasi / kerja ( $\text{Km}/\text{jam}$ )
Le	=	Panjang efektif blade (m)
Lo	=	Lebar overlap (meter), biasanya diambil 0,3 meter
JM	=	Kondisi manajemen dan medan kerja
T	=	Tebal hamparan material (gembur)
Q	=	Volume tanah yang dipadatkan jam ( $m^3/\text{jam}$ )
W	=	Lebar efektif pemadatan tiap pass (m)
V	=	Kecepatan operasi ( $\text{km}/\text{jam}$ )
H	=	Tebal pemadatan efektif untuk setiap lapis (m)
N	=	Jumlah pemadatan (jumlah pass oleh mesin gilas)
E	=	Efisiensi kerja dai pass-pass yang dilalui
Qa	=	luar per – jam tanah yang dipadatkan ( $m^2/\text{jam}$ )
W	=	Lebar efektif pemadatan (m/meter)
V	=	Kecepatan operasi ( $\text{km}/\text{jam}$ )
E	=	Efisiensi Kerja
N	=	Jumlah Lintasan Pemadatan
C	=	Nilai sisa Alat (Rupiah)
B	=	Harga Alat (Rupiah)
I	=	tingkat suku bunga per tahun (% per tahun)
D	=	faktor angsuran modal
A	=	umur alat (tahun)
e1	=	biaya pengembalian modal (Rupiah)
B	=	harga alat (Rupiah)
C	=	nilai sisa alat (Rupiah)
D	=	faktor angsuran modal
W	=	jam kerja 1 tahun (jam)
e2	=	asuransi, dll (Rupiah)
B	=	harga alat (Rupiah)



$W$	=	jam kerja 1 tahun (jam)
$P_w$	=	Tenaga Alat (HP)
$M_s$	=	Bahan Bakar Solar (liter)
$P_w$	=	Tenaga alat (HP)
$M_p$	=	Minyak Pelumas (liter)
$B'$	=	Harga pokok satuan alat
$w'$	=	Jam Operasi Dalam Satu Tahun
$U_1$	=	Upah Operator/supir
$U_2$	=	Upah pembantu operator/supir
$B$	=	harga pokok alat
$w$	=	Jam Operasi Dalam Satu Tahun
$q_1$	=	Kapasitas munjung menurut spesifikasi
$K$	=	Faktor bucket

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pembangunan Infrastruktur Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara saat ini semakin berkembang seiring bertambahnya populasi manusia dan kemajuan teknologi. Pembangunan pada berbagai sektor seperti jalan, gedung, jembatan, saluran dan pembangunan lainnya sedang berkembang di Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara khususnya di daerah Kecamatan Marbau. Untuk mendukung rencana pengembangan suatu daerah khususnya di Kecamatan Marbau serta menunjang daerah Marbau menjadi pusat olahraga, pendidikan dan perumahan, maka perlu penambahan jalur-jalur baru atau alternatif baru seperti pembangunan jalan akses. (Nugraha, Iriana, & Djuniati, 2017)

Pembangunan jalan baru juga membutuhkan perencanaan yang matang dan sistematis dalam membangun jalan baru di Kecamatan Marbau pada proyek ini pembangunan jalan baru menggunakan alat berat berupa Excavator yang berfungsi untuk menggali material tanah maupun bebatuan, Motor grader yang berfungsi untuk menghamparkan material batuan dan juga tanah, Dump truck berfungsi untuk mengangkut/membuang material baik itu hasil timbunan/hasil galian, Vibrator roller berfungsi untuk meratakan hasil timbunan, serta Tandem roller berfungsi untuk memadatkan tumpukan atau tanah yang akan diratakan hingga tanah atau tumpukan jadi padat, maka dari itu kebutuhan alat berat yang sangat berpengaruh terhadap biaya dan waktu pada proyek yang sedang berlangsung. (Ramdhani & Johari, 2021)

Dari pertimbangan tersebut, maka pada Tugas Akhir ini peneliti ingin mengetahui jenis alat berat apa yang cocok dipilih untuk pekerjaan pembangunan jalan sehingga dapat diketahui produktivitas alat berat secara optimal. Oleh sebab itu diambil judul mengenai “ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN PEKERJAAN JALAN ASPAL KECAMATAN MARBAU KABUPATEN LABUHAN BATU UTARA”

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana produktivitas penggunaan alat berat pada proyek pembangunan jalan aspal
2. Berapa unit alat berat yang dibutuhkan pada pembangunan jalan aspal tersebut
3. Bagaimana biaya alat berat yang dibutuhkan pada proyek pembangunan jalan aspal tersebut

## **1.3. Ruang Lingkup Penelitian**

Pada penelitian ini permasalahan ini dibatasi pada:

1. Membahas tentang produktivitas alat berat pada proyek pembangunan jalan aspal
2. Jam kerja di mulai dari pagi hari pada pukul 08.00-12.00 WIB dan siang hari pada pukul 14.00-17.00 WIB
3. Hanya membahas biaya alat berat pada proyek pembangunan jalan aspal
4. Hanya membahas alat berat Excavator, Motor grader, Vibratory Roller dan tandem roller, serta dump truck.

## **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui produktivitas penggunaan alat berat pada proyek pembangunan jalan aspal dan
2. Untuk mengetahui berapa unit alat berat yang dibutuhkan pada pembangunan jalan aspal tersebut
3. Untuk mengetahui berapa biaya alat berat/hari a yang dibutuhkan pada proyek pembangunan jalan aspal tersebut.

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menambah referensi dan wawasan pengetahuan bagi pembaca tentang alat berat seperti jenis dan tipe alat berat tersebut
2. Menambah wawasan bagi peneliti mengenai estimasi biaya penggunaan alat berat pada proyek pembangunan jalan aspal di Kecamatan Marbau, Kabupaten Labuhan Batu Utara
3. Untuk mengetahui bagaimana efisiensi alat berat pada proyek pembangunan jalan aspal di Kecamatan Marbau, Kabupaten Labuhan Batu Utara.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan adalah sebagai berikut:

### **BAB 1. PENDAHULUAN**

Bab ini akan mengawali penulisan dengan menjelaskan latar belakang masalah yang akan dibahas, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini akan menjelaskan tentang teori yang mendukung judul penelitian, dan mendasari pembahasan secara detail.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab ini akan menjelaskan tentang jenis penelitian yang dilakukan, jenis dan sumber data yang diperoleh

### **BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menjelaskan tentang perhitungan produktivitas alat berat pada proyek pembangunan jalan aspal di Kecamatan Marbau, Kabupaten Labuhan Batu Utara

### **BAB 5 PENUTUP**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian ini

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

##### **2.1.1 Pembangunan Jalan**

Secara umum Infrastruktur jalan dibangun sebagai prasarana untuk memudahkan mobilitas dan aksesibilitas kegiatan sosial ekonomi dalam masyarakat. Keberadaan jalan sangatlah diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi, perdagangan serta sektor lainnya. Perkembangan Infrastruktur yang semakin pesat mendorong adanya peningkatan dan pembangunan yang ada pada saat ini. Tidak dapat dipungkiri bahwa pembangunan yang ada saat ini tidak lepas dengan adanya alat bantu yang digunakan, yaitu alat berat . (Fihani, Hasyim, & Karyawan, 2021)

Pembangunan Jalan di Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara semakin berkembang pesat dan tambahnya populasi manusia dan kemajuan teknologi. Pembangunan Jalan ini terletak di Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara. Pada umumnya pekerjaan teknik sipil skala besar, pasti perlu penggunaan alat berat. Begitu juga dengan proyek pembangunan jalan, sumber daya alat berat menjadi faktor utama dalam pelaksanaan suatu proyek jalan. Pemilihan alat berat yang digunakan sangat berpengaruh pada pekerjaan proyek konstruksi. Karena kesalahan pemilihan alat berat bisa mengakibatkan proyek tidak berjalan lancar. (Arrasyid, Yulianto, & Sundari, 2021)

Salah satu pekerjaan yang membutuhkan perhatian dan penanganan khusus pada proyek pembangunan jalan adalah pekerjaan lapis permukaan jalan (surface). Pekerjaan lapis permukaan jalan mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu base dan sub grade (tanah dasar) serta dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Untuk itu pekerjaan lapis permukaan jalan menjadi sangat penting. (Fihani et al., 2021)

### 2.1.2 Produktivitas Alat Berat

Dalam bidang teknik sipil, alat-alat berat digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan (Sheikh, 2016). Saat ini, alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek- proyek konstruksi dengan skala yang besar. Tujuan penggunaan alat-alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relative lebih singkat (Rostiyanti, 2008).(Listyawan, Sahid, Mulyono, & Fadhlullah, 2021)

Alat Berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, dan pertambangan. Keberadaan alat berat dalam setiap proyek sangatlah penting guna mepembangunan infrastruktur dibidang konstruksi. Alat berat merupakan faktor penting penting dalam pembangunan proyek besar. Keuntungan menggunakan alat berat dibanding dengan alat manual yaitu dapat menyelesaikan pekerjaan pembangunan lebih cepat. Sehingga tidak perlu memakan waktu lama untuk bisa menyelesaikannya. Selain waktu kerja yang bisa dioptimalkan, biaya pembangunannya juga bisa diatur kembali. Penggunaan alat berat yang kurang tepat dengan kondisi dan situasi lapangan pekerjaan akan berpengaruh berupa kerugian antara lain rendahnya produksi, tidak tercapainya jadwal atau target yang telah ditentukan atau kerugian biaya perbaikan yang tidak semestinya. Analisis biaya adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan yang dijabarkan dalam perkalian indeks alat yang digunakan dan upah kerja dengan harga sewa peralatan dan standar pengupahan pekerjaan, untuk menyelesaikan satu pekerjaan.(Martini, Kimi, & Mulya, 2020)

Menurut Rostiyanti (2008), produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (output) dengan seluruh sumber daya yang digunakan (input). Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat. Rumus dasar untuk mencari produktivitas adalah. (Jaya & Sutandi, 2019):

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{kapasitas}}{CT} \quad (2.1)$$

Umumnya waktu siklus alat ditetapkan dalam menit sedangkan produktivitas alat dihitung dalam produksi/jam sehingga perlu ada perubahan dari menit ke jam. Jika faktor efisiensi alat dimasukkan maka rumus di atas menjadi. (Jaya & Sutandi, 2019):

$$\text{Produktivitas} = \text{Kapasitas} \times \frac{60}{CT} \times \text{efisiensi} \quad (2.2)$$

### 1. Excavator

*Excavator* adalah alat berat yang selalu ada dalam kegiatan konstruksi awal, alat berat ini merupakan alat yang berperan penting dalam pekerjaan galian tanah. Alat berat ini bekerja dengan mengeruk atau menggali material dengan menggunakan *bucket* yang dipasang di bagian depan yang ada dibawah permukaan tanah ataupun diatas alat itu sendiri untuk dipindahkan ke suatu tempat yang telah ditentukan. Alat penggerakanya adalah traktor dengan roda ban atau *crawler*. *Backhoe* bekerja dengan cara menggerakkan *bucket* ke arah bawah dan kemudian menariknya menuju badan alat.

### 2. Dump Truck

Alat pengangkut atau lebih sering disebut dump truck mempunyai fungsi untuk mengangkut material seperti tanah, pasir, batuan untuk proyek konstruksi. Pemilihan jenis pengangkutan bergantung pada kondisi lapangan, volume material, waktu dan biaya. kapasitas bak penampung truck terdiri dari struck capacity (kapasitas peres) dan heaped capacity (kapasitas menunjang). Struck capacity adalah kapasitas alat yang muatannya mencapai ketinggian dari bak penampung. Jenis material yang lepas dengan daya letak rendah seperti pasir dan krikil umumnya tidak bisa menggunung, jadi pengangkutannya dalam kapasitas peres. Heaped capacity adalah kondisi muatan mencapai ketinggian lebih dari ketinggian bak. Karena tanah liat mempunyai daya lekat antar butir yang cukup besar maka kapasitas pengangkutan tanah liat dapat mencapai kapasitas. (Fardila, Wiranto, & Mudianto, 2017)

### 3. Vibrator roller

Rochmanhadi (1982), vibrator roller adalah alat yang digunakan untuk pekerjaan pemadatan tanah dengan cara menggunakan efek getaran dan sangat

cocok digunakan pada tanah pasir atau kerikil berpasir. Efisiensi pemadatan yang dihasilkan sangat baik, karna adanya gaya dinamis terhadap tanah. Butirbutir tanah cenderung akan mengisi bagianbagian yang kosong yang terdapat diantara butir-butirnya.(Febrianti, Zakia, & Mawardi, 2021)

#### 4. Motor grader

Rochmanhadi (1982), motor grader adalah suatu mesin sortir, juga biasanya dikenal sebagai suatu mata pisau atau suatu mesin sortir motor, adalah suatu sarana angkut rancang bangun dengan suatu mata pisau besar yang digunakan untuk menciptakan suatu permukaan datar. Tujuan mesin motor grader digunakan sebagai bagian dari proses akhir (menetapkan dengan tepat) “penilaian yang keras/kasar” yang dilakukan oleh sarana angkut yang dirancang sebagai alat lebih berat seperti traktor dan pengikis. (Febrianti et al., 2021)

#### 5. Tandem Roller Compactor

Tandem Roller Compactor biasanya digunakan untuk penggilasan akhir, artinya fungsi alat ini adalah untuk meratakan permukaan. Tandem roller tidak dipakai untuk permukaan batuan keras dan tajam karena dapat merusak roda. Ada dua model tandem roller, yaitu two axle tandem roller dan three axle tandem roller. Model yang pertama mempunyai berat berkisar 8 sampai 14 ton. Ballast yang dipakai biasanya cairan. Sedangkan three axle tandem roller berfungsi untuk menambah kepadatan. Biasanya three axle tandem roller dipakai pada proyek lapangan terbang.(Kulo, 2017)

Produktivitas alat berat adalah kemampuan alat berat yang menghasilkan suatu persatuan waktu. Produktivitas alat berat bergantung pada tiga faktor yaitu waktu siklus, material, dan efisiensi (Arrasyid et al., 2021)

##### 1. Waktu siklus

Waktu siklus adalah jangka waktu yang dibutuhkan alat berat untuk menyelesaikan serangkaian operasi kerja.

##### 2. Material

Material yang ada dalam peningkatan jalan dengan menggunakan alat berat meliputi yaitu asphalt hotmix AC-BC dan asphalt hotmix AC-WC

##### 3. Efisiensi waktu kerja



Efisiensi adalah presentasi kerja alat efektif untuk dibandingkan dengan waktu kerja secara menyeluruh. Ada lima kondisi alat yang mempengaruhi faktor efisiensi waktu kerja alat. yaitu berbentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 2.1: Faktor Efisiensi Alat Berat (Rochmanhadi 1992)

No	Klarifikasi Kondisi	Nilai kondisi %
1	Baik sekali	0,83
2	Baik	0,75
3	Sedang	0,69
4	Buruk	0,61
5	Buruk sekali	0,50

## 2.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Alat Berat

Pemilihan alat berat dilakukan pada tahap perencanaan, dimana jenis, jumlah, dan kapasitas alat merupakan faktor - faktor penentu. Tidak setiap alat berat dapat dipakai untuk setiap proyek konstruksi, oleh karena itu pemilihan alat berat yang tepat sangatlah diperlukan. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat maka akan terjadi keterlambatan dalam pelaksanaannya, biaya yang membengkak, dan hasil yang tidak sesuai dengan yang rencana. Di dalam pemilihan alat berat, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan sehingga kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat dihindari. Faktor-faktor tersebut antara lain sebagai berikut (Yusuf, Muhammad & Zulkarnain, Fahrizal, 2022) :

1. Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat yang dikelompokkan berdasarkan fungsinya. Seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan dan lain-lain
2. Kapasitas peralatan. Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang harus dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.
3. Cara operasi. Alat berat yang dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan, dan lain-lain.

4. Pembatasan dari metode yang dipakai. Pembatasan 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. Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting di dalam pemilihan alat berat.
6. Jenis proyek. Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek-proyek tersebut antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan, dam, dan sebagainya.
7. Lokasi proyek. Lokasi proyek juga merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi di dataran rendah.
8. Jenis dan daya dukung tanah. Jenis tanah dilokasi proyek dan jenis material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras, atau lembek.
9. Kondisi lapangan. Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

### **2.3. Pengenalan Dasar Alat Berat**

Ada beberapa faktor yang menjadi penentu dalam penggunaan alat berat, yaitu:

1. Tenaga yang dibutuhkan (Power Required)
2. Tenaga yang tersedia (Power Available),
3. Tenaga yang dapat dimanfaatkan (Power Usable).

Dari ketiga faktor diatas akan berkaitan dengan kapasitas alat yang digunakan atau dipilih untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi bangunan ataupun pemindahan tanah. Sehingga ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi tenaga yang diperlukan dengan pemanfaatan alat-alat berat tersebut, antara lain:

### **2.3.1. Beda Ketinggian**

Beda ketinggian adalah tempat dimana alat tersebut bekerja dari permukaan laut. Beda ketinggian akan mempengaruhi kerja mesin secara keseluruhan. Tenaga yang dihasilkan oleh mesin akan berkurang apabila masukan dari udara juga berkurang. Hal ini terjadi apabila tempat pekerjaan proyek memiliki udara yang kurang akibat ketinggian. Pembakaran yang dihasilkan akan kurang sempurna pada mesin alat berat dan tentunya, kinerja yang diperlukan dari mesin tersebut akan berkurang juga. Pembakaran pada mesin akan menjadi sempurna apabila adanya perbandingan yang tepat antara udara dan bahan bakar, akan tetapi kinerja mesin menjadi berkurang. Keadaan ini akan menjadi pertimbangan yang harus dicermati agar dapat memilih alat berat sesuai dengan lokasi pekerjaan dan ketinggian dari permukaan laut.

Menurut (Bangun, 2009), berkurangnya tenaga mesin adalah untuk mesin penggerak empat roda (four cycle engines ), sebesar 3% dari tenaga kuda (horse power = HP) seluruhnya untuk tiap penambahan 1000 kaki (feet) di atas 3000 kaki (feet) yang pertama dari atas permukaan air laut, dan untuk mesin penggerak dua roda (two cycle engines ) berkurang sebesar 1% tiap penambahan ketinggian 1000 kaki (feet). (Zulkarnain, Fahrizal 2020)

### **2.3.2. Suhu/Temperatur**

Apabila suhu udara naik udara mengembang (kerapatan berkurang), hal ini akan mengurangi kandungan oksigen persatuan volume udara, sehingga akan mengurangi tenaga mesin. Pengaruh berkurangnya tenaga pada mesin akibat temperatur ini adalah, tenaga mesin berkurang sebesar 1% untuk tiap suhu udara naik  $10^0$  F diatas temperatur standar  $85^0$  F, atau tenaga mesin bertambah 1% bila suhu udara turun tiap  $10^0$  F di bawah temperatur standar  $85^0$  F (Bangun, 2009). (Zulkarnain, Fahrizal 2020)

## **2.4. Klarifikasi Fungsional Alat Berat**

Klarifikasi fungsional adalah pembagian alat berdasarkan fungsi-fungsi utama alat. Berdasarkan fungsi alat berat dapat dibagi sebagai berikut (Aoliya, Wiranto, & Mudianto, 2017) :

1. Alat penggali, seperti excavator, front shovel, backhoe, dragline, dan clamshell.
2. Alat pengangkut material, seperti balt truck dan wagon.
3. Alat pemindah material. Seperti loader dan dozer.
4. Alat pemadat, seperti tamping roller, pneumatic-tired roller, compactor, dan lain-lain.

## **2.5. Percepatan Proyek**

Percepatan waktu proyek sering dilakukan ketika progress proyek dinilai mengalami keterlambatan terhadap rencana. Di samping itu, percepatan waktu juga dapat dilakukan pada saat perencanaan. Namun percepatan waktu memiliki dampak atas biaya, kualitas, dan risiko. Oleh karena itu, percepatan waktu pelaksanaan proyek harus direncanakan dengan pertimbangan yang matang.

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Dalam suatu keadaan tertentu antara umur perkiraan proyek dengan umur rencana proyek terdapat perbedaan. Umur rencana proyek biasanya lebih pendek dari pada umur perkiraan proyek. Umur perkiraan proyek ditentukan oleh lintasan kritis yang terlama waktu pelaksanaannya, dan waktu pelaksanaan tersebut merupakan jumlah lama kegiatan perkiraan dan kegiatan-kegiatan kritis yang membentuk lintasan tersebut. Sedang umur rencana proyek ditentukan berdasarkan kebutuhan manajemen atau sebab-sebab lain.

Ada kalanya jadwal proyek harus dipercepat dengan berbagai pertimbangan dari pemilik proyek. Proses mempercepat kurun waktu tersebut disebut crash program. Durasi crashing maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan (Soeharto, 1997). Durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja, namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan pada suatu aktivitas yaitu meliputi penambahan jumlah tenaga kerja, penjadwalan kerja lembur, penggunaan peralatan berat dan perubahan metode konstruksi di lapangan. (Yusuf, Muhammad & Zulkarnain, Fahrizal, 2022)

## **2.6. Klasifikasi Operasional Alat Berat**

Alat-alat berat dalam pengoperasiannya dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain atau tidak dapat digerakan (statis). Jadi klarifikasi alat berdasarkan penggerakannya dapat dibagi menjadi berikut (Aoliya et al., 2017) :

1. Alat dengan penggerak, seperti crawler atau roda kelabang dan ban karet.
2. Alat statis, seperti tower crane, batching plant, dan crusher plant.

## **2.7. Analisa Biaya**

Dalam memperoleh alat berat ada tiga cara yang umum digunakan yaitu: membeli, sewa beli (leasing) dan menyewa. Perbedaan diantara cara-cara tersebut terdapat biaya total untuk memperoleh alat dan bagaimana cara pembayaran biaya tersebut selama periode tertentu. (Fardila et al., 2017)

### **2.7.1. Cara Sewa**

Menyewa suatu peralatan dapat dikatakan ekonomis bila jumlah pekerjaan terbatas/sedikit atau bila alat tersebut dibutuhkan hanya sesekali saja. Perhitungan biaya dilakukan dengan mengalikan biaya sewa dengan jumlah peralatan dan lama waktu sewa. Untuk cara ini biasanya terdapat minimal sewa alat, misalnya minimal sewa 200 jam/bln. (Fardila et al., 2017)

### **2.7.2. Cara Leasing**

Merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk kepemilikan alat yang dilakukan secara berkala dan biasanya dilakukan setiap bulan, kuartal dan setiap setengah tahun selama jangka waktu tertentu. Apabila jangka waktu leasing tersebut telah habis, maka kontraktor (pihak lease) mempunyai hak pilih untuk memiliki peralatan tersebut atau tidak selama berlangsung perjanjian leasing, pihak leasing tidak diperkenankan mengakhiri perjanjian sebelum waktunya. Jika hal tersebut sampai terjadi, pihak leasing harus mengganti rugi kepada pihak lessor. Pada akhir perjanjian leasing, pihak lease mempunyai hak pilih untuk membeli barang tersebut seharga nilai sisa atau mengembalikan barang tersebut pada pihak lessor untuk juga mengadakan perjanjian leasing lagi untuk tahap kedua atau barang yang sama. (Fardila et al., 2017)

### **2.7.3. Cara Membeli**

Pembelian alat berat meliputi pembiayaan awal oleh pembeli untuk memperoleh hak pemilikan atas alat. Pembiayaan awal meliputi pembayaran tunai untuk (Fardila et al., 2017) :

1. Harga pembelian alat.
2. Pembayaran bea atau pajak impor bila diperlukan.
3. Pembayaran ongkos angkut ke tempat pemesanan.
4. Pembayaran ongkos pemeriksaan awal bila diperlukan.
5. Pembayaran untuk modifikasi, perbaikan awal atau perakitan bila diperlukan.

### **2.8. Biaya Alat Berat**

Rostiyanti (2008), biaya alat berat dapat dibagi dalam dua kategori, yaitu biaya kepemilikan alat dan biaya pengoperasian alat. Biaya kepemilikan adalah biaya tetap yang harus dikeluarkan pemilik baik saat alat dioperasikan maupun tidak. Kontraktor yang memiliki alat berat harus menanggung biaya yang disebut biaya kepemilikan alat berat (*ownership cost*). Biaya operasional adalah biaya yang dikeluarkan di saat alat beroperasi. Pada saat alat berat dioperasikan maka akan ada biaya pengoperasian (*operation cost*). (Febrianti et al., 2021)

#### **2.8.1. Biaya kepemilikan alat berat**

Biaya kepemilikan alat berat terdiri dari beberapa faktor. Faktor pertama adalah biaya dalam jumlah yang besar yang dikeluarkan karna membeli alat tersebut. Jika pemilik meminjam uang dari bank untuk membeli alat tersebut maka akan ada biaya terhadap bunga pinjaman. Faktor kedua adalah depresiasi alat. Selain dengan bertambahnya umur maka akan ada penurunan nilai alat. Faktor ketiga yang juga penting adalah pajak. Faktor keempat adalah biaya yang harus dikeluarkan pemilik untuk membayar asuransi alat. Dan faktor terakhir adalah biaya yang dikeluarkan untuk menyediakan tempat penyimpanan alat (Rostianti, 2008). (Febrianti et al., 2021)

### **2.8.2. Biaya pengoperasian alat berat**

Nunally (2000), biaya-biaya yang termasuk biaya pengeluaran alat berat adalah biaya penyewaan alat, biaya mobilisasi dan demobilisasi, dan biaya upah tenaga operator. Peralatan konstruksi yang digerakkan oleh motor bakar (internal combustion engine) memerlukan solar dan minyak pelumas, yang juga harus diperhitungkan sebagai biaya operasional. Biaya operasional adalah biaya- biaya yang berkaitan dengan pengoperasian suatu alat. Tidak seperti biaya kepemilikan, biaya operasional hanya dikeluarkan ketika alat beroperasi dan akan dianggap sebagai biaya variabel (variable cost). Biaya operasional alat meliputi biaya bahan bakar, biaya servis, dan biaya operator alat. (Febrianti et al., 2021)

### **2.8.3. Biaya penyewaan alat**

Tidak semua peralatan konstruksi dimiliki oleh kontraktor. Dalam menyelesaikan pekerjaan- pekerjaan tertentu, diperlukan peralatan- peralatan khusus yang diperoleh dengan cara menyewa. Biaya penyewaan alat berat tersebut dihitung dalam biaya per-jam. Dalam satu bulan biasanya ditentukan batas penyewaan minimum per alat berat. Biaya penyewaan alat berat bervariasi, tergantung dari jenis dan tipe alat yang akan disewa dan juga tergantung dari tempat alat itu disewa. (Febrianti et al., 2021)

### **2.8.4. Biaya mobilisasi**

Alat berat yang disewa dari suatu tempat, membutuhkan biaya transportasi alat tersebut ke lokasi proyek dan biaya transportasi alat tersebut kembali ketempat asalnya. Untuk alat- alat berat tertentu bahkan diperlukan kendaraan khusus untuk mengangkat alat berat tersebut ke lokasi proyek dan sebaliknya. Biaya-biaya yang dikeluarkan untuk transportasi alat tersebut disebut biaya mobilisasi. Biaya mobilisasi tergantung dari kendaraan untuk mengangkut alat berat yang disewa, dan jauh dekatnya tempat penyewaan ke lokasi proyek. Jadi masing-masing alat yang disewa dari tempat penyewaan yang berbeda, mempunyai biaya mobilisasi yang berbeda. (Febrianti et al., 2021)

### **2.8.5. Biaya pemakaian gemuk**

Pemakaian gemuk sangat berperan penting pada alat berat. Gemuk berfungsi untuk mempermudah gerak alat berat karna sifat gemuk yang menghilangkan karat pada alat berat. Selain itu gemuk juga membuat hidrolik alat berat menjadi licin. Biaya penggunaan gemuk dihitung dari banyaknya pemakaian gemuk perjam (kg/jam).(Febrianti et al., 2021)

### **2.8.6. Biaya operasional total**

Biaya operasional total yang dikeluarkan untuk masing tipe alat adalah penjumlahan semua biaya yang dikeluarkan untuk penyewaan alat, upah operator dan biaya untuk pemakaian solar/bensin, gemuk dan minyak pelumas selama waktu pelaksanaan pekerjaan ditambah biaya mobilisasi alat. Biaya operasional total alat ditulis dengan variabel  $C_o$  dengan satuan rupiah per-jam.(Febrianti et al., 2021)

## **2.9. Kombinasi dan Keseimbangan Alat**

Dalam banyak kasus penanganan pekerjaan teknik sipil dibutuhkan beberapa jenis alat yang harus bekerja secara bersama-sama sebagai satu tim. Permasalahan utama yang harus dilaksanakan adalah mendapatkan suatu keseimbangan tim agar terhindar dari kemungkinan bunching effect dan akhirnya idle time dari satu atau beberapa jenis alat. Bunching effect adalah berkumpulnya alat berat dengan tidak semestinya pada suatu lokasi, sedangkan idle time adalah waktu nganggur yang terjadi pada alat berat yang berkapasitas lebih besar dibandingkan kapasitas alat pasangannya. Langkah-langkah menganalisis keseimbangan alat secara umum adalah sebagai berikut (Kulo, 2017) :

1. Datakan keseluruhan kuantitas dan persyaratan kualitas pekerjaan yang menjadi sasaran untuk diselesaikan serta patokan jangka waktu pelaksanaan yang tersedia.
2. Pilih jenis alat lengkap dengan data kapasitas dan data lainnya yang berkaitan dengan pengoperasian yang dibutuhkan dengan mendasarkan pada sasaran kualitas dan kuantitas pekerjaan yang akan ditangani.



3. Hitung waktu siklus masing-masing alat berdasarkan kondisi rata-rata yang mungkin terjadi.
4. Perkirakan faktor efisiensi berdasarkan kondisi alat, tempat kerja, dan metode kerja yang akan diterapkan.
5. Hitung kapasitas kerja masing-masing alat untuk per-unitnya.
6. Hitung kebutuhan unit jenis alat berdasarkan perbandingan besarnya kapasitas kerja masing-masing alat dan berpatokan pada kapasitas jenis alat yang terbesar.

### **2.10. Efisiensi Kerja Alat Berat**

Dalam merencanakan suatu proyek, Produktivitas per jam dari suatu alat yang diperlukan adalah Produktivitas standar dari alat tersebut dalam kondisi ideal dikalikan dengan suatu faktor. Faktor tersebut dinamakan efisiensi kerja. Efisiensi kerja tergantung pada banyak faktor seperti: topografi, keahlian, oprator, pemilihan standar pemeliharaan dan sebagainya yang menyangkut operasi alat. Dalam kenyataanya memang sulit untuk menentukan besarnya efisiensi kerja, tetapi dengan dasar pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan. (Aoliya et al., 2017) .

Kondisi kerja kergantung dari hal-hal berikut dan keputusan terakhir harus diambil dengan memperhitungkan semua hal tersebut dibawah ini:

- a. Apakah alat sesuai dengan tofografi yang bersangkutan
- b. Kondisi dan pengaruh lingkungan seperti ukuran medan dan peratan cuaca saat itu dan penerangan pada tempat dan waktu yang diperlukan.
- c. Pengaturan kerja dan kombinasi kerja antara peralatan dan mesin.
- d. Metode operasional dan perencanaan persiapan.
- e. Pengalaman dan kepandaian operator dan pengawas untuk pekerjaan termaksud.

Hal-hal berikut harus diperhatikan dalam pelaksanaan pemeliharaan peralatan:

- a. Penggantian pelumas dan grease (gemuk) secara teratur.
- b. Kondisi peralatan pemotong (blade, bucket, bowl, dan sebagainya).
- c. Persediaan suku-suku cadang yang sering diperlukan untuk peralatan yang bersangkutan.

## 2.11. Produktivitas Alat Metode Bina Marga

### 2.11.1. Excavator

*Excavator* ini merupakan alat yang paling serbaguna karena bisa menangani berbagai macam pekerjaan alat berat lain, akan tetapi fungsi utama dari *excavator* ini yaitu untuk penggalian seperti menggali parit, lubang, pondasi bangunan, pengerukan sungai. Untuk pekerjaan lainnya yang bisa dilakukan *excavator* yaitu membuat kemiringan (*sloping*), memuat duptruck (*loading*), pemecah batu (*breaker*), perataan tanah, pekerjaan kehutanan. Karena kegunaannya yang multifungsi, maka *excavator* ini selalu ditampilkan dalam segala jenis pekerjaan berat baik didarat maupun di atas air.

Rumus yang dipakai untuk menghitung produktivitas *excavator* menggunakan Pers.2.1.

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cms} \quad (2.3)$$

Dimana :

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

q = Produksi per siklus ( $m^3$  )

E = Efisiensi alat

Cms = Waktu siklus *excavator* (detik)

Rumus yang digunakan untuk menghitung produksi per siklus *excavator* menggunakan Pers. 2.2.

$$q = q_1 \times K \quad (2.4)$$

Dimana :

q1 = Kapasitas munjung menurut spesifikasi

K = Faktor *bucket*

### 2.11.2. Motor Graider

Motor grader juga dapat digunakan untuk pengupasan lapisan atas yang hendak dibuang, atau dikurangi, mencampur material dan

meratakan/menyebarkannya lagi, meratakan area dengan grader sangat diperlukan untuk pemadatan yang sempurna oleh compactor.

Perhitungan waktu siklus ( $T_{s2}$ ):

• Perataan 1 kali lintasan:

$$T_1 = Lh : (v \times 1000) \times 60 \quad (2.5)$$

$$T_{s2} = T_1$$

Perhitungan produktivitas Motor Grader pada Badan jalan:

$$Q4 = \frac{Lh \times (n(b-bo) + bo) \times t \times Fa \times 60}{T_{s2} \times n} \quad (2.6)$$

Koefisien alat/ $m^3$ :

$$1 : Q4$$

Dimana:

Lh = Panjang hamparan (m)

b = Lebar Efektif kerja Blade (m)

bo = Lebar overlap (m)

Fa = Faktor efisiensi alat

t = Tebal hamparan padat (m)

n = Jumlah lintasan (lintasan)

$T_{s2}$  = Waktu siklus (menit)

### 2.11.3. Vibratory Roller

Ada beberapa Faktor - faktor yang mempengaruhi proses pemampatan dengan vibration roller ialah Frekuensi getaran, amplitude dan gerak sentrifugal..

Waktu siklus vibration roller terdiri dari :

Perhitungan produktivitas vibration roller pada Badan Jalan:

$$Q2 = \frac{v \times 1000) \times b \times t \times Fa}{n} \quad (2.7)$$

Koefisien alat/ $m^3$ :

$$1 : Q2 \quad (2.8)$$

Dimana:

v = Kecepatan rata-rata (km/jam)

b = Lebar efektif pemadatan (m)

n = Jumlah lintasan

t = Tebal hamparan padat (m)

Fa = Factor efisiensi alat

Q<sub>2</sub> = Kapasitas Produksi/jam (m<sup>3</sup>)

#### 2.11.4. Tandem Roller

Tandem roller adalah alat pemadat awal pada saat penghamparan aspal .  
untuk menghitung produktivitas tandem roller menggunakan rumus :

$$Q = \frac{W \times V \times 1000 \times H \times E \times B}{N} \quad (2.9)$$

Dimana :

Q = produksi per jam ( ton/jam)

N = jumlah lintasan

W = lebar efektif pemadatan (m)

V = kecepatan Kerja (km/jam)

E = faktor efisiensi alat

H = tebal hamparan ( m)

B = berat jenis laston (ton/m<sup>3</sup> )

#### 2.11.5. Dump Truck

Produktivitas suatu alat selalu bergantung dari waktu siklus. waktu siklus truk terdiri dari waktu pemuatan, waktu pegangkutan, waktu pembongkaran muatan, waktu perjalanan kembali, dan waktu antrian.

Untuk menghitung waktu siklus dump truk rumus sebagai berikut :

Waktu siklus :

$$\text{mengisi bak} = (V:Q_{2b}) \times T_b \quad (2.10)$$

Dimana:

V = kapasitas bak

Q<sub>2b</sub> =kapasitas AMP/batch

T<sub>b</sub> = waktu menyimpan 1 batch ac-bc

$$\text{Angkut} = (L : V_1) \times 60 \quad (2.11)$$

dimana :

L = jarak rata-rata AMP ke lokasi

V<sub>1</sub> = kecepatan rata-rata bermuatan

$$\text{Kembali} = (L:V2) \times 60 \quad (2.12)$$

Dimana :

L = jarak rata-rata AMP ke lokasi

V2 = kecepatan rata-rata kosong

Waktu total (TS2) = T1 + T2 + T3 + T4

Rumus menghitung kapasitas produksi yaitu :

$$\text{Kapasitas produksi/jam} = V \times Fa \times 60 \text{ Ts2} \quad (2.13)$$

Dimana :

V = kapasitas bak dump truk

Fa = faktor efisiensi alat

Ts2 = waktu total

## 2.12. Produktivitas Alat Metode Rochmanhadi

### 2.12.1. Excavator

*Excavator* ini merupakan alat yang paling serbaguna karena bisa menangani berbagai macam pekerjaan alat berat lain, akan tetapi fungsi utama dari *excavator* ini yaitu untuk penggalian seperti menggali parit, lubang, pondasi bangunan, pengerukan sungai. Untuk pekerjaan lainnya yang bisa dilakukan *excavator* yaitu membuat kemiringan (*sloping*), memuat duptruck (*loading*), pemecah batu (*breaker*), perataan tanah, pekerjaan kehutanan. Karena kegunaannya yang multifungsi, maka *excavator* ini selalu ditampilkan dalam segala jenis pekerjaan berat baik didarat maupun di atas air.

Rumus yang dipakai untuk menghitung produktivitas *excavator* menggunakan Pers.2.1.

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cms} \quad (2.14)$$

Dimana :

Q = Produksi per jam (m<sup>3</sup> /jam)

q = Produksi per siklus (m<sup>3</sup> )

E = Efisiensi alat

Cms = Waktu siklus *excavator* (detik)

Rumus yang digunakan untuk menghitung produksi per siklus *excavator* menggunakan Pers. 2.2.

$$q = q_1 \times K \quad (2.15)$$

Dimana :

$q_1$  = Kapasitas munjung menurut spesifikasi

K = Faktor *bucket*

### 2.12.2. Tandem Roller

Tandem Roller berfungsi untuk memadat material yang agak halus

$$Q = \frac{W \times V \times 1000 \times H \times E \times B}{N} \quad (2.16)$$

Dimana :

Q = produksi per jam ( ton/jam)

N = jumlah lintasan

W = lebar efektif pemadatan (m)

V = kecepatan Kerja (km/jam)

E = faktor efisiensi alat

H = tebal hamparan ( m)

B = berat jenis laston ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )

### 2.12.3. Dump Truck

Dump Truck berfungsi untuk mengangkut material ke lokasi

$$P = \frac{C \times 60 \times f_a}{C_{mt}} \times M \quad (2.17)$$

Dimana:

P = produktivitas alat (ton/ jam )

C = kapasitas dum truck

Fa = faktor efisiensi alat

Cmt = waktu siklus dump truck ( menit )

M = jumlah dump truck yang bekerja

Jumlah n siklus alat muat:

$$n = \frac{C}{q_1} \quad (2.18)$$

Dimana:

n= waktu siklus

C= Kapasitas Dump Truck

Waktu siklus:

$$C_{mt} = n \times c_m + \frac{D}{v_1} + t_1 + \frac{D}{v_2} + t_2 \quad (2.19)$$

Dimana:

D = jarak angkut dump truck ( km )

$v_1$  = kecepatan rata- rata dump truck bermuatan (km/jam)

$v_2$  = kecepatan rata-rata dump truckkosong (km/jam)

$t_1$  = waktu buang(menit)

$t_2$  = waktu tunggudump truck( menit )

n= waktu siklus

#### 2.12.4. Motor Graider

Waktu produksi motor grader diperhitungkan sbb (Rochmanhadi, 107:1992

Alat-alat berat dan penggunaanya)

$$T = \left( \frac{dr}{vf} + \frac{df}{vy} \right) \times \frac{N}{E} \quad (2.20)$$

dimana:

df= jarak lurus pergi per siklus (meter)

dr= jarak kembali dalam grading berikutnya (meter)

Vf= kecepatan rata-rata pergi (m/menit)

Vy= kecepatan rata-rata kembali (m/menit)

N= jumlah pass

E= efisiensi

Perhitungan Luas Operasi per jam ( $m^2$ /jam) (Rochmanhadi, 46:1992 kapasitas dan produksi alat-alat berat)

$$Q_a = V \times (L_e - L_o) \times 1000 \times E \quad (2.21)$$

Dimana:

$Q_a$ = Luas operasi per jam ( $m^2$ /jam)

V= Kecepatan kerja (km/jam)

Le= Panjang blade efektif (m)

Lo= lebar tumpang tindih/overlap (cm)

E= efisiensi

Perhitungan Luas Operasi per jam ( $m^2/jam$ ) (Rochmanhadi, 46:1992 kapasitas dan produksi alat-alat berat)

$$Q_a = V \times (L_e - L_o) \times 1000 \times E \quad (2.22)$$

Dimana:

$Q_a$ = Luas operasi per jam ( $m^2/jam$ )

V= Kecepatan kerja (km/jam)

Le= Panjang blade efektif (m)

Hitung kapasitas kerja alat Motor Grader

$$Q_{MG} = (v \times (L_e - L_o) \times 1000 \times JM] \times t \quad (2.23)$$

Dimana :

$Q_{MG}$ = Produksi Motor Grader ( $m^3/jam$ )

V= Kecepatan operasi / kerja (Km/jam)

Le= Panjang efektif blade (m)

Lo= Lebar overlap (meter), biasanya diambil 0,3 meter

JM= Kondisi manajemen dan medan kerja

T= Tebal hamparan material (gembur)

### 2.12.5. Vibratory Roller

Perhitungan produksi mesin gilas Produktivitas mesin gilas didasarkan atas volume tanah atau berdasarkan luas tanah yang dipadatkan. Produksi pemadatan berdasarkan volume tanah

Rumus yang digunakan adalah :

$$Q = (w \times v \times H \times 1000 \times E)/N \quad (2.24)$$

dimana:

Q= Volume tanah yang dipadatkan jam ( $m^3/jam$ )

W= Lebar efektif pemadatan tiap pass (m)

V= Kecepatan operasi (km/jam)

H= Tebal pemadatan efektif untuk setiaplapis (m)



N= Jumlah pemadatan (jumlah pass oleh mesin gilas)

E= Efisiensi kerja dai pass-pass yang dilalui

Rumus yang kedua:

$$Qa = \frac{w \times v \times H \times 1000 \times E}{N} \quad (2.25)$$

Dimana:

Qa= luar per – jam tanah yang dipadatkan (m<sup>2</sup>/jam)

W= Lebar efektif pemadatan (m/meter)

V= Kecepatan operasi (km/jam)

E= Efisiensi Kerja

N= Jumlah Lintasan Pemadatan (BILL)

Ts= Waktu siklus (menit)

T<sub>1</sub>= Lama menggali, memuat dan lain-lain (menit)

T<sub>2</sub>= Swing kembali dan lain-lain (menit)

Ts= Waktu siklus, T<sub>1</sub> + T<sub>2</sub> (menit)

60= perkalian 1 jam ke menit

### **2.13. Jenis-Jenis Alat Berat dan fungsi Alat Berat**

Berikut Fungsi dan Cara Kerja Alat Berat yang digunakan pada konstruksi Pembangunan Proyek Pekerjaan Jalan Aspal Di Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara

#### **2.13.1. Excavator**

*Excavator* adalah alat berat yang selalu ada dalam kegiatan konstruksi awal, alat berat ini merupakan alat yang berperan penting dalam pekerjaan galian tanah. Alat berat ini bekerja dengan mengeruk atau menggali material dengan menggunakan *bucket* yang dipasang di bagian depan yang ada dibawah permukaan tanah ataupun diatas alat itu sendiri untuk dipindahkan ke suatu tempat yang telah ditentukan. Alat penggeraknya adalah traktor dengan roda ban atau crawler. Backhoe bekerja dengan cara menggerakkan bucket ke arah bawah dan kemudian menariknya menuju badan alat. (SIREGAR, 2020)



Gambar 2.1: Alat berat Excavator

### 2.13.2. Motor Graider

Rochmanhadi (1982), motor graider adalah suatu mesin sortir, juga biasanya dikenal sebagai suatu mata pisau atau suatu mesin beberapa faktor. sortir motor, adalah suatu sarana angkut rancang bangun dengan suatu mata pisau besar yang digunakan untuk menciptakan suatu permukaan datar. tersebut maka akan ada biaya terhadap bunga pinjaman. Faktor kedua adalah depresiasi alat. Tujuan mesin motor grader digunakan sebagai bagian dari proses akhir (menetapkan dengan tepat) “penilaian yang keras/kasar” yang dilakukan oleh sarana angkut yang dirancang sebagai alat lebih berat seperti traktor dan pengikis. (Febrianti et al., 2021)



Gambar 2.2: Alat Berat Motor Grader

### 2.13.3. Vibratory Roller

Versi lain dari tandem roller adalah vibratory roller (penggilas akhir). Vibratoryan roller mempunyai efisiensi pemadatan yang sangat baik. Alat ini memungkinkan digunakan secara luas dalam tiap jenis pekerjaan pemadatan. Efek yang diakibatkan oleh vibrator roller adalah gaya dinamis terhadap tanah. Butir-butir tanah cenderung mengisi bagian-bagian kosong yang terdapat diantara butir-butirnya. Sehingga akibat getaran ini tanah menjadi padat dengan susunan yang lebih kompak. (Kulo, 2017)



Gambar 2.3: Alat berat Vibratory Roller

### 2.13.4. Tandem Roller

Biasanya digunakan untuk penggilasan akhir, artinya fungsi alat ini adalah untuk meratakan permukaan. Tandem roller tidak dipakai untuk permukaan batuan keras dan tajam karena dapat merusak roda. Ada dua model tandem roller, yaitu two axle tandem roller dan three axle tandem roller. Model yang pertama mempunyai berat berkisar 8 sampai 14 ton. Ballast yang dipakai biasanya cairan. Sedangkan three axle tandem roller berfungsi untuk menambah kepadatan. Biasanya three axle tandem roller dipakai pada proyek lapangan terbang (Kulo, 2017)



Gambar 2.4: Alat berat Tandem Roller

### 2.13.5. Dump Truck

Alat pengangkut atau lebih sering disebut dump truck mempunyai fungsi untuk mengangkut material seperti tanah, pasir, batuan untuk proyek konstruksi. Pemilihan jenis pengangkutan bergantung pada kondisi lapangan, volume material, waktu dan biaya. kapasitas bak penampung truck terdiri dari struck capacity (kapasitas peres) dan heaped capacity (kapasitas menunjang). Struck capacity adalah kapasitas alat yang muatannya mencapai ketinggian dari bak penampung. Jenis material yang lepas dengan daya letak rendah seperti pasir dan krikil umumnya tidak bisa menngunung, jadi pengangkutannya dalam kapasitas peres. Heaped capacity adalah kondisi muatan mencapai ketinggian lebih dari ketinggian bak. Karena tanah liat mempunyai daya lekat antar butir yang cukup besar maka kapasitas pengangkutan tanah liat dapat mencapai kapasitas. (Fardila et al., 2017)



Gambar 2.5: Alat berat Dump Truck

Tabel 2.2. Mengenai alat berat yang di gunakan pada proyek pembangunan jalan aspal diKecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara

No	Jenis alat berat	Type alat berat	Fungsi kerja alat berat	Berat pada alat berat
1	Motor Grader	Komatsu GD511A	Pemerataan dan pemeliharaan jalan tanah yang berkerikil	13 Ton
2	Vibratory Roller	SAKAI SV512D	Memadatkan dan meratakan struktur permukaan tanah agar lebih kuat	10 Ton
3	Tandem Roller	SAKAI SW 500	Untuk penggilas agar mendapatkan permukaan object yang lebih halus	8-14 Ton
4	Dump Truck	CANTER	Untuk mengangkut material alam, seperti tanah, pasir,dan lain sebagainya	30 Ton
5	Excavator	Komatsu	Untuk pekerjaan galian tanah dan bebatuan	20 Ton

## 2.14. Biaya Pengoperasian Alat Berat Metode Rochmanhadi

### 2.14.1. Biaya Kepemilikan Alat Berat

Biaya kepemilikan adalah biaya kepemilikan alat yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri

A. Biaya pasti (pengembalian modal dan bunga) setiap tahun dihitung sebagai berikut:

1. Nilai sisa alat ( C )

$$C = 10\% \times B \quad (2.26)$$

Dengan :

C = Nilai sisa Alat (Rupiah)

B = Harga Alat (Rupiah)

## 2. Faktor angsuran/ Pengembalian modal

$$D = \frac{ix(1+i)^A}{(1+i)^A - 1} \quad (2.27)$$

Dengan :

i= tingkat suku bunga per tahun (% per tahun)

D= faktor angsuran modal

A= umur alat (tahun)

## 3. Biaya Pasti Perjam

### a. Biaya Pengembalian Modal

$$e1 = \frac{(B-C) \times D}{w} \quad (2.28)$$

Dengan:

e1= biaya pengembalian modal (Rupiah)

B= harga alat (Rupiah)

C= nilai sisa alat (Rupiah)

D= faktor angsuran modal

W= jam kerja 1 tahun (jam)

### b. Biaya Asuransi dan lain-lain

$$e2 = \frac{0,002 \times B}{w} \quad (2.29)$$

Dengan :

e<sub>2</sub> = asuransi, dll (Rupiah)

B = harga alat (Rupiah)

W = jam kerja 1 tahun (jam)

## B. Biaya Operasi dan Pemeliharaan Alat Berat

### 1. Biaya Bahan Bakar

$$H = 0,120 \times Pw \times Ms \quad (2.30)$$

Keterangan:

$P_w$  = Tenaga Alat (HP)

$M_s$  = Bahan Bakar Solar (liter)

2. Biaya Pelumas

$$I = 0,275 \times P_w \times M_p \quad (2.31)$$

Keterangan:

$P_w$  = Tenaga alat (HP)

$M_p$  = Minyak Pelumas (liter)

3. Biaya Perbaikan dan Perawatan

$$K = \left( \frac{12,5\% - 17,5\% \times B'}{w'} \right) \quad (2.32)$$

Keterangan :

$B'$  = harga pokok alat

$w'$  = Jam Operasi Dalam Satu Tahun

4. Biaya Operator

$$L = (1 \text{ org/jam}) \times U_1 \quad (2.33)$$

Keterangan:

$U_1$  = Upah Operator/supir

5. Biaya Pembantu Operator

$$M = (1 \text{ org/jam}) \times U_2 \quad (2.34)$$

Keterangan:

$U_2$  = Upah pembantu operator/supir

### 2.14.2. Biaya Penyewaan Alat

Perhitungan biaya dilakukan dengan menjumlahkan biaya pasti perjam dengan biaya operasi perjam

Total biaya sewa alat per jam (S) = biaya pasti perjam + biaya operasi perjam kerja.

### 2.15. Biaya Pengoperasian Alat Berat dengan Metode Bina Marga

#### 2.15.1. Biaya Kepemilikan Alat Berat

Biaya kepemilikan adalah biaya kepemilikan alat yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri

A. Biaya pasti (pengembalian modal dan bunga) setiap tahun dihitung sebagai berikut:

1. Nilai sisa alat ( C )

$$C = 10\% \times B \quad (2.35)$$

Dengan :

C = Nilai sisa Alat (Rupiah)

B = Harga Alat (Rupiah)

2. Faktor angsuran/ Pengembalian modal

$$D = \frac{ix(1+i)^A}{(1+i)^A - 1} \quad (2.36)$$

Dengan :

i= tingkat suku bunga per tahun (% per tahun)

D= faktor angsuran modal

A= umur alat (tahun)

3. Biaya Pasti Perjam

a. Biaya Pengembalian Modal

$$e1 = \frac{(B-C) \times D}{W} \quad (2.37)$$

Dengan:

e1= biaya pengembalian modal (Rupiah)

B= harga alat (Rupiah)

C= nilai sisa alat (Rupiah)

D= faktor angsuran modal

W= jam kerja 1 tahun (jam)

B. Biaya Operasi dan Pemeliharaan Alat Berat

1. Biaya Bahan Bakar

$$H = 12\% \ 15\% \times Pw \times Ms \quad (2.38)$$

Dengan :

Pw = Tenaga Alat (HP)

Ms = Bahan Bakar Solar (liter)

2. Biaya Pelumas

$$I = 2,5\% - 3\% \times Pw \times Mp \quad (2.39)$$



Dengan :

Pw = Tenaga alat (HP)

Mp = Minyak Pelumas (liter)

3. Biaya Perbaikan dan Perawatan

$$K = \left( \frac{12,5\% - 17,5\% \times B}{w} \right) \quad (2.40)$$

Dengan :

B = harga pokok alat

w = Jam Operasi Dalam Satu Tahun

4. Biaya Operator

$$L = (1 \text{ org/jam}) \times U_1 \quad (2.41)$$

Dengan :

U<sub>1</sub> = Upah Operator/supir

5. Biaya Pembantu Operator

$$M = (1 \text{ org/jam}) \times U_2 \quad (2.42)$$

Keterangan:

U<sub>2</sub> = Upah pembantu operator/supir

### **2.15.2. Biaya Penyewaan Alat**

Perhitungan biaya dilakukan dengan menjumlahkan biaya pasti perjam dengan biaya operasi perjam

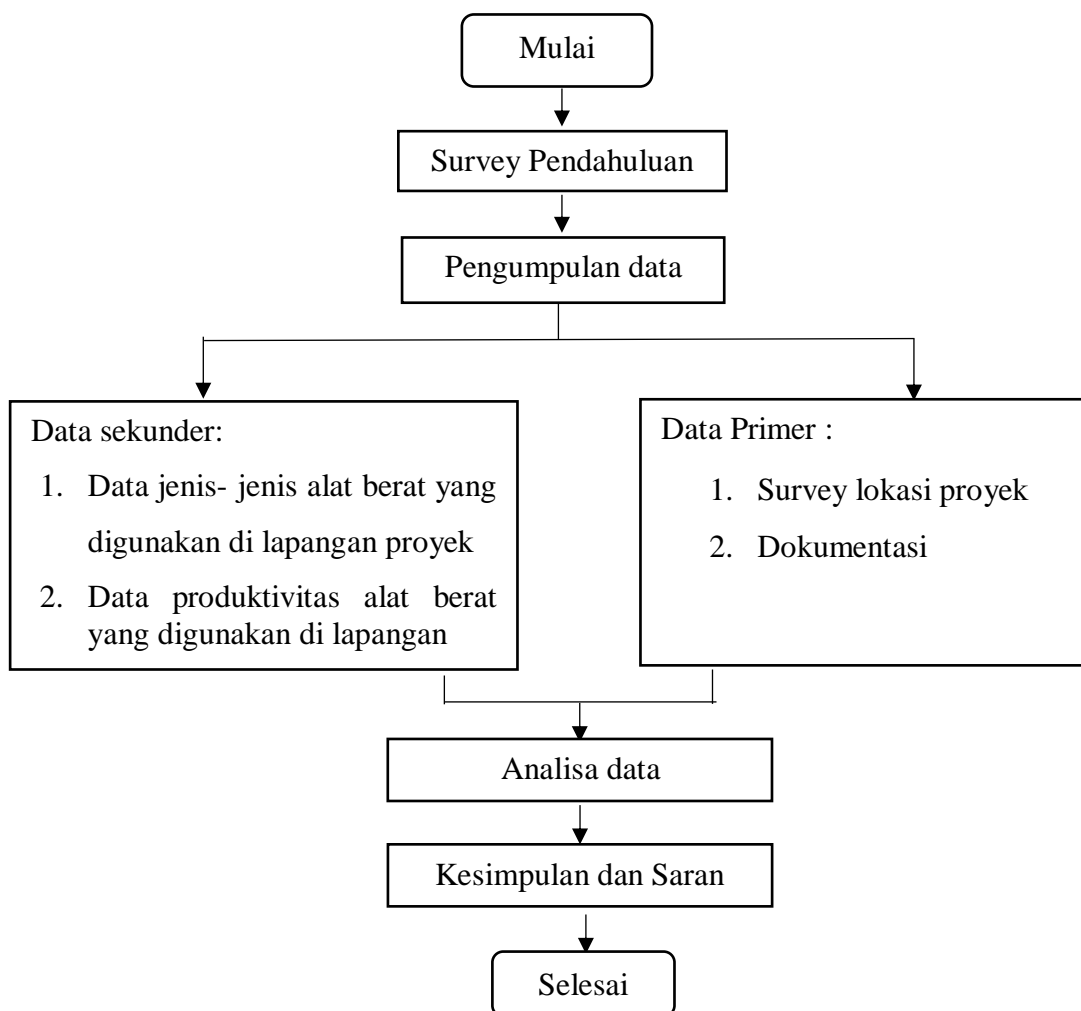
Total biaya sewa alat per jam (S) = biaya pasti perjam + biaya operasi perjam kerja

### BAB 3

## METODE PENELITIAN

Metodelogi yang digunakan dalam pembahasan konstruksi proyek ini adalah perhitungan produktivitas alat berat pada Proyek Pembangunan Pekerjaan Jalan Aspal, Kecamatan Marbau, Kabupaten Labuhan Batu Utara yang terdiri dari beberapa tahapan.

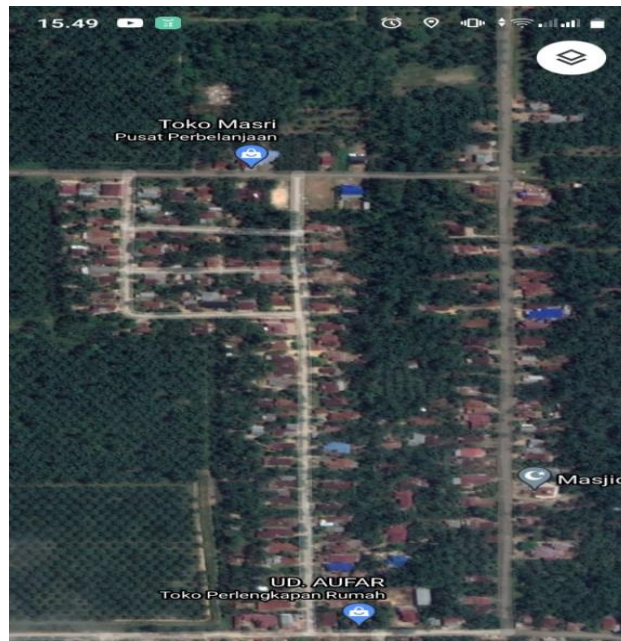
### 3.1. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian

### 3.2. Lokasi Proyek

Lokasi proyek pembangunan pekerjaan jalan aspal ini berada di Kecamatan Marbau, Kabupaten Labuhan Batu Utara, Provinsi Sumatera Utara



Gambar 3.2: Peta lokasi proyek

### 3.3. Metode Proyek Pembangunan Jalan Aspal

Dalam pengumpulan data proyek pembangunan jalan aspal dilakukan observasi secara langsung dan data yang didapat melalui wawancara kepada operator dan mandor dari alat berat Pada Pembangunan Proyek Pekerjaan Jalan Aspal Di Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara.

### 3.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan dalam proyek pembangunan jalan aspal dengan mengambil data pengamatan secara langsung dilapangan. Metode yang digunakan dalam menghitung produktivitas alat berat digunakan literatur yang relevan yang mengenai pekerjaan pembangunan jalan aspal. Pengumpulan data pada penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder.

#### 1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari sumber asli dengan melakukan survey langsung dilapangan maupun wawancara langsung

dilokasi proyek pembangunan Jalan Aspal Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara.

## 2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang tidak diperoleh secara langsung. Data sekunder berasal dari referensi jurnal, materi kuliah, Internet dan media cetak lainnya guna mendapatkan informasi yang berkaitan dengan produktivitas alat berat. Data sekunder yang dipakai yaitu meliputi sebagai berikut:

1. Jenis alat berat yang digunakan dilapangan
2. Data produktivitas alat berat yang digunakan dilapangan

### 3.5. Data Produktivitas Alat Berat

Adapun Data Produktivitas Alat Berat yang digunakan untuk proyek pembangunan jalan aspal Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara yaitu sebagai berikut.

1. Lebar jalan = 5 meter
2. Panjang jalan = 15 km
3. Jam kerja/hari = 8 jam/hari

Tabel 2.3: Data Alat Berat Excavator

Excavator	KOMATSU PC-200
Harga alat berat	Rp 490,000,000
Waktu putar isi	6 detik
Waktu putar kosong	5 detik
Kapasitas bucket	1,10 m <sup>3</sup>
Kondisi alat	Sedang
Waktu penyelesaian	30 hari
Upah pembantu/ sopir	Rp 50.000.00/jam
Upah pembantu operator	Rp 45.000.00/jam
Bahan bakar solar	152 liter/hari
Minyak pelumas	30 liter/hari

Tabel 2.4: Data Alat Berat Dump Truck

Dump Truck	CANTER FE 84 EURO 4
Harga alat berat	Rp 487.000.000
Efisiensi kerja	0,80
Status alat	Sedang
Jarak angkut	2 km
Kapasitas bak	4 m <sup>3</sup>

Tabel 2.4: *Lanjutan*

Berat volume tanah	1,6
Kecepatan bermuatan	30 km/jam
Kecepatan kosong	40 km/jam
Upah pembantu/ sopir	Rp 40.000.00/jam
Upah pembantu operator	Rp 25.000.00/jam
Bahan bakar solar	160 liter/hari
Minyak pelumas	12,7 liter/hari

Tabel 2.5: Data Alat Berat Vibratory Roller

Vibratory Roller	SAKAI SV512D
Harga alat berat	Rp 650.000.000
Upah pembantu/ sopir	Rp 30.000.00/jam
Upah pembantu operator	Rp 25.000.00/jam
Bahan bakar solar	250 liter/hari
Minyak pelumas	13 liter/hari
Panjang alat	5740 mm
Lebar drum	2130 mm
Tinggi	2820 mm
Status alat berat	Baik
Efisiensi alat	0,75

Tabel 2.6: Data Alat Berat Motor Graider

Motor Graide	KOMATSU
Harga alat berat	Rp 1.745.000.000
Panjang hamparan	15 km
Lebar efektif kerja blade	3 m
Lebar overlap	0,30 m
Factor efisiensi alat	0,75
Kecepatan rata-rata alat	20 km/jam
Jumlah lintasan	2 lintasan
Jumlah lajur lintasan	1 lintasan
Tebal hamparan padat badan jalan	0,8 m
Upah pembantu/ sopir	Rp 50.000.00/jam
Upah pembantu operator	Rp 40.000.00/jam
Bahan bakar solar	72 liter/hari
Minyak pelumas	20 liter/hari

Tabel 2.7: Data Alat Berat Tandem Roller

Tandem Roller	SAKAI SW 500
Harga alat berat	Rp 300.000.000.00
Lebar drum	2,00m
Diamater drum	1,50 m
Status alat	Baik
Efisiensi alat	0,75

Tabel 2.7: *Lanjutan*

Jumlah lintasan pemadatan	2 passing
Kecepatan rata	10 km/jam
Tebal lapisan pemadatan	20 cm
Lebar efektif pemadatan	10 cm
Upah pembantu/ sopir	Rp 25.000.00/jam
Upah pembantu operator	Rp 20.000.00/jam
Bahan bakar solar	100 liter/hari
Minyak pelumas	30 liter

### 3.6. Metode Pengolahan Data

Langkah-langkah kerja dalam analisis produktivitas alat berat proyek pembangunan pekerjaan jalan aspal ini berada di Kecamatan Marbau, Kabupaten Labuhan Batu Utara terdiri dari:

1. Menentukan jenis – jenis alat pekerjaan
2. Menghitung durasi dari masing-masing alat berat
3. Menghitung produktivitas alat berat
4. Perbandingan untuk analisis produktivitas alat berat yaitu dengan menggunakan metode Rochmanhadi dengan Bina Marga

#### 3.6.1. Menentukan Jenis-Jenis Peralatan Untuk Masing-Masing Pekerjaan

Penggunaan alat dalam pelaksanaan proyek merupakan sarana bantu untuk menyelesaikan pekerjaan. Alat berat yang digunakan sesuai dengan jenis pekerjaan di lapangan.

#### 3.6.2. Menghitung Durasi Masing-Masing Pekerjaan

Waktu yang digunakann pada pada pekerjaan ini yaitu dari pukul (08.00 - 12.00WIB) dan dilanjutkan dari pukul (14.00-17.00 WIB) dalam satu minggu 6 hari kerja (hari Senin-hari Sabtu). Perhitungan produktivitas per jam setiap alat menggunakan rumus-rumus. Durasi dari masing-masing pekerjaan dapat dihitung berdasarkan volume masing-masing pekerjaan dan produktivitas alat. Selanjutnya, dihitung produktivitas harian menggunakan rumus. untuk menghitung durasi masing-masing pekerjaan dapat diketahui dengan cara volume pekerjaan dibagi produktivitas per hari dan masing-masing peralatan pada setiap pekerjaan seperti

yang terdapat pada rumus sehingga diperoleh total hari yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.

### **3.6.3. Menghitung Produktivitas Alat Berat**

Analisis ini untuk menghitung produktivitas alat berat yang digunakan dilapangan yaitu berupa efisiensi alat berat, waktu siklus alat berat serta kapasitas alat berat.

### **3.6.4. Perbandingan analisis produktivitas alat berat antara metode Rochmanhadi dengan Bina Marga**

Setelah dilakukan analisis perhitungan produktivitas alat berat sesuai langkah-langkah diatas, maka dari masing-masing pekerjaan alat diperoleh perhitungan produktivitas penggunaan alat berat lalu dibandingkan dengan metode

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisa Pengolahan Data

Analisa data ini adalah untuk mendapatkan produktivitas alat berat, dan waktu siklus yang bekerja pada proyek pembangunan jalan Kecamatan Marbau, Kabupaten Labuhan Batu Utara, diperoleh data sebagai berikut:

4. Lebar jalan = 5 meter
5. Panjang jalan = 15 km
6. Jam kerja/hari = 8 jam/hari

##### 4.1.1. Excavator

Pada pekerjaan penggalian tanah dipergunakan beberapa alat berat, seperti *excavator*. Untuk menghitung jumlah produktivitas per-jam, jumlah alat yang digunakan, produktivitas efektif, dan juga biaya sewa alat berat maka dilakukan perhitungan sesuai data yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum. *Excavator* yang melakukan pekerjaan terus menerus selama proses penggalian, maka akan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Jenis alat berat	= Excavator Komatsu PC-200-6
Waktu penyelesaian	= 30 hari
Waktu putar isi	= 6 detik
Waktu putar kosong	= 5 detik
Kapasitas bucket (v)	= 1,10 m <sup>3</sup>
Kondisi alat	= sedang
Faktor bucket (Fb)	= 0,8
Efisiensi alat berat (Fa)	= 0,75
Faktor konversi, kedalaman <40% (Fv)	= 0,9 m <sup>3</sup>
Waktu siklus	= 0,36



$$\begin{aligned}
\text{Volume galian} &= p \times l \times t \\
&= p \times l \times t \\
&= 50 \times 40 \times 9 \\
&= 18.000 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Waktu siklus (Cms) = waktu gali + waktu putar isi + waktu putar kosong

$$= 12 + 6 + 5$$

$$= 23 \text{ detik}$$

$$\text{Produktivitas excavator perhari} = \frac{\text{volume galian}}{\text{waktu penyelesaian}}$$

$$= \frac{18.000}{30}$$

$$= 600 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas excavator/jam} = \frac{v \times Fb \times Fa \times 60}{Ts \times Fv}$$

$$= \frac{1,10 \times 1 \times 0,75 \times 60}{0,36 \times 0,9}$$

$$= 153 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jumlah excavator yang dibutuhkan} = \frac{\text{produktivitas perhari}}{\text{produktivitas excavator}}$$

$$= \frac{600}{153}$$

$$= 3 \text{ unit alat berat excavator}$$

Site out put excavator/hari = Jumlah alat x Produktivitas/jam x jam kerja

$$= 3 \times 153 \times 8$$

$$= 3.672 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Tenaga (Pw)} = 115 \text{ HP}$$

$$\text{Kapasitas (Cp)} = 8 \text{ m}^3$$

Alat baru:

1. Umur ekonomis (A) = 5 Tahun

2. Jam kerja dalam 8 bulan (W) = 2000 jam

3. Harga alat (B) = Rp. 490,000,000

1. Lain-lain

- A. Tingkat suku bunga (i) = 10%/Tahun
- B. Upah operator/supir (U1) = Rp. 50.000,00/jam

C. Upah pembantu operator ( $U_2$ )= Rp. 45.000,00/jam

D. Bahan bakar solar ( $M_s$ ) = 152 liter/hari

E. Minyak pelumas ( $M_p$ ) = 8 liter/hari

2. Biaya pasti perjam kerja

A. Nilai sisa alat (C) = 10% x B  
= 10% x 490,000,000  
= Rp 49.000.000

B. Faktor angsuran modal (D) =  $\frac{i \times (1+i)A}{(1+i)^A - 1}$   
=  $\frac{10\% \times (1+10\%)^5}{(1+10\%)^5 - 1}$   
= 0,26380

C. Biaya pasti perjam

Biaya pengembalian modal (E) =  $\frac{(B-C)xD}{W}$   
=  $\frac{(490.000.000 - 49.000.000) \times 0,26380}{2000}$   
= Rp 58.167,9

Asuransi, dan lain-lain (F) =  $\frac{0,002 \times B}{W}$   
=  $\frac{0,002 \times 490.000.000}{2000}$   
= Rp 490

Biaya pasti perjam (G) = (E+F)  
= 58.167,9 + 490  
= Rp 58.657,9

3. Biaya operasi/jam kerja

A. Bahan bakar (H) = (12%-15%) x Pw x  $M_s$   
= (12%-15%) x 115 x 152  
= Rp 2.034,672

B. Pelumas (I) = (2,5%-3%) x Pw x  $M_p$   
= (2,5%-3%) x 115 x 30

$$\begin{aligned}
&= \text{Rp } 83,662 \\
\text{Biaya bengkel (J)} &= \frac{(6,25\% - 8,75\%) \times B}{W} \\
&= \frac{(6,25\% - 8,75\%) \times 490,000,000}{2000} \\
&= \text{Rp } 13.972,656 \\
\text{C. Perawatan dan Perbaikan (K)} &= \frac{(12,5\%) \times B}{W} \\
&= \frac{(12,5\% - 17,5\%) \times 490.000.000}{2000} \\
&= \text{Rp } 25.265,625 \\
\text{D. Operator (L)} &= (1 \text{ orang/jam}) \times U_1 \\
&= 1 \times 50.000,00 \\
&= \text{Rp } 50.000.00 \\
\text{E. Pembantu operator (M)} &= (1 \text{ orang/jam}) \times U_2 \\
&= 1 \times 45.000.00 \\
&= \text{Rp } 45.000.00 \\
\text{Biaya Operasi alat berat/hari (N)} &= (H+I+K+L+M) \\
&= (2.034,672+83,662+25.265,625 \\
&\quad +50.000.00+45.000.00) \\
&= \text{Rp } 27.478.959 \\
\text{F. Total biaya sewa alat/hari (O)} &= (G+N) \\
&= 58.657,9+27.478.959 \\
&= \text{Rp } 27.537.616
\end{aligned}$$

#### 4.1.2. Dump Truck

Material akan diangkut menggunakan *dump truck* dari lokasi proyek ke lokasi pembuangan. Untuk menghitung jumlah produksi per-jam dari *dump truck* yang melakukan pekerjaan secara terus menerus, digunakan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Efisiensi Kerja} &= 0,80 \\
\text{Status alat} &= \text{sedang}
\end{aligned}$$

Jarak angkut pembuangan = 2 km

Kapasitas bak = 4 m<sup>3</sup>

Berat volume tanah (D) = 1,6

Kecepatan rata-rata bermuatan (v<sub>1</sub>) = 30 km/jam

Kecepatan rata-rata kosong (v<sub>2</sub>) = 40 km/jam

Waktu muat =  $\frac{L}{v} \times 60 \text{ menit}$   
 =  $\frac{2}{30 \times 1000} \times 60 \text{ menit}$   
 = 0,004 menit

Waktu kosong =  $\frac{L}{v} \times 60 \text{ menit}$   
 =  $\frac{2}{40 \times 1000} \times 60 \text{ menit}$   
 = 0,003 menit

Waktu tetap = 0,75 menit

Waktu siklus = 0,878 menit

Kapasitas produktivitas dump truck/jam =  $\frac{v \times fb \times fa}{Ts} \times 60$   
 =  $\frac{1,10 \times 0,8 \times 0,75}{0,878} \times 60$   
 = 45,102 m<sup>3</sup>/ jam

Kapasitas Produktivitas dump truck/hari= produktivitas dump truck/jam x jam kerja

= 45,102 x 8

= 360,82 m<sup>3</sup>/jam

Jumlah dump truck yang dibutuhkan =  $\frac{\text{site out put excavator}}{\text{produksi dump truck perhari}}$   
 =  $\frac{3.672}{360,82}$

= 10,17 unit = > 10 unit alat berat dump

truck

Tenaga (Pw) = 115 HP

Kapasitas (Cp) = 4 m<sup>3</sup>

1. Alat baru:

A. Umur ekonomis (A) = 5 Tahun

B. Jam kerja dalam 8 bulan (W) = 2000 jam

$$\begin{aligned}
& \text{C. Harga alat (B)} &= \text{Rp. 487.000.000} \\
2. \text{ Lain-lain} \\
& \text{A. Tingkat suku bunga (i)} &= 10\%/Tahun \\
& \text{B. Upah operator/supir (U1)} &= \text{Rp. 40.000,00/jam} \\
& \text{C. Upah pembantu operator (U2)} &= \text{Rp. 25.000,00/jam} \\
& \text{D. Bahan bakar solar (Ms)} &= 160 \text{ liter/hari} \\
& \text{E. Minyak pelumas (Mp)} &= 12,7 \text{ liter/hari} \\
3. \text{ Biaya pasti perjam kerja} \\
& \text{A. Nilai sisa alat (C)} &= 10\% \times B \\
& &= 10\% \times 487.000.000 \\
& &= \text{Rp 48.700.000} \\
& \text{B. Faktor angsuran modal (D)} &= \frac{i \times (1+i)A}{(1+i)^A - 1} \\
& &= \frac{10\% \times (1+10\%)^5}{(1+10\%)^5 - 1} \\
& &= 0,26380 \\
& \text{C. Biaya pasti perjam} \\
& \text{Biaya pengembalian modal (E)} &= \frac{(B-C) \times D}{W} \\
& &= \frac{(487.000.000,00 - 48.700.000) \times 0,26380}{2000} \\
& &= \text{Rp 57.811,77} \\
& \text{Asuransi, dan lain-lain (F)} &= \frac{0,002 \times B}{W} \\
& &= \frac{0,002 \times 487.000.000,00}{2000} \\
& &= \text{Rp 487} \\
& \text{Biaya pasti perjam (G)} &= (E+F) \\
& &= 57.811,77 + 487 \\
& &= \text{Rp 58.298} \\
4. \text{ Biaya operasi/jam kerja} \\
& \text{G. Bahan bakar (H)} &= (12\%) \times P_w \times M_s \\
& &= (12\%) \times 115 \times 160
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \text{Rp } 2.208 \\
\text{H. Pelumas (I)} &= (25\%) \times P_w \times M_p \\
&= (25\%) \times 115 \times 12,7 \\
&= \text{Rp } 4.600 \\
\text{Biaya bengkel (J)} &= \frac{(8,75\%) \times B}{W} \\
&= \frac{(8,75\%) \times 487.000.000,00}{2000} \\
&= \text{Rp } 21.306,25 \\
\text{I. Perawatan dan Perbaikan (K)} &= \frac{(12,5\%) \times B}{W} \\
&= \frac{(12,5\%) \times 487.000.000,00}{2000} \\
&= \text{Rp } 30.437,5 \\
\text{J. Operator (L)} &= (1 \text{ orang/jam}) \times U_1 \\
&= 1 \times 40.000,00 \\
&= \text{Rp } 40.000,00 \\
\text{K. Pembantu operator (M)} &= (1 \text{ orang/jam}) \times U_2 \\
&= 1 \times 25.000,00 \\
&= \text{Rp } 25.000,00 \\
\text{Biaya Operasi alat berat/jam (N)} &= (H+I+K+L+M) \\
&= (2.208+4.600+30.437,5 \\
&\quad +40.000+25.000) \\
&= \text{Rp } 102.245,5 \\
4. \text{ Total biaya sewa alat berat/jam(O)} &= (G+N) \\
&= 58.298+102.245,5 \\
&= \text{Rp } 160.543,5 \\
5. \text{ Total biaya sewa alat berat/hari} &= \text{Total biaya sewa alat berat/jam} \times \text{jam kerja} \\
&= 160.543,5 \times 8 \\
&= \text{Rp } 1.284.348
\end{aligned}$$

### 4.1.3. Vibratory roller

Untuk meratakan jalan dipergunakan alat vibrator roller Untuk menghitung jumlah produksi per-jam vibrator roller yang melakukan pekerjaan secara terus menerus, digunakan data sebagai berikut:

Tipe alat	= Sakai SV512D
Lebar drum	= 2130 mm
Panjang	= 5740 mm
Tinggi	= 2130 mm
Status alat	= Baik
Efisiensi alat (E)	= 0,75
Kecepatan alat pada saat pemadatan (V)=	15 km/ jam diubah ke 15000 m
Lebar efektif pemadatan (W)	= 20 cm per layer diubah ke 0,2 m
Jumlah lintasan pemadatan (N)	= 2 passing
Tebal lapisan pemadatan (H)	= 35 cm diubah ke 0,35 m

Produktivitas alat berat vibratory roller perjam

$$Q = \frac{w \times H \times v \times 1000 \times E}{N}$$
$$= \frac{0,2 \times 0,35 \times 15000 \times 1000 \times 0,75}{2}$$
$$= 394 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas vibratory roller perhari

Sv = produktivitas vibratory roller x jam kerja

$$= 394 \times 8$$
$$= 3.152 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Jumlah vibratory roller yang dibutuhkan} = \frac{\text{site out put excavator}}{\text{sit out out vibratory roller per hari}}$$
$$= \frac{3.672}{3.152}$$
$$= 1,16 \text{ unit} > 1 \text{ unit alat berat}$$

Tenaga (Pw) = 115 HP

Kapasitas (Cp) = 6 m<sup>3</sup>



1. Alat baru:

- A. Umur ekonomis (A) = 5 Tahun
- B. Jam kerja dalam 8 bulan (W) = 2000 jam
- C. Harga alat (B) = Rp. 650.000.000

2. Lain-lain

- A. Tingkat suku bunga (i) = 10%/Tahun
- B. Upah operator/supir (U1) = Rp. 30.000,00/jam
- C. Upah pembantu operator (U2) = Rp. 25.000,00/jam
- D. Bahan bakar solar (Ms) = 250 liter/hari
- E. Minyak pelumas (Mp) = 13 liter/hari

3. Biaya pasti perjam kerja

- A. Nilai sisa alat (C) = 10% x B  
= 10% x 650.000.000  
= Rp 65.000.000

- B. Faktor angsuran modal (D) =  $\frac{i \times (1+i)^A}{(1+i)^A - 1}$   
=  $\frac{10\% \times (1+10\%)^5}{(1+10\%)^5 - 1}$   
= 0,26380

4. Biaya pasti perjam

- A. Biaya pengembalian modal (E) =  $\frac{(B-C) \times D}{W}$   
=  $\frac{(650.000.000 - 65.000.000) \times 0,26380}{2000}$   
= Rp 77.161,5

- B. Asuransi, dan lain-lain (F) =  $\frac{0,002 \times B}{W}$   
=  $\frac{0,002 \times 650.000.000}{2000}$   
= Rp 650.000

- C. Biaya pasti perjam (G) = (E+F)  
= 77.161,5 + 650.000

$$= \text{Rp } 727.161,5$$

5. Biaya operasi/jam kerja

A. Bahan bakar (H)  $= (12\%) \times Pw \times Ms$

$$= (12\%) \times 115 \times 250$$

$$= \text{Rp } 3.450$$

B. Pelumas (I)  $= (25\%) \times Pw \times Mp$

$$= (25\%) \times 115 \times 13$$

$$= \text{Rp } 7.187,5$$

Biaya bengkel (J)  $= \frac{(8,75\%) \times B}{W}$

$$= \frac{(8,75\%) \times 650.000.000}{2000}$$

$$= \text{Rp } 28.437,5$$

C. Perawatan dan Perbaikan (K)  $= \frac{(12,5\%) \times B}{W}$

$$= \frac{(12,5\%) \times 650.000.000}{2000}$$

$$= \text{Rp } 4.062,5$$

D. Operator (L)  $= (1 \text{ orang/jam}) \times U_1$

$$= 1 \times 30.000,00$$

$$= \text{Rp } 30.000.00$$

E. Pembantu operator (M)  $= (1 \text{ orang/jam}) \times U_2$

$$= 1 \times 25.000,00$$

$$= \text{Rp } 25.000.00$$

$$\text{Biaya Operasi/jam (N)} = (H+I+K+L+M)$$

$$= 3.450+7.187,5+4.062,5+30.000.00+25.000.00$$

$$= \text{Rp } 69,700$$

6. Total biaya sewa alat/jam (O)  $= (G+N)$

$$= 727.161,5+69,700$$

$$= \text{Rp } 796.861,5$$

$$\begin{aligned} 7. \text{ Total biaya sewa alat/hari} &= \text{total biaya sewa alat/jam} \times \text{jam kerja} \\ &= 796.861,5 \times 8 \\ &= \text{Rp } 6.374.892 \end{aligned}$$

#### 4.1.4. Motor Graider

Pemakaian Alat Motor Graider Pada tugas akhir ini Motor Grader digunakan untuk perataan tanah di lokasi proyek, jalan yang akan dibangun hanya memiliki 2 lajur, 2 arah dan juga jalan yang akan dibuat adalah jalan perkerasan lentur. jadi ada beberapa factor dan asumsi yang telah diseuaikan.

##### A. Asumsi

Lh (Panjang hamparan)	= 15 km
b (lebar efektif kerja blade)	= 3 m
Alat kontraktor (Fa1)	= 0,65
Alat HPS owner (Fa2)	= 0,83
bo (lebar overlap)	= 0,30 m
Fa (factor efesiensi alat)	= 0,75
v (kecepatan rata-rata alat)	=15 km/jam
n (jumlah lintasan)	= 2 lintasan
N ( jumlah lajur lintasan)	= 1 lintasan
t (tebal hamparan padat badan jalan)	= 0.8 m

Perhitungan waktu siklus ( TS1):

Perataan 1 kali lintasan

$$T1 = Lh : (v \times 1000) \times 60$$

$$T1 = 15000 : (8 \times 1000) \times 60$$

$$T1 = 0,0312 \text{ menit}$$

$$T2 \text{ (lain-lain)} = 1.00 \text{ menit}$$

$$Ts1 = T1 + T2$$

$$Ts1 = 0,0312 + 1.00$$

$$Ts1 = 1,03 \text{ menit}$$

$$\text{Kapasitas prod/jam (Q)} = \frac{Lh \times (N(b-b_0)+b_0) \times t \times Fa \times 60}{n \times Ts}$$

$$= \frac{15000x(1(3-0,30)+0,30)x0,8x0,75x60}{2x1,03}$$

$$= \frac{1.620.000}{2,06}$$

$$= 786.407 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas alat berat/jam =  $1000 \times v \times w \times E$

$$= 1000 \times 10 \times 3 \times 0,8$$

$$= 24.000 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas alat berat/ hari = Produktivitas alat berat/jam x jam kerja

$$= 24.000 \times 8$$

$$= 192.000 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jumlah motor graider yang dibutuhkan =  $\frac{\text{site out put excavator}}{\text{sit out out vibratory roller per hari}}$

$$= \frac{3.672}{192.000}$$

$$= 0,091 > \text{diubah menjadi 1 unit alat berat}$$

Tenaga (Pw) = 115 HP

Kapasitas (Cp) =  $8 \text{ m}^3$

1. Alat baru:

- A. Umur ekonomis (A) = 5 Tahun
- B. Jam kerja dalam 8 bulan (W) = 2000 jam
- C. Harga alat (B) = Rp.1.745.000.000

2. Lain-lain

- A. Tingkat suku bunga (i) = 10%/Tahun
- B. Upah operator/supir (U1) = Rp. 35.000,00/jam
- C. Upah pembantu operator (U2) = Rp. 30.000,00/jam
- D. Bahan bakar solar (Ms) = 72 liter/hari
- E. Minyak pelumas (Mp) = 20 liter/hari

3. Biaya pasti perjam kerja

- A. Nilai sisa alat (C) =  $10\% \times B$
$$= 10\% \times 1.745.000.000$$

$$= \text{Rp } 174. 500.000$$
- B. Faktor angsuran modal (D) =  $\frac{i \times (1+i)A}{(1+i)^A - 1}$

$$= \frac{10\% \times (1+10\%)^5}{(1+10\%)^5 - 1}$$

$$= 0,26380$$

4. Biaya pasti perjam

$$\begin{aligned} \text{A. Biaya pengembalian modal (E)} &= \frac{(B-C)xD}{W} \\ &= \frac{(1.745.000.000 - 174.500.000) \times 0,26380}{2000} \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 207.148,95$$

$$\begin{aligned} \text{B. Asuransi, dan lain-lain (F)} &= \frac{0,002 \times B}{W} \\ &= \frac{0,002 \times 1.745.000.000}{2000} \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 1.745$$

$$\begin{aligned} \text{C. Biaya pasti perjam (G)} &= (E+F) \\ &= 207.148,95 + 1.745 \\ &= \text{Rp } 208.893,95 \end{aligned}$$

5. Biaya operasi/jam kerja

$$\begin{aligned} \text{A. Bahan bakar (H)} &= (12\%) \times P_w \times M_s \\ &= (12\%) \times 115 \times 72 \\ &= \text{Rp } 994 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B. Pelumas (I)} &= (25\%) \times P_w \times M_p \\ &= (25\%) \times 115 \times 20 \\ &= \text{Rp } 575 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya bengkel (J)} &= \frac{(8,75\%) \times B}{W} \\ &= \frac{(8,75\%) \times 1.745.000.000}{2000} \\ &= \text{Rp } 76.343,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C. Perawatan dan Perbaikan (K)} &= \frac{(12,5\%) \times B}{W} \\ &= \frac{(12,5\%) \times 1.745.000.000}{2000} \\ &= \text{Rp } 109.062,5 \end{aligned}$$

$$\text{D. Operator (L)} = (1 \text{ orang/jam}) \times U_1$$

$$= 1 \times 50.000,00$$

$$= \text{Rp } 50.000,00$$

E. Pembantu operator (M) = (1 orang/jam) x U<sub>2</sub>

$$= 1 \times 40.000,00$$

$$= \text{Rp } 40.000,00$$

F. Biaya Operasi/jam (N) = (H+I+K+L+M)

$$= 994+575+109.062,5+50.000,00+40.000,00$$

$$= \text{Rp } 200.631,5$$

6. Total biaya sewa alat/jam (O)= (G+N)

$$= 208.893,95+200.631,5$$

$$= \text{Rp } 409.525,45$$

7. Total biaya sewa alat/hari = Total biaya sewa alat/jam x jam kerja

$$= 409.525,45 \times 8$$

$$= \text{Rp } 3.276.203$$

#### 4.1.5. Tandem Roller

Alat berat ini biasanya digunakan untuk pekerjaan penggilasan akhir, misalnya untuk pekerjaan penggilasan aspal beton agar diperoleh hasil akhir permukaan yang rata. Alat ini memberikan lintasan yang sama pada masing-masing rodanya, dan beratnya antara 8-14 ton, dan apabila diinginkan dapat diisi dengan air, sehingga akan menambah berat 25-60%.

Tipe alat	= Sakai SW 500
Lebar drum	= 2,00 m
Diameter drum	= 1,50 m
Status alat	= Baik
Efisiensi alat (E)	= 0,75
Kecepatan alat (V)	= 8 km/ jam diubah ke 10000 m
Lebar efektif pemadatan (W)	= 10 cm per layer diubah ke 0,1 m
Jumlah lintasan pemadatan (N)	= 2 passing

Tebal lapisan pemadatan (H) = 20 cm diubah ke 0,20 m

Berat jenis laston = 2,32 ton/m<sup>3</sup>

Lebar overlap (bo) = 0,20 m

Volume pekerjaan = 417,600 ton

Produktivitas alat berat Tandem Roller/jam

$$V = \frac{w \times v \times 1000 \times H \times E \times B}{N}$$
$$= \frac{2,00 \times 8000 \times 1000 \times 0,20 \times 0,75 \times 2,32}{2}$$
$$= 2.784.000 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas alat berat Tandem Roller/ hari

= Produktivitas alat berat Tandem Roller/jam x jam kerja

= 2.784.000 x 8

= 22.272.000 m<sup>3</sup>/hari

Kapasitas produksi alat berat tandem roller perjam

$$Q = \frac{(v \times 1000) \times (N(b-b_0)+b_0) \times Fa \times H \times D}{N}$$
$$= \frac{(8000 \times 1000) \times (2(2,00-0,2)+0,2) \times 0,75 \times 0,20 \times 2,32}{2}$$
$$= 5.290 \text{ ton/jam}$$

Rencana penyelesaian = 31 hari x 8

= 248 jam

Jumlah alat yang dipakai

$$N = \frac{vol}{Q \times T}$$
$$= \frac{417.600}{5.290 \times 248}$$
$$= 1 \text{ Unit alat berat}$$

Tenaga (Pw) = 115 HP

Kapasitas (Cp) = 7 m<sup>3</sup>

Alat baru:

A. Umur ekonomis (A) = 5 Tahun

B. Jam kerja dalam 1 tahun (W) = 2000 jam

C. Harga alat (B) = Rp. 300.000.000

G. Lain-lain

A. Tingkat suku bunga (i) = 10%/Tahun

B. Upah operator/supir (U1) = Rp. 25.000,00/jam

C. Upah pembantu operator (U2)= Rp. 20.000,00/jam

D. Bahan bakar solar (Ms) = 6.000 liter

E. Minyak pelumas (Mp) = 60.000 liter

H. Biaya pasti perjam kerja

A. Nilai sisa alat (C) = 10% x B  
 = 10% x 300.000.000  
 = Rp 30.000.000

B. Faktor angsuran modal (D) =  $\frac{i \times (1+i)^A}{(1+i)^A - 1}$   
 =  $\frac{10\% \times (1+10\%)^5}{(1+10\%)^5 - 1}$   
 = 0,26380

I. Biaya pasti perjam

a. Biaya pengembalian modal (E) =  $\frac{(B-C) \times D}{W}$   
 =  $\frac{(300.000.000 - 30.000.000) \times 0,26380}{2000}$   
 = Rp 35,613

b. Asuransi, dan lain-lain (F) =  $\frac{0,002 \times B}{W}$   
 =  $\frac{0,002 \times 300.000.000}{2000}$   
 = Rp 300.000

c. Biaya pasti perjam (G) = (E+F)  
 = 35,613 + 300.000  
 = Rp 335.613

J. Biaya operasi/jam kerja

a. Bahan bakar (H) = (12%) x Pw x Ms  
 = (12%) x 115 x 100



$$= \text{Rp } 1.380$$

b. Pelumas (I)  $= (25\%) \times P_w \times M_p$

$$= (25\%) \times 115 \times 30$$

$$= \text{Rp } 862,5$$

c. Biaya bengkel (J)  $= \frac{(8,75\%) \times B}{W}$

$$= \frac{(8,75\%) \times 300.000.000}{2000}$$

$$= \text{Rp } 13.125$$

d. Perawatan dan Perbaikan (K)  $= \frac{(12,5\%) \times B}{W}$

$$= \frac{(12,5\%) \times 300.000.000}{2000}$$

$$= \text{Rp } 18.750$$

e. Operator (L)  $= (1 \text{ orang/jam}) \times U_1$

$$= 1 \times 25.000,00$$

$$= \text{Rp } 25.000.00$$

f. Pembantu operator (M)  $= (1 \text{ orang/jam}) \times U_2$

$$= 1 \times 20.000,00$$

$$= \text{Rp } 20.000.00$$

g. Biaya Operasi (N)  $= (H+I+K+L+M)$

$$= 1.380+862,5+18.750+25.000.00+20.000.00$$

$$= \text{Rp } 65.992,5$$

K. Total biaya sewa alat/jam (O)  $= (G+N)$

$$= 335.613+65.992,5$$

$$= \text{Rp } 401.605,5$$

L. Total biaya sewa alat/hari  $= \text{Total biaya sewa alat/jam} \times \text{jam kerja}$

$$= 401.605,5 \times 8$$

$$= \text{Rp } 3.212.844$$

#### 4.2. Analisis Biaya

Dalam memperoleh alat berat ada tiga cara yang umum digunakan yaitu membeli, sewa beli (*leasing*) dan menyewa. Perbedaan diantara cara-cara tersebut terdapat biaya total untuk memperoleh alat dan bagaimana cara pembayaran biaya tersebut selama periode tertentu.

1. Adapun Biaya Alat Berat/jam nya sebagai berikut:

1. Analisa excavator  
= Rp 58.657,9/jam
2. Analisa Dump truck  
= Rp 160.543,5/jam
3. Analisa Vibratory roller  
= Rp 796.861,5/jam
4. Analisa Motor graider  
= Rp 409.525,45/jam
5. Analisa Tandem roller  
= Rp 401.605,5/jam

2. Adapun Biaya Alat Berat/hari nya sebagai berikut:

1. Analisa excavator  
= Rp 27.537.616/hari
2. Analisa Dump truck  
= Rp 1.284.348/hari
3. Analisa Vibratory roller  
= Rp 6.374.892/hari
4. Analisa Motor graider  
= Rp 3.276.203/hari
5. Analisa Tandem roller  
= Rp 3.212.844/hari

Tabel 2.8. Tabel hasil perhitungan Harga Sewa Alat Berat jam/hari Pada Pembangunan Jalan Kecamatan Marbau, Kabupaten Labuhan Batu Utara

No	Alat Berat	Jumlah alat berat	Jam kerja alat berat	Biaya sewa alat berat perhari (Rp)
1.	Excavator	3 unit	8 jam/hari	Rp 27.537.616/hari

2.	Vibratory roller	1 unit	8 jam/hari	Rp 6.374.892 /hari
3.	Motor graider	1 unit	8 jam/hari	Rp 3.276.203/hari
4.	Dump truck	10 unit	8 jam/hari	Rp 1.284.348/hari
5.	Tandem roller	1 unit	8 jam/hari	Rp 3.212.844/hari

Tabel 2.9. Hasil perhitungan harga sewa alat Alat Berat yang dibutuhkan Pada Pembangunan Jalan Kecamatan Marbau, Kabupaten Labuhan Batu Utara

No	Alat Berat	Jumlah alat berat	Jam kerja alat berat	Total biaya sewa alat berat/jam (Rp)
1.	Excavator	3 unit	8 jam/hari	Rp 58.657,9/jam
2.	Vibratory roller	1 unit	8 jam/hari	Rp 796.861,5/jam
3.	Motor graider	1 unit	8 jam/hari	Rp 409.525,45/jam
4.	Dump truck	10 unit	8 jam/hari	Rp 160.543,5/jam
5.	Tandem roller	1 unit	8 jam/hari	Rp 401.605,5/jam

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan pada bab 4 proyek pembangunan jalan Kecamatan Marbau, Kabupaten Labuhan Batu Utara adalah sebagai berikut:

1. Analisis produktivitas alat berat/jam yaitu:

1. Excavator = 153 m<sup>3</sup>/jam
2. Dump truck = 45,102 m<sup>3</sup>/jam
3. Vibratory roller = 394 m<sup>3</sup>/jam
4. Motor graider = 24.000 m<sup>3</sup>/jam
5. Tandem roller = 2.784.000 m<sup>3</sup>/jam

2. Jumlah alat berat yang dibutuhkan yaitu:

1. Excavator = 3 unit
2. Dump truck = 10 unit
3. Vibratory roller = 1 unit
4. Motor graider = 1 unit
5. Tandem roller = 1 unit

3. Biaya sewa alat berat yang dibutuhkan yaitu:

1. Excavator = Rp 27.537.616/hari
2. Dump truck = Rp 1.284.348/hari
3. Vibratory roller = Rp 6.374.892/hari
4. Motor graider = Rp 3.276.203/hari
5. Tandem roller = Rp 3.212.844/hari

#### 5.2 Saran

1. Setiap alat yang akan digunakan, harus diketahui jelas fungsi dari masing-masing alat agar mendapatkan hasil yang efektif dan ekonomis.
2. Sebaiknya perlu dipertimbangkan faktor curah hujan, karena jika sewaktu-waktu terjadi hujan, maka akan memperlambat produktivitas pekerjaan.
3. Dalam mengoptimisasi jumlah alat berat yang dipakai harus dipikirkan bagaimana suatu pekerjaan proyek, dapat berjalan dengan waktu yang cepat tetapi dengan biaya minim.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aoliya, I., Wiranto, P., & Mudianto, A. (2017). Analisa Produktivitas Alat Berat pada Pembangunan Jalan Ruas Lingkar Pulau Marsela Provinsi Maluku Barat Daya. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil*, 1(1).
- Arrasyid, M. H., Yulianto, T., & Sundari, T. (2021). *Analisis Produktivitas Alat Berat*. 1(1), 33–46
- Anwar, O., Waris, M., & Zamad, N. (2020). Analisis Produksi Alat Berat Terhadap Pekerjaan Galian Pada Proyek Jalan (Sumberjo-Pelitakan). *Bandar: Journal of Civil Engineering*, 2(1), 25–31. <https://doi.org/10.31605/bjce.v2i1.637>
- Bejasekto, S. (2020). *Jalan Impeksi Opas Indah (Analysis Of Productivity Needs For Heavy Equipment In The Road Of Inspection Opas Indah)*. Tugas Akhir Analisis.
- Fardila, P., Wiranto, P., & Mudianto, A. (2017). Evaluasi Produktivitas Alat Berat pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Bogor–Ciawi-Sukabumi. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil*, 1(1), 1–11.
- Febrianti, D., Zakia, Z., & Mawardi, E. (2021). Analisis Biaya Operasional Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan. *Tameh: Journal of Civil Engineering*, 10(1), 33–41. <https://doi.org/10.37598/tameh.v10i1.131>
- Fihani, A., Hasyim, H., & Karyawan, I. D. M. A. (2021). Analisis Kebutuhan dan Biaya Alat Berat untuk Pekerjaan Pemadatan Lapisan Permukaan Street-Race Circuit Mandalika. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, (2018), 1–8. <https://doi.org/10.22487/renstra.v2i1.223>
- Febrianti, D., & Zulyaden, Z. (2018). Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan. *Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi*, 4(1), 21–30. <https://doi.org/10.35308/jts-utu.v4i1.586>
- Hidayanti, sri risa, & Luthan, putri lynna adelinna. (2021). *Produktivitas Alat Berat Concrete Paver Gomaco Pada Pekerjaan Rigid Pavement Di Proyek Pembangunan Jalan Tol Tebing Tinggi - Parapat*. 1(1).
- Jaya, W., & Sutandi, A. (2019). Analisis Produktivitas Alat Berat Mesin Bor Auger, Crawler Crane, Dan Excavator Pada Proyek a Dan B. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(1), 11. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i1.3030>

- Kaprina, A., Winarto, S., & Purnomo, Y. C. S. (2018). Analisa Produktifitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Syariah dan Ilmu Hukum IAIN Tulungagung. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v1i1.136>
- Kulo, E. N. (2017). Analisa produktivitas alat berat untuk pekerjaan pembangunan jalan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Lingkar SKPD Tahap 2 Lokasi Kecamatan Tutuyan Bolaang Mongondow Timur). *Jurnal Sipil Statik*, 5(7), 465–474.
- Kaprina, A., Winarto, S., & Purnomo, Y. C. S. (2018). Analisa Produktifitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Syariah dan Ilmu Hukum IAIN Tulungagung. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v1i1.136>
- Listyawan, A. B., Sahid, M. N., Mulyono, G. S., & Fadhlullah, H. K. (2021). Analisis Produktivitas Alat Berat Dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah Pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan Analysis OFH Eavy Equipment Productivity And Costs OF Earthwork I N. 14, 8–12.
- Madeppungeng, A. (2019). Faktor-Faktor Pengelolaan Kinerja Produktivitas Alat-Berat Pada Proyek Pematangan Lahan Pada Proyek Infrastruktur. *Konstruksia*, 10(2), 107–113.
- Martini, R. S., Kimi, S., & Mulya, S. (2020). Analisis Biaya Dan Waktu Berdasarkan Analisa Produksivitas Alat Berat Pekerjaan Tanah Galian (Pembuatan Pit) Pada Proyek Instalasi Pengolahan Air Limbah. *Bearing: Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, 6(4), 268–273. <https://doi.org/10.32502/jbearing.3222202064>
- Nugraha, D., Iriana, R. T., & Djuniati, S. (2017). Analisis Biaya Dan Produktivitas Pemakaian Alat Berat Pada Kegiatan Pembangunan Jalan Akses Siak IV Pekanbaru. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 5(1), 1–10.
- Nugraha, D., Iriana, R. T., & Djuniati, S. (2017). Analisis Biaya Dan Produktivitas Pemakaian Alat Berat Pada Kegiatan Pembangunan Jalan Akses Siak IV Pekanbaru. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 5(1), 1–10.
- National, G., & Pillars, H. (2020). Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Konstruksi Dengan Metode Value Engineering (Proyek Jalan Lemah Abang, Kabupaten Gunungkidul ) Sarju. *Jurnal Rancang Bangun Teknik Sipil*, 6.

- Ramdhani, M. I., & Johari, G. J. (2021). Analisis Produktivitas Pemakaian Alat Berat Terhadap Biaya dan Waktu pada Pembangunan Jalan Baru Lingkaran Cipanas Kabupaten Garut. *Jurnal Konstruksi*, 18(2), 62–71. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.18-2.810>
- Safitri, R., & Zulkarnaen. (2021). Analisis produktivitas alat berat untuk pekerjaan tanah pelaksanaan pembangunan bendungan beringin sila kecamatan utan. 2(1), 8–14.
- Syauki, I. A., Iriana, R. T., & Malik, A. (2018). Analisis Biaya Pemakaian Alat Berat Pada Proyek Rekonstruksi Jalan Batas Kota Pariaman – Manggopoh Kabupaten Padang Pariaman Provinsi Sumatera Barat. 5(1), 1–16.
- Supit, D. D. (2020). Analisa Produktivitas Dan Efisiensi Alat Berat Untuk Pekerjaan - Menentukan Produktivitas Dan Efisiensi Penggunaan Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah Dan Perkerasan Berbutir Tersebut Di Atas . - Mengetahui Jumlah Alat Berat Yang Dibutuhkan Pada Pekerjaan Te. (1).
- SIMBOLON, J. M. (2021). Lapisan Perkerasan Lentur ( Studi Kasus : Proyek Peningkatan Struktur Jalan Sirombu- Afulu ) Skripsi Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu Universitas Medan Area Oleh Fakultas Teknik Universitas Medan Area Meda. Skripsi.
- Yusuf, M., & Dr Fahrizal Zulkarnain, Rizki Efrida, ST., M.T . (2022). Proyek Tank Farm Civil And Pipe Gantry For Dapl 1 + Project Dengan Metode Time.
- Zulkarnain, F. (2020). Pemindahan Tanah Mekanis dan Peralatan Konstruksi.



## LAMPIRAN



Gambar 1: Alat berat Excavator



Gambar 2: Alat Berat Motor Grader



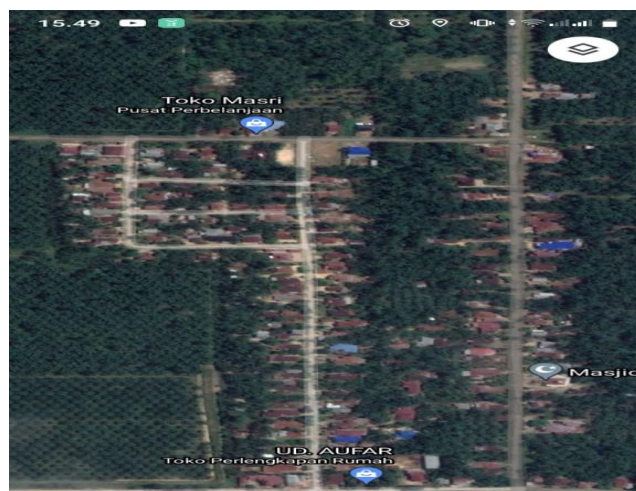
Gambar 3: Alat berat Vibratory Roller



Gambar 4: Alat berat Tandem Roller



Gambar 5: Alat berat Dump Truck



Gambar 6: Peta lokasi proyek

## BIODATA PENULIS

Nama : Fanny Fahrurozy  
NPM : 1807210017  
Tempat/Tanggal Lahir: Panigoran, 02 Oktober 2000  
Agama : Islam  
Alamat : Dusun IV Panigoran  
Kecamatan : Aek Kuo  
Kabupaten : Labuhan Batu Utara  
Jenis kelamin : Laki-Laki  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Bidang Ilmu : Transportasi  
Pendidikan Terakhir : SMA NEGERI 1 AEK KUO  
E-mail : fannyfahrurozy45@gmail.com

