

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PRODUKTIVITAS PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA
PEKERJAAN PENINGKATAN JALAN KECAMATAN PANEI KABUPATEN
SIMALUNGUN
(STUDI KASUS)**

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

Disusun Oleh:

MAULANA AIDIL FADLI

2007210146



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 : Maulana Aidil Fadli

NPM : 2007210146

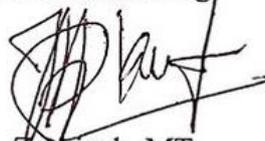
Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Produktivitas Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan
Peningkatan Jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun
(Studi Kasus)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 26 Agustus 2024

Dosen Pembimbing



Ir. Zurkiyah, MT.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Maulana Aidil Fadli

NPM : 2007210146

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Produktivitas Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan
Peningkatan Jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun
(Studi Kasus)

Bidang Ilmu : Transportasi

Medan, 26 Agustus 2024

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Ir. Zurkiyah, MT.

Dosen Pembanding I



Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain ST, MSc, PhD, IPM

Dosen Pembanding II



Zulkifli Siregar, ST., MT.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain ST, MSc, PhD, IPM

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maulana Aidil Fadli
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/12 Februari 2003
NPM : 2007210146
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Analisis Produktivitas Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun (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 orisinil 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, 26 Agustus 2024

Saya yang menyatakan,



Maulana Aidil Fadli

NPM: 2007210146

ABSTRAK

Analisis Produktivitas Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun (Studi Kasus)

Maulana Aidil Fadli
2007210146
Ir. Zurkiyah, MT.

Jalan Saribu Dolok yang terletak di Kecamatan Panei, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara, sebelumnya mengalami kondisi jalan yang sangat memprihatinkan dengan banyak lubang besar dan genangan air. Hal ini mengganggu kenyamanan lalu lintas, sehingga diperlukan peningkatan untuk memastikan jalan dapat melayani arus lalu lintas dengan baik. Pemeliharaan jalan adalah salah satu solusi untuk menjaga kondisi jalan tetap optimal, meliputi pekerjaan peningkatan kualitas, pelebaran, dan penggunaan alat berat seperti *dump truck*, *asphalt finisher*, *tandem roller*, dan *pneumatic tire roller*. Untuk efisiensi, perhitungan produktivitas alat berat, biaya sewa, dan biaya operasional kendaraan sangat penting. Dari analisis, diperoleh hasil produktivitas alat berat: QDT (*Dump Truck*) sebesar 9,85 ton, QAF (*Asphalt Finisher*) 51,32 ton, QTR (*Tandem Roller*) 64,94 ton, dan QPTR (*Pneumatic Tire Roller*) 54,17 ton. Biaya yang diperlukan untuk pengerjaan aspal dengan total 1891,54 ton mencapai Rp220.791.803,46. Berdasarkan kemampuan alat, proyek dengan volume 1891,54 ton, panjang 2800 meter, lebar 5 meter, dan tebal 0,05 meter diperkirakan memerlukan waktu 40 hari untuk selesai. Dengan perhitungan ini, dapat disimpulkan bahwa proyek perbaikan jalan di Kecamatan Panei dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien dengan penggunaan alat berat yang tepat. berapa kata kalimat tersebut.

Kata Kunci: Produktivitas, alat berat, peningkatan jalan, *dump truck*, *asphalt finisher*, *tandem roller*, *pneumatic tire roller*.

ABSTRACT

Productivity Analysis of the Use of Heavy Equipment in Road Improvement Work in Panei District, Simalungun Regency (Case study)

Maulana Aidil Fadli
2007210146
Ir. Zurkiyah, MT.

Road Saribu Dolok, located in the Panei District of Simalungun Regency, North Sumatra Province, previously had very concerning road conditions with numerous large potholes and water puddles. This hindered traffic comfort, making improvements necessary to ensure the road can handle traffic flow properly. Road maintenance is one solution to keep the road in optimal condition, involving quality enhancement work, road widening, and the use of heavy equipment such as dump trucks, asphalt finishers, tandem rollers, and pneumatic tire rollers. For efficiency, calculating the productivity of heavy equipment, rental costs, and operational costs is crucial. The analysis revealed the productivity of the heavy equipment: QDT (Dump Truck) at 9.85 tons, QAF (Asphalt Finisher) at 51.32 tons, QTR (Tandem Roller) at 64.94 tons, and QPTR (Pneumatic Tire Roller) at 54.17 tons. The cost required for asphalt work totaling 1891.54 tons is Rp220,791,803.46. Based on the equipment's capabilities, the project with a volume of 1891.54 tons, a length of 2800 meters, a width of 5 meters, and a thickness of 0.05 meters is estimated to take 40 days to complete. With these calculations, it can be concluded that the road improvement project in Panei District can be completed efficiently with the appropriate use of heavy equipment.

Keywords: *Productivity, heavy equipment, road improvements, dump truck, asphalt finisher, tandem roller, pneumatic tire roller.*

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 Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun (Studi Kasus)” 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, MT., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberi bimbingan dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Zulkifli Siregar, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain ST, MSc, PhD, IPM., selaku Dosen Pembimbing I dan Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Rizky Efrida, S.T, M.T., selaku Sekretaris 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. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Fery Ferdian dan Ibunda Suhesti yang memberikan kasih sayang dan dukungan tidak ternilai kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

8. Kepada keluarga penulis adik-adik tercinta yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir.
9. Kepada teman-teman seperjuangan penulis yang telah memberi 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, 25 Januari 2024

Penulis

(Maulana Aidil Fadli)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Proyek	5
2.2 Alat Berat	6
2.3 Manajemen Alat Berat	8
2.4 Jenis Alat Berat	12
2.5 Pengertian Produktivitas Alat Berat	18
2.5.1 Faktor Efisiensi	19

2.5.2 Waktu Siklus	21
2.5.3 Faktor Pemampatan (<i>Bulking Factor</i>)	22
2.6 Koefisien Alat Berat	23
2.6.1 Hubungan Koefisien Alat dan Kapasitas Produksi	24
2.6.2 Produktivitas Alat Berat	25
2.7 Koefisien Tenaga Kerja	29
2.8 Biaya Pengoperasian Alat	31
2.8.1 Biaya Pasti	31
2.8.2 Biaya Operasional Alat	32
2.9 Penelitian Terdahulu	33
BAB 3 METODE PENELITIAN	36
3.1 Bagan Alir Penelitian	36
3.2 Lokasi Proyek	37
3.3 Pengumpulan Data	37
3.4 Metode Penelitian	38
3.5 Studi Pustaka	38
3.6 Metode Pengolahan Data	38
3.7 Data Umum Alat Berat	38
3.7.1 <i>Dump truck</i>	39
3.7.2 <i>Asphalt finisher</i>	39
3.7.3 <i>Tandem Roller</i>	39
3.7.4 <i>Pneumatic Tire Roller</i>	39
BAB 4 ANALISA PEMBAHASAN	40
4.1 Deskripsi Data	40
4.2 Data Umum Proyek	40
4.3 Analisa Perhitungan Produksi Alat Berat	40

4.3.1 <i>Dump truck</i>	40
4.3.2 <i>Asphalt finisher</i>	42
4.3.3 <i>Tandem Roller</i>	43
4.3.4 <i>Pneumatic Tire Roller</i>	43
4.4 Analisa Tenaga Kerja	44
4.4.1 Pekerja	45
4.4.2 Mandor	45
4.5 Analisa Harga Biaya Operasional	45
4.6 Analisa Volume Pekerjaan, Harga, Dan Waktu Pekerjaan	47
4.6.1 Analisa Volume Pekerjaan Aspal	47
4.6.2 Analisa Harga	48
4.6.3 Analisa Waktu Pengerjaan	48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	
BIODATA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: <i>Dump truck</i>	13
Gambar 2.2: <i>Asphalt finisher</i>	15
Gambar 2.3: <i>Tandem Roller</i>	16
Gambar 2.4: <i>Pneumatic Tired Roller</i>	17
Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian	36
Gambar 3.2: Peta Lokasi Proyek	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Faktor Efisiensi Alat (Fa)	21
Tabel 2.2: Faktor Efisiensi Alat (FaDT) <i>Dump truck</i>	26
Tabel 2.3: Kecepatan Tempuh Rata-Rata Maksimum <i>Dump truck</i>	26
Tabel 2.4: Penelitian Terdahulu	34
Tabel 4.1: Tabel Analisa per- 1 ton hotmix berdasarkan hasil analisa.	45
Tabel 4.2: Waktu yang dibutuhkan berdasarkan kapasitas alat perhari	48

DAFTAR NOTASI

- Ts : waktu siklus (menit)
- T1 : waktu muat (menit)
- T2 : waktu angkut (menit)
- T3 : waktu bongkar (menit)
- T4 : waktu kembali (menit)
- Ka : koefisien alat (jam atau hari)
- Q : kapasitas produksi
- Q_{dt} : produktivitas Dump Truck (ton/jam)
- V : kapasitas *Dump Truck* (ton)
- F_a : faktor efisiensi
- D : berat jenis aspal (ton/m³)
- L : jarak antara lokasi bahan dan tempat pekerjaan
- VF : kecepatan rata-rata bermuatan (km/jam)
- VR : kecepatan rata-rata kosong (km/jam)
- n : waktu siklus
- C : Kapasitas *Dump Truck*
- q₁ : Kapasitas munjung menurut spesifikasi
- Q_{af} : produktivitas *Asphalt Finisher* (ton/jam)
- b : lebar hamparan (m)

- D1 : berat jenis aspal (ton/m^3)
- t : tebal hamparan (m)
- b_o : lebar overlap (0,20 m)
- Qt : besar kapasitas produksi alat yang menentukan tenaga kerja (m^3/jam)
- P : jumlah pekerja yang diperlukan (orang)
- Tb : jumlah tukang batu yang diperlukan (orang)
- Tk : jumlah jam kerja per hari (7 jam)
- M : jumlah mandor yang diperlukan (orang)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan Saribu Dolok berada di Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun Provinsi Sumatera Utara. Sebelum adanya pekerjaan peningkatan jalan, kondisi jalan provinsi jurusan Kota Pematangsiantar-Saribudolok, Kabupaten Simalungun, sangat memprihatinkan. Ruas jalan tersebut tampak cukup banyak lubang besar dan digenangi air, sehingga berpotensi mengganggu kenyamanan berlalulintas. Bahkan, sejumlah titik badan jalan mengalami kerusakan berat. Akses jalan tersebut dipandang sangat vital digunakan masyarakat, terutama sebagai jalur penghubung Kota Pematangsiantar-Pamatangraya-Saribudolok-Kabanjahe-Berastagi sampai Medan.

Secara umum dalam pekerjaan teknik sipil dengan skala besar, tidak mungkin tidak menggunakan alat berat. Begitu pula dengan proyek peningkatan jalan raya, sumber daya alat berat menjadi faktor utama dalam pelaksanaan suatu proyek jalan. Dalam proses peningkatan jalan, pemakaian alat berat sangatlah diperlukan dalam mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan suatu proyek konstruksi agar selesai sesuai dengan target yang telah ditentukan. Produktivitas alat berat tergantung pada jenis atau tipe alat, metode kerja, kondisi lapangan, serta waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (Kulo, 2017).

Pemilihan alat berat yang akan dipakai merupakan faktor yang sangat penting dalam keberhasilan proyek, alat berat yang dipakai haruslah tepat sehingga proyek berjalan lancar, kesalahan didalam pemilihan alat berat dapat mengakibatkan manajemen pelaksanaan proyek tidak tercapai, dengan demikian keterlambatan penyelesaian proyek dapat menyebabkan biaya yang membengkak, produktivitas yang kecil dan tenggang waktu yang dibutuhkan untuk mengadakan alat lain yang lebih sesuai merupakan hal yang menyebabkan biaya yang lebih besar. Maka dari itu sangat penting dan diperlukan manajemen alat berat (Supit, 2020).

Penggunaan alat berat dalam pekerjaan peningkatan Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei sangat membantu pekerjaan, tetapi penggunaan alat berat yang berlebihan pada suatu proyek dapat menimbulkan kenaikan biaya pekerjaan yang cukup besar. Maka dari itu dibutuhkan perencanaan pada proyek alat berat agar penggunaan alat berat tersebut dapat disesuaikan dengan volume pekerjaan pada Pekerjaan Peningkatan Jalan di Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun.

Pada tugas akhir ini, penulis melakukan studi kasus pada Pekerjaan Peningkatan Jalan di Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun sepanjang 2.800 meter dan lebar 5 meter, dengan judul: Analisis Produktivitas Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini, adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana produktivitas, biaya operasional, dan waktu penggunaan alat berat pada pekerjaan peningkatan jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun?
2. Alat berat mana yang dominan digunakan saat dalam pelaksanaan pekerjaan peningkatan jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka penelitian ini dilakukan untuk:

1. Untuk menganalisis produktivitas, biaya operasional, dan waktu penggunaan alat berat pada pekerjaan peningkatan jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun.
2. Untuk mengetahui alat berat yang dominan digunakan saat dalam pelaksanaan pekerjaan peningkatan jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun.

1.4 Ruang Lingkup

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada pekerjaan peningkatan Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun dengan menganalisis produktivitas alat berat pada pekerjaan aspal jalan sepanjang 2.800 meter.
2. Analisis produktivitas alat berat hanya dilakukan pada *dump truck*, *asphalt finisher*, *tandem roller*, dan *pneumatic tired roller*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan tentang alat berat yang digunakan untuk pekerjaan aspal jalan.
2. Dapat dijadikan strategi untuk meningkatkan kualitas kerja pada suatu proyek.
3. Untuk mengetahui probabilitas penyelesaian proyek dengan kinerja yang baik dan optimal.
4. Untuk menjadi bahan referensi untuk penelitian selanjutnya yang akan membahas tentang produktivitas alat berat.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyesuaikan sistematika penulisan dengan sistematika yang telah ditetapkan sebelumnya, berikut merupakan sistematika penulisan tugas akhir:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan tentang latar belakang penelitian ini dilakukan, rumusan masalah ruang lingkup, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan tentang teori yang berupa pengertian dan landasan teori dari penelitian sebelumnya yang memaparkan teori-teori yang berhubungan dengan

masalah yang di teliti serta beberapa penelitian yang dilakukan penelitian-penelitian sebelumnya.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Dalam bab ini dapat diuraikan mengenai tahapan penelitian, tentang bagaimana penelitian dilaksanakan, Teknik pengumpulan data, dan metode pengumpulan data.

BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang perhitungan produktivitas alat berat pada proyek Pekerjaan Peningkatan Jalan di Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini merupakan penutup yang berisikan tentang kesimpulan dan saran atas hasil penelitian yang sudah dilakukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proyek

Menurut Latupeirissa (2016), proyek adalah sebuah usaha terencana yang dilakukan untuk menciptakan produk, layanan, atau hasil lain yang spesifik. Proyek memiliki karakteristik unik yang membedakannya dari aktivitas rutin, yaitu adanya tujuan akhir yang jelas, batasan waktu tertentu, dan alokasi sumber daya yang khusus. Hasil akhir proyek dapat berupa berbagai bentuk *output*, mulai dari pengembangan produk baru, penyediaan layanan, hingga pencapaian sasaran strategis tertentu. Keberhasilan proyek tidak selalu terjamin. Proyek dapat dianggap selesai dan berhasil jika tujuan yang telah ditetapkan tercapai sesuai dengan target yang diinginkan. Sebaliknya, proyek dapat dihentikan atau dianggap gagal jika tujuan tidak tercapai karena beberapa faktor yang mempengaruhi pelaksanaannya.

Faktor-faktor ini sering kali meliputi kendala waktu, yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam penyelesaian tugas; biaya, yang mencakup anggaran yang melebihi batas yang telah ditetapkan; dan perencanaan yang tidak matang, yang mencakup kekurangan dalam strategi, estimasi yang tidak akurat, atau perubahan mendadak dalam ruang lingkup proyek. Masalah dalam salah satu atau kombinasi dari faktor-faktor ini dapat menghambat kemajuan proyek dan mempengaruhi hasil akhirnya.

Waktu yang tidak memadai atau penjadwalan yang buruk dapat mengakibatkan penundaan dalam pencapaian *milestone* proyek, sementara anggaran yang tidak realistis dapat menyebabkan kekurangan dana dan pembengkakan biaya. Perencanaan yang tidak matang dapat mengarah pada kurangnya kesiapan menghadapi risiko, perubahan dalam lingkup proyek, atau ketidakmampuan untuk memenuhi ekspektasi pemangku kepentingan.

Berikut ini merupakan ciri-ciri proyek menurut Soeharto (1999):

1. Jumlah biaya, sasaran jadwal dan kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan;
2. Memiliki maksud tujuan khusus, produk akhir atau hasil kerja akhir;

3. Bersifat hanya sementara, dalam artian umurnya di batas oleh selesainya tugas, titik awal maupun akhir di tentukan dengan jelas;
4. Non rutin, tidak adanya berulang-ulang. Jenis dan intensitas kegiatan sejauh dan sepanjang proyek berjalan.

2.2 Alat Berat

Di dunia teknik sipil, alat berat memainkan peran krusial sebagai perangkat yang dirancang untuk mendukung dan mempermudah pelaksanaan berbagai tugas dalam proyek pembangunan. Alat berat, seperti *excavator*, *bulldozer*, dan *crane*, sangat penting dalam proyek konstruksi maupun kegiatan berskala besar lainnya karena kemampuannya untuk menangani pekerjaan yang memerlukan tenaga dan kapasitas yang jauh melampaui kemampuan manual manusia. Secara umum, alat berat digunakan untuk menyederhanakan dan mempercepat proses pelaksanaan proyek konstruksi yang memerlukan pengangkatan, pemindahan, penggalian, dan pengerjaan material berat. Dengan mengandalkan alat berat, proyek dapat diselesaikan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode manual, yang pada gilirannya mengurangi durasi keseluruhan proyek. Kecepatan yang lebih tinggi ini tidak hanya mempercepat waktu penyelesaian tetapi juga berkontribusi pada penghematan biaya operasional, karena waktu kerja yang lebih efisien mengurangi biaya tenaga kerja dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Selain efisiensi waktu dan biaya, penggunaan alat berat juga berperan dalam meningkatkan kualitas pekerjaan. Alat berat dirancang untuk memberikan akurasi dan konsistensi yang sulit dicapai dengan metode manual, sehingga menghasilkan pekerjaan yang lebih presisi dan berkualitas tinggi. Dengan kemampuan untuk mengerjakan tugas-tugas berat secara lebih presisi dan efisien, alat berat membantu mencapai hasil akhir proyek yang memenuhi standar teknis dan estetika yang diinginkan. Secara keseluruhan, alat berat bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan pekerjaan proyek, memungkinkan manusia untuk menyelesaikan tugas yang kompleks dan berat dengan lebih mudah dan cepat. Ini memastikan bahwa proyek dapat diselesaikan dengan hasil yang optimal, efisiensi biaya, dan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Dengan demikian, alat berat merupakan

komponen esensial dalam mencapai kesuksesan dalam proyek konstruksi dan pembangunan (Faizah et al., 2022).

Dalam proses pembangunan jalan, penggunaan alat berat merupakan aspek yang sangat penting untuk mempercepat pelaksanaan proyek konstruksi dan memastikan bahwa target yang telah ditetapkan dapat tercapai. Alat berat memungkinkan pengerjaan tugas-tugas berat dan kompleks dengan lebih cepat dibandingkan metode manual, sehingga mempercepat proses konstruksi dan mengurangi durasi proyek. Keuntungan dari penggunaan alat berat mencakup tenaga yang besar, efisiensi ekonomi, dan mutu hasil kerja yang lebih baik. Alat berat dirancang untuk menangani beban berat dan volume material yang besar, sehingga mampu menyelesaikan pekerjaan dengan lebih cepat dan mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual. Selain itu, penggunaan alat berat yang tepat dapat menurunkan biaya operasional secara keseluruhan, karena mengurangi waktu pengerjaan dan meminimalkan kesalahan yang dapat terjadi dengan metode manual. Mutu hasil kerja juga meningkat, karena alat berat dapat memberikan presisi dan konsistensi yang sulit dicapai tanpa bantuan alat. Namun, untuk memaksimalkan efisiensi dan produktivitas alat berat, penggunaan alat harus dilakukan dengan hati-hati dan terencana. Pengguna harus memiliki keahlian dan pengetahuan mendalam tentang berbagai aspek alat berat, termasuk kemampuan alat, jenis-jenis alat yang tersedia, keterbatasan masing-masing alat, serta biaya operasional yang terkait. Keahlian dalam memilih dan mengoperasikan alat yang tepat untuk jenis pekerjaan tertentu sangat penting untuk mengoptimalkan performa alat dan menghindari pemborosan. Produktivitas alat berat juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis atau tipe alat yang digunakan, metode kerja yang diterapkan, kondisi lapangan tempat alat beroperasi, dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan. Memahami bagaimana masing-masing faktor ini mempengaruhi kinerja alat dapat membantu dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek yang lebih efisien. Dengan perencanaan yang matang dan pemanfaatan alat berat yang efektif, proyek konstruksi dapat dikelola dengan lebih baik, memastikan penyelesaian sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan, anggaran yang disusun, dan standar kualitas yang diharapkan. Perencanaan yang matang mencakup penentuan kebutuhan alat berat yang sesuai dengan jenis dan skala proyek,

penjadwalan penggunaan alat untuk menghindari tumpang tindih atau waktu yang tidak efisien, serta pengelolaan sumber daya secara optimal. Pemilihan alat berat yang tepat dan penempatan alat di lokasi yang strategis dapat mengurangi waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk setiap tahap pekerjaan. Dengan perencanaan yang detail, termasuk perhitungan kapasitas dan kemampuan alat, serta pengaturan logistik yang efisien, proyek dapat berjalan dengan lancar, meminimalkan risiko keterlambatan, dan menghindari biaya tambahan yang tidak perlu. Efektivitas penggunaan alat berat juga melibatkan pelatihan operator dan pemeliharaan rutin, yang memastikan alat beroperasi pada performa terbaiknya dan mengurangi kemungkinan kerusakan atau downtime. Operator yang berpengalaman dan terlatih dapat memanfaatkan fitur alat berat dengan maksimal, meningkatkan produktivitas, dan memastikan hasil kerja sesuai dengan spesifikasi teknis. Selain itu, pemanfaatan teknologi dan metode terbaru dalam perencanaan dan pelaksanaan dapat lebih meningkatkan efisiensi. Misalnya, penggunaan perangkat lunak manajemen proyek untuk memantau kemajuan, mengatur sumber daya, dan berkomunikasi dengan tim proyek secara real-time dapat membantu mengidentifikasi dan mengatasi potensi masalah sebelum berkembang menjadi kendala yang lebih besar. Secara keseluruhan, pendekatan yang terencana dan pengelolaan alat berat yang efektif tidak hanya mendukung penyelesaian proyek sesuai jadwal dan anggaran, tetapi juga memastikan bahwa hasil akhir memenuhi standar kualitas yang tinggi. Ini berkontribusi pada kepuasan klien dan kesuksesan proyek, serta meningkatkan reputasi dan kredibilitas kontraktor dalam industri konstruksi (Faizah et al., 2022).

2.3 Manajemen Alat Berat

Pemilihan alat berat merupakan langkah kritis dalam tahap perencanaan proyek konstruksi, di mana keputusan tentang jenis, jumlah, dan kapasitas alat menjadi faktor penentu kesuksesan proyek. Tidak semua alat berat cocok untuk setiap jenis proyek; oleh karena itu, pemilihan yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa proyek berjalan sesuai rencana. Setiap jenis alat berat memiliki spesifikasi dan fungsi tertentu yang membuatnya lebih cocok untuk tugas-tugas tertentu. Jika

kesalahan terjadi dalam pemilihan alat berat, dampaknya dapat signifikan. Salah memilih alat dapat menyebabkan berbagai masalah selama pelaksanaan proyek, termasuk keterlambatan yang dapat memperpanjang waktu penyelesaian proyek. Misalnya, alat yang tidak sesuai mungkin memerlukan waktu lebih lama untuk menyelesaikan tugas atau mungkin tidak dapat menangani volume pekerjaan yang direncanakan, menyebabkan kemacetan dan penurunan produktivitas (Sangadji et al., 2021).

Pada pelaksanaan suatu proyek, terdapat faktor yang mempengaruhi ketersediaan dari sumber daya yang nantinya akan berdampak pada efektifitas dan efisiensi pelaksanaan suatu proyek, baik waktu pelaksanaan maupun biaya pelaksanaan proyek. Salah satu sumber daya yang berperan penting adalah alat berat. Kontribusi dari alat berat yang penting dan juga biaya pemakaian yang relatif mahal sehingga manajemen yang baik dan benar dalam pemberdayaannya sangat dibutuhkan. Dalam penggunaan alat berat yang kurang tepat dengan situasi dan kondisi dilapangan pekerjaan akan mengakibatkan kerugian seperti produktivitas yang rendah, pembengkakan biaya proyek karena perbaikan dan perawatan, dan target waktu yang direncanakan tidak tercapai.

Kontraktor yang menggunakan alat berat yang sudah tua atau usang sering kali menghadapi tantangan besar terkait dengan kerusakan yang sering terjadi. Alat berat yang tidak diperbarui atau dirawat dengan baik cenderung mengalami gangguan teknis dan kerusakan yang lebih sering dibandingkan dengan alat yang lebih baru dan modern. Ketika alat berat mengalami kerusakan, proyek konstruksi harus dihentikan untuk sementara waktu guna melakukan perbaikan atau pemeliharaan, yang dapat menyebabkan penundaan signifikan dalam jadwal proyek. Penundaan ini memiliki dampak yang luas, tidak hanya pada waktu yang direncanakan untuk penyelesaian proyek, tetapi juga pada anggaran dan keseluruhan efisiensi operasional. Setiap periode penghentian akibat kerusakan alat dapat mengakibatkan penambahan biaya untuk perbaikan dan mungkin bahkan biaya tambahan untuk sewa alat pengganti. Selain itu, penghentian pekerjaan juga mempengaruhi produktivitas tim kerja, yang harus menunggu alat diperbaiki sebelum dapat melanjutkan pekerjaan mereka. Pengaruh kerusakan alat berat yang sering juga dapat menghambat kemajuan proyek secara keseluruhan, menyebabkan

penundaan dalam penyelesaian tahapan proyek dan, pada akhirnya, dalam penyelesaian proyek secara keseluruhan. Hal ini dapat mengganggu jadwal yang telah disepakati dengan klien, memengaruhi reputasi kontraktor, dan berpotensi menimbulkan masalah dalam hubungan dengan pihak-pihak terkait, termasuk pemilik proyek dan subkontraktor (Syauki et al., 2017).

Dalam pekerjaan konstruksi jalan, terdapat beberapa faktor kritis yang harus diperhatikan untuk memastikan kelancaran dan keberhasilan proyek. Pertama, jenis konstruksi jalan yang dipilih apakah itu jalan beraspal, beton, atau jenis konstruksi lain memengaruhi spesifikasi teknis dan metode pelaksanaan. Setiap jenis konstruksi memiliki persyaratan yang berbeda terkait material, teknik, dan alat yang digunakan. Alat-alat berat yang digunakan dalam proyek juga memegang peranan penting. Pemilihan alat berat yang tepat sesuai dengan jenis pekerjaan dan kondisi lapangan dapat mempengaruhi efisiensi dan efektivitas pelaksanaan proyek. Penting untuk memiliki pengetahuan mendalam mengenai kapasitas dan kemampuan setiap alat berat, termasuk kapasitas angkut, kecepatan kerja, dan kekuatan alat. Memahami kemampuan alat berat memastikan bahwa peralatan dapat bekerja secara optimal tanpa mengalami kelebihan beban yang dapat menyebabkan kerusakan atau penurunan performa. Selain itu, pengelolaan alat berat harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari pemborosan tenaga kerja, modal, dan sumber daya lainnya. Pemborosan dapat terjadi jika alat tidak digunakan secara efisien, seperti pemilihan alat yang tidak sesuai atau operasi yang tidak optimal. Misalnya, alat berat yang tidak memadai untuk ukuran proyek dapat memperlambat kemajuan pekerjaan, meningkatkan waktu penyelesaian, dan menambah biaya operasional. Dengan memastikan bahwa alat berat yang digunakan sesuai dengan kebutuhan proyek, serta memiliki pemahaman yang baik tentang kapasitas dan kemampuan alat, kontraktor dapat menghindari pemborosan dan meningkatkan produktivitas. Selain itu, perencanaan yang matang dan pengelolaan yang efektif dari peralatan kerja membantu memenuhi kebutuhan proyek secara keseluruhan, termasuk efisiensi biaya, waktu penyelesaian, dan kualitas hasil akhir konstruksi jalan. Ini akan mendukung keberhasilan proyek, kepuasan klien, dan optimalisasi sumber daya yang tersedia (Supit, 2020).

Pemilihan alat berat sangat vital terhadap keberlangsungan suatu proyek. Alat berat yang digunakan harus tepat sehingga pengerjaan proyek berjalan sesuai rencana. Kesalahan dalam pemilihan alat berat akan mengakibatkan manajemen proyek yang tidak efektif dan efisien. Sehingga dengan demikian akan terjadi keterlambatan dan penambahan biaya suatu proyek apabila dilakukan pengadaan alat berat lainnya. Dalam pemilihan alat berat, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan sehingga menghindari kesalahan dalam memilih alat berat. Faktor-faktor dari pemilihan alat berat adalah sebagai berikut:

1. Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat 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 sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.
3. Cara operasi. Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan, dan lain-lain.
4. Pembatasan dari metode yang di pakai. Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang di pakai dapat membuat pemilihan alat berat berubah.
5. Ekonomi. Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan biaya pemeliharaan merupakan faktor penting di dalam pemilihan alat berat pada suatu proyek konstruksi.
6. Jenis proyek. Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek-proyek tersebut antara lain proyek jembatan, gedung, pelabuhan, jalan, bandar udara, irigasi, pembuka hutan, dan sebagainya.
7. Lokasi proyek. Lokasi proyek juga merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek didataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah.

8. Jenis dan daya dukung tanah. Jenis tanah di lokasi proyek dan jenis material yang akan di kerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai, tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras, atau lembek.
9. Kondisi lapangan. Kondisi lapangan dengan medan yang sulit dan medan yang baik meupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

2.4 Jenis Alat Berat

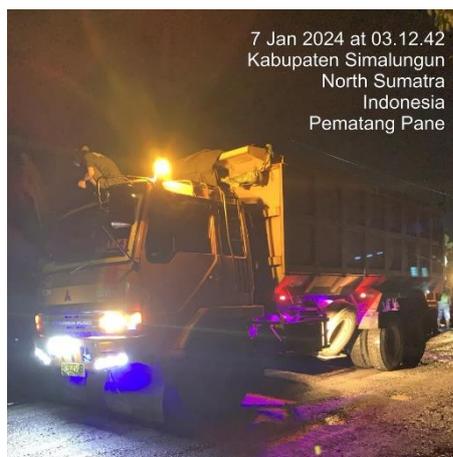
1. *Dump truck*

Dump truck adalah alat yang sangat penting dalam industri konstruksi, terutama untuk pengangkutan material seperti aspal dari pabrik atau asphalt mixing plant ke lokasi pengaspalan. Selain efisiensinya dalam pengangkutan jarak jauh, dump truk juga dikenal karena kemampuannya yang bervariasi dalam menampung dan mengangkut berbagai jenis material. Untuk memahami bagaimana *dump truck* dapat dioptimalkan dalam penggunaannya, penting untuk mengenal dua jenis kapasitas yang ada pada bak penampung truck: *struck capacity* dan *heaped capacity* (Aoliya, 2021).

Struck capacity (Kapasitas Peres) adalah ukuran kapasitas bak *dump truck* ketika muatan diisi hingga mencapai ketinggian bak tanpa melebihi batasnya. Ini adalah metode pengukuran yang digunakan ketika material di dalam bak cenderung datar dan tidak menggunung. Material dengan daya lekat rendah, seperti pasir dan krikil, umumnya lebih cocok diangkut dengan kapasitas peres. Karena sifat material ini yang mudah mengalir dan tidak mudah menumpuk di atas batas bak, kapasitas peres memberikan estimasi yang lebih akurat tentang volume yang dapat diangkut secara efektif. Dalam konteks pengangkutan jarak jauh, menggunakan kapasitas peres dapat membantu memastikan bahwa material tetap terdistribusi dengan merata dan mengurangi risiko tumpahan atau kehilangan material. Sebaliknya, *heaped capacity* (Kapasitas Menunjang) mengukur kapasitas bak *dump truck* ketika muatan dibiarkan menggunung melebihi batas ketinggian bak. Kapasitas ini memberikan estimasi volume material yang lebih besar karena muatan dapat menumpuk lebih tinggi di atas tepi bak. Material dengan daya lekat tinggi, seperti tanah liat, biasanya memanfaatkan kapasitas heaped. Tanah liat, dengan daya lekat

antar butir yang signifikan, dapat menumpuk lebih tinggi tanpa mengalami penurunan yang signifikan dalam volume, sehingga memungkinkan pengangkutan lebih banyak material dalam satu trip. Penggunaan kapasitas heaped sangat menguntungkan dalam situasi di mana efisiensi pengangkutan sangat penting, terutama dalam proyek besar di mana mengurangi jumlah trip dapat menghemat waktu dan biaya. Pemilihan jenis kapasitas pengangkutan baik *struck capacity* maupun *heaped capacity* harus mempertimbangkan berbagai faktor seperti kondisi lapangan, volume material yang akan diangkut, waktu yang tersedia, dan biaya operasional. Misalnya, medan yang tidak rata atau jalan yang sempit mungkin memerlukan pertimbangan khusus dalam memilih *dump truck* yang tepat dengan kapasitas yang sesuai. Volume material yang besar mungkin lebih efisien menggunakan kapasitas heaped untuk mengurangi jumlah trip. Selain itu, perhitungan biaya harus mencakup tidak hanya biaya bahan bakar dan perawatan tetapi juga potensi risiko dan kerugian dari muatan yang tidak terjaga dengan baik.

Dengan memahami perbedaan antara *struck capacity* dan *heaped capacity* serta bagaimana faktor-faktor ini mempengaruhi pilihan pengangkutan yang tepat, proyek konstruksi dapat meminimalkan risiko terkait dengan penanganan material, proyek konstruksi dapat lebih efisien dalam perencanaan dan pelaksanaan pengangkutan material, sehingga mencapai hasil yang optimal dalam hal waktu, biaya, dan kualitas pekerjaan (Aoliya, 2021).



Gambar 2.1: *Dump truck*

2. *Asphalt finisher*

Menurut Kaseke (2008), alat ini merupakan traktor beroda ban ataupun *crawler* yang dilengkapi dengan suatu sistem yang berfungsi untuk menghamparkan campuran aspal di atas permukaan pondasi jalan. *Paver* dengan roda ban sebaiknya dipilih jika pada pengaspalan jalan alat tersebut sering dipindahkan. Hal ini karena *paver* beroda *crawler* lebih stabil. *Paver* dengan roda ban lebih cocok digunakan dalam proyek pengaspalan di mana alat perlu sering dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain. Desain beroda ban memberikan fleksibilitas dan mobilitas yang diperlukan untuk memindahkan alat dengan cepat dan efisien di berbagai area konstruksi. Di sisi lain, *paver* dengan roda *crawler* lebih menguntungkan untuk kondisi jalan yang memiliki kemiringan, baik menanjak maupun menurun. Roda *crawler* memberikan kestabilan yang lebih baik pada medan yang tidak rata atau berbukit, mengurangi risiko tergelincir atau kehilangan kontrol. Kemampuan *paver* beroda *crawler* untuk mendistribusikan berat secara merata membantu menjaga kestabilan dan presisi selama proses penghamparan, yang sangat penting untuk mencapai hasil akhir yang berkualitas tinggi pada permukaan jalan dengan kemiringan atau kontur yang menantang.

Di bagian depan dari *asphalt finisher*, terdapat komponen penting yang dikenal sebagai *hopper*, yang berfungsi sebagai tempat penerima campuran aspal dari berbagai jenis truk pengangkut, seperti *bottom dump truck* atau *rear dump truck*. *Hopper* ini dirancang untuk menampung dan menyimpan campuran aspal yang baru tiba dari truk, sehingga memudahkan proses pemindahan material ke bagian alat yang selanjutnya. Setelah campuran aspal diterima oleh *hopper*, proses penghamparan dimulai. Campuran aspal kemudian dipindahkan ke permukaan pondasi jalan melalui dua komponen utama: *auger* dan *conveyor*. *Auger* adalah sistem pengaduk berulir yang berfungsi untuk mengangkat aspal dari *hopper* ke bagian depan *finisher* dengan cara yang teratur dan berkelanjutan. *Auger* memastikan bahwa campuran aspal terdistribusi secara merata dan tidak terhambat, sehingga meminimalkan kemungkinan adanya kekosongan atau ketidakmerataan pada lapisan aspal. Selanjutnya, *conveyor* atau ban berjalan berperan dalam memindahkan aspal dari *auger* ke area penghamparan yang diinginkan. *Conveyor* ini menggerakkan campuran aspal dengan kecepatan yang dapat diatur, memastikan

bahwa aspal disebar secara merata di sepanjang permukaan jalan sesuai dengan ketebalan dan spesifikasi yang dibutuhkan. Proses ini penting untuk memastikan bahwa lapisan aspal yang dihasilkan memiliki kepadatan dan ketebalan yang konsisten, serta permukaan yang halus dan rata. Dengan adanya sistem *hopper*, *auger*, dan *conveyor* yang terintegrasi dengan baik, *asphalt finisher* dapat secara efisien menghamparkan campuran aspal dengan kualitas tinggi, memenuhi standar teknis dan estetik yang diperlukan dalam pembangunan jalan. Sistem ini membantu dalam mengoptimalkan alur kerja, mengurangi waktu downtime, dan meningkatkan keseluruhan produktivitas proyek pengaspalan (Kulo, 2017).



Gambar 2.2: *Asphalt finisher*

3. *Tandem Roller*

Tandem roller adalah alat berat yang dirancang khusus untuk memadatkan lapisan aspal yang telah dihamparkan sebelumnya oleh *asphalt finisher*, dan sangat penting dalam memastikan kualitas permukaan jalan yang optimal. Alat ini mudah dikenali berkat desain khasnya, yang terdiri dari dua roda besar berbahan besi bulatsatu di bagian depan dan satu di bagian belakang. Roda-roda ini berperan krusial dalam proses pemadatan aspal, karena bahan besi yang kuat dapat memberikan tekanan yang merata dan efektif, serta membantu meratakan aspal dengan efisiensi tinggi. Namun, *tandem roller* memiliki keterbatasan dalam penggunaannya. Alat ini tidak cocok digunakan pada permukaan batuan keras dan tajam karena risiko kerusakan pada roda besinya. Permukaan yang kasar atau tidak

rata dapat menyebabkan kerusakan serius pada roda, mengurangi efektivitas alat dan memperpendek umur pakai. Proses pemadatan dengan *tandem roller* terjadi melalui dua mekanisme utama: getaran dan berat alat itu sendiri. Getaran yang dihasilkan oleh *tandem roller* membantu mengurangi gelembung udara dan menyatukan partikel-partikel aspal, memastikan kepadatan yang merata di seluruh permukaan. Selain itu, berat alat tersebut memberikan tekanan tambahan yang memperkuat pemadatan, menghasilkan permukaan jalan yang padat dan tahan lama. Kombinasi antara getaran dan berat alat dalam *tandem roller* memastikan bahwa lapisan aspal yang terhampar memperoleh kualitas pemadatan yang optimal, yang berpengaruh signifikan terhadap kekuatan struktural dan ketahanan permukaan jalan. Getaran yang dihasilkan oleh *tandem roller* berfungsi untuk menghilangkan gelembung udara dan menyatukan partikel aspal secara lebih efektif, sementara berat alat memberikan tekanan tambahan yang memastikan material aspal menempel dengan kuat pada permukaan jalan

Permukaan jalan yang padat dan terkompresi dengan baik dapat menahan tekanan dari beban lalu lintas yang berat tanpa mengalami deformasi atau kerusakan. Selain itu, pemadatan yang optimal juga meningkatkan ketahanan jalan terhadap perubahan cuaca yang ekstrem, seperti suhu tinggi, hujan deras, dan pembekuan. Permukaan yang kuat dan stabil ini mengurangi risiko terjadinya retak atau kerusakan permukaan yang dapat mengganggu kenyamanan berkendara dan keamanan.

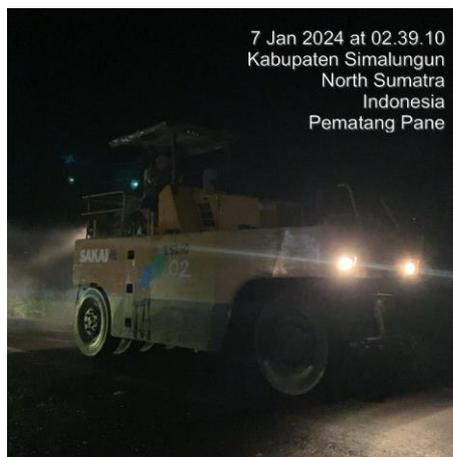


Gambar 2.3: *Tandem Roller*

4. *Pneumatic Tired Roller*

Pneumatic tired roller adalah alat berat yang digunakan dalam pemadatan aspal dengan cara yang mirip dengan *tandem roller*, tetapi memiliki perbedaan signifikan pada jenis roda yang digunakan. Sementara *tandem roller* menggunakan roda berbahan besi, *pneumatic tired roller* dilengkapi dengan roda berbahan karet di bagian depan dan belakang. Alat ini memiliki empat roda karet di bagian belakang dan depan, yang memberikan keuntungan tambahan dalam proses pemadatan. Roda karet pada *pneumatic tired roller* dirancang untuk menghaluskan permukaan aspal secara efektif. Material karet pada roda memberikan kontak yang lebih baik dengan permukaan aspal, mengurangi risiko terjadinya kerusakan pada permukaan aspal yang mungkin terjadi dengan roda besi. Selain itu, karet juga membantu mendistribusikan tekanan lebih merata, yang berkontribusi pada hasil pemadatan yang lebih halus dan seragam. Sebagai alat finishing, *pneumatic tired roller* memainkan peran penting dalam menyelesaikan pekerjaan pengaspalan.

Proses pemadatan menggunakan alat ini melibatkan dua metode utama: *kneading action* dan *static weight*. *Kneading action* merujuk pada teknik di mana roda karet memadatkan aspal melalui gerakan yang mirip dengan menguleni, yang membantu menghilangkan rongga udara dan meningkatkan kekompakan aspal. *static weight*, atau berat statis, mengacu pada penggunaan berat alat itu sendiri untuk memberikan tekanan tambahan pada permukaan aspal, memperkuat pemadatan (Kulo, 2017).



Gambar 2.4: *Pneumatic Tired Roller*

2.5 Pengertian Produktivitas Alat Berat

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia Produktivitas merupakan kemampuan untuk menghasilkan sesuatu, sehingga dapat dikatakan bahwa produktivitas alat berat adalah kemampuan alat berat untuk menghasilkan sesuatu persatuan waktu.

Menurut Rochmanhadi (1992), produktivitas per jam dari alat yang diperlukan adalah produktivitas standar alat dalam kondisi ideal dikalikan dengan faktor efisiensi kerja, Produktivitas adalah ukuran kemampuan peralatan untuk memproduksi berupa hasil kerjanya yang aktual per satuan waktu kerja efektif.

Untuk menggunakan alat berat secara efisien beberapa perlu diketahui yaitu jenis alat, kemampuan alat, keterbatasan alat, dan biaya operasional alat. Produktivitas alat bergantung pada jenis alat, metode kerja, kondisi medan kerja dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Untuk mengetahui produktivitas, aspek tersebut sangat berkaitan, kemudian untuk dapat menganalisis produktivitas alat berat harus sesuai dengan teori dan tahapan analisis yang tepat (Ewal et al., 2020).

Produktivitas adalah ukuran yang menggambarkan efisiensi penggunaan sumber daya dalam menghasilkan output, dan didefinisikan sebagai perbandingan antara hasil produksi (output) dengan komponen produksi (input) yang digunakan. Komponen produksi yang dimaksud meliputi tenaga kerja, bahan baku, peralatan, dan waktu. Dalam analisis produktivitas, rasio ini sering kali dievaluasi berdasarkan hasil produksi terhadap komponen produksi dan waktu yang digunakan, seperti jam kerja atau hari kerja. Ketika komponen produksi dan waktu yang dibutuhkan relatif kecil, dan hasil produksi meningkat, maka produktivitas akan semakin tinggi. Artinya, jika suatu proses dapat menghasilkan lebih banyak output dengan penggunaan sumber daya yang lebih sedikit, maka produktivitasnya akan meningkat. Analisis produktivitas dipengaruhi oleh beberapa faktor kunci, termasuk:

Faktor efisiensi yaitu mengukur sejauh mana sumber daya digunakan secara optimal tanpa pemborosan. Efisiensi yang tinggi berarti bahwa sumber daya dimanfaatkan dengan baik untuk memaksimalkan hasil produksi.

Waktu siklus yaitu merujuk pada durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus produksi. Waktu siklus yang lebih singkat dapat meningkatkan

produktivitas dengan memungkinkan lebih banyak unit produksi dalam periode waktu yang sama.

Faktor kembang-susut atau faktor konversi volume bahan yaitu mengacu pada kehilangan material atau perubahan dalam volume bahan selama proses produksi. Faktor ini penting untuk menghitung efisiensi penggunaan bahan dan mengurangi limbah.

Faktor alat yaitu mencakup kualitas dan performa peralatan yang digunakan dalam proses produksi. Peralatan yang efisien dan terawat dengan baik dapat meningkatkan produktivitas dengan mempercepat proses produksi dan mengurangi downtime.

Faktor kehilangan mempertimbangkan segala bentuk kerugian yang dapat terjadi selama proses produksi, seperti kerusakan produk, *downtime*, atau masalah operasional lainnya.

Dengan memperhatikan dan mengelola faktor-faktor ini, organisasi dapat meningkatkan produktivitasnya, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan mencapai hasil produksi yang lebih tinggi dengan cara yang lebih efisien dan efektif (Permen PUPR NO 8, 2023).

2.5.1 Faktor Efisiensi

Pada perencanaan produktivitas alat yang harus diperhitungkan yaitu efisiensi kerja alat (F_a), yaitu dengan cara mengalikan produktivitas standar alat pada kondisi ideal dengan faktor efisiensi alat. Besar nilai dari efisiensi alat sulit ditentukan secara tepat, tetapi dengan pengalaman dapat ditentukan efisiensi alat yang mendekati kenyataan (Faizah et al., 2022).

Dalam perencanaan produktivitas juga terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi proses produksi, diantaranya adalah sebagai berikut menurut Utama Dewi & Hendi Jaya (2019):

1. Faktor operator
2. Faktor Cuaca
3. Faktor Kondisi Medan/Lapangan
4. Faktor Manajemen Kerja

Faktor efisiensi alat memainkan peran krusial dalam menentukan produktivitas alat berat selama pelaksanaan pekerjaan, dan sangat penting untuk memastikan bahwa alat dapat berfungsi dengan optimal. Namun, efisiensi alat tidak dapat diandalkan jika kondisi pemeliharaan dan operasi mesin berada dalam keadaan buruk. Jika alat berat tidak dirawat dengan baik atau operasionalnya tidak sesuai standar, kinerjanya akan menurun secara signifikan, mengakibatkan penurunan produktivitas dan kemungkinan terjadinya kerusakan yang lebih serius. Menurut Nugraha et al., (2017) ada beberapa aspek kunci mempengaruhi efektivitas alat berat dalam melaksanakan pekerjaan, termasuk:

Kemampuan Operator: Keahlian dan pengalaman operator alat berat sangat mempengaruhi efisiensi dan produktivitas alat. Operator yang terampil dapat memaksimalkan potensi alat dan menghindari kesalahan yang dapat mengurangi efektivitas operasional.

Pemilihan dan Pemeliharaan Alat: Pemilihan alat yang sesuai untuk jenis pekerjaan dan kondisi lapangan sangat penting. Selain itu, pemeliharaan rutin dan perbaikan yang tepat waktu memastikan bahwa alat berfungsi dengan baik, mengurangi risiko kerusakan dan meningkatkan efisiensi.

Perencanaan dan Pengaturan Letak Alat: Perencanaan yang matang mengenai penempatan alat dan pengaturannya di lokasi proyek dapat meningkatkan efisiensi operasional. Pengaturan yang tepat mengurangi waktu perjalanan dan meminimalkan gangguan, sehingga meningkatkan produktivitas.

Kondisi Cuaca: Cuaca yang ekstrem, seperti hujan lebat atau suhu tinggi, dapat mempengaruhi kinerja alat berat dan kondisi lapangan. Cuaca buruk dapat mengurangi efisiensi alat, meningkatkan risiko kecelakaan, dan memperlambat kemajuan pekerjaan.

Topografi: Kondisi geografis atau topografi lokasi proyek, seperti kemiringan tanah atau medan berbatu, mempengaruhi cara kerja alat berat. Alat yang dirancang untuk medan tertentu akan bekerja lebih efektif dalam kondisi yang sesuai, sementara medan yang sulit memerlukan penyesuaian dalam teknik operasional.

Volume Pekerjaan: Volume pekerjaan yang besar mempengaruhi kebutuhan akan alat berat dan intensitas penggunaannya. Memahami volume pekerjaan

memungkinkan penjadwalan yang lebih baik dan penggunaan alat yang lebih efisien, meminimalkan downtime dan mempercepat penyelesaian proyek.

Dengan mempertimbangkan dan mengelola faktor-faktor ini, efektivitas dan efisiensi alat berat dapat ditingkatkan, menghasilkan produktivitas yang lebih tinggi dan penyelesaian proyek yang lebih cepat. Perencanaan yang baik dan perhatian terhadap detail dalam setiap aspek operasional alat berat memastikan bahwa alat dapat berfungsi dengan optimal dalam berbagai kondisi dan tantangan yang dihadapi di lapangan (Nugraha et al., 2017).

Faktor efisiensi alat (Fa) dapat dilihat pada Tabel 2.1. berikut ini:

Tabel 2.1: Faktor Efisiensi Alat (Fa) (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

2.5.2 Waktu Siklus

Waktu siklus adalah durasi waktu yang diperlukan oleh alat berat untuk menyelesaikan satu siklus operasi secara berulang dalam menghasilkan suatu produk atau menyelesaikan suatu pekerjaan. Dalam konteks konstruksi atau industri, waktu siklus mencakup semua tahap operasional yang diperlukan untuk menyelesaikan satu unit tugas, mulai dari persiapan, pelaksanaan, hingga penyelesaian dan kembali ke kondisi awal untuk memulai siklus berikutnya. Waktu siklus yang efisien sangat penting karena langsung mempengaruhi koefisien peralatan dan kapasitas produksi. Koefisien peralatan, yang merupakan ukuran efisiensi alat dalam menyelesaikan pekerjaan, dipengaruhi oleh seberapa cepat alat dapat menyelesaikan satu siklus. Semakin singkat waktu siklus, semakin tinggi

efisiensi peralatan, karena alat dapat menyelesaikan lebih banyak siklus dalam periode waktu yang sama. Di sisi lain, kapasitas produksi juga sangat bergantung pada waktu siklus.

Kapasitas produksi mengacu pada jumlah output yang dapat dihasilkan oleh alat dalam periode tertentu. Dengan waktu siklus yang lebih pendek, alat dapat memproduksi lebih banyak unit output dalam waktu yang sama, meningkatkan total kapasitas produksi. Sebaliknya, waktu siklus yang panjang dapat mengurangi jumlah output yang dihasilkan, menghambat efisiensi produksi, dan berpotensi meningkatkan biaya operasional. Oleh karena itu, memahami dan mengoptimalkan waktu siklus adalah kunci untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi alat berat. Melalui analisis dan pengelolaan waktu siklus yang efektif, perusahaan dapat memaksimalkan potensi alat, mengoptimalkan alokasi sumber daya, dan mencapai hasil produksi yang lebih tinggi, yang pada akhirnya berkontribusi pada keberhasilan proyek dan efisiensi operasional secara keseluruhan. Untuk menentukan waktu siklus adalah sebagai berikut:

$$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \quad (2.1)$$

Dengan:

- T_s = waktu siklus (menit)
- T₁ = waktu muat (menit)
- T₂ = waktu angkut (menit)
- T₃ = waktu bongkar (menit)
- T₄ = waktu kembali (menit)

2.5.3 Faktor Pemampatan (*Bulking Factor*)

Keperluan bahan dalam proyek konstruksi ditentukan berdasarkan bahan dasar yang tersedia di *quarry*, serta mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi kebutuhan material secara keseluruhan. Bahan dasar di *quarry*, seperti pasir, kerikil, atau batu pecah, memberikan informasi awal mengenai volume dan jenis bahan yang dapat diperoleh. Namun, selain mempertimbangkan bahan dasar yang ada, penting juga untuk memperhitungkan faktor pemampatan yang terjadi selama proses pengangkutan dan pengerjaan.

Faktor pemampatan, yang seringkali diabaikan dalam perhitungan, berperan penting dalam menentukan jumlah bahan yang sebenarnya dibutuhkan untuk mencapai hasil akhir yang diinginkan. Selama pengangkutan, bahan mungkin mengalami pemampatan karena tekanan dan gesekan, yang dapat mengurangi volume material yang sampai ke lokasi proyek. Selain itu, selama proses pengerjaan di lapangan, bahan mungkin mengalami perubahan volume karena pencampuran, pemadatan, atau pengeringan, yang perlu diperhitungkan untuk menghindari kekurangan atau kelebihan bahan. Oleh karena itu, perencanaan keperluan bahan harus mencakup analisis mendetail terhadap faktor pemampatan ini, untuk memastikan bahwa volume bahan yang disediakan memadai untuk memenuhi spesifikasi proyek. Ini termasuk memperhitungkan kemungkinan perubahan volume bahan akibat pengangkutan dan pengerjaan, serta menerapkan toleransi yang sesuai dalam perencanaan pengadaan bahan. Dengan pendekatan yang teliti dan komprehensif terhadap perhitungan kebutuhan bahan, proyek dapat berjalan lebih lancar dan efisien, serta meminimalkan risiko kekurangan atau pemborosan material (Permen PUPR NO 8, 2023).

2.6 Koefisien Alat Berat

Koefisien alat merupakan waktu yang dibutuhkan alat untuk menghasilkan atau menyelesaikan produksi sebesar satu satuan kuantitas jenis pekerjaan dalam satuan jam. Koefisien alat juga dapat disebut sebagai sebuah parameter penting yang menggambarkan waktu yang diperlukan oleh alat untuk menyelesaikan produksi atau menyelesaikan jenis pekerjaan dalam satuan kuantitas tertentu, yang biasanya diukur dalam jam. Koefisien ini memberikan indikasi seberapa efisien alat dalam menjalankan fungsinya, dengan mengukur berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu unit pekerjaan atau produksi. Koefisien alat ini dihitung berdasarkan berbagai faktor, termasuk kapasitas alat, jenis pekerjaan yang dilakukan, kondisi operasional, dan tingkat keterampilan operator. Memahami koefisien alat memungkinkan perencana proyek untuk melakukan estimasi yang lebih akurat mengenai waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, dan untuk merencanakan jadwal proyek dengan lebih efektif. Ini juga

membantu dalam perhitungan biaya operasional dan pemeliharaan alat, serta dalam pengelolaan sumber daya secara keseluruhan. Dengan koefisien alat yang jelas, manajer proyek dapat membuat keputusan yang lebih baik terkait alokasi alat, penjadwalan pekerjaan, dan pengelolaan tenaga kerja, sehingga meningkatkan efisiensi dan produktivitas proyek (Permen PUPR NO 8, 2023).

2.6.1 Hubungan Koefisien Alat dan Kapasitas Produksi Koefisien

Data yang dibutuhkan dalam perhitungan efisiensi alat ini adalah

1. jenis alat,
2. kapasitas produksi,
3. faktor efisiensi alat,
4. waktu siklus, dan
5. kapasitas produksi alat.

Untuk melakukan analisis produktivitas dan efisiensi alat berat dalam proyek konstruksi, diperlukan penggunaan satu atau lebih alat berat yang sesuai dengan jenis pekerjaan yang akan dilakukan. Dalam proses ini, penting untuk mempertimbangkan faktor konversi bahan dan faktor pemampatan bahan, yang dapat ditentukan melalui pengamatan langsung, hasil uji laboratorium, serta pengalaman praktis. Faktor konversi bahan mengacu pada perubahan volume atau berat bahan akibat proses produksi atau pengerjaan, sedangkan faktor pemampatan mencakup perubahan yang terjadi selama pengangkutan atau pemadatan bahan.

Kuantitas bahan yang diperlukan dalam analisis ini harus diukur dalam satuan pengukuran yang relevan, seperti meter kubik (m³), ton, kilogram (kg), liter, atau satuan lainnya, tergantung pada jenis bahan dan konteks pekerjaan. Pengukuran yang akurat memastikan bahwa perhitungan kebutuhan bahan dapat dilakukan dengan tepat, memungkinkan perencanaan dan alokasi sumber daya yang efisien. Hasil produksi alat berat juga dapat dianalisis melalui perhitungan yang tertera dalam dokumen Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi, khususnya pada bidang Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Jalan (PUPR) bagian Bina Marga. Dokumen ini menyediakan panduan untuk menghitung koefisien alat, yang mencakup estimasi biaya langsung dan analisis produktivitas alat. Koefisien

alat ini, yang mencerminkan waktu dan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan satu unit pekerjaan, membantu dalam perencanaan anggaran dan pengelolaan biaya proyek. Dengan mengikuti panduan dalam dokumen tersebut dan menerapkan faktor konversi serta pemampatan yang tepat, perencana proyek dapat memperoleh data yang akurat mengenai efisiensi alat berat dan kebutuhan bahan. Hal ini mendukung pembuatan keputusan yang lebih baik dalam perencanaan proyek, alokasi anggaran, dan manajemen sumber daya, sehingga meningkatkan efektivitas dan efisiensi keseluruhan proyek konstruksi (Permen PUPR NO 8, 2023).

Untuk menghitung koefisien alat menggunakan rumus berikut:

$$Ka = \frac{1}{Q} \quad (2.2)$$

Dengan:

Ka = koefisien alat (jam atau hari)

Q = kapasitas produksi

2.6.2 Produktivitas Alat Berat

1. *Dump truck*

Menurut Rochmanhadi (1992), *Dump truck* merupakan alat yang fungsinya untuk memindahkan suatu material dari suatu tempat ketempat lain. Terkadang waktu siklus *Dump truck* mengalami hambatan di jalan terutama saat *Dump truck* sedang dalam kondisi bermuatan sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama dalam proses angkutan. Pada *Dump truck* untuk pelaksanaan pekerjaan di lapangan perlu diperhitungkan dan diperlukan beberapa alat untuk menggantikan jika ada alat yang mengalami kerusakan agar pekerjaan tetap berjalan lancar, perlu adanya beberapa *Dump truck* cadangan yang di butuhkan bergantung pada jumlah *dump truck* yang beroperasi di lapangan (Ramdhani & Johari, 2021).

Dalam menghitung produktivitas dump truk diperlukan data efisiensi alat *dump truck* seperti pada Tabel 2.2. dan kecepatan *Dump truck* seperti pada Tabel 2.3. Kecepatan tersebut adalah perkiraan umum. Besar kecepatan dapat berubah sesuai dengan medan, kondisi jalan, kondisi cuaca setempat, dan kondisi kendaraan.

Tabel 2.2: Faktor Efisiensi Alat (FaDT) *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 2.3: Kecepatan Tempuh Rata-Rata Maksimum *Dump truck* (Permen PUPR NO 8, 2023).

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

Untuk menghitung produktivitas *dump truck* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{dt} = \frac{V \times FaDT \times 60}{D \times Ts} \quad (2.3)$$

Untuk menghitung waktu siklus pada *dump truck* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T1 = \frac{V \times 1000}{pm} \quad (2.4)$$

$$T2 = \frac{L}{VF} \times 40 \quad (2.5)$$

$$T4 = \frac{L}{VR} \times 60 \quad (2.6)$$

Dengan:

Q_{dt} = produktivitas *Dump truck* (ton/jam)

V = kapasitas *Dump truck* (ton)

F_{aDT} = faktor efisiensi *Dump truck*

D = berat jenis aspal (ton/m³)

- T_s = waktu siklus *Dump truck* (menit)
 T_1 = waktu muat (menit)
 T_2 = waktu angkut (menit)
 T_4 = waktu kembali (menit)
 L = jarak antara lokasi bahan dan tempat pekerjaan
 VF = kecepatan rata-rata bermuatan (km/jam)
 VR = kecepatan rata-rata kosong (km/jam)

Jumlah n siklus alat muat:

$$n = \frac{C}{q_1} \quad (2.7)$$

Dengan:

- n = waktu siklus
 C = Kapasitas *Dump truck*
 q_1 = Kapasitas munjung menurut spesifikasi

Waktu siklus:

$$Ts = n \times cm + \frac{D}{V_1} + t_1 + + \frac{D}{V_2} + t_2 \quad (2.8)$$

Dengan:

- 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 tunggu *dump truck* (menit)
 n = waktu siklus

2. *Asphalt finisher*

Menurut Rochmanhadi (1992), *asphalt finisher* adalah alat yang berfungsi untuk mengamparkan material yang telah di proses dari *mixing plant*, dan untuk mendapatkan lapisan yang merata.

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

$$Qaf = v \times b \times 60 \times Fa \times t \times D1 \quad (2.9)$$

Dengan:

Qaf = produktivitas *asphalt finisher* (ton/jam)

v = kecepatan menghampar (m/menit).

Fa = faktor efisiensi alat

b = lebar hamparan (m)

D1 = berat jenis aspal (ton/m³)

t = tebal hamparan (m)

3. *Tandem roller*

Menurut Rochmanhadi (1992), *tandem roller* adalah alat yang berfungsi untuk mendapatkan permukaan yang agak halus, misalnya pada penggilasan aspal beton dan lain-lain.

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

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

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

Dengan:

Qtr = produksi *tandem roller* per jam (ton/jam)

N = jumlah lajur lintasan

W = lebar area pemadatan (m)

b = lebar roda alat pemadat (m)

b₀ = lebar overlap (0,20 m)

V = kecepatan rata-rata alat

Fa = faktor efisiensi alat

t = lebar hamparan (m)

n = jumlah lintasan

4. *Pneumatic tired roller*

Pneumatic tired roller berfungsi sebagai pemadat lapisan *hotmix* dan juga sebagai pemadatan tahap akhir.

Untuk menghitung produktivitas *pneumatic tired roller* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{ptr} = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} v \times 1000 \times F_a \times t}{N \times n} \quad (2.12)$$

$$N = \frac{W}{b - b_0} \quad (2.13)$$

Dengan:

Q_{ptr} = produksi *pneumatic tired roller* per jam (ton/jam)

N = jumlah lajur lintasan

W = lebar area pemadatan (m)

b = lebar roda alat pemadat (m)

b_0 = lebar overlap (0,30 m)

V = kecepatan rata-rata alat

F_a = faktor efisiensi alat

t = lebar hamparan (m)

n = jumlah lintasan

2.7 Koefisien Tenaga Kerja

Penggunaan tenaga kerja selama pelaksanaan proyek merupakan aspek krusial yang mempengaruhi keseluruhan efisiensi dan efektivitas proyek. Tenaga kerja yang dikelola dengan baik dapat meningkatkan produktivitas, mempercepat penyelesaian proyek, dan mengurangi biaya. Dalam konteks perencanaan dan pelaksanaan proyek, penting untuk menentukan koefisien tenaga kerja, yaitu ukuran yang menggambarkan jumlah waktu yang diperlukan oleh satu orang untuk menyelesaikan satuan pekerjaan tertentu. Koefisien ini biasanya dinyatakan dalam satuan jam orang per satuan pengukuran, seperti meter kubik (m^3), meter persegi (m^2), ton, atau satuan lain yang relevan dengan jenis pekerjaan. Menentukan

koefisien tenaga kerja yang akurat melibatkan analisis berbagai faktor, termasuk kompleksitas tugas, keahlian tenaga kerja, dan kondisi kerja di lapangan. Misalnya, pekerjaan yang melibatkan pemasangan beton mungkin memerlukan koefisien yang berbeda dibandingkan dengan pekerjaan penggalian atau pemasangan pipa, karena perbedaan dalam teknik, material, dan alat yang digunakan. Dengan mengetahui koefisien tenaga kerja, manajer proyek dapat lebih efektif dalam perencanaan jadwal kerja, estimasi biaya, dan alokasi sumber daya manusia. Koefisien tenaga kerja juga berfungsi sebagai alat untuk mengevaluasi efisiensi tenaga kerja dan mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan. Jika koefisien yang diterapkan menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satuan pekerjaan lebih lama dari yang diharapkan, ini dapat menjadi indikator bahwa perlu dilakukan pelatihan tambahan bagi tenaga kerja, penyesuaian dalam metode kerja, atau mungkin peningkatan alat dan teknologi yang digunakan. Dengan memiliki data koefisien tenaga kerja yang tepat, manajer proyek dapat membuat keputusan yang lebih informasional dalam merencanakan dan mengelola tenaga kerja, serta memastikan bahwa proyek berjalan sesuai dengan jadwal dan anggaran yang telah ditetapkan. Ini pada gilirannya membantu dalam mencapai efisiensi operasional yang lebih baik, mengurangi risiko keterlambatan, dan meningkatkan kualitas hasil akhir proyek (Permen PUPR NO 8, 2023).

Untuk menghitung koefisien tenaga kerja menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_t = T_k \times Q_1 \quad (2.14)$$

$$\text{Pekerja} = (T_k \times P) / Q_t \text{ (jam)} \quad (2.15)$$

$$\text{Tukang} = (T_k \times T_b) / Q_t \text{ (jam)} \quad (2.16)$$

$$\text{Mandor} = (T_k \times M) / Q_t \text{ (jam)} \quad (2.17)$$

Dengan:

Q_t = besar kapasitas produksi alat yang menentukan tenaga kerja (m^3/jam)

P = jumlah pekerja yang diperlukan (orang)

T_b = jumlah tukang batu yang diperlukan (orang)

T_k = jumlah jam kerja per hari (7 jam)

M = jumlah mandor yang diperlukan (orang)

2.8 Biaya Pengoperasian Alat

Pada setiap pengoperasian alat berat pasti ada biaya operasional alatnya, dan operator alat juga termasuk kedalam biaya operasional. Harga satuan dasar alat terdiri atas biaya pasti (*Capital Cost* atau *Initial Cost*) dan biaya pemeliharaan atau operasi (*Maintenance Cost And Direct Operational*) (Permen PUPR NO 8, 2023).

2.8.1 Biaya Pasti

Biaya pasti (*Capital Cost* atau *Initial Cost*) yaitu pengambalian modal dan bunga setiap tahun dihitung sebagai berikut:

1. Biaya nilai sisa alat:

$$C = (3\% - 10\%) \times B \quad (2.18)$$

Dengan:

C = Nilai sisa alat (Rupiah)

B = Harga Alat (Rupiah)

2. Faktor angsuran modal:

$$D = \frac{i \times (1+i)^A}{(1+i)^A - 1} \quad (2.19)$$

Dengan:

i = tingkat suku bunga per tahun (% per tahun⁻¹)

D = Faktor angsuran modal

A = Umur Alat (tahun)

3. Biaya pasti perjam:

Biaya pengembalian modal:

$$E = \frac{(B-C) \times D}{W} \quad (2.20)$$

Dengan:

E = Biaya pengembalian modal (Rupiah)

B = Harga alat (Rupiah)

C = Nilai sisa alat (Rupiah)

D = Faktor angsuran modal

W = Jam kerja dalam 1 tahun (jam)

4. Biaya asuransi:

$$F = \frac{0,002 \times B}{W} \quad (2.21)$$

Dengan:

F = Biaya asuransi (Rupiah)

B = Harga alat (Rupiah)

W = Jam kerja dalam 1 tahun (jam)

$$\text{Biaya pasti per jam (G)} = E + F \quad (2.22)$$

2.8.2 Biaya Operasional Alat

1. Biaya bahan bakar:

$$H = (10\% - 12\%) \times Pw \times Ms \quad (2.23)$$

Dengan:

H = Biaya bahan bakar (Rupiah)

Pw = Tenaga alat (HP)

Mp = Bahan bakar (Liter)

2. Biaya minyak pelumas:

$$I = (0,25\% - 0,35\%) \times Pw \times Mp \quad (2.24)$$

Dengan:

I = Biaya pelumas (Rupiah)

Pw = Tenaga alat (HP)

Mp = Pelumas (Liter)

3. Biaya bengkel:

$$J = \frac{(2,2\% - 2,8\%) \times B}{W} \quad (2.25)$$

Dengan:

J = Biaya bengkel (Rupiah)

B = Harga pokok alat (Rupiah)

W = Jam kerja alat (Jam)

4. Biaya perbaikan:

$$K = \frac{(6,4\% - 9,0\%) \times B}{W} \quad (2.26)$$

Dengan:

K = Biaya perbaikan (Rupiah)

B = Harga pokok alat (Rupiah)

W = Jam kerja alat dalam satu tahun (Jam)

5. Biaya operator:

$$L = (1 \text{ orang /jam}) \times U1 \quad (2.27)$$

Dengan:

L = Biaya operator (Rupiah)

U1 = Upah operato/supir

6. Biaya pembantu operator:

$$M = (1 \text{ orang /jam}) \times U2 \quad (2.28)$$

Dengan:

M = Biaya pembantu operator (Rupiah)

U2 = Upah pembantu operato/supir

$$\text{Biaya operasi per jam (P)} = H + I + J + K + L \quad (2.29)$$

$$\text{Total biaya sewa alat per jam (S)} = G + P \quad (2.30)$$

2.9 Penelitian Terdahulu

Sebelum melakukan penelitian mengenai Analisis Produktivitas Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun (Studi Kasus). Peneliti terlebih dahulu melakukan tinjauan literatur. Tinjauan pustaka oleh peneliti merupakan tinjauan terhadap penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang akan peneliti lakukan. Berikut ini adalah beberapa penelitian sejenis dan terkait yang peneliti gunakan sebagai referensi untuk melakukan penelitian.

Tabel 2.4: Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Tahun	Keterangan
1.	Bagus Nur Handoko	Produktivitas Alat Berat pada Pembangunan Jalan Ruas Jailolo-Matui Provinsi Maluku Utara	2004	Penelitian ini menyatakan bahwa Produktivitas 1 unit bulldozer didapat 339,98 m^3 / jam.
2.	Setiawati	Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Pabrik Krakatau Posco Zone IV di Cilegon.	2013	Penelitian ini membicarakan perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual. Analisa yang dilakukan yaitu perhitungan perhitungan produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan, dengan menentukan waktu siklus alat, penentuan faktor koreksi alat, perhitungan produksi persiklus, produksi per jam, produksi per hari, besarnya harga sewa alat per jam, besarnya biaya dan waktu yang dibutuhkan selama alat bekerja, menentukan harga satuan pekerjaan dan penentuan komposisi alat berat yang tepat.
3.	Edi Nurhadi Kulo	Analisa Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan	2017	Penelitian ini menyimpulkan bahwa durasi waktu yg efektif untuk mengerjakan pekerjaan utama adalah 100 hari kerja.

Tabel 2.4 *Lanjutan*: Penelitian Terdahulu

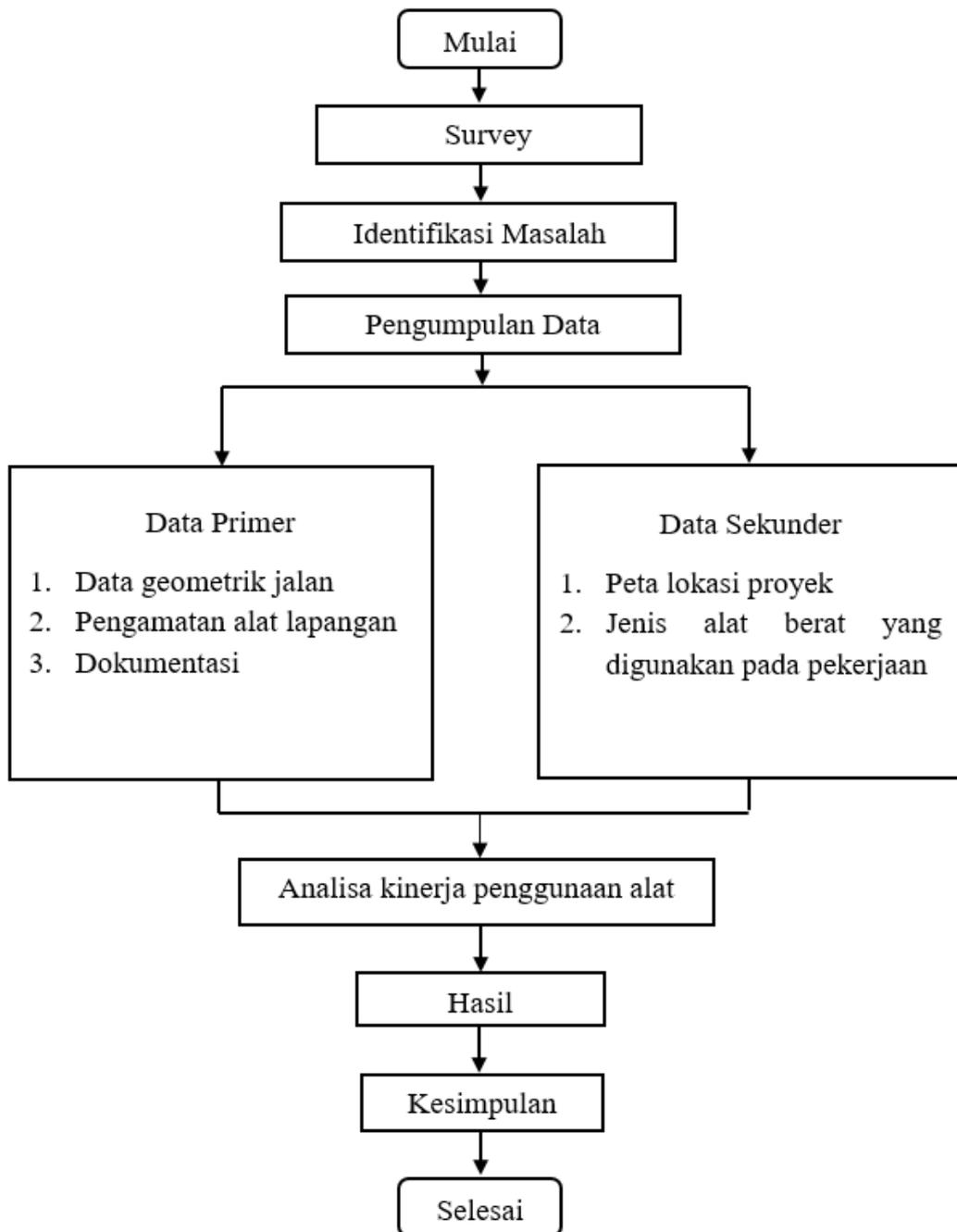
4.	Devid nugraha	Analisis Biaya dan Produktivitas Pemakaian Alat Berat Pada Kegiatan Pembangunan Jalan Akses Siak IV	2018	Penelitian ini menyatakan bahwa dalam penggunaan alat berat HPS owner dengan persentase penghematan biaya sebesar 13,39% terhadap biaya pemakaian alat berat kontraktor.
----	------------------	--	------	--

Dengan demikian perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah lokasi pengamatan penelitian yakni Pekerjaan Peningkatan Jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun dan fokus pada produktivitas alat berat pada pekerjaan aspal.

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

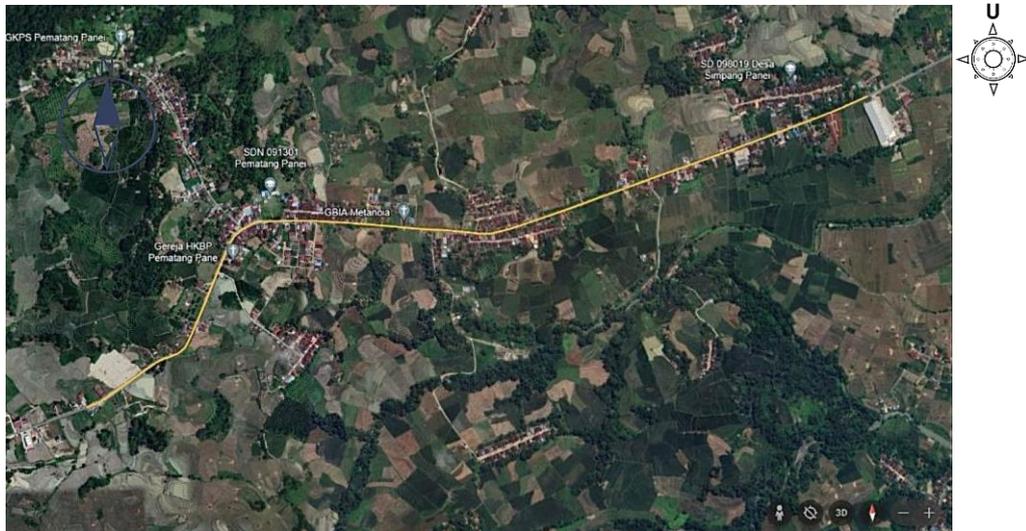
Berikut merupakan bagan alir dari penelitian ini:



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian

3.2 Lokasi Proyek

Proyek pekerjaan peningkatan jalan sepanjang 2.800 meter ini berlokasi di Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun.



Gambar 3.2: Peta Lokasi Proyek

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian yang dilakukan pada pekerjaan peningkatan jalan di Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun terdiri dari data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer dari penelitian ini di peroleh secara langsung dengan cara survei langsung dan wawancara langsung operator alat berat di lokasi pekerjaan peningkatan jalan di Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun.

2. Data Sekunder

Data sekunder dari penelitian ini di peroleh dari jurnal dan internet untuk mendapatkan data alat berat seperti jenis dan tipe alat berat dan data geometrik jalan pada pekerjaan peningkatan jalan di Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun.

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah langkah-langkah dan rencana dari proses berpikir dan memecahkan masalah mulai dari penelitian pendahuluan, penemuan masalah, pengamatan, pengumpulan data baik dari referensi tertulis maupun observasi langsung di lapangan, melakukan pengolahan dan interpretasi data sampai penarikan kesimpulan atas permasalahan yang diteliti. Proses penelitian dimulai mengenali permasalahan yang ada, dengan menggunakan tinjauan pustaka untuk mengetahui sejauh mana tinjauan terdapat masalah di lapangan maka digunakan trial perhitungan alat berat.

3.5 Studi Pustaka

Setelah menentukan topik, diperlukan penelusuran literatur sebagai referensi penelitian tentang produktivitas alat berat. Penelitian sastra juga merupakan landasan teori penelitian, yang mengacu pada buku-buku, jurnal, pendapat dan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian produktivitas alat berat.

3.6 Metode Pengolahan Data

Langkah-langkah kerja dalam analisis produktivitas alat berat pekerjaan peningkatan jalan di Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun adalah sebagai berikut:

1. Menentukan jenis-jenis alat pekerjaan.
2. Menghitung produktivitas alat berat.
3. Menghitung estimasi biaya pekerjaan alat berat.

3.7 Data Umum Alat Berat

Alat berat yang ada pada pekerjaan peningkatan jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun adalah *dump truck*, *asphalt finisher*, *tandem roller*, dan *pneumatic tire roller*.

3.7.1 Dump truck

Data umum alat berat:

1. *Type* : Mitsubitshi Fuso 220 PS
2. Bahan Bakar : 200 liter/ hari
3. Upah Supir : Rp300.000,- / hari.
4. Status Alat : Baik
5. Jumlah : 5 Unit

3.7.2 Asphalt finisher

Data umum alat berat:

1. *Type* : Sumitomo HA40W5
2. Upah Supir : Rp150.000,- / hari.
3. Status Alat : Baik

3.7.3 Tandem Roller

Data umum alat berat:

1. *Type* : Bomag BW141AD-2
2. Lebar drum : 1500 mm
3. Diameter drum : 1469 mm
4. Upah Supir : Rp130.000,- / hari.
5. Status Alat : Baik

3.7.4 Pneumatic Tire Roller

Data umum alat berat:

1. *Type* : Sakai TS150
2. Upah Supir : Rp130.000,- / hari.
3. Status Alat : Baik

BAB 4

ANALISA PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data

Deskripsi data yang akan disajikan dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran secara umum mengenai data yang diperoleh dilapangan. Berdasarkan survey yang dilakukan, maka diperoleh beberapa data yang ada dilapangan berupa data volume pekerjaan Peningkatan jalan berupa Hotmix.

4.2 Data Umum Proyek

Berikut data proyek peningkatan jalan di Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun Provinsi Sumatera Utara.

Data Umum Proyek Yang Diteliti

1. Nama Proyek : Pekerjaan Peningkatan Jalan
2. Lokasi : Jalan Saribu Dolok Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun
3. Panjang Hotmix : 2800 m
4. Lebar Hotmix : 5 m
5. Tebal Hotmix : 5 cm

4.3 Analisa Perhitungan Produksi Alat Berat

produktivitas per jam dari alat yang diperlukan adalah produktivitas standar alat dalam kondisi ideal dikalikan dengan faktor efisiensi kerja, Produktivitas adalah ukuran kemampuan peralatan untuk memproduksi berupa hasil kerjanya yang aktual per satuan waktu kerja efektif.

4.3.1 *Dump truck*

Data umum alat berat:

1. Analisa Alat Berat *Dump truck* yang digunakan:

- a) Jarak dari AMP ke lokasi pekerjaan (L) = 84 km
- b) Jam kerja efektif per-hari (Tk) = 7 jam
- c) Kapasitas Produksi per-hari (Qt) = 400 ton
- d) Kapasitas bak (V) = 23 m³
- e) Faktor Efisiensi alat (Fa_{DT}) = 0,83
- f) Kecepatan rata-rata bermuatan (VF) = 30 km/ jam
- g) Kecepatan rata-rata kosong (VR) = 60 km/ jam
- h) Berat isi Hotmix (D1) = 2,29 ton/ m³
- i) Kapasitas AMP / batch, asumsi 60 detik untuk 1 batch, maka:

$$Q2b = \frac{\text{Kapasitas Produksi per jam}}{60}$$

$$Q2b = \frac{80 \text{ ton}}{60}$$

$$Q2b = 1,33 \text{ ton}$$

$$(Q2b) = 1,33 \text{ ton}$$

- j) Waktu menyiapkan 1 batch Hotmix (Tb) = 1 menit (asumsi)
- k) Waktu Siklus

- Mengisi Bak

$$T1 = \frac{V}{Q2b} \times Tb$$

$$T1 = \frac{23}{1,33} \times 1$$

$$T1 = 17,25 \text{ menit}$$

- Angkut

$$T2 = \frac{L}{v1} \times 60 \text{ menit}$$

$$T2 = \frac{84}{30} \times 60$$

$$T2 = 166 \text{ menit}$$

- Kembali

$$T4 = \frac{L}{v2} \times 60 \text{ menit}$$

$$T4 = \frac{84}{60} \times 60$$

$$T4 = 83 \text{ menit}$$

Maka, waktu siklus adalah (Ts) = T1+T2+T3+T4

(Ts) = 266,25 menit

l) Kapasitas Produksi

$$(Q_{DT}) = \frac{V \times Fa_{DT} \times 60}{D1 \times Ts}$$

$$(Q_{DT}) = \frac{10 \times 0,83 \times 60}{2,29 \times 266,25}$$

$$(Q_{DT}) = 0,816$$

m) Koefisien alat per ton = 1/Q_{DT} (Koef) : 1,224 jam

Jadi untuk kapasitas 1 *Dump truck* dengan jarak 84 km dari AMP ke lokasi proyek dapat mengangkut 0,816 Hotmix. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan terdapat 5 *Dump truck* setiap hari yang mengangkut Hotmix.

4.3.2 Asphalt finisher

Data umum alat berat:

1. Analisa Alat Berat *Asphalt finisher* yang digunakan:

a) Kecepatan menghampar (V) = 3 m/ menit

b) Faktor efisiensi alat (Fa_{AF}) = 0,83

c) Lebar satu kali hamparan (b) = 3 m

d) Tebal hotmix (padat) (t) = 0,05 m

e) Berat isi Hotmix (D1) = 2,29 ton/ m³

f) Kapasitas Produksi

$$Q_{AF} = V \times b \times 60 \times Fa_{AF} \times t \times D1$$

$$Q_{AF} = 3 \times 3 \times 60 \times 0,83 \times 0,05 \times 2,29$$

$$Q_{AF} = 51,32 \text{ ton}$$

g) Koefisien alat per ton = 1/Q_{AF} (Koef) : 0,0195 jam

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan, maka diketahui untuk satu hari pekerjaan *Asphalt Finisher* dengan jam kerja 7 jam sehari dapat menghamparkan 51,32 ton Hotmix.

4.3.3 Tandem Roller

Data umum alat berat:

1. Analisa Alat Berat *Tandem Roller* yang digunakan:

- a) Kecepatan rata-rata alat (V) = 3 km/ jam
- b) Faktor efisiensi alat (Fa_{TR}) = 0,83
- c) Lebar hamparan *Finisher* (w) = 3 m
- d) Lebar efektif pemadatan (b) = 1,50 m
- e) Tebal hotmix (padat) (t) = 0,05 m
- f) Jumlah lintasan (n) = 6 lintasan
- g) Berat isi Hotmix (D1) = 2,29 ton/ m³
- h) Lebar overlap (bo) = 0,20 m

i) Lajur Lintasan

$$N = \frac{w}{b - bo}$$

$$N = \frac{3}{1,50 - 0,20}$$

$$N = 3$$

j) Kapasitas Produksi

$$(Q_{TR}) = \frac{(V \times 1000) \times (N(b - bo) + bo) \times t \times Fa_{TR}}{n \times N}$$

$$(Q_{TR}) = \frac{(3 \times 1000) \times (3(1,50 - 0,20) + 0,20) \times 0,05 \times 0,83}{6 \times 3}$$

$$(Q_{TR}) = 28,36 \text{ ton}$$

k) Koefisien alat per ton = 1/Q_{TR} (Koeff) : 0,035 jam

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan, maka diketahui untuk satu hari pekerjaan *Tandem Roller* dengan jam kerja 7 jam sehari dapat memadatkan 28,36 ton Hotmix.

4.3.4 Pneumatic Tire Roller

Data umum alat berat:

1. Analisa Alat Berat *Pneumatic Tire Roller* yang digunakan:

- a) Kecepatan rata-rata alat (V) = 6 km/ jam

- b) Faktor efisiensi alat $(Fa_{PTR}) = 0,83$
- c) Lebar pemadatan *Tandem Roller* $(w) = 3 \text{ m}$
- d) Lebar efektif pemadatan $(b) = 2,00 \text{ m}$
- e) Tebal hotmix (padat) $(t) = 0,05 \text{ m}$
- f) Jumlah lintasan $(n) = 20 \text{ lintasan}$
- g) Berat isi Hotmix $(D1) = 2,29 \text{ ton/ m}^3$
- h) Lebar overlap $(bo) = 0,20 \text{ m}$

i) Lajur Lintasan

$$N = \frac{w}{b - bo}$$

$$N = \frac{3}{2,00 - 0,20}$$

$$N = 2$$

j) Kapasitas Produksi

$$(Q_{PTR}) = \frac{(V \times 1000) \times (N(b - bo) + bo) \times t \times Fa_{PTR}}{n \times N}$$

$$(Q_{PTR}) = \frac{(6 \times 1000) \times (2(2,00 - 0,20) + 0,20) \times 0,05 \times 0,83}{20 \times 2}$$

$$(Q_{TR}) = 23,65 \text{ ton}$$

k) Koefisien alat per ton = $1/Q_{TR}$ (Koef) : 0,0422 jam

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan, maka diketahui untuk satu hari pekerjaan *Pneumatic Tire Roller* dengan jam kerja 7 jam sehari dapat memadatkan 23,65 ton Hotmix. Dan berdasarkan hasil survey dilapangan terdapat 1y *Pneumatic Tire Roller*.

4.4 Analisa Tenaga Kerja

Analisa tenaga kerja dapat ditentukan dengan satuan harga pada RAB di AHSP setiap proyek. Pada AHSP proyek manapun diketahui analisa harga pada pekerja, alat, dan bahan. Fokus peneliti kali ini perhitungan analisa tenaga kerja. Maka dapat dilihat analisanya untuk mengetahui koefisiennya sehingga dapat ditentukan upah global keseluruhan nantinya dengan perhitungan sebagai berikut:

4.4.1 Pekerja

Data umum:

1. Jumlah Orang (P) = 10 Orang
2. Upah Pekerja = Rp120.000,- / hari.
3. Jam kerja efektif perhari (Tk) = 7 jam
4. Produksi Hotmix perhari (Qt) = 400 ton
5. Analisa Pekerja yang dikerjakan (Q_{Pekerja}) = $\frac{Tk \times P}{Qt}$
= $\frac{7 \times 10}{400} = 0,1750$

4.4.2 Mandor

Data umum:

1. Jumlah Orang (M) = 1 Orang
2. Upah Pekerja = Rp150.000,- / hari.
3. Jam kerja efektif perhari (Tk) = 7 jam
4. Produksi Hotmix perhari (Qt) = 400 ton
5. Analisa Pekerja yang dikerjakan (Q_{Pekerja}) = $\frac{Tk \times M}{Qt}$
= $\frac{7 \times 1}{400} = 0,0175$

4.5 Analisa Harga Biaya Operasional

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan diatas maka didapat koefisien (Q) upah pekerja dan koefisien alat, sehingga dapat kita tentukan harga-harga pekerjaan per 1 ton hotmix nya.

Tabel 4.1: Tabel Analisa per- 1 ton hotmix berdasarkan hasil analisa.

No	Komponen	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp).	Jumlah Harga (Rp).
A.	<u>Tenaga</u>				
1.	Pekerja	Jam	0,1750	120.000,00	21.000,00
2.	Mandor	Jam	0,0175	150.000,00	2.625,00
Jumlah Harga Tenaga					23.625,00

Tabel 4.2 *Lanjutan*: Tabel Analisa per- 1 ton hotmix berdasarkan hasil analisa

<u>B.</u>	<u>Bahan</u>				
Jumlah Harga Bahan					
<u>C.</u>	<u>Peralatan</u>				
1.	<i>Dump truck</i>	Jam	1,2243	525.000,00	642.757,50
2.	<i>Asp. Finisher</i>	Jam	0,0195	750.000,00	14.625,00
3.	<i>Tandem Roller</i>	Jam	0,0353	430.000,00	15.179,00
4.	<i>P. Tyre Roller</i>	Jam	0,0423	430.000,00	18.189,00
Jumlah Harga Peralatan					690.750,50
<u>D.</u>	<u>Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan (A + B + C)</u>				714.375,50
<u>E.</u>	<u>Overhead & Profit (10% X D)</u>				71.437,55
<u>F.</u>	<u>Harga Satuan Pekerjaan (D + E)</u>				785.813,05

Diketahui koefisien pekerja sesuai analisa yang telah dilakukan sebesar $Q_{pekerja} = 0,1750$. Untuk harga perharinya diketahui Rp120.000,00, maka dapat ditentukan jumlah harga per jam nya:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah harga} &= \text{Koefisien (Q)} \times \text{Harga satuan} \\
 &= 0,1750 \times 120.000 \\
 &= \text{Rp}21.000,00
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel 4.1. Pada tabel tersebut didapat nilai keseluruhan untuk pekerjaan 1 ton hotmix sebesar Rp714.375,50.

Harga tersebut belum termasuk nilai *overhead* dan *profit* sesuai dengan (Permen PUPR NO 8, 2023). Harga satuan dasar alat terdiri atas biaya pasti (*Capital Cost atau Initial Cost*) dan biaya pemeliharaan atau operasi (*Maintenance Cost And Direct Operational*) sebesar 10% dari biaya normal pekerjaan per- 1 ton hotmix, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Overhead \& Profit} &= 10\% \times D \\
 &= 10\% \times \text{Rp}714.375,50 \\
 &= \text{Rp}71.437,55
 \end{aligned}$$

Sehingga biaya keseluruhan untuk pekerjaan per- 1 ton hotmix, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Total harga} &= \text{Jumlah harga tenaga, bahan, dan peralatan} + \text{Overhead \& Profit} \\
 &= \text{Rp}714.375,50 + \text{Rp}71.437,55 \\
 &= \text{Rp}785.813,05
 \end{aligned}$$

4.6 Analisa Volume Pekerjaan, Harga, Dan Waktu Pekerjaan

Analisis volume pekerjaan, harga, dan waktu pekerjaan merupakan langkah krusial dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi. Volume pekerjaan menentukan seberapa besar skala pekerjaan yang harus dilakukan, harga berkaitan dengan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut, dan waktu pekerjaan mencakup estimasi durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Dengan melakukan analisis yang mendalam terhadap ketiga aspek ini, pengelola proyek dapat memastikan efisiensi dalam penggunaan sumber daya, mengontrol anggaran dengan baik, dan memprediksi jadwal penyelesaian proyek dengan akurat.

4.6.1 Analisa Volume Pekerjaan Aspal

Diketahui Panjang pekerjaan pada proyek yang diteliti adalah 2.800 m dengan lebar jalan rencana 5 m dan ketebalan padat 0,05 m. Dengan data tersebut maka dapat ditentukan jumlah tonase hotmix yang akan dihamparkan pada proyek peningkatan jalan tersebut sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Total tonase yang dibutuhkan} &= P \times l \times t \times \text{bj. Aspal} \\ &= 2800 \times 5 \times 0,05 \times 2,29 \\ &= 1603 \text{ ton.}\end{aligned}$$

Berdasarkan analisa diatas didapat total 1603 ton aspal untuk proyek perkerasan tersebut, akan tetapi jumlah volume tersebut belum dapat diterapkan dilapangan karena kita harus menambahkan faktor gembur aspal untuk mencapai tujuan ketebalan 0,05 m. Dengan mengacu kepada (Permen PUPR NO 8, 2023) faktor gembur aspal berada diantara *range* 15% - 20% dari total volume aspal tanpa faktor gembur. Peneliti menggunakan 18% sebagai faktor gembur dikarenakan agar lebih *safety* saja dalam penggunaannya, maka didapat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Total tonase keseluruhan} &= (\text{volume aspal} \times \text{faktor gembur}) + \text{volume aspal} \\ &= (1603 \times 18\%) + 1603 \\ &= 288,54 + 1603 \\ &= 1891,54 \text{ ton.}\end{aligned}$$

4.6.2 Analisa Harga

Berdasarkan analisa volume yang telah dilakukan, maka untuk menentukan berapa besaran biaya upah tenaga dan alat dapat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pengerjaan} &= \text{Harga per- 1 ton} \times \text{total volume keseluruhan} \\ &= \text{Rp}785.813,05 \times 1891,54 \text{ ton} \\ &= \text{Rp}1.486.396.816,60\end{aligned}$$

Jadi biaya yang dibutuhkan untuk pengerjaan 1891,54 tonase aspal yang siap dilalui seluruh elemen masyarakat membutuhkan Rp1.486.396.816,60. Biaya ini sudah termasuk harga merental alat dan upah pekerja yang akan menghampar aspal hingga pemadatan dan siap untuk dilintasi.

4.6.3 Analisa Waktu Pengerjaan

Berdasarkan survei dilapangan diketahui dalam 1 hari terdapat 5 unit *Dump truck* untuk mengangkut aspal dari AMP menuju lokasi pekerjaan. Berdasarkan data tersebut dapat dicari lama pengerjaan proyek pengaspalan sesuai dengan total volume sebagai berikut:

$$\text{Dump truck} = \frac{\text{Volume total hotmix}}{\text{Jumlah Unit} \times \text{Kapasitas perhari}}$$

$$\text{Dump truck} = \frac{1891,54}{5 \times 0,8168} = 463 \text{ hari}$$

Tabel 4.3: Waktu yang dibutuhkan berdasarkan kapasitas alat perhari

No	Uraian	Banyak unit	Kapasitas perhari	Durasi Waktu Yang Dibutuhkan
1	<i>Dump truck</i>	5	0,8168	463
2	<i>Asp. Finisher</i>	1	51,32	37
3	<i>Tandem Roller</i>	1	28,3583	67
4	<i>P. Tyre Roller</i>	1	23,6550	80

Berdasarkan tabel 4.2 didapat waktu yang dibutuhkan berdasarkan kemampuan alat perhari, maka dapat disimpulkan bahwa lama pengerjaan dengan volume 1891,54 ton dengan panjang 2800 m, lebar 5 m, dan tebal padat 0,05m dapat diselesaikan dalam waktu sangat lama karena jarak AMP yang sangat jauh.

Analisa ini adalah analisa normal yang direncanakan, pada kenyataannya dilapangan bisa saja berubah sewaktu-waktu karena AMP dapat memproduksi 400 ton perhari sehingga membutuhkan waktu 4 hari saja untuk volume 1891,54 ton. Akan tetapi analisa yang peneliti lakukan menghitung berdasarkan waktu kerja pekerja dan operator serta alat dan mempertimbangkan jarak tempuh yang hanya bisa dilakukan 5 unit *Dump truck* dalam sehari saja.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, maka didapat kesimpulan peneliti dalam proyek Pekerjaan Peningkatan Jalan Kecamatan Panei Kabupaten Simalungun dengan panjang 2800 m, lebar 5 m, tebal padat 0,05 m, sebagai berikut:

1. Hasil analisa produktivitas, biaya operasional, dan waktu penggunaan alat berat:
 - a) Analisa Produktivitas alat perhari (Q)
 - *Dump truck* (Q_{DT}) = 0,8168 ton
 - *Asp. Finisher* (Q_{AF}) = 51,32 ton
 - *Tandem Roller* (Q_{TR}) = 28,3583 ton
 - *P. Tyre Roller* (Q_{PTR}) = 23,6550 ton
 - b) Biaya yang dibutuhkan untuk pengerjaan 1891,54 tonase aspal yang siap dilalui seluruh elemen masyarakat membutuhkan Rp1.486.396.816,60. Biaya ini sudah termasuk harga merental alat dan upah pekerja yang akan menghampar aspal hingga pemadatan dan siap untuk dilintasi.
 - c) Waktu yang dibutuhkan berdasarkan kemampuan alat perhari, maka dapat disimpulkan bahwa lama pengerjaan dengan volume 1891,54 ton dengan panjang 2800 m, lebar 5 m, dan tebal padat 0,05m dapat diselesaikan dalam waktu yang sangat lama dikarenakan jarak AMP yang sangat jauh.
2. Alat yang paling dominan dalam penelitian ini adalah *Dump truck*, karena semakin banyak unit yang dikerahkan dalam sehari maka dapat mempercepat pengerjaan pekerjaan tersebut.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini penulis memberikan saran yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

1. Dalam tugas akhir ini, jika ada terdapat hasil yang kurang sesuai diharapkan agar dapat diskusi dengan penulis. Apabila ada nilai yang didapatkan jauh dari hasil yang ada.
2. Alat berat yang digunakan harus dengan keadaan bagus dan perawatan yang rutin, agar efisiensi alat berat baik sehingga mempengaruhi siklus waktu untuk lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aoliya. (2021). Lingkar Pulau Marsela Provinsi Maluku Barat Daya. *FT-UNPAK*.
- Ewal, O. F., Indrayadi, M., & Rafie. (2020). Analisa Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Simpang Manis Raya-Sekujam Timbai. *Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak*.
- Faizah, P. N., Purba, A., & Wardono, H. (2022). Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Pemadatan Perkerasan Aspal Pada Proyek Peningkatan Jalan Ruas Pasar Banjit – Jukuh Batu Kabupaten Way Kanan. *Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)*, 2(2). <https://doi.org/10.23960/snip.v2i2.266>
- J. E. Latupeirissa. (2016) *Metode Perencanaan Evaluasi dan Pengendalian Pelaksanaan Proyek Kontruksi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kaseke, Hans, Oscar. (2008) *Bahan Ajar Pemindahan Tanah Mekanis / Alat-alat Berat*. Manado: Depertemen Pendidikan Nasional Fakultas Teknik Universitas Samratulangi.
- 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.
- Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. 2023. Permen PUPR Nomor 8 Tahun 2023. *Tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat*.
- 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.
- Ramdhani, M. I., & Johari, G. J. (2021). Analisis Produktivitas Pemakaian Alat Berat Terhadap Biaya dan Waktu pada Pembangunan Jalan Baru Lingkar Cipanas Kabupaten Garut. *Jurnal Konstruksi*, 18(2), 62–71. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.18-2.810>
- Sangadji, M. I., Ahadian, E. R., & Darwis, M. (2021). Analisis Produktivitas Waktu Kerja Alat Berat Pada Pembangunan Lanjutan Reklamasi Dan Jalan Kawasan Kayu Merah-Kalumata. *Journal of Science and Engineering*, 4(1), 59. <https://doi.org/10.33387/josae.v4i1.3110>
- Soeharto, Imam. (1997) *Manajemen Proyek*. Jakarta: Erlangga.
- 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. *DynamicSainT*, *V*(1), 906–917.

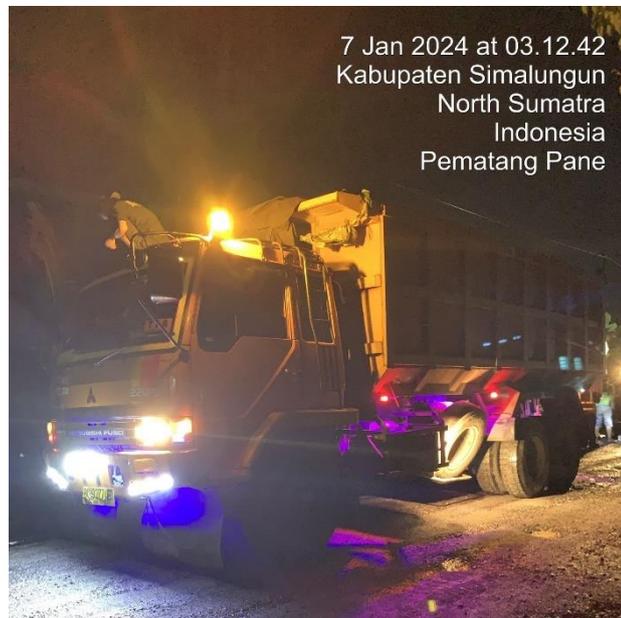
Syauki, I., Iriana, R., & Malik, A. (2017). Analisis Biaya Pemakaian Alat Berat Pada Proyek Rekontruksi Jalan Batas Kota Pariaman â Manggopoh Kabupaten Padang Pariaman Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, *5*(1), 1–16.

Utama Dewi, S., & Hendi Jaya, F. (2019). Produktivitas Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Jalan Tol Trans Sumatera (Studi Kasus : Paket III Kota Baru-Metro STA 102+775-103+225). *Tapak*, *8*(2), 162–169.

LAMPIRAN



Lampiran gambar 1. *Pneumatic Tire Roller*



Lampiran gambar 2. *Dump truck*



Lampiran gambar 3. *Tandem Roller*



Lampiran gambar . *Asphalt finisher*



Lampiran gambar 5. Kegiatan Penghamparan aspal



Lampiran gambar 6. Kegiatan Penghamparan aspal

BIODATA



DATA DIRI

Nama : Maulana Aidil Fadli
Tanggal Lahir : 12 Februari 2003
Jenis kelamin : Laki-Laki
Alamat : Jalan Mangan 1 Gang Bahagia No 6A
Agama : Islam
No hp : 081269246293
E-mail : aidilfadlim@gmail.com

Nama Orang Tua

Ayah : Fery Ferdian
Ibu : Suhesti

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2007210146
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Sipil
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD Bahagia	2014
2	SMP	SMP Islam Al-Ulum Terpadu Medan	2017
3	SMA	SMA Islam Al-Ulum Terpadu Medan	2020
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2020 sampai selesai.		