

TUGAS AKHIR
ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEMBANGUNAN
OVERLAY JALAN ASPAL PADA JALAN TEBING TINGGI - SIANTAR
KABUPATEN SERDANG BEDAGAI
(STUDI KASUS)

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

Disusun Oleh :

MUHAMMAD HAFIZ ALFARIZI

2007210178



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Hafiz Alfarizi
NPM : 2007210178
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan
Overlay Jalan Aspal Pada Jalan Tebing Tinggi – Siantar
Kabupaten Serdang Bedagai (Studi Kasus)
Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 15 Oktober 2024

Dosen Pembimbing



Ir. Zukiyah, MT.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

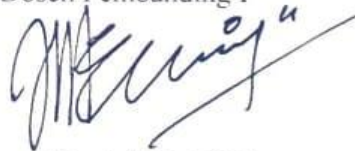
Nama : Muhammad Hafiz Alfarizi
NPM : 2007210178
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan
Overlay Jalan Aspal Pada Jalan Tebing Tinggi – Siantar
Kabupaten Serdang Bedagai (Studi Kasus)
Bidang Ilmu : Transportasi

Medan, 15 Oktober 2024
Mengetahui dan Menyetujui:
Dosen Pembimbing




Ir. Zurkiyah, MT.

Dosen Pembimbing I



Irma Dewi, S.T., M.Si.

Dosen Pembimbing II



Rizki Efrida, S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Hafiz Alfarizi
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/08 Agustus 2002
NPM : 2007210178
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan *Overlay* Jalan Aspal Pada Jalan Tebing Tinggi – Siantar Kabupaten Serdang Bedagai (Studi Kasus)”.

Bukan merupakan plagiarisme, 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 hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Oktober 2024

Saya yang menyatakan,




METERAI TEMPEL
D55DAJX629450942

Muhammad Hafiz Alfarizi

NPM: 2007210178

ABSTRAK

“ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEMBANGUNAN OVERLAY JALAN ASPAL PADA JALAN TEBING TINGGI - SIANTAR KABUPATEN SERDANG BEDAGAI” (STUDI KASUS)

Muhammad Hafiz Alfarizi

2007210178

Ir. Zurkiyah MT.

Pada pekerjaan penambahan lapis perkerasan (*overlay*) jalan aspal, alat berat menjadi salah satu sumber daya utama untuk mempermudah pekerjaan pengaspalan jalan. Akan tetapi adanya diperlukan perhitungan analisis produktivitas untuk mengetahui seberapa besar kapasitas produksi pekerjaan alat berat dan waktu yang dibutuhkan alat berat untuk pekerjaan pengaspalan jalan. Untuk pekerjaan pengaspalan jalan alat yang diperlukan berupa *dump truck*, *tandem roller*, *pneumatic tire roller*, dan *asphalt finisher* yang dilakukan pada jalan Tebing tinggi – Siantar kecamatan Dolok Merawan kabupaten Serdang Bedagai pada STA 11+400 sampai STA 12+400. Perolehan data yang dilakukan dengan cara survey dan pengamatan langsung di lapangan, kemudian menghitung waktu siklus pekerjaan alat berat serta wawancara kepada operator alat berat. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan bahwa produktivitas alat berat *dump truck* (Q_{DT}) sebesar $2,51 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan 5 unit alat per hari dalam 1 kali pengiriman aspal, produktivitas alat berat *tandem roller* (Q_{TR}) sebesar $24,75 \text{ m}^3/\text{jam}$ dalam waktu 25,91 jam, produktivitas alat berat *pneumatic tire roller* (Q_{PTR}) sebesar $21,58 \text{ m}^3/\text{jam}$ dalam waktu 14,86 jam, produktivitas alat berat *asphalt finisher* (Q_{AF}) sebesar $20,92 \text{ m}^3/\text{jam}$ dalam waktu 30,65 jam.

Kata Kunci : Produktivitas, *overlay*, kapasitas.

ABSTRACT

“ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT PRODUCTIVITY IN THE CONSTRUCTION OF ASPHALT ROAD OVERLAY ON THE TEBING TINGGI - SIANTAR ROAD, SERDANG BEDAGAI REGENCY” (CASE STUDY)

Muhammad Hafiz Alfarizi

2007210178

Ir. Zurkiyah MT.

In the work of adding asphalt road pavement layers (overlay), heavy equipment is one of the main resources to facilitate road paving work. However, a productivity analysis calculation is needed to determine how much production capacity of heavy equipment work and the time needed for road paving work. For road paving work, the equipment needed is a dump truck, tandem roller, pneumatic tire roller, and asphalt finisher which is carried out on the Tebing Tinggi - Siantar road, Dolok Merawan sub-district, Serdang Bedagai district at STA 11 + 400 to STA 12 + 400. Data acquisition is carried out by means of surveys and direct observations in the field, then calculating the cycle time of heavy equipment work and interviews with heavy equipment operators. Based on the results of the analysis that has been carried out, the productivity of dump truck (QDT) heavy equipment is 2.51 m³/hour with 5 units of equipment per day in 1 asphalt delivery, the productivity of tandem roller (QTR) heavy equipment is 24.75 m³/hour in 25.91 hours, the productivity of pneumatic tire roller (QPTR) heavy equipment is 21.58 m³/hour in 14.86 hours, the productivity of asphalt finisher (QAF) heavy equipment is 20.92 m³/hour in 30.65 hours.

Keywords: Productivity, overlay, capacity.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan *Overlay* Jalan Aspal Pada Jalan Tebing Tinggi – Siantar Kabupaten Serdang Bedagai” ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada :

1. Ibu Ir. Zurkiyah M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Irma Dewi, S.T, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing II dan juga sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Kepada seluruh Staf Bapak/Ibu Dosen pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Terkhusus untuk kedua orangtua penulis yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak pernah berhenti kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

8. Kepada keluarga penulis kakak, abang, adik tercinta yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Kepada teman-teman seperjuangan penulis yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, Oktober 2024

Penulis

Muhammad Hafiz Alfarizi

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Konstruksi Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>)	6
2.3 Pekerjaan Penambahan Lapis Perkerasan (<i>Overlay</i>)	8
2.4 Produktivitas Alat Berat	10
2.4.1 Waktu Siklus	12
2.4.2 Material	14
2.4.3 Efisiensi	15
2.5 Manajemen Alat	16
2.6 Faktor – Faktor Yang Memengaruhi Alat Berat	17
2.7 Taksiran Faktor Koreksi Produksi	18
2.7.1 Faktor Efisiensi Waktu	18
2.7.2 Faktor Efisiensi Kerja	19

2.7.3 Faktor Efisiensi Operator	19
2.7.4 Faktor Ketersediaan Alat (<i>Machine Availability</i>)	19
2.8 Penentuan Alat Berat	19
2.9 Jenis – Jenis Alat Berat Dan Fungsi	20
2.9.1 <i>Dump Truck</i>	20
2.9.2 <i>Tandem Roller</i>	26
2.9.3 <i>Pneumatic Tire Roller</i>	28
2.9.4 <i>Asphalt Finisher</i>	30
BAB 3 METODE PENELITIAN	33
3.1 Bagan Alir Penelitian	33
3.2 Lokasi Proyek	34
3.3 Metode Penelitian Proyek	34
3.4 Tahapan Penelitian	35
3.5 Teknik Pengumpulan Data	35
3.6 Metode Pengolahan Data	35
3.7 Data Produktivitas Alat Berat	36
3.7.1 Data Spesifikasi Alat Berat	36
3.7.2 Data Volume Pekerjaan	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Deskripsi Data	39
4.2 Perhitungan Analisa Data	39
4.2.1 Produktivitas <i>Dump Truck</i>	39
4.2.2 Produktivitas <i>Tandem Roller</i>	41
4.2.3 Produktivitas <i>Pneumatic Tire Roller</i>	42
4.2.4 Produktivitas <i>Asphalt Finisher</i>	44
4.3 Perbandingan Produktivitas Alat Dengan Merk Dan Tipe Lain	45
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lapisan perkerasan lentur	6
Gambar 2.2 Penyebaran beban roda kendaraan pada perkerasan lentur	8
Gambar 2.3 Penambahan lapis perkerasan (<i>overlay</i>) jalan aspal	10
Gambar 2.4 <i>Dump Truck</i>	24
Gambar 2.5 <i>Tandem Roller</i>	27
Gambar 2.6 <i>Pneumatic Tire Roller</i>	29
Gambar 2.7 <i>Asphalt Finisher</i>	31
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 3.2 Peta Lokasi Proyek Pembangunan	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Efisiensi Alat	16
Tabel 2.2 Faktor Efisiensi Waktu	18
Tabel 2.3 Faktor Efisiensi Operator	19
Tabel 2.4 Faktor Efisiensi Alat <i>Dump Truck</i>	25
Tabel 2.5 Faktor Kecepatan Tempuh Rata-rata Maksimum <i>Dump Truck</i>	25
Tabel 2.6 Kecepatan, Lebar Pemasatan dan Jumlah Lintasan Alat Pemasat	27
Tabel 4.1 Perbandingan <i>tandem roller</i> BW141AD-2 dengan BW203AD-4	46
Tabel 4.2 Perbandingan <i>asphalt finisher</i> HA40W5 dengan HA60C	46
Tabel 4.3 Perbandingan <i>dump truck</i> Fuso 220 PS dengan Colt Diesel 125 PS	48

DAFTAR NOTASI

TS	= Waktu Siklus (menit)
T ₁	= Waktu mengisi (menit)
T ₂	= Waktu angkut (menit)
T ₃	= Waktu menunggu, dumping, putar (menit)
T ₄	= Waktu kembali (menit)
Q	= Produksi per jam (m ³ /jam)
Q _{DT}	= Produksi <i>dump truck</i> per jam (m ³ /jam)
Q _{TR}	= Produksi <i>tandem roller</i> per jam (m ³ /jam)
Q _{PTR}	= Produksi <i>pneumatic tire roller</i> per jam (m ³ /jam)
Q _{AF}	= Produksi <i>asphalt finisher</i> per jam (m ³ /jam)
F _a	= Faktor efisiensi alat
V	= kapasitas bak <i>dump truck</i> (ton)
F _{aDT}	= faktor efisiensi <i>dump truk</i>
Q _t	= Kapasitas produksi aspal per hari
D	= berat isi campuran aspal (ton/m ³)
pm	= kapasitas pugmill (kg)
L	= jarak antara lokasi bahan ke tempat pekerjaan (km)
v _f	= kecepatan rata-rata bermuatan (km/jam)
v _r	= kecepatan rata-rata kosong (km/jam)
N	= jumlah lajur lintasan pemadatan
b	= lebar roda alat pemadat (m)
b ₀	= lebar <i>overlap</i> (m)
v	= kecepatan pemadatan (km/jam)
t	= tebal pemadatan (m)
n	= jumlah lintasan
w	= lebar area pemadatan (m)
v _{AF}	= kecepatan menghampar (m/menit)
b _{AF}	= lebar hamparan (m)
t _{AF}	= tebal penghamparan (m)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan sebuah prasarana untuk membuka akses mobilitas transportasi darat untuk menunjang pertumbuhan ekonomi (Janizar et al., 2021). Dengan adanya pembangunan jalan, dapat membuka akses transportasi dari satu daerah ke daerah lain menjadi lebih mudah. Pembangunan infrastruktur jalan sangat dibutuhkan untuk mempermudah manusia dalam melakukan pemenuhan kebutuhan, seperti yang dilakukan pada jalan Tebing Tinggi - Siantar di Provinsi Sumatera Utara.

Jalan Tebing Tinggi – Siantar merupakan jalan nasional yang menghubungkan antara kota Tebing Tinggi dengan kota Pematang Siantar. Jalan tersebut merupakan akses utama untuk menuju ke arah destinasi wisata nasional di Provinsi Sumatera Utara yang ada di kota Parapat, yaitu Danau Toba. Pada jalan tersebut sedang dilakukan pemeliharaan jalan, yaitu penambahan lapis perkerasan (*overlay*) dikarenakan kondisi jalan yang semakin hari semakin memburuk. Pemeliharaan jalan tersebut dilakukan untuk menambah umur struktur jalan agar jalan tersebut dapat terus digunakan dan pelayanan lalulintas pada prasarana jalan terus membaik.

Pada kondisi jalan yang rusak dapat menghambat semua aktivitas penggunaan jalan yang mengakibatkan sulitnya kegiatan transportasi dari satu tempat ke tempat lainnya. Selain daripada itu, kondisi jalan yang buruk dapat membahayakan para pengguna jalan yang dapat menyebabkan kecelakaan dikarenakan struktur jalan yang sudah mengalami kerusakan.

Dalam proses pembangunan jalan diperlukan peralatan yang memadai untuk mempermudah pekerjaan pembangunan, salah satunya alat berat untuk konstruksi. Dengan adanya alat-alat berat dapat mempermudah pekerjaan manusia sehingga waktu pekerjaan menjadi lebih singkat. Beberapa alat-alat berat berdasarkan fungsinya seperti alat pengangkut, alat penggali, alat pemuat dan alat pemadat yang merupakan alat-alat berat yang utama dalam pekerjaan pembangunan jalan (Kulo et al., 2017).

Pada proses pekerjaan pembangunan, perlunya memiliki alat berat yang berkualitas serta memiliki produktivitas yang baik agar pekerjaan bisa dilakukan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Produktivitas alat berat sangat berpengaruh pada pelaksanaan dalam kemajuan pembangunan konstruksi yang terjadi di lapangan (Komalasari et al., 2023). Oleh karena itu diperlukan perhitungan yang cermat agar pembangunan dapat berjalan dengan optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Terdapat beberapa pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini, diantaranya:

1. Bagaimanakah produktivitas penggunaan alat berat dalam pelaksanaan pembangunan *overlay* jalan aspal?
2. Berapa waktu yang dibutuhkan alat berat untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan pembangunan *overlay* jalan aspal?
3. Perbandingan produktivitas dan waktu pekerjaan alat berat yang digunakan di lapangan dengan alat berat dengan tipe yang lain.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dibuat, maka tujuan penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui produktivitas alat berat pada pekerjaan pembangunan *overlay* jalan aspal.
2. Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan alat berat untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan pembangunan *overlay* jalan aspal.
3. Untuk mengetahui jenis dan tipe alat yang lebih optimal digunakan di lapangan dengan melakukan perbandingan dengan alat berat dengan tipe yang lain.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam melakukan penelitian, terdapat ruang lingkup penelitian agar pembahasan sesuai dengan topik dan masalah yang akan dibahas, diantaranya ruang lingkup penelitian adalah sebagai berikut.

1. Objek penelitian ini meliputi alat berat, tentang jenis, tipe, kapasitas alat berat untuk perhitungan produktivitas alat berat dalam proyek pembangunan *overlay* jalan aspal.
2. Efisiensi waktu kerja alat dalam pekerjaan pembangunan *overlay* jalan aspal sesuai dengan banyaknya alat berat untuk keseluruhan pekerjaan.
3. Metode pekerjaan yang dilakukan tentang laston lapis aus AC-WC.
4. Membahas alat-alat berat *Dump Truck, Tandem Roller, Pneumatic Tire Roller,* dan *Asphalt Finisher*.
5. Pengaspalan jalan yang akan diteliti yaitu dari STA 11+400 sampai dengan 12+400 pada proyek *overlay* jalan aspal pada jalan Tebing Tinggi - Siantar.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Pemahaman tentang perhitungan analisis produktivitas alat berat dalam proyek pembangunan *overlay* jalan aspal.
2. Pemahaman mengenai jenis-jenis alat berat yang digunakan dalam pelaksanaan pembangunan *overlay* jalan aspal.
3. Perhitungan analisis efisiensi waktu kerja alat berdasarkan banyaknya alat yang digunakan untuk keseluruhan pekerjaan pembangunan *overlay* jalan aspal.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir, sistematika penulisan terdiri dari lima bab. Dalam setiap bab memberikan penjelasan terkait topik yang akan dibahas, antara lain sistematika penulisan adalah sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Mengenai penjelasan umum tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat, serta sistematika penulisan sesuai dengan penjelasan tentang topik yang dibahas.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Mengenai teori mendasar tentang produktivitas alat berat dalam pekerjaan pembangunan *overlay* jalan aspal dengan menggunakan alat berat serta teori pengantar tentang pekerjaan pembangunan jalan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Menjelaskan tentang rencana atau prosedur dalam penulisan dengan cara pengambilan data, menentukan variabel untuk menemukan jawaban dalam permasalahan penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Mengurai atau menjabarkan penjelasan mengenai penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan jawaban permasalahan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi hasil dari penelitian yang dilakukan berdasarkan analisis penelitian serta saran pengembangan penelitian untuk hasil yang lebih sempurna.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Infrastruktur jalan memiliki peranan yang sangat penting karena memiliki fungsi untuk memudahkan proses transportasi dari satu daerah ke daerah lain. Dengan adanya infrastruktur jalan, dapat mewujudkan perkembangan suatu daerah untuk melakukan pemerataan di sektor ekonomi, sosial, budaya, dan sektor-sektor lainnya. Seiring berjalannya waktu, pembangunan infrastruktur jalan semakin pesat dikarenakan semakin banyaknya kegiatan mobilisasi atau perpindahan baik barang maupun jasa ke tiap antar wilayah/daerah. Dengan alasan tersebut, maka proyek pembangunan jalan terus dilakukan untuk memudahkan kegiatan mobilisasi karena semakin banyaknya yang melakukan kegiatan tersebut.

Salah satu proyek pekerjaan pembangunan jalan yang sering dilakukan adalah penambahan tebal lapis perkerasan, atau *overlay* dan rekonstruksi, yang berguna untuk menghindari penurunan masa lalu lintas jalan sebelum umur rencana yang direncanakan (Manguande et al., 2020). Penambahan lapis perkerasan tersebut dilakukan karena semakin meningkatnya masyarakat yang menggunakan prasarana transportasi, yang berefek pada perkerasan jalan yang menerima beban kendaraan terus menerus sehingga jalan menjadi rusak (Rizkiawan et al., 2017).

Pembangunan jalan yang dilakukan di jalan Tebing Tinggi - Siantar Kecamatan Dolok Merawan Kabupaten Serdang Bedagai terus dilakukan seiring dengan semakin banyaknya aktivitas masyarakat di jalan tersebut. Kondisi jalan yang berlubang dan terus memburuk mengakibatkan terhambatnya proses mobilisasi baik barang dan jasa ke antar daerah yang melewati jalan tersebut. Dalam pengerjaan jalan tersebut, diperlukan alat-alat berat sebagai alat bantu untuk mempermudah pekerjaan sehingga proyek yang dikerjakan menjadi lebih cepat. Alat berat menjadi faktor penting dalam pelaksanaan proyek pembangunan, baik skala kecil maupun skala besar. Dalam proyek pembangunan jalan, pemilihan alat berat sangat berpengaruh pada pekerjaan pembangunan dikarenakan kesalahan dalam pemilihan alat berat sangat berdampak pada keberlangsungan proyek yang

mengakibatkan ketidaklancaran dalam pelaksanaan pembangunan (Arrasyid et al., 2021).

2.2 Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur atau *flexible pavement* adalah perkerasan yang materialnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai komposisi utamanya. Perkerasan lentur dihindarkan diatas perkerasan berbutir sehingga lapisan perkerasannya bersifat lentur. Pada umumnya, perkerasan lentur baik digunakan pada jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas terletak di bawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap (Nauval Ibrahim & Narendra, 2023).

Konstruksi jalan dengan perkerasan lentur ini memiliki kelebihan yaitu biaya pembuatan jalan jauh lebih murah dan waktu pekerjaan jauh lebih singkat. Tetapi kekurangan pada jalan aspal yaitu umur jalan lebih pendek dan lebih rentan terhadap kerusakan atau deformasi dibandingkan dengan perkerasan kaku atau jalan beton. Jika dibandingkan dengan perkerasan kaku, tingkat kenyamanan bagi para pengguna jalan yaitu lebih nyaman menggunakan jalan beraspal dibandingkan dengan jalan beton. Dikarenakan perbedaan sifat pada permukaan jalan yaitu jalan beraspal memiliki permukaan yang lebih halus dan memiliki sifat menyerap getaran pada permukaan jalan.

Pada konstruksi perkerasan lentur yang berperan sebagai konstruksi utama yaitu lapisan permukaan beraspal sebagai penerima beban langsung dari kendaraan. Kemudian lapisan dibawahnya berupa lapisan pendukung sebagai penerus beban kendaraan yang diterima dari lapisan paling atas.



Gambar 2.1 : Lapisan perkerasan lentur

Adapun komponen konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah sebagai berikut.

1. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan atau *surface course* merupakan lapisan teratas pada struktur jalan, dimana lapisan tersebut yang langsung menerima beban kendaraan dan mendistribusikan beban yang diterima ke lapisan yang ada di bawahnya. Pada perkerasan lentur, lapisan permukaan terbagi menjadi 2 yaitu lapis aus (*wearing course*) dan lapis pengikat (*binder course*). Lapisan tersebut harus memiliki stabilitas tinggi, memiliki daya tahan, kedap air, kerataan dan kekesatan. Maka dari itu lapisan ini harus disusun dari campuran beraspal panas (*asphalt hotmix*) bergradasi padat.

2. Lapis pondasi (*base course*)

Lapisan pondasi atau *base course* terletak dibawah lapisan permukaan dan berfungsi sebagai penopang beban utama dari lalu lintas yang diteruskan oleh lapisan permukaan. Lapisan ini sebagai lapisan pendukung dari lapisan permukaan untuk menyebarkan beban yang diterima ke lapisan di bawahnya secara merata.

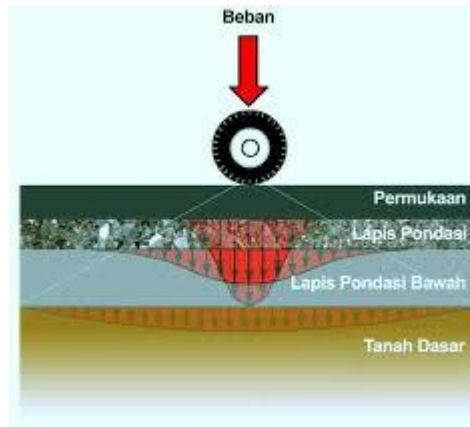
3. Lapis pondasi bawah (*sub base course*)

Lapisan pondasi bawah atau *sub base course* terletak diantara lapisan pondasi dan lapisan tanah dasar. Fungsi dari lapis pondasi bawah ini antara lain untuk penyebar beban kendaraan, lapis peresapan, lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi dan lapis pertama pada pembuatan perkerasan. Bahan yang digunakan biasanya terdiri dari material *granular* seperti batu pecah atau pasir bergradasi baik.

4. Tanah dasar (*sub grade*)

Tanah dasar atau *sub grade* adalah lapisan tanah yang menjadi pondasi utama dari seluruh struktur perkerasan. Tanah Dasar merupakan permukaan tanah semula atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Tanah dasar harus cukup kuat untuk menahan beban yang diteruskan dari lapisan atas. Kekuatan dan stabilitas tanah dasar sangat penting untuk kinerja jangka panjang perkerasan lentur.

Distribusi beban kendaraan pada perkerasan lentur mengikuti prinsip bahwa beban yang diterima dari kendaraan oleh lapisan permukaan akan didistribusikan secara bertahap ke lapisan-lapisan di bawahnya hingga mencapai tanah dasar. Adapun penjelasan kinerja penerimaan beban kendaraan berada pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Penyebaran beban roda kendaraan pada perkerasan lentur

Beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan lentur dimulai pada saat terjadi kontak antara roda kendaraan dengan lapis permukaan. Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan (*surface course*) dan disebarkan hingga ke tanah dasar (*subgrade*) dengan pola penyebaran yang semakin luas seiring kedalaman lapisan, sehingga menimbulkan gaya pada masing – masing lapisan sebagai akibat perlawanan dari tanah dasar terhadap beban lalu lintas yang diterimanya. Oleh karena itu, gaya tekanan dari roda kendaraan yang diterima oleh lapisan menjadi semakin kecil seiring dengan semakin bertambah dalamnya lapisan perkerasan.

2.3 Pekerjaan Penambahan Lapis Perkerasan (*Overlay*)

Struktur jalan sering mengalami penurunan kinerja yang disebabkan oleh banyak hal, diantaranya beban pada lalu lintas, air genangan yang berasal dari hujan, sistem drainase yang buruk, perubahan temperatur dan intensitas curah hujan, kondisi geologi lingkungan dan tanah dasar yang kurang stabil, serta proses pelaksanaan yang kurang baik (Wibowo et al., 2021). Dengan banyaknya faktor tersebut membuat struktur perkerasan jalan semakin menurun seiring dengan berjalannya waktu. Adapun cara untuk mempertahankan struktur jalan adalah adanya dilakukan pemeliharaan pada jalan yang sudah mengalami kerusakan.

Pemeliharaan jalan adalah semua jenis pekerjaan yang dibutuhkan untuk menjaga dan memperbaiki jalan agar tetap dalam keadaan baik atau pekerjaan yang berkaitan dengan keduanya, sehingga mencegah kemunduran atau penurunan kualitas dengan laju perubahan pesat yang terjadi segera setelah konstruksi dilaksanakan.

Klasifikasi program pemeliharaan yang dipakai dalam Sistem Manajemen Pemeliharaan Jalan adalah sebagai berikut:

1. Pemeliharaan rutin

Merupakan pekerjaan yang skalanya cukup kecil dan dikerjakan tersebar diseluruh jaringan jalan secara rutin. Dengan pemeliharaan rutin, tingkat penurunan nilai kondisi struktural perkerasan diharapkan akan sesuai dengan kurva kecenderungan kondisi perkerasan yang diperkirakan pada tahap desain.

2. Pemeliharaan berkala

Pemeliharaan berkala dilakukan dalam selang waktu beberapa tahun dan diadakan menyeluruh untuk satu atau beberapa seksi jalan dan sifatnya hanya fungsional dan tidak meningkatkan nilai struktural perkerasan. Pemeliharaan berkala dimaksud untuk mempertahankan kondisi jalan sesuai dengan yang direncanakan selama masa layanannya.

3. Rehabilitasi atau peningkatan

Peningkatan jalan secara umum diperlukan untuk memperbaiki integritas struktur perkerasan, yaitu meningkatkan nilai strukturalnya dengan pemberian lapisan tambahan struktural. Peningkatan jalan dilakukan, apakah karena masa layanannya habis, atau karena kerusakan awal yang disebabkan oleh faktor - faktor luar seperti cuaca atau karena kesalahan perencanaan atau pelaksanaan rekonstruksi.

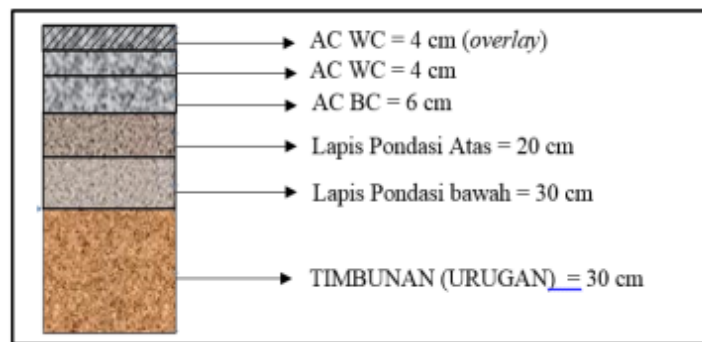
4. Rekonstruksi

Dalam hal perkerasan lama sudah dalam kondisi yang sangat jelek, maka lapisan tambahan tidak akan efektif dan kegiatan rekonstruksi biasanya diperlukan. Kegiatan rekonstruksi ini juga dimaksud untuk penanganan jalan yang berakibat meningkatkan kelasnya.

Salah satu cara pemeliharaan jalan yang umum dilakukan untuk memperbaiki kerusakan pada jalan dan menambah umur struktur jalan yaitu dengan dilakukan

penambahan lapis tebal (*overlay*) pada jalan yang bertujuan untuk memperkuat struktur jalan dan menghindari kerusakan yang lebih serius pada jalan tersebut.

Penambahan lapis tebal (*overlay*) merupakan lapis perkerasan tambahan yang dipasang diatas konstruksi perkerasan yang ada dengan tujuan meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang ada agar dapat melayani lalulintas yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang. Disamping itu, penambahan lapis tebal juga merupakan salah satu alternatif pada peningkatan ruas jalan disaat jalan mencapai kondisi kritis atau *failur* (Mahanggi, 2019).



Gambar 2.3 : Penambahan lapis perkerasan (*overlay*) jalan aspal

Pemilihan struktur perkerasan jalan sangat bervariasi tergantung pada lalu lintas dan umur rencana serta jenis penanganan. Beberapa faktor yang harus diperhatikan ialah:

1. Biaya selama masa pelayanan (*discounted lifecycle cost*) terendah dan praktis untuk dilaksanakan.
2. Umur rencana penambahan lapis tebal (*overlay*) adalah 10 tahun.
3. Jika penambahan lapis tebal (*overlay*) yang dibutuhkan lebih dari 100 mm atau melebihi 150 mm – 210 mm, dan perkerasan jalan dalam kondisi rusak berat (*heavy patching* dibutuhkan > 30% area perkerasan) pertimbangkan opsi rekonstruksi penuh daripada *overlay*.

2.4 Produktivitas Alat Berat

Dalam ilmu teknik sipil, alat-alat berat sering digunakan untuk membantu proses pembangunan jalan. Alat-alat berat menjadi faktor utama dalam proyek-proyek pembangunan, yang memungkinkan pekerjaan menjadi lebih mudah dan efisien dan dalam waktu yang lebih singkat (Pratiwi & Lestari, 2022). Secara

umum, alat berat memang difungsikan untuk mempermudah manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan. Jika dibandingkan dengan pekerjaan yang dilakukan dengan tenaga manusia saja, sangat jauh berbeda dengan pekerjaan yang dilakukan dengan bantuan alat berat. Hal ini dapat dilihat dari volume pekerjaan yang dihasilkan alat berat dengan manusia sehingga untuk dapat meminimalkan waktu pekerjaan, dibutuhkan alat yang bisa bekerja dengan cepat dan efisien serta kapasitas yang besar. (Yanti Siregar & Pasaribu, 2021).

Pada proyek pembangunan jalan, alat berat sangat mempengaruhi terhadap waktu kerja yang terjadi di lapangan. maka adanya perhitungan produktivitas alat berat untuk mengetahui kinerja yang dilakukan di lapangan terhadap waktu pekerjaan. Secara bahasa, produktivitas adalah kemampuan untuk menghasilkan sesuatu. Sehingga dapat dikatakan bahwa produktivitas alat berat merupakan kemampuan alat berat untuk menghasilkan sesuatu per satuan waktu (Kulo et al., 2017). Produktivitas menjadi salah satu kunci untuk menentukan faktor yang memengaruhi performa atau kemampuan dalam proyek konstruksi (Komalasari et al., 2023).

Produktivitas merupakan perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan semua sumber daya yang digunakan (*input*). Sedangkan produktivitas alat berat adalah kemampuan alat untuk bekerja. Hubungan antara tenaga yang dibutuhkan, tenaga yang ada/tersedia, dan tenaga yang dapat dimanfaatkan sangat penting diketahui karena kita dapat menentukan berapa kapasitas alat yang harus kita gunakan untuk pekerjaan yang akan dilaksanakan (Raya Prima et al., 2022).

Menurut (Rostiyanti, 2008) Dalam Menentukan durasi pada suatu pekerjaan, maka hal-hal yang perlu diketahui yaitu volume pekerjaan dan produktivitas alat yang digunakan. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat. Untuk mencari produktivitas alat berat menggunakan rumus dasar berikut.

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

Pada umumnya waktu siklus alat ditetapkan dalam menit sedangkan produktivitas alat dihitung dalam waktu jam sehingga ada perubahan dari menit ke jam. Jika faktor efisiensi alat dimasukkan ke dalam rumus, maka rumusnya akan menjadi seperti berikut (Rostiyanti, 2008).

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

Alat berat banyak digunakan di dalam proyek pembangunan karena mempunyai produktivitas yang tinggi untuk melakukan suatu pekerjaan. Namun sering terjadi pada saat pelaksanaan kalau produktivitas yang dihasilkan tidak sesuai dengan produktivitas yang diharapkan. Penurunan Produktivitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Waktu siklus
2. Material
3. Efisiensi

Untuk mengetahui alat berat yang digunakan secara efisien atau tidak, perlu mengetahui jenis alat, kemampuan alat, keterbatasan alat, dan biaya operasional alat. Produktivitas alat tergantung pada metode kerja, kondisi medan kerja, jenis alat, dan waktu untuk menyelesaikan pekerjaan. Sehingga untuk mengetahui Produktivitas, aspek-aspek tersebut saling berkaitan satu dengan yang lainnya. Untuk menghitung produktivitas alat berat, sesuai dengan teori dan tahapan analisis yang tepat (Fran Ewal & Indrayadi, 2020).

2.4.1 Waktu Siklus

Dalam pekerjaan pemindahan material, alat berat beroperasi menurut pola siklus seperti berikut: memuat, mengangkut, membuang, dan kembali ke tempat pemuatan atau kombinasi dari semuanya. Waktu siklus adalah jangka waktu yang dibutuhkan alat berat untuk melakukan serangkaian operasi kerja (Kulo et al., 2017). Siklus kerja pada alat berat yang digunakan itu dilakukan kegiatan tersebut secara berulang.

Produktivitas alat berat sangat erat kaitannya dengan waktu siklus dikarenakan efisiensi setiap tahapan dalam siklus kerja langsung mempengaruhi jumlah material yang dapat dipindahkan dalam waktu tertentu. Waktu siklus mencakup seluruh rangkaian proses kerja, dimulai dari pemuatan material, pengangkutan, hingga pembuangan dan kembalinya alat berat ke posisi awal. Semakin cepat waktu siklus ini diselesaikan, semakin tinggi pula jumlah siklus yang dapat dilakukan dalam satu periode, sehingga meningkatkan total *output* produktivitas alat berat. Dengan kata

lain, ketika waktu siklus bisa dipersingkat, lebih banyak material dapat diolah, dipindahkan, atau diangkut dalam rentang waktu yang sama, yang berarti peningkatan efisiensi kerja. Oleh karena itu, perlunya dilakukan upaya untuk mengoptimalkan waktu siklus agar dapat memaksimalkan produktivitas alat berat di lapangan. Untuk mengoptimalkan produktivitas, operator atau manajer proyek harus memperhitungkan beberapa faktor berikut:

1. **Kondisi Alat Berat:** Performa alat berat (kecepatan, kapasitas muat, kondisi mesin) dapat mempengaruhi panjangnya waktu siklus.
2. **Jarak Tempuh:** Jarak antara lokasi pemuatan dan pembuangan juga berdampak langsung pada waktu siklus, terutama pada waktu angkut dan kembali.
3. **Keahlian Operator:** Operator yang berpengalaman dan terlatih dapat mengurangi waktu yang tidak efisien dalam setiap tahap siklus.
4. **Kondisi Lapangan:** Kondisi tanah, medan proyek, cuaca, dan rute yang dilalui alat berat juga memengaruhi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus.
5. **Koordinasi Alat Berat:** Koordinasi antar alat berat yang bekerja di lapangan dapat meminimalkan waktu tunggu dan dapat meningkatkan produktivitas alat. Untuk menghasilkan waktu siklus yang semakin cepat, ada beberapa upaya yang dilakukan agar nilai produktivitas alat dapat meningkat. Adapun beberapa langkah yang dapat dilakukan, yaitu sebagai berikut.

1. **Penjadwalan yang Tepat:** Memastikan tidak ada alat berat yang berhenti atau menunggu lama.
2. **Pemeliharaan Alat Berat:** Melakukan pemeliharaan rutin untuk menghindari kerusakan yang menghambat efisiensi.
3. **Rute dan *Layout* yang Optimal:** Menentukan jarak terpendek dan paling efisien untuk mengurangi waktu tempuh.
4. **Penggunaan Teknologi:** Sistem GPS dan telematika dapat membantu memonitor dan mengoptimalkan waktu siklus alat berat di lapangan.

Dengan memantau dan mengoptimalkan waktu siklus ini, membuat produktivitas alat dapat meningkat secara signifikan sehingga bisa menekan biaya operasional.

Untuk menentukan waktu siklus pada alat berat, dirumuskan seperti berikut (Permen PUPR No. 8, 2023).

$$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4, \text{ atau } T_s = \sum_{n=1}^n T_n \quad (2.3)$$

Keterangan:

T_s = waktu siklus (menit)

T_1 = waktu mengisi (menit)

T_2 = waktu angkut (menit)

T_3 = waktu menunggu, dumping, putar (menit)

T_4 = waktu kembali (menit)

2.4.2 Material

Penggunaan alat berat dalam suatu proyek konstruksi sangat penting dan harus disesuaikan dengan jenis pekerjaan yang dilakukan di lapangan, termasuk jenis material yang digunakan. Setiap material memiliki karakteristik khusus yang memengaruhi kinerja alat berat yang diterapkan. Dalam konteks pekerjaan penambahan lapis tebal atau *overlay*, pemilihan material dan peralatan yang tepat menjadi kunci keberhasilan proyek, terutama dalam meningkatkan kualitas dan daya tahan permukaan jalan.

Setiap pekerjaan tentang pengaspalan jalan, material yang digunakan adalah *asphalt hotmix AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)* dan *asphalt hotmix AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*, yang masing-masing memiliki peran penting dalam proses peningkatan jalan. AC-BC berfungsi sebagai lapisan pengikat antara permukaan dasar dengan lapisan akhir, sementara AC-WC digunakan sebagai lapisan atas atau lapisan permukaan yang langsung terpapar oleh beban kendaraan.

Untuk memastikan pengaplikasian material tersebut berjalan sesuai dengan standar yang diharapkan, alat berat seperti *tandem roller* dan *asphalt finisher* harus digunakan. Alat-alat ini memastikan setiap lapisan aspal tersebar secara merata, dipadatkan dengan baik, dan memiliki daya tahan tinggi terhadap tekanan serta kondisi cuaca. Pemilihan alat berat dan metode kerja yang tepat sangat penting agar proses *overlay* berjalan lancar dan menghasilkan permukaan jalan yang halus, kuat, serta aman untuk digunakan jangka panjang.

2.4.3 Efisiensi

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 yang dinamakan efisiensi (Aoliya et al., 2021). Definisi umum dari efisiensi yaitu besar presentasi kerja alat efektif untuk dibandingkan dengan waktu kerja secara menyeluruh (Arrasyid et al., 2021).

Kelancaran pelaksanaan proyek dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah kondisi dan kinerja alat berat yang digunakan. Alat berat yang berada dalam kondisi optimal dan berfungsi dengan baik akan sangat mendukung proses kerja yang efisien, sementara alat yang tidak terawat atau mengalami kerusakan dapat menyebabkan keterlambatan, penurunan produktivitas, dan bahkan peningkatan biaya operasional. Produktivitas kerja di lapangan secara langsung bergantung pada efisiensi alat berat, karena alat yang beroperasi dengan baik memungkinkan penyelesaian tugas lebih cepat, lebih akurat, dan dengan gangguan minimal. Faktor seperti pemeliharaan rutin, penggunaan suku cadang yang tepat, serta pengelolaan operasional yang baik akan memastikan bahwa alat berat selalu dalam kondisi prima, sehingga proyek dapat berjalan lancar sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Efisiensi alat berat juga membantu meminimalkan waktu henti, mengurangi risiko kerusakan di tengah proyek, dan meningkatkan keseluruhan kinerja proyek secara signifikan.

Efisiensi kerja dengan menggunakan alat berat dipengaruhi oleh beberapa faktor dan kondisi yang terjadi di lapangan. Adanya faktor-faktor tersebut memungkinkan adanya terjadi kendala atau hambatan ketika melakukan pekerjaan di lapangan. Beberapa faktor tersebut diantaranya:

1. Kemampuan operator dalam memakai alat berat
2. Pemilihan alat berat dan pengaturan letak alat
3. Kondisi cuaca saat di lapangan
4. Topografi/medan pekerjaan dan volume pekerjaan
5. Metode pelaksanaan alat.

Untuk memberikan penilaian estimasi efisiensi alat berat, harus dilihat kondisi alat berat yang digunakan. Sehingga efisiensi memengaruhi Produktivitas alat berat. Faktor-faktor efisiensi alat berat digabung menjadi satu yang merupakan faktor

kondisi kerja secara umum. Penilaian pada faktor tersebut digunakan sebagai faktor efisiensi alat (F_a). Tidak disarankan apabila kondisi operasi dan pemeliharaan mesin buruk. Berikut penilaian faktor efisiensi alat (F_a) pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 : Faktor Efisiensi Alat (F_a) (Permen PUPR No. 8, 2023)

Kondisi Operasi	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0.83	0.81	0.76	0.70	0.63
Baik	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
Sedang	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
Buruk Sekali	0.53	0.50	0.47	0.42	0.32

2.5 Manajemen Alat

Manajemen pengendalian dan pemilihan alat berat merupakan proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan alat berat untuk mencapai pekerjaan yang telah dilakukan (Faizah et al., 2022).

Manajemen alat ini dilakukan untuk mengatur dan mengendalikan alat berat supaya alat berat yang digunakan dalam pekerjaan dapat efektif dan efisien. Kesalahan dalam manajemen alat dapat menyebabkan kerugian di dalam pelaksanaan pembangunan, diantaranya tidak tercapainya target atau jadwal yang telah ditentukan, terlalu banyak biaya operasional yang telah dikeluarkan untuk alat berat, kerugian biaya perbaikan alat yang tidak semestinya, dan lain sebagainya. Perlunya dilakukan survey kondisi yang ada di lapangan sehingga alat-alat berat yang akan digunakan dalam proyek disesuaikan dengan kebutuhan atau kondisi yang ada di lapangan.

Adanya faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat dihindari, yaitu (Faizah et al., 2022):

1. Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, yaitu alat penggali, alat pemuat, alat perata.

2. Kapasitas peralatan. Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih disesuaikan sehingga pekerjaan dapat diselesaikan dengan waktu yang ditentukan.
3. Cara operasi. Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan.
4. Pembatasan dari metode yang dipakai. Pembatasan yang memengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu, metode pekerjaan yang dilakukan dapat mengubah pemilihan alat berat.
5. Ekonomi. Selain biaya investasi dan biaya peralatan, biaya operasional dan pemeliharaan merupakan faktor penting dalam pemilihan alat berat.
6. Jenis proyek. Beberapa jenis proyek yang menggunakan alat berat, antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, dan pembukaan lahan.
7. Lokasi proyek. Ini merupakan hal lain yang harus diperhatikan juga dalam pemilihan alat berat. Contoh: lokasi proyek yang di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek yang ada di dataran rendah.
8. Jenis dan daya dukung tanah. Jenis tanah di lokasi proyek dan material yang akan dikerjakan dapat memengaruhi alat berat yang akan digunakan. Kondisi tanah bisa padat, lepas, keras, ataupun lembek.
9. Kondisi di lapangan. kondisi dengan medan yang sulit ataupun mudah merupakan faktor lain yang memengaruhi pemilihan alat berat.

2.6 Faktor – Faktor Yang Memengaruhi Alat Berat

Untuk mengetahui produktivitas alat berat terdapat beberapa faktor yang memengaruhi cepat lambatnya produktivitas alat. Beberapa faktor yang memengaruhi produktivitas alat berat antara lain:

1. Metode dan teknologi, yang terdiri dari desain rekayasa, metode konstruksi, dan pengukuran kerja.
2. Manajemen lapangan, terdiri dari perencanaan, penjadwalan, tata letak lapangan, komunikasi lapangan, manajemen peralatan, dan manajemen tenaga kerja.

3. Lingkungan kerja, terdiri dari lingkungan manusia, lingkungan fisik, kualitas pengawas, keamanan kerja, latihan dan partisipasi kerja.
4. Faktor manusia, yang terdiri dari upah kerja, hubungan kerja, dan kepuasan kerja.

2.7 Taksiran Faktor Koreksi Produksi

Dalam pelaksanaan proyek, untuk menggunakan alat-alat berat perlu diketahui produktivitas alat untuk beberapa keperluan, seperti:

1. Penentuan jumlah alat yang dibutuhkan
2. Perhitungan biaya produksi
3. Taksiran waktu yang diperlukan

Jika suatu alat belum ditempatkan di lapangan untuk melakukan pekerjaan, maka sulit untuk mengetahui nilai produktivitas yang sebenarnya dari alat tersebut. Yang dapat diketahui hanyalah taksiran produksinya. Agar diperoleh nilai yang mendekati dengan kenyataan di lapangan, maka dalam kalkulasi harus dimasukkan faktor koreksi yang layak diterapkan pada kondisi di Indonesia. Faktor koreksi tersebut dapat pula digunakan untuk produksi pada *earth moving*. Faktor koreksi tersebut antara lain sebagai berikut (Tenrisukki, 2003).

2.7.1 Faktor Efisiensi Waktu

Efisiensi waktu merupakan salah satu faktor yang harus diperhitungkan dalam penentuan taksiran produksi alat yang digunakan yang dinilai berdasarkan kondisi pekerjaan seperti yang ditampilkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 : Faktor Efisiensi Waktu (Tenrisukki, 2003)

Kondisi Kerja	Efisiensi
Menyenangkan	0.90
Normal	0.83
Buruk / Jelek	0.75

2.7.2 Faktor Efisiensi Kerja

Seperti halnya efisiensi waktu, efisiensi kerja mutlak diperhitungkan untuk menentukan taksiran produksi alat dengan memperhatikan keadaan medan dan keadaan alat. Efisiensi kerja tergantung oleh banyaknya faktor, seperti: topografi, keahlian operator, pemilihan standar pemeliharaan, dan lain sebagainya yang menyangkut operasi alat. Nilai efisiensi kerja sudah tercantum pada tabel 2.1.

2.7.3 Faktor Efisiensi Operator

Sebagaimana efisiensi waktu dan efisiensi kerja, efisiensi operator harus diperhatikan dengan melakukan perhitungan dalam penentuan taksiran produksi alat. Nilai efisiensi ini sangat dipengaruhi oleh operator yang mengendalikan alat berat yang digunakan. Nilai efisiensi operator dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 : Faktor Efisiensi Operator (Tenrisukki, 2003)

Kondisi Kerja	Efisiensi
Baik	0.90 – 1.00
Normal	0.83
Jelek	0.50 – 0.60

2.7.4 Faktor Ketersediaan Alat (*Machine Availability*)

Faktor ketersediaan alat (*machine availability*) adalah ketersediaan mesin agar selalu dapat dioperasikan. Hal ini bukan hanya bergantung pada kualitas atau kemampuan mesin saja, melainkan juga bergantung pada dukungan *spareparts* dan *service* dari dealer atau pabrik pembuat alat. Demikian juga dengan kualitas kemampuan pemeliharaan, fasilitas *workshop* dan *parts stock* yang dimiliki *user* sangat mempengaruhi ketersediaan (*availability*) mesin.

2.8 Penentuan Alat Berat

Salah satu langkah penting yang harus dilakukan sebelum memulai pelaksanaan proyek di lapangan yaitu merencanakan secara matang kebutuhan alat berat yang akan digunakan. Perencanaan ini mencakup pemilihan jenis alat berat yang tepat

sesuai dengan jenis pekerjaan yang akan dilakukan, perkiraan jumlah alat yang dibutuhkan, serta mempertimbangkan kapasitas dan kemampuan masing-masing alat berat. Perencanaan kebutuhan alat ini untuk memperhitungkan alat berat yang disediakan mampu menangani beban pekerjaan dengan efisien, sesuai dengan skala kompleksitas proyek. Tetapi, harus mengetahui data-data pekerjaan seperti berikut.

1. Lokasi proyek
2. Kondisi lingkungan kerja
3. Jenis dan item pekerjaan
4. Volume pekerjaan
5. Target dan waktu penyelesaian

Dari data-data yang diperoleh, kemudian dikembangkan:

1. Studi penggunaan metode kerja/metode konstruksi yang tepat dengan skala pekerjaan.
2. Pemilihan alat berdasarkan metode konstruksi dan kondisi medan proyek.
3. Pemilihan jenis alat berdasarkan skala pekerjaan.

Setelah alat memenuhi syarat secara teknis, analisis kemudian dilanjutkan ke perhitungan berikut.

1. Kapasitas produksi alat
2. Memperhitungkan jumlah alat yang dibutuhkan
3. Memperkirakan biaya investasi
4. Menghitung biaya operasi dan pemeliharaan, termasuk biaya mobilisasi.

2.9 Jenis – Jenis Alat Berat Dan Fungsi

Penggunaan alat berat menjadi sebuah keharusan dalam pembangunan guna memudahkan pekerja untuk melakukan pekerjaan dengan kapasitas yang besar. Alat-alat berat yang digunakan adalah sebagai berikut.

2.9.1 *Dump Truck*

Alat pengangkut atau yang biasa disebut dengan *dump truck* merupakan alat berat yang berfungsi untuk membawa material seperti tanah, batuan, pasir, dan lainnya untuk proyek konstruksi.

Pemilihan jenis pengangkutan tergantung pada kondisi di lapangan, volume material, waktu, dan biaya. Kapasitas bak penampung truk terdiri dari *struck capacity* (kapasitas peres) dan *heaped capacity* (kapasitas penunjang) (Purwanto et al., 2019). Alat berat *dump truck* digunakan di proyek untuk membawa material pada jarak menengah sampai jarak jauh. Kelebihan truk dibandingkan dengan yang lain yaitu:

1. Kecepatan lebih tinggi
2. Kapasitas besar
3. Biaya operasional kecil
4. Kebutuhannya dapat disesuaikan dengan kapasitas alat gali

Akan tetapi, alat ini memiliki kekurangan dibandingkan dengan alat lain karena truk memerlukan alat lain untuk pemuatan. Untuk pengangkutan material ada beberapa faktor yang diperhatikan, diantaranya:

1. Untuk batuan, dasar bak dialasi papan kayu agar tidak mudah rusak.
2. Untuk aspal, bak dialasi oleh solar agar aspal tidak menempel pada permukaan bak. Agar aspal tidak cepat dingin tutup bagian atas dengan terpal.
3. Untuk material lengket seperti lempung basah, pilih bak bersudut bulat.

Terdapat 2 jenis perhitungan dalam penggunaan alat berat truk, yaitu klasifikasi truk dan kapasitas truk.

A. Klasifikasi Truk

Pada klasifikasi truk, didasari pada faktor-faktor berikut.

1. Ukuran, tipe mesin, dan bahan bakar
2. Jumlah roda, as dan cara penyetiran
3. Metode pembongkaran muatan
4. Kapasitas
5. Sistem pembongkaran

Berdasarkan metode pembongkaran terdapat tiga jenis truk, yaitu *rear dump*, *bottom dump*, dan *side dump*.

1. *Rear Dump*

Dari semua jenis truk, maka *rear dump* truk yang paling sering dijumpai truk memiliki kelebihan dibandingkan dengan wagon karena truk lebih mampu jika harus bergerak di jalan menanjak. Cara kerja alat tipe ini adalah material dibongkar

dengan cara menaikkan ban bagian depan dengan sistem hidrolis. *Rear dump truck* dipakai untuk mengangkut berbagai jenis material. Pada ukuran bak, truk jenis ini berkisar antara 25 sampai 250 ton.

2. *Side dump*

Side dump truck atau *tractor wagon* mengeluarkan material yang diangkutnya dengan menaikkan salah satu sisi bak ke samping. Saat pembongkaran material harus memperhatikan distribusi material ke dalam bak. Kelebihan material pada salah satu sisi bak dapat menyebabkan terjadinya jungkir pada saat pembongkaran material. Pada kondisi pembongkaran muatan material di tempat yang sempit, maka truk tipe ini adalah pilihan yang tepat.

3. *Bottom dump*

Umumnya *bottom dump* merupakan semitrailer. Material yang diangkut oleh *bottom dump tractor wagon* dikeluarkan melalui bagian bawah bak yang dapat dibuka di tengah-tengahnya. Pintu bak pada sisi bagian bawah dan memanjang dari depan hingga belakang. Pintu-pintu tersebut digerakkan secara hidrolis.

Pada pembongkaran material, dilakukan pada saat kendaraan bergerak. Kelandaian permukaan di mana alat tersebut digunakan sebaiknya kurang dari 5% karena alat tersebut tidak bisa digunakan pada kondisi medan yang terjal.

B. Kapasitas Truk

Volume material yang diangkut harus sesuai dengan kapasitas truk. Jika pengangkutan material oleh truk dilaksanakan melampaui batas maksimal maka hal-hal yang tidak diinginkan terjadi, seperti:

1. Konsumsi bahan bakar bertambah
2. Umur ban berkurang
3. Kerusakan pada bak
4. Mengurangi produktivitas

Besarnya kapasitas truk tergantung pada waktu yang dibutuhkan untuk memuat material ke dalam truk terhadap waktu angkut truk. Pada umumnya, besarnya kapasitas truk yang dipilih adalah empat sampai lima kali kapasitas alat gali yang memasukkan material ke dalam truk. Akan tetapi penggunaan truk yang terlalu besar sangat tidak ekonomis kecuali jika volume tanah yang diangkut sangat besar.

Truk memiliki berbagai jenis berdasarkan ukuran dan kapasitasnya. Setiap truk memiliki kelebihan dan kekurangan pada jenisnya. Berikut perbandingan truk berdasarkan kelebihan dan kekurangan, antara lain sebagai berikut.

1. Truk kecil

Kelebihan dalam menggunakan truk kecil adalah sebagai berikut.

- a. Lebih lincah dalam beroperasi
- b. Lebih mudah mengoperasikannya
- c. Lebih fleksibel dalam mengangkut jarak dekat
- d. Pertimbangan terhadap jalan kerja lebih sederhana
- e. Penyesuaian terhadap kemampuan *loader* lebih mudah
- f. Jika salah satu dalam satu unit tidak bekerja, maka tidak akan bermasalah terhadap total produksi.

Kekurangan dalam menggunakan truk kecil adalah sebagai berikut

- a. Waktu hilang lebih banyak, akibat banyaknya truk yang beroperasi
- b. Excavator lebih sukar untuk memuatnya karena ukuran bak yang kecil
- c. Lebih banyak sopir yang diperlukan
- d. Biaya pemeliharaan lebih besar karena lebih banyak truk, begitu pula tenaga pemeliharaan.

2. Truk besar

Kelebihan dalam menggunakan truk besar adalah sebagai berikut.

- a. Jumlah unit truk besar lebih sedikit
- b. Sopir yang digunakan lebih sedikit
- c. Cocok untuk angkutan jarak jauh
- d. Pemutaran dari *loader* lebih mudah sehingga waktu yang hilang lebih sedikit

Kekurangan dalam menggunakan truk besar adalah sebagai berikut.

- a. Jalan kerja harus diperhatikan karena kerusakan jalan relatif lebih cepat akibat truk yang besar.
- b. Pengoperasiannya lebih sulit dikarenakan ukurannya yang besar
- c. Produksi akan sangat berkurang jika salah satu truck tidak jalan
- d. *Maintenance* lebih sulit dilaksanakan.



Gambar 2.4 : *Dump Truck*

Berdasarkan pada kapasitas muatan, *dump truck* memiliki bentuk ukuran yang berbeda-beda atau disebut sebagai *index*. Tentu jika semakin besar *index* pada *dump truck*, maka kapasitas muatannya juga semakin besar. Beberapa *index* pada *dump truck* diantaranya:

1. *Dump truck index 8*
2. *Dump Truck index 10*
3. *Dump Truck index 22*

Selain ketiga *index* tersebut, terdapat juga ukuran *dump truck* dengan kapasitas muatan yang lebih besar, seperti *dump truck* dengan *index* 24, 26, hingga 30. *Dump truck* dengan *index* yang lebih tinggi ini dirancang untuk mengangkut muatan dalam volume yang jauh lebih besar, menjadikannya pilihan ideal untuk proyek konstruksi berskala besar.

Alat berat *dump truck* berfungsi untuk membawa bahan material untuk berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan jarak menengah atau lebih. Untuk menghitung produktivitas *dump truck* diperlukan data efisiensi *dump truck* dan data kecepatan *dump truck*.

Untuk data kecepatan merupakan data perkiraan umum. Pada kecepatan *dump truck* itu dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya kondisi jalan, kondisi cuaca, banyaknya muatan yang dibawa dan kepadatan lalu lintas yang dilewati *dump truck* ke lokasi proyek. Rincian data efisiensi dan kecepatan *dump truck* dijelaskan pada tabel 2.4 dan 2.5.

Tabel 2.4 : Faktor Efisiensi Alat (F_{aDT}) *Dump Truck* (Permen PUPR No. 8, 2023)

Kondisi Kerja	Efisiensi Kerja
Baik	0.83
Sedang	0.80
Kurang Baik	0.75
Buruk	0.70

Tabel 2.5 : Faktor Kecepatan Tempuh Rata-rata Maksimum *Dump Truck* (Permen PUPR No. 8, 2023)

Kondisi Lapangan	Kondisi Beban	Kecepatan*), v, km/h
Datar	Isi	40
	Kosong	60
Menanjak	Isi	20
	Kosong	40
Menurun	Isi	20
	Kosong	40

Untuk menghitung produktivitas *dump truck* menggunakan rumus sebagai berikut. (Kapasitas Produksi m^3/jam).

$$Q = \frac{V \times FaDT \times 60}{D \times Ts} \quad (2.4)$$

Untuk menghitung waktu siklus pada alat berat *dump truck* menggunakan rumus sebagai berikut.

$$T_1 = \frac{V \times 1000}{pm} \times 1,0 \text{ menit (waktu mengisi)} \quad (2.5)$$

$$T_2 = \frac{L}{vf} \times 60 \text{ (waktu angkut)} \quad (2.6)$$

T_3 (waktu menunggu, dumping, putar)

$$T_4 = \frac{L}{vr} \times 60 \text{ (waktu kembali)} \quad (2.7)$$

Keterangan:

Q = produksi *dump truck* (m^3/jam)

V = kapasitas bak *dump truck* (ton)

F_{aDT} = faktor efisiensi *dump truk*

D = berat isi campuran aspal (ton/m^3)

T_{S} = waktu siklus *dump truck* (menit)

T_1 = waktu mengisi (menit)

T_2 = waktu angkut (menit)

T_4 = waktu kembali (menit)

pm = kapasitas pugmill (kg)

L = jarak antara lokasi bahan ke tempat pekerjaan (km)

v_f = kecepatan rata-rata bermuatan (km/jam)

v_r = kecepatan rata-rata kosong (km/jam)

2.9.2 Tandem Roller

Tandem roller juga dikenal sebagai alat penggilas, umumnya digunakan pada tahap akhir, dalam arti proses penggilasan/pemadatan campuran aspal panas yang baru dihamparkan pada proyek konstruksi jalan. Alat ini terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu *two axle tandem roller* atau penggilas dengan dua poros, serta *three axle tandem roller* atau penggilas dengan tiga poros. Keduanya memiliki karakteristik yang sama dalam hal distribusi beban pada setiap roda, dengan berat keseluruhan berkisar antara 8 hingga 14 ton. Berat *tandem roller* ini dapat ditingkatkan melalui pengisian zat cair, atau *ballasting* yang berkisar antara 25% hingga 60% dari berat asli alat. Metode ini membantu meningkatkan efektivitas penggilasan, terutama untuk permukaan yang membutuhkan tekanan lebih tinggi.

Namun, *tandem roller* memiliki keterbatasan dalam penggunaannya, terutama pada material yang terdiri dari batu-batuan yang keras dan tajam. Penggunaan alat ini pada material tersebut dapat berisiko merusak roda penggilas yang biasanya terbuat dari baja atau karet. Oleh karena itu, *tandem roller* lebih cocok digunakan pada material yang lebih halus, seperti aspal, untuk memastikan permukaan yang rata dan padat tanpa merusak komponennya (Tenrisukki, 2003).



Gambar 2.5 : Tandem Roller

Alat pemadat ini digunakan untuk menggilas *asphalt hotmix* yang baru dihamparkan untuk meratakan permukaan jalan. Biasanya alat ini digunakan untuk penggilasan terakhir.

Berikut data-data keterangan mengenai pekerjaan alat berat pemadatan, yaitu kecepatan, lebar pemadatan, dan jumlah lintasan yang dijelaskan pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 : Kecepatan, Lebar Pemadatan dan Jumlah Lintasan Alat Pemadat (Permen PUPR No. 8, 2023)

Jenis pemadat	Kecepatan rata-rata (v) km/h	Lebar pemadatan efektif, (b - b ₀); m	Jumlah lintasan (n)
<i>Road roller</i>	± 2	Lebar roda total b - 0,2	3 – 5
<i>Tire roller</i>	Maks 10,0 *)	Lebar roda total b – 0,15*)	4 – 8
<i>Vibrating roller besar</i>	1,5 – 4,0	Lebar roda b – 0,2	4 – 12
<i>Vibrating roller kecil</i>	1,0 – 3,0	Lebar roda b – 0,1	4 – 12
<i>Soil compactor</i>	4 – 10	Lebar roda drive b – 0,2	4 – 12
<i>Tamper</i>	± 1,0		
<i>Macadam roller (TWR)</i>	± 2	Lebar roda total b – 0,2	6 – 8
<i>Tandem roller</i>	Maks 4,0 *)	Lebar roda total b – 0,15*)	2 awal + (4 – 8) akhir
<i>Bulldozer</i>	3,0 – 4,0	(Lebar sepatu x 2) b – 0,3 m	-
Tebal lapisan pada kondisi lepas (<i>loose</i>) sekitar 0,15 - - 0,5 m.			
<i>Bibliografi: 2) Specifications and Application Hand Book, Komatsu, Edition 28- Des2007. Pg.15A-21</i>			
*) Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. 6.3.6.4.)g)			

Untuk menghitung produktivitas *tandem roller* menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Q = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} v \times 1000 \times F_a \times t}{N \times n} \quad (2.8)$$

$$N = \frac{w}{b - b_0} \quad (2.9)$$

Keterangan:

Q = produksi *tandem roller* (m³/jam)

N = jumlah lajur lintasan pemadatan

b = lebar roda alat pemadat (m)

b₀ = lebar *overlap* (0,20 m)

v = kecepatan pemadatan (km/jam)

F_a = faktor efisiensi alat

t = tebal pemadatan (m)

n = jumlah lintasan

w = lebar area pemadatan (m)

2.9.3 *Pneumatic Tire Roller*

Pneumatic tire roller memiliki bentuk yang hampir menyerupai *tandem roller*, namun perbedaan utamanya terletak pada jenis rodanya. Jika *tandem roller* dilengkapi dengan roda berbahan besi, *pneumatic tire roller* justru menggunakan roda dari ban karet yang telah dipompa. Alat ini terdiri dari beberapa roda ban karet yang disusun secara selang-seling, sehingga bagian permukaan yang tidak tergilas oleh roda depan akan tergilas oleh roda belakang. Desain ini memastikan setiap permukaan yang dilewati mendapatkan tekanan yang merata. *Pneumatic tire roller* biasanya digunakan dalam proses pemadatan material *granular* seperti kerikil atau pasir, serta sering kali diandalkan dalam pekerjaan pemadatan *asphalt hotmix* sebagai alat penggilas antara, yaitu alat yang berperan di antara tahap awal dan akhir pemadatan (Tenrisukki, 2003). Keunggulan dari *pneumatic tire roller* ini adalah kemampuannya dalam memberikan tekanan yang lebih lembut namun tetap efisien dalam memastikan material yang dipadatkan memperoleh kepadatan yang optimal tanpa merusak struktur permukaannya.

Alat ini sangat cocok digunakan untuk proyek-proyek konstruksi seperti konstruksi jalan raya dan landasan pacu, di mana stabilitas dan kualitas permukaan sangat penting.



Gambar 2.6 : *Pneumatic Tire Roller*

Sama seperti halnya *tandem roller*, *pneumatic tire roller* juga alat pemadat yang berfungsi sebagai penggilas *asphalt hotmix* dengan menggunakan ban karet pada bagian depan dan belakang.

Untuk menghitung produktivitas alat *pneumatic tire roller* menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Q = \frac{\{N(b - b_0) + b_0\} v \times 1000 \times F_a \times t}{N \times n} \quad (2.10)$$

$$N = \frac{w}{(b - b_0)} \quad (2.11)$$

Keterangan:

Q = produksi *pneumatic tire roller* (m³/jam)

N = jumlah lajur lintasan pemadatan

b = lebar roda alat pemadat (m)

b₀ = lebar *overlap* (0,30 m)

v = kecepatan Pemadatan (km/jam)

F_a = faktor efisiensi alat

t = tebal pemadatan (m)

n = jumlah lintasan

w = lebar area pemadatan (m)

2.9.4 Asphalt Finisher

(Rostiyanti, 2008) *Asphalt finisher* adalah sebuah alat berat berbentuk traktor yang dilengkapi dengan roda ban atau roda *crawler* yang memiliki fungsi utama untuk menghamparkan campuran aspal panas secara merata di atas permukaan pondasi jalan yang telah dipersiapkan. Alat ini memiliki sistem mekanis yang dirancang untuk memastikan lapisan aspal tersebar dengan ketebalan yang tepat dan rata, sehingga hasil akhir dari permukaan jalan menjadi lebih halus dan siap untuk proses pemadatan.

Pemilihan tipe roda pada *asphalt finisher* sangat penting untuk disesuaikan dengan kondisi proyek. Jika proses pengaspalan memerlukan perpindahan alat secara sering atau jarak antar lokasi pekerjaan cukup jauh, maka *paver* dengan roda ban adalah pilihan yang lebih efisien. Keunggulan *paver* beroda ban terletak pada kemampuannya untuk bergerak lebih cepat dan fleksibel di atas permukaan jalan tanpa perlu waktu lama dalam pengangkutan.

Di sisi lain, jika proyek berada di wilayah yang memiliki kontur jalan menanjak atau menurun, penggunaan *paver* dengan roda *crawler* lebih disarankan. *Paver* jenis ini memberikan stabilitas yang lebih baik karena daya cengkram roda *crawler* terhadap permukaan tanah atau aspal lebih kuat. Hal ini memungkinkan alat bekerja dengan lebih stabil di medan yang tidak rata, serta mencegah tergelincir atau terguncang yang dapat mempengaruhi kualitas penghamparan aspal. Oleh karena itu, *paver* dengan roda *crawler* lebih menguntungkan untuk digunakan di area dengan topografi yang ekstrem, memberikan keandalan serta hasil yang konsisten. Secara keseluruhan, pemilihan tipe *asphalt finisher* harus memperhatikan faktor medan, jarak perpindahan alat, serta kebutuhan stabilitas saat bekerja untuk memastikan hasil pengaspalan yang optimal dan efisien.

Pada bagian depan *asphalt finisher*, terdapat komponen yang disebut *hooper*, yang berfungsi sebagai wadah penerima campuran aspal panas yang dibawa oleh *dump truck*. Setelah campuran aspal dituangkan ke dalam *hooper*, material tersebut dialirkan menuju bagian belakang mesin menggunakan sistem *conveyor*. *Conveyor* ini bertugas memindahkan campuran aspal secara merata ke *auger*, yang kemudian berperan dalam mendistribusikan campuran aspal tersebut ke permukaan pondasi

jalan yang telah disiapkan. *Auger* dirancang untuk memastikan penyebaran aspal yang merata di sepanjang lebar permukaan jalan yang sedang dikerjakan.

Selama proses penghamparan, kecepatan pergerakan *paver* harus dijaga agar tetap konstan. Stabilitas kecepatan ini sangat penting untuk memastikan bahwa lapisan aspal yang dihamparkan memiliki ketebalan yang seragam dan permukaannya rata. Jika *paver* bergerak terlalu cepat, maka material aspal tidak akan terdistribusi dengan baik, dan *screed* (komponen yang berfungsi untuk meratakan serta memadatkan aspal) akan mengalami penurunan. Hal ini akan menyebabkan ketebalan lapisan aspal berkurang, yang dapat berdampak negatif pada kualitas akhir dari permukaan jalan. Sebaliknya, jika *paver* bergerak terlalu lambat, hasil penghamparan aspal bisa menjadi terlalu tebal atau tidak merata, yang juga dapat menyebabkan deformasi pada permukaan jalan setelah proses pemadatan.

Untuk mencapai hasil yang optimal, operator harus mampu mengontrol kecepatan *paver* dengan sangat baik, menyesuaikannya dengan volume aspal yang tersedia dan kondisi lapangan. Selain itu, pengaturan suhu campuran aspal juga harus diperhatikan agar proses penghamparan berjalan dengan lancar dan kualitas permukaan jalan sesuai dengan spesifikasi. Dengan demikian, menjaga kecepatan konstan pada *paver* bukan hanya soal efisiensi, tetapi juga kunci untuk menghasilkan jalan aspal yang rata, kokoh, dan tahan lama.



Gambar 2.7 : *Asphalt Finisher*

Alat ini digunakan untuk membawa *asphalt hotmix* lalu dihamparkan ke pondasi jalan yang akan dibuat. *Asphalt hotmix* tersebut dibawa setelah dilakukan proses *mixing plant*.

Untuk menghitung produktivitas *asphalt finisher* menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Q = v \times b \times 60 \times F_a \times t \quad (2.12)$$

Keterangan:

Q = produksi *asphalt finisher* (m³/jam)

v = kecepatan menghampar (m/menit)

b = lebar hamparan (m)

F_a = faktor efisiensi alat

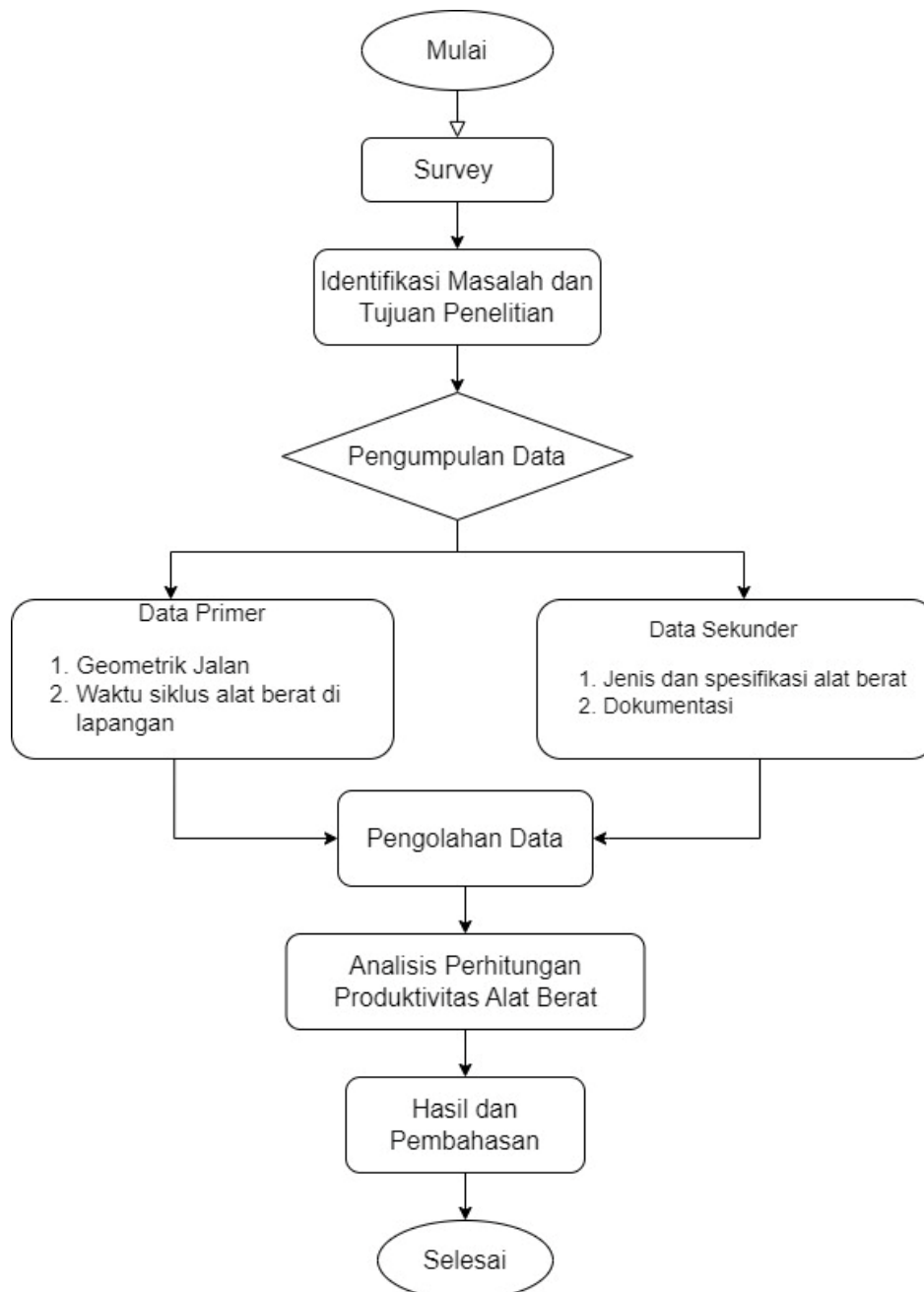
t = tebal penghamparan (m)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Tahapan - tahapan pada penelitian ini dijabarkan melalui bagan alir penelitian pada gambar berikut.



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian

3.2 Lokasi Proyek

Proyek pembangunan *overlay* jalan aspal ini dilakukan di Jalan Tebing Tinggi - Siantar Kecamatan Dolok Merawan, Kabupaten Serdang Bedagai pada titik STA 11+400 – 12+400 sepanjang 1000 meter.



Gambar 3.2 : Peta Lokasi Proyek Pembangunan

3.3 Metode Penelitian Proyek

Metode yang dilakukan untuk penelitian ini dengan cara observasi langsung ke proyek dengan melihat kondisi di lapangan pada pembangunan *overlay* jalan dan dilakukan wawancara dengan operator dan mandor terkait dengan alat berat untuk dapat melakukan penelitian sehingga dapat membuat kesimpulan pada penelitian dari permasalahan yang ada.

Selain itu, dilakukan juga metode studi literatur yang berhubungan dengan topik pembahasan sebagai referensi untuk teori tambahan atau teori pendukung guna memperkuat pemahaman materi dalam menyelesaikan permasalahan dalam penelitian tersebut.

3.4 Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengenai produktivitas alat berat pada pekerjaan aspal yang bertujuan untuk memecahkan persoalan yang ada dengan melakukan penelitian, dimulai dari observasi, penentuan masalah, pengambilan data, analisis, hingga menentukan kesimpulan atas permasalahan yang ada agar pekerjaan yang dilakukan dapat efisien dari penggunaan alat hingga waktu pekerjaan. Penjabaran pada penelitian ini dijelaskan di bagan alir pada gambar 3.1.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan pengumpulan data mengenai judul penelitian, yaitu analisis produktivitas alat berat pada pembangunan *overlay* jalan aspal. Pengumpulan data didukung dengan 2 bagian, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer diperoleh dengan cara melakukan peninjauan langsung ke lapangan, melakukan pengamatan di lapangan kemudian dilakukan wawancara kepada pihak-pihak yang terjun langsung ke proyek pembangunan, seperti operator, mandor, dan lain sebagainya.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung, yaitu data-data yang didapat dari instansi yang bersangkutan. Pada dasarnya data sekunder yang ingin diperoleh berupa data laporan dan dokumentasi yang tersimpan di instansi terkait.

3.6 Metode Pengolahan Data

Langkah-langkah kerja dalam analisis produktivitas alat berat pada pekerjaan pembangunan *overlay* jalan aspal pada jalan Tebing Tinggi - Siantar Kabupaten Serdang Bedagai terdiri dari:

1. Menentukan jenis-jenis alat pekerjaan
2. Menghitung durasi pekerjaan pada alat-alat berat
3. Menghitung produktivitas alat berat.

3.7 Data Produktivitas Alat Berat

Adapun perolehan data produktivitas alat berat yang didapat berupa Data Primer dan Data Sekunder pada pekerjaan pembangunan *overlay* jalan aspal pada jalan Tebing Tinggi - Siantar pada STA 11+400 sampai 12+400 adalah sebagai berikut.

1. Lebar Jalan : 7 meter
2. Panjang Jalan : 1000 meter
3. Jam Kerja : 8 jam/hari
4. Lapis Aspal : 4 cm atau 0,04 meter (AC-WC)

3.7.1 Data Spesifikasi Alat Berat

1. *Dump Truck*

Merk alat	: Mitsubishi
Tipe alat	: Fuso 220 PS 6x4 HD
Kapasitas bak	: 34 ton
Panjang alat	: 8,5 m
Lebar alat	: 2,4 m
Tinggi alat	: 2,7 m
Kecepatan maksimum	: 74 km/jam
Panjang bak muatan	: 6,43 m
Lebar bak muatan	: 2,4 m
Tinggi bak muatan	: 2,6 m
Efisiensi kerja	: 0,80
Jumlah unit alat	: 5 unit

2. *Tandem Roller*

Merk alat	: Bomag
Tipe alat	: BW141AD-2
Lebar alat (b)	: 1,68 m
Panjang alat	: 4,38 m
Berat alat	: 6,9 ton

Lebar *overlap* alat (b_0) : 0,2 m atau 20 cm
Kecepatan pemadatan alat (V) : 3 km/jam
Tebal lapisan dipadatkan (t) : 0,04 m atau 4 cm
Jumlah lintasan pemadatan (n) : 6 lintasan (2 awal + 4 akhir)
Efisiensi kerja : 0,80
Jumlah unit alat : 1 unit

3. *Pneumatic Tire Roller*

Merk alat : Sakai
Tipe alat : TS 150
Lebar alat (b) : 2,1 m
Panjang alat : 4,65 m
Berat alat : 10 – 12 ton
Lebar *overlap* alat (b_0) : 0,3 m atau 30 cm
Kecepatan pemadatan alat (V) : 4 km/jam
Tebal lapisan pemadatan (t) : 0,04 m atau 4 cm
Jumlah lintasan pemadatan (n) : 12 lintasan
Efisiensi kerja : 0,83
Jumlah unit alat : 2 unit

4. *Asphalt Finisher*

Merk alat : Sumitomo
Tipe alat : HA40W5
Kapasitas *hooper* : 10 ton
Lebar hampar aspal (b) : 3,5 m
Tebal hampar aspal gembur (t) : 0,052 m atau 5,2 cm
Kecepatan hampar aspal (v) : 3 m/menit
Efisiensi kerja : 0,83
Jumlah unit alat : 1 unit

3.7.2 Data Volume Pekerjaan

Pada penelitian ini, batasan yang telah dibuat yaitu pekerjaan pembangunan *overlay* jalan Aspal pada jalan Tebing Tinggi – Siantar pada Kecamatan Dolok Merawan, Kabupaten Serdang Bedagai pada STA 11+400 sampai 12+400 serta dengan perkerasan aspal 1 lapis dengan tebal 4 cm atau 0,04 m.

Dalam pekerjaan pengaspalan, perlu diketahui bahwa untuk menghitung pekerjaan pengaspalan yaitu harus mengetahui berapa volume aspal yang diperlukan. Untuk menghitung volume pekerjaan pengaspalan yaitu memiliki rumus panjang jalan x lebar jalan x tebal aspal x berat jenis aspal.

Berdasarkan data yang telah diperoleh, untuk volume pekerjaan pengaspalan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan per hari} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal} \times \text{berat jenis aspal} \\ &= 1000 \times 7 \times 0,04 \times 2,29 \\ &= 641,2 \text{ ton}\end{aligned}$$

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data

Deskripsi data yang akan disajikan dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran secara umum mengenai data yang diperoleh di lapangan. Berdasarkan survey yang dilakukan, maka diperoleh beberapa data yang ada di lapangan berupa data volume pekerjaan untuk *overlay* jalan aspal AC-WC.

4.2 Perhitungan Analisa Data

4.2.1 Produktivitas *Dump Truck*

Material *Asphalt Hotmix* yang dibawa dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) dengan *Dump Truck* menuju tempat lokasi proyek (lokasi dimana *Asphalt Finisher* berada). Untuk menghitung jumlah produksi per-jam dari *dump truck* yang melakukan pekerjaan digunakan data sebagai berikut.

Efisiensi kerja (F_{ADT})	: 0,80
Status alat	: sedang
Kapasitas bak (V)	: 34 ton
Kecepatan rata-rata beban kosong (v_r)	: 60 km/jam
Kecepatan rata-rata bermuatan (v_f)	: 40 km/jam
Jarak tempuh AMP ke lokasi proyek (L)	: 96 km
Kapasitas produksi aspal per hari (Q_t)	: 160,3 ton
Berat isi campuran aspal panas (D)	: 2,29 ton/m ³
Kapasitas pugmill (pm)	: 1000 kg
Jumlah alat berat yang digunakan	: 5 unit

- Menghitung waktu siklus

$$\begin{aligned} \text{Waktu mengisi (T}_1\text{)} &= \frac{V \times 1000}{pm} \times 1,0 \text{ menit} \\ &= \frac{34 \times 1000}{1000} \times 1,0 \text{ menit} \\ &= 34 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu angkut (T}_2\text{)} &= \frac{L}{V_f} \times 60 \\ &= \frac{96}{40} \times 60 \\ &= 144 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu menunggu, dumping, putar (T}_3\text{)} = 10 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu kembali (T}_4\text{)} &= \frac{L}{V_r} \times 60 \\ &= \frac{96}{60} \times 60 \\ &= 96 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus (T}_s\text{)} &= T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \\ &= 34 + 144 + 10 + 96 \\ &= 284 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Menghitung Produktivitas per jam (m^3/jam)

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi (Q}_{DT}\text{)} &= \frac{V \times FaDT \times 60}{D \times T_s} \\ &= \frac{34 \times 0,80 \times 60}{2,29 \times 284} \\ &= 2,51 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- Koefisien alat per m^3

$$\begin{aligned} \text{Koefisien alat/m}^3 &= \frac{1}{QDT} \\ &= \frac{1}{2,51} \\ &= 0,3984 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Kapasitas produktivitas *dump Truck* per hari

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas } \textit{dump truck} \text{ per jam} \times \text{jam kerja per hari} &= 2,51 \times 8 \\ &= 20,08 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Pada pengoperasian alat berat, dapat diketahui bahwa penggunaan alat berat dapat menentukan waktu yang dibutuhkan alat berat untuk bekerja di lapangan. Akan tetapi, pada pekerjaan pengaspalan alat berat *dump truck* bekerja hanya 1 kali beroperasi yaitu pada saat *dump truck* membawa *asphalt hotmix* dari AMP ke lokasi proyek/lapangan. Untuk pekerjaan *overlay* jalan aspal *dump truck* yang digunakan sebanyak 5 unit dengan bekerja 1 kali pengiriman *asphalt hotmix* dari AMP ke titik lokasi proyek dalam 1 hari kerja.

4.2.2 Produktivitas *Tandem Roller*

Pada pekerjaan pemadatan, alat berat ini digunakan untuk menggilas aspal yang telah dihamparkan. *Tandem roller* ini digunakan pada pekerjaan pemadatan agar hasil akhir permukaan jalan yang diaspal menjadi rata dan tidak bergelombang. Dalam menghitung produksi kerja alat ini, adanya diperlukann data-data berikut.

Efisiensi kerja (F_a)	: 0,80
Status alat	: sedang
Lebar alat/lebar drum (b)	: 1,68 m
Lebar <i>overlap</i> (b_0)	: 0,2 m atau 20 cm
Lebar area pemadatan (W)	: 3,5 m
Kecepatan pemadatan (v)	: 3 km/jam
Tebal pemadatan (t)	: 0,04 m (AC-WC)
Jumlah lintasan (n)	: 6 lintasan
Jumlah alat berat yang digunakan	: 1 unit

- Menghitung jumlah lajur lintasan pemadatan (N)

Untuk menentukan jumlah lajur lintasan pemadatan, yaitu dihitung lebar efektif pemadatan ($b_e = b - b_0$), ket : lebar roda alat – lebar *overlap*. Akan tetapi, terdapat ketentuan jika lebar area pemadatan (W) lebih besar dari lebar roda alat (b), maka ditentukan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lajur lintasan pemadatan (N)} &= \frac{W}{b - b_0} \\ &= \frac{3,5}{1,68 - 0,2} \\ &= 3 \end{aligned}$$

- Menghitung produktivitas per jam (m^3/jam)

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi (Q}_{TR}) &= \frac{(N \times (b - b_0) + b_0) v \times 1000 \times F_a \times t}{N \times n} \\ &= \frac{(3 \times (1,68 - 0,2) + 0,2) 3 \times 1000 \times 0,80 \times 0,04}{3 \times 6} \\ &= \frac{445,44}{18} \\ &= 24,75 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- Koefisien alat per m^3

$$\text{Koefisien alat/m}^3 = \frac{1}{Q_{TR}}$$

$$= \frac{1}{24,75}$$

$$= 0,0404 \text{ jam}$$

- Kapasitas produktivitas *tandem roller* per hari

Produktivitas *tandem roller* per jam x jam kerja per hari

$$= 24,75 \times 8$$

$$= 198 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Menghitung waktu kerja alat berat *tandem roller*

Waktu kerja alat berat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{jumlah alat} \times \text{produktivitas alat per jam}}$

$$= \frac{641,2}{1 \times 24,75}$$

$$= \frac{641,2}{24,75}$$

$$= 25,91 \text{ jam}$$

4.2.3 Produktivitas *Pneumatic Tire Roller*

Sama halnya dengan *tandem roller*, *pneumatic tire roller* berfungsi sebagai alat untuk menggilas aspal yang telah dihamparkan. Alat ini digunakan pada saat pekerjaan pemadatan pada proyek pekerjaan jalan. Dalam pekerjaannya, *pneumatic tire roller* dan *tandem roller* berjalan secara beriringan, yaitu pada saat aspal telah dihamparkan *tandem roller* berjalan memadatkan permukaan aspal lalu diikuti oleh *Pneumatic tire roller* dibelakangnya. Kapasitas produksi alat *Pneumatic tire roller* memerlukan data-data berikut.

Efisiensi kerja (F_a)	: 0,83
Status alat	: baik
Lebar roda alat pemadat (b)	: 2,1 m
Lebar <i>overlap</i> (b_0)	: 0,3 m atau 30 cm
Lebar area pemadatan (W)	: 3,5 m
Kecepatan pemadatan (v)	: 4 km/jam
Tebal pemadatan (t)	: 0,04 m (AC-WC)
Jumlah lintasan (n)	: 12 lintasan
Jumlah alat berat yang digunakan	: 2 unit

- Menghitung jumlah lajur lintasan pemadatan (N)

Sama seperti *tandem roller*, untuk menentukan jumlah lajur lintasan pemadatan, yaitu dihitung lebar efektif pemadatan ($b_e = b - b_0$), ket : lebar roda alat – lebar *overlap*. Akan tetapi, terdapat ketentuan jika lebar area pemadatan (W) lebih besar dari lebar roda alat (b), maka ditentukan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lajur lintasan pemadatan (N)} &= \frac{W}{b - b_0} \\ &= \frac{3,5}{2,1 - 0,3} \\ &= 2 \end{aligned}$$

- Menghitung produktivitas per jam (m^3/jam)

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi (QPTR)} &= \frac{(N \times (b - b_0) + b_0) v \times 1000 \times \text{Fact}}{N \times n} \\ &= \frac{(2 \times (2,1 - 0,3) + 0,3) 4 \times 1000 \times 0,83 \times 0,04}{2 \times 12} \\ &= \frac{517,92}{24} \\ &= 21,58 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- Koefisien alat per m^3

$$\begin{aligned} \text{Koefisien alat/m}^3 &= \frac{1}{\text{QPTR}} \\ &= \frac{1}{21,58} \\ &= 0,0463 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Kapasitas produktivitas *pneumatic tire roller* per hari

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas } \textit{pneumatic tire roller} \text{ per jam} \times \text{jam kerja per hari} \\ &= 21,58 \times 8 \\ &= 172,64 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

- Menghitung waktu kerja alat berat *pneumatic tire roller*

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja alat berat} &= \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{jumlah alat} \times \text{produktivitas alat per jam}} \\ &= \frac{641,2}{2 \times 21,58} \\ &= \frac{641,2}{43,16} \\ &= 14,86 \text{ jam} \end{aligned}$$

4.2.4 Produktivitas *Asphalt Finisher*

Pekerjaan penghamparan aspal pada saat material *asphalt hotmix* telah sampai pada lokasi proyek, material tersebut dibuang ke alat penghampar yaitu *asphalt finisher*. Penghamparan dilakukan menyesuaikan dengan lapisan perkerasan yang telah ditentukan pada pekerjaan proyek. Kapasitas produksi pada alat berat *asphalt finisher* memerlukan data-data berikut.

Efisiensi kerja (F_a)	: 0,83
Status alat	: baik
Kecepatan menghampar (v_{AF})	: 3 m/menit
Lebar menghampar (b_{AF})	: 3,5 m
Tebal menghampar (t_{AF})	: 4 cm atau 0,04 m
Jumlah alat berat yang digunakan	: 1 unit

- Menghitung produktivitas per jam (m^3 /jam)

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas produksi (}Q_{AF}\text{)} &= v \times b \times 60 \times F_a \times t \\ &= 3 \times 3,5 \times 60 \times 0,83 \times 0,04 \\ &= 20,92 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

- Koefisien alat per m^3

$$\begin{aligned}\text{Koefisien alat/m}^3 &= \frac{1}{Q_{AF}} \\ &= \frac{1}{20,92} \\ &= 0,0478 \text{ jam}\end{aligned}$$

- Kapasitas produktivitas *asphalt finisher* per hari

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas } \textit{asphalt finisher} \text{ per jam} \times \text{jam kerja per hari} &= 20,92 \times 8 \\ &= 167,36 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

- Menghitung waktu kerja alat berat *asphalt finisher*

$$\begin{aligned}\text{Waktu kerja alat berat} &= \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{jumlah alat} \times \text{produktivitas alat per jam}} \\ &= \frac{641,2}{1 \times 20,92} \\ &= \frac{641,2}{20,92} \\ &= 30,65 \text{ jam}\end{aligned}$$

4.3 Perbandingan Produktivitas Alat Dengan Merk Dan Tipe Lain

1. *Tandem Roller*

Merk alat	: Bomag
Tipe Alat	: BW203AD-4
Efisiensi kerja (F_a)	: 0,83
Status alat	: sedang
Lebar alat/lebar drum (b)	: 2,135 m
Lebar <i>overlap</i> (b_0)	: 0,2 m atau 20 cm
Lebar area pemadatan (W)	: 3,5 m
Kecepatan pemadatan (v)	: 3 km/jam
Tebal pemadatan (t)	: 0,04 m (AC-WC)
Jumlah lintasan (n)	: 6 lintasan

- Jumlah lajur lintasan pemadatan (N)

$$= \frac{W}{b - b_0}$$

$$= \frac{3,5}{2,135 - 0,2}$$

$$= 2$$
- Produktivitas per jam (Q_{TR})

$$= \frac{(N \times (b - b_0) + b_0) v \times 1000 \times F_a \times t}{N \times n}$$

$$= \frac{(2 \times (2,135 - 0,2) + 0,2) 3 \times 1000 \times 0,83 \times 0,04}{2 \times 6}$$

$$= \frac{405,372}{12}$$

$$= 33,781 \text{ m}^3/\text{jam}$$
- Produktivitas *tandem roller* per jam x jam kerja per hari

$$= 33,781 \times 8$$

$$= 270,248 \text{ m}^3/\text{hari}$$
- Waktu kerja alat berat

$$= \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{jumlah alat} \times \text{produktivitas alat per jam}}$$

$$= \frac{641,2}{1 \times 33,781}$$

$$= \frac{641,2}{33,781}$$

$$= 18,98 \text{ jam}$$

Tabel 4.1 : Perbandingan *tandem roller* Bomag BW141AD-2 dengan *tandem roller* Bomag BW203AD-4

Uraian	Bomag BW141AD-2	Bomag BW203AD-4
Produktivitas per jam	24,75 m ³ /jam	33,781 m ³ /jam
Produktivitas per hari	198 m ³ /hari	270,248 m ³ /hari
Waktu kerja alat	25,91 jam	18,98 jam

2. *Asphalt Finisher*

- Merk alat : Sumitomo
- Tipe alat : HA60C
- Efisiensi kerja (F_a) : 0,83
- Status alat : baik
- Kecepatan menghampar (v_{AF}) : 4 m/menit
- Lebar menghampar (b_{AF}) : 3,5 m
- Tebal menghampar (t_{AF}) : 4 cm atau 0,04 m
- Jumlah alat berat yang digunakan : 1 unit
- Produktivitas per jam (Q_{AF})

$$= v \times b \times 60 \times F_a \times t$$

$$= 4 \times 3,5 \times 60 \times 0,83 \times 0,04$$

$$= 27,89 \text{ m}^3/\text{jam}$$
 - Produktivitas *asphalt finisher* per jam x jam kerja per hari

$$= 20,92 \times 8$$

$$= 223,12 \text{ m}^3/\text{hari}$$
 - Waktu kerja alat berat

$$= \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{jumlah alat} \times \text{produktivitas alat per jam}}$$

$$= \frac{641,2}{1 \times 27,89}$$

$$= \frac{641,2}{27,89}$$

$$= 22,99 \text{ jam}$$

Tabel 4.2 : Perbandingan *asphalt finisher* Sumitomo HA40W5 dengan *asphalt finisher* Sumitomo HA60C

Uraian	Sumitomo HA40W5	Sumitomo HA60C
Produktivitas per jam	20,92 m ³ /jam	27,89 m ³ /jam
Produktivitas per hari	167,36 m ³ /hari	223,12 m ³ /hari
Waktu kerja alat	30,65 jam	22,99 jam

3. *Dump Truck*

Merk alat	: Mitsubishi
Tipe alat	: Colt Diesel 125 PS Fe 74
Efisiensi kerja (F_{ADT})	: 0,80
Status alat	: sedang
Kapasitas bak (V)	: 16 ton
Kecepatan rata-rata beban kosong (v_r)	: 60 km/jam
Kecepatan rata-rata bermuatan (v_f)	: 40 km/jam
Jarak tempuh AMP ke lokasi proyek (L)	: 96 km
Kapasitas produksi dalam 1 hari (Q_t)	: 160,3 ton
Berat isi campuran aspal panas (D)	: 2,29 ton/m ³
Kapasitas pugmill (pm)	: 1000 kg

- Waktu siklus

$$\text{Waktu mengisi (T}_1\text{)} = \frac{V \times 1000}{pm} \times 1,0 \text{ menit}$$

$$= \frac{16 \times 1000}{1000} \times 1,0 \text{ menit}$$

$$= 16 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu angkut (T}_2\text{)} = \frac{L}{v_f} \times 60$$

$$= \frac{96}{40} \times 60$$

$$= 144 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu menunggu, dumping, putar (T}_3\text{)} = 7 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu kembali (T}_4\text{)} = \frac{L}{v_r} \times 60$$

$$= \frac{96}{60} \times 60$$

$$= 96 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu siklus (T}_s\text{)} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

$$= 16 + 144 + 7 + 96$$

$$= 263 \text{ menit}$$

- Produktivitas per jam (Q_{DT})

$$= \frac{V \times FaDT \times 60}{D \times Ts}$$

$$= \frac{16 \times 0,80 \times 60}{2,29 \times 263}$$

$$= 1,28 \text{ m}^3/\text{jam}$$
- Produktivitas *dump truck* per jam x jam kerja per hari

$$= 1,28 \times 8$$

$$= 10,24 \text{ m}^3/\text{hari}$$
- Jumlah unit alat berat per hari

$$= \frac{Qt}{V}$$

$$= \frac{160,3}{16}$$

$$= 10,02 \text{ atau } 10 \text{ unit alat}$$

Tabel 4.3 : Perbandingan *dump truck* Mitsubishi Fuso 220 PS 6x4 HD dengan *dump truck* Mitsubishi Colt Diesel 125 PS Fe 74

Uraian	Mitsubishi Fuso 220 PS 6x4 HD	Mitsubishi Colt Diesel 125 PS Fe 74
Produktivitas per jam	2,51 m ³ /jam	1,28 m ³ /jam
Produktivitas per hari	20,08 m ³ /hari	10,24 m ³ /hari
Jumlah unit alat per hari	5 unit alat	10 unit alat

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun hasil kesimpulan yang di dapat dari pekerjaan pembangunan *overlay* jalan aspal pada jalan Tebing Tinggi – Siantar pada STA 11+400 sampai 12+400 di kecamatan Dolok Merawan, Kabupaten Serdang Bedagai yaitu:

1. Produktivitas Alat
 - a. 1 unit *Dump Truck* didapat sebesar 2,51 m³/jam
 - b. 1 unit *Tandem Roller* didapat sebesar 24,75 m³/jam
 - c. 1 unit *Pneumatic Tire Roller* didapat sebesar 21,58 m³/jam
 - d. 1 unit *Asphalt Finisher* didapat sebesar 20,92 m³/jam
2. Waktu dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan pengaspalan.
 - a. 1 unit *tandem roller* membutuhkan waktu selama 25,91 jam
 - b. 2 unit *pneumatic tire roller* membutuhkan waktu selama 14,86 jam
 - c. 1 unit *asphalt finisher* membutuhkan waktu selama 30,65 jam
3. Perbandingan alat berat yang lebih optimal digunakan di lapangan
 - a. *Tandem roller* Bomag BW203AD-4 dengan produktivitas alat sebesar 33,781 m³/jam dan waktu kerja alat selama 18,98 jam lebih optimal daripada *Tandem roller* Bomag BW141AD-2 dengan produktivitas alat sebesar 24,75 m³/jam dan waktu kerja alat selama 25,91 jam.
 - b. *Asphalt finisher* Sumitomo HA60C dengan produktivitas alat sebesar 27,89 m³/jam dan waktu kerja alat selama 22,99 jam lebih optimal daripada *asphalt finisher* Sumitomo HA40W5 dengan produktivitas alat sebesar 20,92 m³/jam dan waktu kerja alat selama 30,65 jam
 - c. *Dump truck* Mitsubishi Fuso 220 PS 6x4 HD dengan produktivitas alat sebesar 2,51 m³/jam dan jumlah unit alat yang digunakan per hari sebanyak 5 unit alat lebih optimal daripada *dump truck* Mitsubishi Colt Diesel 125 PS Fe 74 dengan produktivitas alat sebesar 1,28 m³/jam dan jumlah unit alat yang digunakan per hari sebanyak 10 unit alat.

5.2 Saran

1. Untuk mencapai kapasitas produksi yang maksimal, kondisi alat berat harus bagus dan operator yang menggunakan alat tersebut harus berpengalaman pada bidangnya.
2. Pengawasan pada pekerjaan lebih diperketat agar operator alat berat yang mengoperasikannya dapat bekerja dengan baik.
3. Pemilihan alat berat sangat berpengaruh terhadap *progress* pekerjaan yang dilakukan, maka pemilihan alat berat harus dilakukan dengan teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Aoliya, I., Wiranto, P., & Mudianto, A. (2021). *Analisa Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan Jalan Ruas Lingkar Pulau Marsela Provinsi Maluku Barat Daya*.
- Arrasyid, M. H., Yulianto, T., & Sundari, T. (2021). *Analisis Produktivitas Alat Berat Di Proyek Pembangunan/Rehabilitasi Jalan Kelurahan Kepanjen Kab. Jombang* (Vol. 1, Issue 1).
- Faizah, N., Purba, A., & Dinas, W. (2022). *Prosiding Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP) Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Pematatan Perkerasan Aspal Pada Proyek Peningkatan Jalan Ruas Pasar Banjit - Jukuh Batu Kabupaten Way Kanan*.
- Fran Ewal, O., & Indrayadi, M. (2020). *Analisa Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Simpang Manis Raya-Sekujam Timbai*.
- Janizar, S., Hadi Abdullah, F., & Winaya Mukti, U. (2021). *Efisiensi Waktu Dan Biaya Dalam Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Pemeliharaan Overlay Ruas Tol Cipularang Jalur A. Teknik Sipil*.
- Komalasari, M., Fardila, D., Dharmawansyah, D., & Kurniati, E. (2023). Analisis Produktivitas Alat Berat dan Pekerja di Pekerjaan Pengcoran Lantai Spillway pada Proyek Pembangunan Bendungan. *Rekayasa Sipil*, 17(3), 260–265. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.03.5>
- Kulo, E. N., Waani, J. E., & Kaseke, O. H. (2017). Analisa Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jalan Lingkar SKPD Tahap 2 Lokasi Kecamatan Tutuyan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur). *Jurnal Sipil Statik*, Vol.5 No 7, 465–474.
- Mahanggi, M. (2019). *Penentuan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Berdasarkan Lendutan Balik Pada Ruas Jalan Nani Wartabone Kabupaten Bone Bolango*.
- Manguande, J., Manoppo, M. R. E., & Sendow, T. K. (2020). Analisis Perbandingan Desain Overlay Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga 2017 Menggunakan Data Lendutan BB Dan AASHTO 1993 Menggunakan Data Lendutan FWD (Study Kasus: Ruas Jalan Airmadidi-Kairagi). *Jurnal Sipil Statik*, 8(1), 23–32.
- Nauval Ibrahim, M., & Narendra, A. (2023). *Perbandingan Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur Berdasarkan Biaya Dan Umur Rencana (Studi Kasus Lot-3 Jembatan Kretek 2 Bantul)*.

- Permen PUPR No. 8. (2023). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2023 Tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.*
- Pratiwi, D., & Lestari, F. (2022). *Produktivitas Alat Untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkar ITERA* (Vol. 03, Issue 01). <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/tekniksipilJurnalTeknikSipil>
- Purwanto, T., Wiranto, P., & Abstrak, H. L. (2019). *Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan Jalan Ruas Larat-Lamdesar Provinsi Maluku.*
- Raya Prima, G., Hafudiansyah, E., Kunci, K., Berat, A., & Tol, J. (2022). *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Proyek Jalan Tol (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Pematang Panggang-Kayu Agung Seksi 2, Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan). Volume 3, No. 2.*
- Rizkiawan, E., Setiawan, A., & Legowo, J. (2017). *Perencanaan Tebal Lapis Tambah (Overlay) Metode PD T-05-2005-B Dan Metode SDPJL Pada Ruas Jalan Klaten-Prambanan.*
- Rostiyanti. (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi.*
- Tenrisukki, A. T. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis.*
- Wibowo, A. P., Tarigan, G., & Simbolon, R. H. T. (2021). Analisis Ketebalan Overlay Terhadap Kerusakan Jalan Pada Jalan Kisaran-Desa Rawang Panca Arga Kabupaten Asahan. In *Cetak) Buletin Utama Teknik* (Vol. 17, Issue 1). Online.
- Yanti Siregar, S., & Pasaribu, H. M. (2021). Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Gedung Pusdiklat Prasadha Jinadhammo. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 1(2). <https://doi.org/10.51510/agregat.v1i2.515>

LAMPIRAN



Gambar L1 : *Dump Truck*



Gambar L2 : *Tandem Roller*



Gambar L3 : *Pneumatic Tire Roller*



Gambar L4 : *Asphalt Finisher*



Gambar L5 : *Dump Truck* menuang aspal ke *Asphalt Finisher*



Gambar L6 : Pemasakan Menggunakan *Tandem Roller* dan *Pneumatic Tire Roller*

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Muhammad Hafiz Alfarizi
Nama Panggilan : Hafiz
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 8 Agustus 2002
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Pasar V Gg. Salak 44 No. 8 Tembung
Agama : Islam

NAMA ORANG TUA

Ayah : Ir. MS Birgantara
Ibu : Dra. Adawiyah M.Si
No. HP : 082363041756
Email : hafizalfarizi8802@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2007210178
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama Sekolah	Tahun Kelulusan
1.	SD	SD Sabilina	2014
2.	SMP	SMP Muhammadiyah 1 Medan	2017
3.	SMA	SMAN 6 MEDAN	2020
4.	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2020 sampai selesai		