

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PRODUKTIVITAS DAN EFEKTIVITAS ALAT BERAT PADA
PROYEK PEMELIHARAAN JALAN KWALA BINGAI – BATAS
KOTAMADYA BINJAI
(STUDI KASUS)**

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD RYAN SIHOMBING

2007210147



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ryan Sihombing

NPM : 2007210147

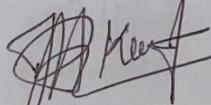
Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Produktivitas Dan Efektivitas Alat Berat Pada Proyek
Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai
(Studi Kasus)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 30 Agustus 2024

Dosen Pembimbing



Ir. Zurkiyah, MT.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ryan Sihombing

NPM : 2007210147

Program Studi : Teknik Sipil

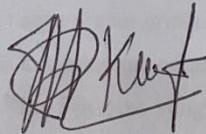
Judul Skripsi : Analisis Produktivitas Dan Efektivitas Alat Berat Pada Proyek
Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai
(Studi Kasus)

Bidang Ilmu : Transportasi

Medan, 30 Agustus 2024

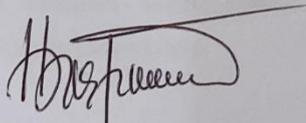
Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



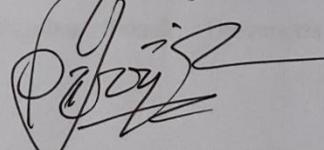
Ir. Zurkiyah, MT.

Dosen Pembanding I



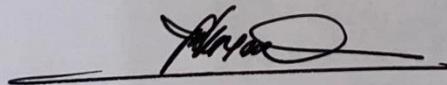
Ir. Sri Asfiati, M.T

Dosen Perabanding II



Dra. Indrayani, M.Si

Ketua Program Studi Teknik Sipil



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Ryan Sihombing

NPM : 2007210147

Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 30 Agustus 2002

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: "Analisis Produktivitas Dan Efektivitas Alat Berat Pada Proyek Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai (Studi Kasus)".

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

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

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

Medan, 30 Agustus 2024

Saya yang menyatakan,



Muhammad Ryan Sihombing

NPM: 2007210147

ABSTRAK

Analisis Produktivitas Dan Efektivitas Alat Berat Pada Proyek Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai

Muhammad Ryan Sihombing

2007210147

Ir. Zurkiyah, MT.

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 pemilihan alat berat dapat mengakibatkan manajemen pelaksanaan proyek menjadi tidak tercapai, dengan demikian keterlambatan penyelesaian proyek dapat terjadi yang 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 dibutuhkan perencanaan pada proyek alat berat agar penggunaan alat berat tersebut dapat disesuaikan dengan volume pekerjaan pada proyek pemeliharaan jalan Kwala Bingai-Batas Kotamadya Binjai. Dalam pekerjaan konstruksi tersebut, apabila diperhitungkan masalah efisiensi maka perlu dilakukan dengan menggunakan bantuan tenaga mesin atau alat berat seperti *Cold milling machine*, *dump truck 6-8 m³*, *water tank*, *dump truck tronton*, *asphalt finisher*, *tandem roller*, dan *Pneumatic Tire Roller*. Dari analisis yang dilakukan, maka di dapatkan hasil $Q_{CMM} = 144 \text{ m}^3$, $Q_{DT 6-8 \text{ m}^3} = 38,03 \text{ m}^3 / \text{jam}$, $Q_{WT} = 45,27 \text{ m}^3$, $Q_{AF} = 102,98 \text{ ton}$, $Q_{DT} = 3,47 \text{ ton}$, $Q_{TR} = 55,02 \text{ ton}$, $Q_{PTR} = 45,44 \text{ ton}$. Biaya yang dibutuhkan untuk merental alat pada saat pengerjaan pemeliharaan berlangsung sebesar Rp144.740.000,00 dengan durasi waktu selama 37 hari.

Kata Kunci: Produktivitas, alat berat, peningkatan jalan.

ABSTRACT

Analysis of Productivity and Effectiveness of Heavy Equipment on the Kwala Bingai Road Maintenance Project - Binjai Municipality Boundary (Case study)

Muhammad Ryan Sihombing
2007210147
Ir. Zurkiyah, MT.

The selection of heavy equipment to be used is a very important factor in the success of the project, the heavy equipment used must be appropriate so that the project runs smoothly, errors in selecting heavy equipment can result in project implementation management not being achieved, thus delays in project completion can occur which causes high costs. Swelling, low productivity and the time required to procure other more suitable tools are things that cause greater costs. Therefore, planning is needed for heavy equipment projects so that the use of heavy equipment can be adjusted to the volume of work on the Kwala Bingai-Batas Binjai Municipality road maintenance project. In this construction work, if efficiency issues are taken into account then it needs to be carried out using the help of machines or heavy equipment such as cold milling machines, 6-8 m³ dump trucks, water tanks, tronon dump trucks, asphalt finishers, tandem rollers and pneumatic tire rollers. From the analysis carried out, the results obtained are $Q_{CMM} = 144 \text{ m}^3$, $Q_{DT \text{ 6-8 m}^3} = 38.03 \text{ m}^3 / \text{hour}$, $Q_{WT} = 45.27 \text{ m}^3$, $Q_{AF} = 102.98 \text{ tons}$, $Q_{DT} = 3, 47 \text{ tons}$, $Q_{TR} = 55.02 \text{ tons}$, $Q_{PTR} = 45.44 \text{ tons}$. The costs required to rent equipment during maintenance work are IDR 144,740,000.00 with a duration of 37 days.

Keywords: *Productivity, heavy equipment, road improvements.*

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 dan Efektivitas Alat Berat Pada Proyek Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai (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, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Sri Asfiati, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dra. Indrayani, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rizky Efrida, S.T, M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Kepada seluruh Staf Bapak/Ibu Dosen pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Zulkifli Sihombing dan Ibunda Yusi Arfani Pane yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan

tidak ternilai kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

9. Kepada keluarga penulis kakak, abang, adek tercinta yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. 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 tefrima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 30 Agustus 2024

Penulis

(Muhammad Ryan Sihombing)

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	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pemeliharaan Jalan	5
2.2 Alat Berat	5
2.3 Tujuan Penggunaan Alat Berat	7
2.4 Produktivitas Alat Berat	7
2.5 Jenis Alat Berat dan Cara kerja Alat Berat	9
2.6 Produktivitas dan Waktu Siklus	18
2.6.1 Kombinasi dan Keseimbangan Alat	19
2.6.2 Analisa Data Produktivitas Alat Berat	21
2.7 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat	21
2.8 Efisiensi kerja	22
2.9 Estimasi Biaya Konstruksi	23
2.9.1 Biaya Alat Berat	23

2.10 Biaya Pengoperasian Alat Berat dengan Metode Permen PUPR 2023	23
2.10.1 Biaya penggunaan alat berat	23
2.10.2 Biaya kepemilikan alat berat	24
2.10.3 Biaya Penyewaan Alat	26
2.11 Penelitian Terdahulu	26
BAB 3 METODE PENELITIAN	28
3.1 Bagan Alir Penelitian	28
3.2 Metode Penelitian	29
3.3 Lokasi Proyek	29
3.4 Metode Proyek Pemeliharaan Jalan Aspal	30
3.5 Sumber Pengumpulan Data	30
3.6 Metode Pengolahan Data	31
3.7 Teknik Pengumpulan Data	31
3.8 Tahap Pelaksanaan Penelitian	31
3.9 Data Umum Alat	33
3.9.1 <i>Cold Milling Machine</i>	33
3.9.2 <i>Dump Truck</i> Untuk Mengangkut sisa Galian <i>Cold Milling Machine</i>	33
3.9.3 <i>Water Tanker</i>	33
3.9.4 <i>Asphalt Finisher</i>	33
3.9.5 <i>Dump Truck</i> Untuk Mengangkut Aspal	33
3.9.6 <i>Tandem Roller</i>	34
3.9.7 <i>Pneumatic Tire Roller</i>	34
3.9.8 <i>Concrete Cutter</i>	34
3.9.9 <i>Jack Hammer</i> dan <i>Air Compressor</i>	34
3.9.10 <i>Dump Truck</i> 6 – 8 m ³	34
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Data Umum Proyek	35
4.2 Analisa Perhitungan Produksi Alat Berat	35
4.2.1 <i>Cold Milling Machine</i>	35
4.2.2 <i>Dump Truck</i> Untuk Mengangkut sisa Galian <i>Cold Milling Machine</i>	36
4.2.3 <i>Water Tanker</i>	37
4.2.4 <i>Asphalt Finisher</i>	37

4.2.5 <i>Dump Truck</i> Untuk Mengangkut Aspal	38
4.2.6 <i>Tandem Roller</i>	39
4.2.7 <i>Pneumatic Tire Roller</i>	40
4.3 Analisa Estimasi Penggunaan Alat Berat	41
4.3.1 Analisa Volume Aspal	41
4.3.2 Estimasi Biaya Yang Dibutuhkan	42
4.4 Analisa Perbandingan Pekerjaan Galian	43
4.4.1 <i>Concrete Cutter</i>	43
4.4.2 <i>Jack Hammer dan Air Compressor</i>	44
4.4.3 <i>Dump Truck</i> 6 – 8 m ³	44
4.5 Analisa Perbandingan Data Observasi Lapangan	46
4.5.1 <i>Cold Milling Machine</i>	46
4.5.2 <i>Dump Truck</i> Untuk Mengangkut sisa Galian <i>Cold Milling Machine</i>	47
4.5.3 <i>Water Tanker</i>	48
4.5.4 <i>Asphalt Finisher</i>	48
4.5.5 <i>Dump Truck</i> Untuk Mengangkut Aspal	48
4.5.6 <i>Tandem Roller</i>	50
4.5.7 <i>Pneumatic Tire Roller</i>	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	
BIODATA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: <i>Cold Milling</i>	10
Gambar 2.2: <i>Asphalt Finisher</i>	11
Gambar 2.3: <i>Dump Truck</i>	12
Gambar 2.4: <i>Tandem Roller</i>	15
Gambar 2.5: <i>Pneumatic Tire Roller</i>	16
Gambar 2.6: <i>Jack Hammer</i>	17
Gambar 2.7: <i>Concrete Cutter</i>	18
Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian	28
Gambar 3.2: Peta Lokasi Proyek	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Faktor efisiensi alat <i>Dump Truck</i>	13
Tabel 2.2: Kecepatan <i>Dump Truck</i> dan kondisi lapangan	13
Tabel 2.3: Faktor efisiensi alat	22
Tabel 2.4: Penelitian Terdahulu	27
Tabel 4.1: Biaya rental alat selama durasi proyek pengerjaan	43
Tabel 4.2: Tabel data observasi lapangan dan biaya rental selama pengerjaan	52
Tabel 4.3: Tabel perbandingan data produktivitas alat berat	52

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
Qd	: Produktivitas Dump Truck (ton/jam)
V	: Kapasitas Dump Truck (ton)
Fa	: Faktor efisiensi
L	: Jarak antara lokasi bahan dan tempat pekerjaan
V1	: Kecepatan rata-rata bermuatan (km/jam)
V2	: Kecepatan rata-rata kosong (km/jam)
q1	: Kapasitas munjung menurut spesifikasi
Qaf	: Produktivitas Asphalt Finisher (ton/jam)
Qtr	: Produktivitas Tandem Roller
Qptr	: Produktivitas Pneumatic Tire Roller
Qcc	: Produktivitas Concrete Cutter
Qjh	: Produktivitas Jack Hammer
Qwt	: Produktivitas Water Tanker
b	: Lebar hamparan (m)
D1	: Berat jenis aspal (ton/m ³)
t	: Tebal hamparan (m)
bo	: Lebar overlap (0,20 m)
Ch	: Koefisien bahan bakar
Pw	: Tenaga alat
Tb	: Waktu menyiapkan 1 batch aspal
Tk	: Jumlah jam kerja per hari (8 jam)
Qt	: Kapasitas produksi per jam
W	: Lebar area pemadatan

N : Jumlah lajur lintasan

Wc : Kebutuhan air

Pa : Kapasitas pompa air

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sarana transportasi pada saat ini sudah sangat pesat dan mempunyai peran penting terutama yang menyangkut perwujudan perkembangan antar daerah yang seimbang dan pemerataan hasil pembangunan dalam bidang ekonomi, politik, sosial, budaya dan pertahanan keamanan. Karena jalan mempunyai peranan yang sangat penting, maka pemerintah mempunyai hak dan kewajiban pembinaan jaringan jalan dengan cara melakukan perencanaan, pemeliharaan, serta pengelolaan sebagaimana mestinya (Febrianti 2017).

Lemahnya pengawasan dan pemeliharaan jalan menyebabkan jalan-jalan yang ada di Indonesia umumnya, di Sumatera Utara khususnya mudah terjadinya kerusakan. Kerusakan jalan sebelum tercapainya umur rencana yang biasa disebut dengan kerusakan dini, umumnya dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti perlakuan yang kurang baik pada tanah dasar yang daya dukungnya lemah, genangan pada permukaan jalan yang tidak dapat mengalir akibat drainase yang kurang baik, kelebihan tonase kendaraan, perencanaan yang tidak tepat, pengawasan yang kurang baik dan pelaksanaan yang tidak sesuai dengan standar yang ada. Kerusakan dini biasanya diikuti dengan kerusakan berulang dimana jalan mengalami kerusakan lagi dalam jangka waktu yang relatif singkat misalnya tidak sampai setahun setelah perbaikan (Sutarno and Alwi 2003).

Dalam pekerjaan Teknik sipil berskala besar perlu menggunakan alat berat untuk mempermudah melakukan pengerjaan suatu proyek, pekerjaan Teknik sipil meliputi struktur, jalan, rekayasa hidrologi, disetiap pengerjaan proyek sipil alat berat sangatlah membantu baik dari segi biaya, waktu, tenaga dan mutu.

Dalam penggunaan alat pada proyek pemeliharaan jalan ini haruslah dilakukan secara seefisien mungkin, sebab maksud dan tujuan penggunaan alat berat adalah mempermudah pekerjaan, dalam pemilihan dan penggunaan alat berat pengguna perlu mengetahui jenis-jenis alat berat, kemampuan alat berat, kekurangan alat

berat, serta biaya operasional alat berat itu sendiri. Produktivitas alat berat bergantung pada jenis atau tipe alat, metode kerja, kondisi dilapangan, serta waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

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 pemilihan alat berat dapat mengakibatkan manajemen pelaksanaan proyek menjadi tidak tercapai, dengan demikian keterlambatan penyelesaian proyek dapat terjadi yang 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 dibutuhkan perencanaan pada proyek alat berat agar penggunaan alat berat tersebut dapat disesuaikan dengan volume pekerjaan pada proyek pemeliharaan jalan Kwala Bingai-Batas Kotamadya Binjai.

Pada tugas akhir ini, penulis melakukan studi kasus Pada Proyek Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai dengan judul : Analisis Produktivitas Dan Efektivitas Alat Berat Pada Proyek Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapakah nilai produktivitas alat berat yang digunakan yaitu *Cold Milling, Asphalt Finisher, Dump Truck, Tandem Roller* dan *Pneumatic Tie Roller*?
2. Bagaimana estimasi biaya penggunaan alat berat yang dibutuhkan pada proyek pemeliharaan jalan aspal tersebut?
3. Bagaimana perbandingan produktivitas pekerjaan Galian Perkerasan Beraspal tanpa Cold Milling Machine dengan pekerjaan Galian Perkerasan Beraspal menggunakan Cold Milling Machine dengan volume pekerjaan yang sama?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka penelitian ini dilakukan untuk:

1. Untuk menghitung nilai produktivitas alat berat yang digunakan yaitu *Cold Milling, Asphalt Finisher, Dump Truck, Tandem Roller* dan *Pneumatic Tie Roller*.
2. Untuk mengetahui estimasi biaya penggunaan alat berat yang dibutuhkan pada proyek pemeliharaan jalan aspal tersebut.
3. Untuk mengetahui perbandingan produktivitas pekerjaan Galian Perkerasan Beraspal tanpa Cold Milling Machine dengan pekerjaan Galian Perkerasan Beraspal menggunakan Cold Milling Machine dengan volume pekerjaan yang sama.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup yang dilakukan dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada proyek Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai dengan menganalisis produktivitas alat berat dengan total panjang jalan 3464 m dan lebar jalan 7 m.
2. Jenis alat berat yang digunakan adalah *Cold Milling, Asphalt Finisher, Dump Truck, Tandem Roller* dan *Pneumatic Tie Roller*.
3. Membahas tentang produktivitas dan biaya pada alat berat *Cold Milling, Asphalt Finisher, Dump Truck, Tandem Roller* dan *Pneumatic Tie 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 pemeliharaan 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, metode pengumpulan data dan metode analisis.

BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang perhitungan produktivitas alat berat dan biaya sewa alat berat pada proyek pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai

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 Pemeliharaan Jalan

Pemeliharaan Jalan merupakan kegiatan yang berkaitan dengan perawatan dan perbaikan jalan yang diperlukan dan direncanakan untuk mempertahankan kondisi jalan agar tetap berfungsi secara optimal melayani lalu lintas selama umur rencana jalan yang ditetapkan.

Ada tiga macam metode pemeliharaan yang dikenal dan digunakan di Indonesia, yaitu (Pramono, Syafi'i, and Pramesti 2016):

1. Pemeliharaan Rutin adalah penanganan terhadap lapis permukaan yang sifatnya untuk meningkatkan kualitas berkendara (*Riding Quality*), tanpa meningkatkan kekuatan struktural, dan dilakukan sepanjang tahun. Bentuk dari pemeliharaan rutin antara lain penanganan pada lapis permukaan, meningkatkan kualitas perkerasan namun tidak untuk meningkatkan kekuatan struktural, waktu pelaksanaan dilakukan sepanjang tahun.
2. Pemeliharaan berkala adalah pemeliharaan yang dilakukan terhadap jalan pada waktu-waktu tertentu (tidak menerus sepanjang tahun) dan sifatnya meningkatkan kemampuan struktural. Pemeliharaan berkala antara lain dilakukan dalam jangka waktu tertentu dan berfungsi untuk meningkatkan kemampuan struktural jalan.
3. Maksud peningkatan adalah penanganan jalan guna memperbaiki pelayanan jalan yang berupa peningkatan struktural dan atau geometriknya agar mencapai tingkat pelayanan yang direncanakan, biasanya dalam bentuk *overlay*.

2.2 Alat Berat

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Keberadaan alat berat dalam

setiap proyek sangatlah penting untuk menunjang pembangunan infrastruktur maupun dalam mengeksplorasi hasil tambang. Keuntungan yang didapat dalam menggunakan alat berat yaitu waktu yang sangat cepat, tenaga yang besar, nilai – nilai ekonomis dan lainnya.

Manajemen pemilihan dan pengendalian alat berat adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan alat berat untuk mencapai tujuan pekerjaan yang ditentukan, beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari antara lain adalah (Febrianti 2017).

Alat-alat berat yang sering di kenal didalam dunia teknik sipil merupakan alat yang di gunakan untuk membantu aktivitas manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat merupakan faktor terpenting dalam proyek, terutama proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya yang berskala lebih besar. Adapun tujuan dari penggunaan alat berat adalah untuk mempermudah manusia dalam mengerjakan pekerjaan, sehingga hasil yang di harapkan dapat tercapai lebih mudah dan pengerjaan atau waktu lebih relatif singkat (Ramdhani and Johari 2021).

1. Fungsi yang harus dilaksanakan, Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan.
2. Kapasitas peralatan. Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang ditentukan.
3. Cara operasi. Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan.
4. Pembatasan dari metode yang dipakai. Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat dapat berubah.
5. Ekonomi. Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting didalam pemilihan alat berat.

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

2.3 Tujuan Penggunaan Alat Berat

Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat. Alat-alat berat dalam fungsinya pada suatu proyek memegang peranan penting. Dimana dalam setiap pengoperasiannya, alat berat ini membutuhkan biaya yang cukup besar, sehingga alat-alat berat harus dimanfaatkan seoptimal mungkin.

Faktor-faktor yang menentukan dalam penggunaan alat berat adalah :

1. Tenaga yang dibutuhkan (power required),
2. Tenaga yang tersedia (power available), dan
3. Tenaga yang dapat dimanfaatkan (power usable)

2.4 Produktivitas Alat Berat

Produktivitas alat berat adalah batas kemampuan alat berat untuk bekerja. Hubungan antara tenaga yang dibutuhkan, tenaga yang tersedia dan tenaga yang dapat dimanfaatkan sangat berpengaruh pada produktivitas suatu alat berat. (Arsjad and Mangare 2020)

Menurut Rochmanhadi (1982) produktivitas alat berat pada kenyataan dilapangan tidak sama jika dibandingkan dengan kondisi ideal alat dikarenakan hal-hal tertentu seperti topografi, keahlian operator, pengoperasian dan pemeliharaan alat. Produktivitas per jam alat yang harus diperhitungkan dalam perencanaan adalah produktivitas standart alat pada kondisi ideal dikalikan suatu faktor yang disebut efisiensi kerja. Besarnya nilai efisiensi kerja ini sulit ditentukan secara tepat tetapi berdasarkan pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan. Efektivitas alat tersebut bekerja tergantung dari beberapa hal yaitu :

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

Nilai efisiensi kerja alat berat dapat dilihat dari kondisi operasi alat berat yang digunakan pada proyek pekerjaan. Nilai-nilai efisiensi kondisi operasi alat berat digunakan untuk menghitung produktivitas sebuah alat berat (Febrianti 2017).

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:

1. Faktor Efisiensi: Mengukur sejauh mana sumber daya digunakan secara optimal tanpa pemborosan. Efisiensi yang tinggi berarti bahwa sumber daya dimanfaatkan dengan baik untuk memaksimalkan hasil produksi.
2. Waktu Siklus: 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.
3. Faktor Kembang-Susut atau Faktor Konversi Volume Bahan: Mengacu pada kehilangan material atau perubahan dalam volume bahan selama proses produksi. Faktor ini penting untuk menghitung efisiensi penggunaan bahan dan mengurangi limbah.
4. Faktor Alat: 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.
5. Faktor Kehilangan: Mempertimbangkan segala bentuk kerugian yang dapat terjadi selama proses produksi, seperti kerusakan produk, downtime, atau masalah operasional lainnya. Mengurangi faktor kehilangan berkontribusi pada peningkatan produktivitas secara keseluruhan.

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.

2.5 Jenis Alat Berat dan Cara kerja Alat Berat

1. *Cold Milling*

Cold Milling atau alat berat *cold planner* merupakan perangkat mekanis yang dipakai untuk kebutuhan perbaikan jalan, menghilangkan, mengelupas atau *scrapping* lapisan atas aspal atau beton di permukaan jalan tol, jalan perkotaan atau landasan.

Fungsi dari *Cold Milling* adalah untuk membuang permukaan jalan atau landangan yang sudah rusak agar dapat kembali diperbaiki. Proses perbaikan atau pergantian aspal pada jalanan dimulai dengan pengerukan sehingga permukaan jalanan lebih rata dan tekstur sesuai untuk pengaspalan ulang atau pemasangan material baru.



Gambar 2.1: *Cold Milling* (Dokumentasi Pribadi)

Kapasitas pengerukan aspal yang dimiliki oleh *Cold Milling* berbeda-beda tergantung ukuran alat *Cold Milling* yang digunakan. Pemilihan kapasitas ini biasanya dipengaruhi oleh kondisi jalan yang akan diperbaiki. Perbedaan kapasitas ini juga membuat durasi pengerjaan menggunakan *Cold Milling* berbeda-beda. *Cold Milling* terdiri dari 7 komponen bagian yaitu Drum Penggiling, Conveyor Belt, Pengaturan Kedalaman, Sistem Hidrolik, Sistem Hidrolik, Rangka dan Suspensi dan Sistem Pendingin.

Rumus yang digunakan untuk menghitung produktivitas *Cold Milling* berdasarkan (Permen PUPR No 8 2023):

$$\text{Kapasitas produksi / jam : } Q_c = v \times b \times 60 \times F_a \text{ CMM} \times t \text{ (m}^3\text{/jam)} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- b = kapasitas lebar galian/pembongkaran (m)
- t = tebal galian/pembongkaran (m)
- v = kecepatan laju pembongkaran (m/menit)
- F_a = faktor efisiensi kerja.
- 60 = konversi jam ke menit

2. *Asphalt Finisher*

Asphalt Finisher adalah alat berat yang digunakan untuk menghamparkan aspal (campuran aspal) ke badan jalan. *Asphalt Finisher* atau *asphalt paver* merupakan alat berat dengan roda ban ataupun *crawler* yang dilengkapi dengan suatu sistem yang mampu menghamparkan campuran aspal diatas permukaan pondasi jalan. Asphalt paver dengan roda ban sebaiknya digunakan pada pengaspalan jalan dimana alat tersebut sering dipindahkan.

Asphalt Finisher menurut Departemen Pekerjaan Umum 2007 bahwa merupakan alat yang digunakan untuk melakukan penghamparan campuran aspal panas di jalan sesuai dengan ketebalan sesuai dengan perencanaan. Terdapat dua bagian alat yaitu untuk menggerakkan dan untuk menghampar matrial aspal.



Gambar 2.2: *Asphalt Finisher* (Dokumentasi Pribadi)

Rumus yang digunakan untuk menghitung produktivitas *Asphalt Finisher* adalah berdasarkan (Permen PUPR No 8 2023):

$$\text{Kapasitas produksi / jam : } Q_{af} = V \times b \times 60 \times F_a \times t \times D_1 \text{ (ton)} \quad (2.2)$$

Keterangan:

V = kecepatan menghampar; (4 – 6) (m/menit)

F_a = faktor efisiensi alat AMP (diambil kondisi paling baik, 0,83)

b = lebar hamparan

D₁ = berat isi campuran beraspal (ton/m³)

t = tebal (m)

3. *Dump Truck*

Dump Truck adalah kendaraan alat berat yang digunakan untuk mengangkut bahan material seperti pasir, kerikil atau tanah untuk keperluan konstruksi. *Dump Truck* dapat memindahkan material pada jarak menengah sampai jarak jauh (500 meter – up).

Menurut Sudianto, Syaifudin, Nugraha, & Wiyono, (2018) *Dump Truck* merupakan sebuah alat berat yang berfungsi untuk mengangkut atau memindahkan material dalam jarak tertentu. Terdapat beberapa komponen utama seperti *tube*, *rod* dan piston. Dari beberapa komponen tersebut yang sering mengalami kerusakan yaitu piston, dikarenakan mobilitas pemakaiannya bergerak naik dan turun maupun maju dan mundur dump truk dilengkapi dengan bak terbuka yang dioperasikan dengan bantuan hidrolik, bagian depan dari bak itu bisa diangkat keatas dan bagian belakang bak berfungsi sebagai engsel atau sumbu putar sehingga memungkinkan material yang diangkut bisa turun jatuh ke tempat yang diinginkan, *Dump Truck* biasa digunakan untuk memindahkan material hasil tambang ataupun material tanah. Kapasitas *dump body* akan menentukan kinerja dari hidrolik.



Gambar 2.3: *Dump Truck* (Dokumentasi Pribadi)

Ada beberapa jenis *Dump Truck* yang sering digunakan dalam dunia konstruksi

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

Tabel 2.1: Faktor efisiensi alat *Dump Truck* (Permen PUPR No.8 2023)

Kondisi Operasi	Faktor Efisiensi
Baik	0,83
Sedang	0,80
Kurang Baik	0,75
Kurang	0,70

Tabel 2.2: Kecepatan *Dump Truck* dan kondisi lapangan (Permen PUPR No.8 2023)

Kondisi lapangan	Kondisi beban	Kecepatan, v, km/h
Datar	Isi	40
	Kosong	20
Menanjak	Isi	20
	Kosong	40
Menurun	Isi	20
	Kosong	40

Kecepatan tersebut merupakan perkiraan umum. Besar kecepatan dapat berubah sesuai dengan lokasi, kondisi jalan, kondisi cuaca setempat, serta kondisi kendaraan.

Rumus yang digunakan untuk menghitung produktivitas *Dump Truck* adalah berdasarkan (Permen PUPR No 8 2023):

Kapasitas produksi / jam :

$$Q_d = V \times F_a \times 60 / D \times T_s \quad (2.3)$$

Keterangan:

Q_d = kapasitas produksi *Dump Truck* (m^3 /jam)

V = kapasitas bak (ton)

F_a = faktor efisiensi alat

D = berat isi material (aspal panas = 2,29 ton/ m^3) (ton/ m^3)

T_s = waktu siklus

Sebelum menghitung jumlah produktivitas, perlu dihitung waktu siklus pekerjaan alat – alat tersebut dengan menggunakan persamaan dibawah ini berdasarkan (Permen PUPR No 8 2023):

$$T_s = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \quad (2.4)$$

T_s = Waktu siklus

$T_1 = V / Q_{2b} \times T_b$ = Memuat

$T_2 = (L/V_1) \times 60$ (menit) = Waktu tempuh isi muatan

T_3 = Waktu lain – lain (menit)

$T_4 = (L/V_2) \times 60$ (menit) = Waktu tempuh kosong

Keterangan:

V = Kapasitas bak

Q_{2b} = Kapasitas AMP

T_b = Waktu menyiapkan 1 batch aspal

L = Jarak

V_1 = Kecepatan rata – rata bermuatan

V_2 = Kecepatan rata – rata kosong

4. *Tandem Roller*

Sebagai salah satu jenis alat berat pemadat tanah, *Tandem Roller* berfungsi dalam pekerjaan penggilas jalan dan meratakannya sebelum dilakukan pembangunan atau aktivitas konstruksi, seperti penggilasan aspal beton.

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



Gambar 2.4: *Tandem Roller* (Dokumentasi Pribadi)

Rumus yang digunakan untuk menghitung produktivitas *Tandem Roller* berdasarkan (Permen PUPR No 8 2023) :

$$\text{Kapasitas produksi / jam : } Q_{tr} = \frac{(V \times 1000) \times (N(b - b_0) + b_0) \times t \times F_a \times TR}{n \times N} \quad (2.5)$$

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

Keterangan:

- Q_{tr} = produksi *Tandem Roller* per jam (ton/jam)
- N = jumlah lajur lintasan
- W = lebar area pemadatan (m)
- b = lebar roda alat pemadat (m)
- b_0 = lebar overlap (0,20 m)
- V = kecepatan rata-rata alat
- F_a = faktor efisiensi alat
- t = lebar hamparan (m)
- n = jumlah lintasan

5. *Pneumatic Tire Roller*

Pneumatic Tired Roller (PTR) memiliki fungsi utama sebagai alat pemadatan lapisan *base course*, *binder course*, dan permukaan pada jalan aspal. Selain itu, alat ini juga dapat digunakan untuk pemadatan tanah dasar, tanah campuran kapur dan semen. PTR juga andal digunakan untuk mengikat campuran aspal guna mendapatkan efek sealing pada lapisan permukaannya.

Proses pemadatan alat ini menggunakan gabungan antara metode *kneading action* dan *static weight*. Tekanan alat pada permukaan tanah diatur dengan cara mengatur berat alat, menambah atau mengurangi tekanan ban, mengatur lebar ban, dan mengatur tekanan ban.



Gambar 2.5: *Pneumatic Tire Roller* (Dokumentasi Pribadi)

Rumus yang digunakan untuk menghitung produktivitas *Pneumatic Tie Roller* adalah berdasarkan (Permen PUPR No 8 2023):

$$\text{Kapabilitas produksi / jam : } Q_{ptr} = \frac{(V \times 1000) \times (N(b - b_0) + b_0) \times t \times Fa_{PTR}}{n \times N} \quad (2.6)$$

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

Keterangan:

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

V = kecepatan rata-rata alat

Fa = faktor efisiensi alat

t = lebar hamparan (m)

n = jumlah lintasan

6. *Jack Hammer*

Jackhammer, atau dalam bahasa Indonesia dikenalkan sebagai "palu udara" atau "palu bor", adalah alat berat yang digunakan untuk menghancurkan permukaan keras seperti beton atau aspal. Alat ini bekerja dengan prinsip pneumatik atau hidraulik yang menghasilkan getaran dan tekanan tinggi untuk memecahkan material yang keras. Jackhammer biasanya digunakan dalam pekerjaan konstruksi dan pemeliharaan jalan, serta dalam proyek-proyek yang melibatkan penggalian atau pemecahan beton.

Ada berbagai jenis jackhammer, termasuk yang dioperasikan dengan tangan dan yang dipasang pada mesin. Beberapa jackhammer menggunakan udara terkompresi untuk menghasilkan tenaga, sementara yang lain mungkin menggunakan mekanisme hidraulik atau listrik.



Gambar 2.6: *Jack Hammer*

Bagian-Bagian Utama *Jack Hammer*

- Pegangan: Biasanya terbuat dari bahan ergonomis untuk memberikan kenyamanan saat digunakan.
- Mata Bor atau Chisel: Bagian yang digunakan untuk memecah material. Bisa berupa chisel (mata pahat) atau mata bor khusus.
- Sistem Pukulan: Menghasilkan tenaga yang diperlukan untuk memecah material. Pada *Jack Hammer* pneumatik, ini dihasilkan oleh aliran udara bertekanan, sementara pada versi hidraulik, ini dihasilkan oleh cairan hidraulik.

7. *Concrete Cutter*

Concrete Cutter, atau pemotong beton, adalah alat khusus yang dirancang untuk memotong beton dengan presisi dan efisiensi. Alat ini dapat memotong berbagai jenis material beton, seperti slab, dinding, jalan, dan trotoar, serta sering digunakan dalam proyek konstruksi, renovasi, dan perbaikan infrastruktur. *Concrete Cutter* dilengkapi dengan mata gergaji berlian atau alat pemotong khusus yang dapat menangani kekerasan beton.

Fungsi *Concrete Cutter*

1. Pemotongan Beton

Fungsi: Memotong beton untuk berbagai aplikasi seperti pembukaan lubang, pemotongan dinding, atau pembuatan slot. Contoh: Membuat lubang untuk pipa atau kabel, memotong dinding beton untuk renovasi.

2. Pemotongan Jalan dan Trotoar

Fungsi: Memotong permukaan jalan atau trotoar untuk perbaikan atau instalasi utilitas. Contoh: Membuat slot untuk perbaikan saluran pembuangan, menghapus bagian jalan lama sebelum pengaspalan ulang.

3. Renovasi dan Perbaikan Bangunan

Fungsi: Mengubah atau memperbaiki struktur beton dalam proyek renovasi. Contoh: Membuka akses baru untuk pintu atau jendela, memotong bagian dinding untuk pembaharuan.



Gambar 2.7: *Concrete Cutter*

2.6 Produktivitas dan Waktu Siklus

Produktivitas atau daya produksi menyatakan seberapa baik sumber daya yang dikelola dan digunakan untuk memperoleh hasil yang baik. Produktivitas alat berat

pada umumnya merupakan perhitungan kapasitas kerja alat berat atau kemampuan kerja alat berat dalam hitungan periode waktu (per jam). Dengan demikian, produktivitas alat tergantung pada tipe alat, kualitas operator, medan kondisi di lapangan, waktu siklus alat dan jenis material yang dikerjakan (Permen PUPR No.11/PRT/M). Efisiensi sangat bergantung pada kondisi kerja dan faktor alam lainnya seperti topografi, keahlian operator, pemilihan standar perawatan dan lainnya yang bertautan dengan pengoperasian alat (Y Waney et al., n.d.).

Menurut kamus besar Bahasa Indonesia Produktivitas adalah kemampuan untuk menghasilkan sesuatu, sehingga dapat dikatakan bahwa produktivitas alat berat adalah kemampuan alat berat untuk menghasilkan sesuatu persatuan waktu. Produktivitas alat berat bergantung pada tiga faktor, yaitu: waktu siklus, material, dan efisiensi. (Febrianti, Zakia, and Mawardi 2021)

Waktu Siklus dalam setiap pekerjaan pemindahan material, alat berat beroperasi menurut pola siklus tertentu: memuat, mengangkut, membuang, dan kembali ketempat pemuatan atau kombinasi dari keempatnya. Waktu siklus adalah jangka waktu yang dibutuhkan alat berat untuk merampung serangkaian operasi kerja. Untuk menaksir waktu siklus suatu alat berat yaitu dimulai ketika alat sudah siap untuk beroperasi. Pengukuran waktu siklus dilakukan beberapa kali, kemudian dihitung berapa rata-rata dari waktu siklus tersebut. Waktu siklus diketahui guna menaksir produksi. Waktu siklus dapat digolongkan dalam dua kategori yaitu, waktu tetap dan waktu variabel. Waktu tetap adalah waktu yang digunakan untuk memuat dan membuang, termasuk pengolahan gerak yang mungkin perlu dilakukan. Bagian siklus ini cukup konstan tidak peduli panjangnya jarak angkut dan kembali ketempat pemuatan. Waktu variabel adalah lamanya perjalanan, atau lebih tepatnya waktu yang dibutuhkan untuk mengangkut dan kembali ketempat pemuatan dalam satu siklus. Waktu ini berubah-ubah sesuai dengan jarak dan kondisi jalan angkutan antar daerah pemuatan dan daerah pembuangan (Kulo 2017).

2.6.1 Kombinasi dan Keseimbangan Alat

Dalam banyak kasus penanganan pekerjaan teknik sipil dibutuhkan beberapa jenis alat yang harus bekerja secara bersama-sama sebagai satu tim. Permasalahan

utama yang harus dilaksanakan adalah mendapatkan suatu keseimbangan tim agar terhindar dari kemungkinan bunching effect dan akhirnya idle time dari satu atau beberapa jenis alat. Bunching effect adalah berkumpulnya alat berat dengan tidak semestinya pada suatu lokasi, sedangkan idle time adalah waktu nganggur yang terjadi pada alat berat yang berkapasitas lebih besar dibandingkan kapasitas alat pasangannya.

Langkah-langkah menganalisis keseimbangan alat secara umum adalah sebagai berikut :

- a. Datakan keseluruhan kuantitas dan persyaratan kualitas pekerjaan yang menjadi sasaran untuk diselesaikan serta patokan jangka waktu pelaksanaan yang tersedia.
- b. Pilih jenis alat lengkap dengan data kapasitas dan data lainnya yang berkaitan dengan pengoperasian yang dibutuhkan dengan mendasarkan pada sasaran kualitas dan kuantitas pekerjaan yang akan ditangani.
- c. Hitung waktu siklus masing-masing alat berdasarkan kondisi rata-rata yang mungkin terjadi.
- d. Perkirakan faktor efisiensi berdasarkan kondisi alat, tempat kerja, dan metode kerja yang akan diterapkan.
- e. Hitung kapasitas kerja masing-masing alat untuk per-unitnya.
- f. Hitung kebutuhan unit jenis alat berdasarkan perbandingan besarnya kapasitas kerja masing-masing alat dan berpatokan pada kapasitas jenis alat yang terbesar.

Dalam pekerjaan jalan kegiatan yang perlu diperhatikan adalah pemuatan dan pengangkutan material. Untuk merencanakan penyesuaian alat pemuat dengan alat pengangkut untuk menghindari pemborosan, maka diusahakan idle time sekecil-kecilnya. Langkah-langkah penyesuaian yang ditempuh meliputi:

1. Penyesuaian Kelas Alat Pemuat dan Alat Pengangkut yang digunakan.
Penyesuaian kelas harus dipertimbangkan terhadap :
 - a. Dumping clearance/dumping height dan dumping reach dari alat pemuat harus sesuai dengan tinggi alat pengangkut yang digunakan.
 - b. Jumlah rit pengisian (loading cycle) alat pemuat ke dalam alat pengangkut yang ideal tidak terlalu banyak (sebaiknya antara 3 sampai 5 kali)

2. Penyesuaian Jumlah

Jumlah alat pemuat dan alat pengangkut harus selaras. Jika tidak maka akan terjadi bunching effect, yang pada akhirnya akan menyebabkan idle time.

2.6.2 Analisa Data Produktivitas Alat Berat

Analisis data merupakan pengolahan terhadap data-data yang telah dikumpulkan baik itu data primer maupun data sekunder. Analisis yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual yaitu analisis mengenai topik yang menyangkut tentang produktifitas alat berat pada pekerjaan sipil dibidang pematangan lahan, baik pekerjaan galian, timbunan maupun pemadatan tanah pada lokasi yang di tinjau yaitu, komposisi alat berat yang tepat dengan harapan dapat meningkatkan kinerja produktivitas alat-berat. Kualitas, waktu yang singkat, dan biaya yang hemat (Madeppungeng 2019).

2.7 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat

Pemilihan alat berat yang tepat pada tahap perancangan merupakan faktor penentu. Tidak semua jenis alat berat dapat digunakan untuk setiap tahap konstruksi. Kesalahan pemilihan alat berat dapat berakibat terlambatnya pelaksanaan proyek yang mengakibatkan membengkaknya biaya konstruksi. Untuk itu pengetahuan atas fungsi dan spesifikasi alat berat memegang peranan penting dalam pemeliharaan alat berat yang benar-benar tepat. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat antar lain:

1. Fungsi yang akan dilaksanakan, alat berat yang digunakan disesuaikan dengan fungsinya terhadap pekerjaan yang akan dilaksanakan.
2. Kapasitas peralatan, kesesuaian kapasitas pekerjaan dengan kapasitas alat merupakan hal yang penting untuk meminimalisir biaya konstruksi.
3. Cara pengoperasian, alat berat disesuaikan dengan mobilitas (arah gerak, kecepatan, siklus gerak dll) yang telah ditetapkan.
4. Ekonomi, pemilihan alat juga harus mempertimbangkan biaya investasi atau sewa, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan.

5. Jenis proyek, pada jenis proyek yang berbeda, akan digunakan jenis alat berat yang berbeda pula.
6. Lokasi proyek, lokasi proyek juga akan mempengaruhi pemilihan alat berat yang digunakan.
7. Jenis dan kekuatan tanah, kekuatan tanah serta jenis tanah yang akan diolah juga mempengaruhi pemilihan alat berat yang digunakan.
8. Kondisi lapangan, kondisi lapangan yang sulit akan berbeda dengan kondisi lapangan yang standar dalam pemilihan alat.

2.8 Efisiensi kerja

Dalam merencanakan suatu proyek, Produktivitas per jam dari suatu alat yang diperlukan adalah Produktivitas standar dari alat tersebut dalam kondisi ideal dikalikan dengan suatu faktor. Faktor tersebut dinamakan efisiensi kerja. Efisiensi kerja tergantung pada banyak faktor seperti: topografi, keahlian, operator, pemilihan standar pemeliharaan dan sebagainya yang menyangkut operasi alat. Dalam kenyataannya memang sulit untuk menentukan besarnya efisiensi kerja, tetapi dengan dasar pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan. Kondisi kerja kergantung dari hal-hal berikut dan keputusan terakhir harus diambil dengan memperhitungkan semua hal tersebut dibawah ini:

1. Apakah alat sesuai dengan topografi yang bersangkutan
2. Kondisi dan pengaruh lingkungan seperti ukuran medan dan peratan cuaca saat itu dan penerangan pada tempat dan waktu yang diperlukan.
3. Pengaturan kerja dan kombinasi kerja antara peralatan dan mesin.
4. Metode operasional dan perencanaan persiapan.
5. Pengalaman dan kepandaian operator dan pengawas untuk pekerjaan termasuk.

Tabel 2.3: Faktor efisiensi alat (Permen PUPR No.8 2023)

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

2.9 Estimasi Biaya Konstruksi

Definisi VE adalah suatu metode pendekatan sistematis untuk memperoleh hasil yang maksimal dari setiap biaya yang dikeluarkan tanpa mengurangi mutu, tingkat kepercayaan, kinerja dan waktu penyerahan yang tepat. Pada proses perhitungan biaya analisis VE terdapat beberapa komponen yang harus diperhatikan seperti estimasi biaya, biaya konstruksi, harga satuan pekerjaan, rencana anggaran biaya, analisis pengambilan keputusan, metode *zero-one*, penilaian Akhir Alternatif dan *Existing* (Pembobotan) (Iverson and Dervan, n.d.).

2.9.1 Biaya Alat Berat

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

2.10 Biaya Pengoperasian Alat Berat dengan Metode Permen PUPR 2023

2.10.1 Biaya penggunaan alat berat

Dalam sebuah proyek konstruksi, pada umumnya alat berat yang dipakai/digunakan bisa berasal dari berbagai sumber, seperti alat berat yang dibeli kontraktor, alat berat yang di sewa kontraktor, dan juga alat berat yang disewa kontraktor.

1. Alat Berat yang dibeli oleh kontraktor

Keuntungan dari pembelian ini adalah biaya penggunaan per jam sangat rendah dengan penggunaan perangkat yang optimal.

2. Alat Berat yang disewa –beli (*leasing*) oleh kontraktor

Peralatan biasanya disewa atau dibeli ketika alat tersebut digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama. Pembelian leasing berarti karena jangka waktu

leasing yang panjang, peralatan dapat dibeli oleh penyewa pada akhir periode *leasing*.

3. Alat Berat yang disewa oleh kontraktor

Alat Berat yang disewa oleh kontraktor Selisih antara sewa alat berat dan jual beli adalah jangka waktu sewa. Alat berat biasanya disewa untuk jangka waktu singkat. Biaya sewa alat berat memang paling tinggi, namun tidak bertahan lama karena jangka waktu sewanya singkat Menurut Wigroho (1998:127), biaya alat berat dapat dihitung dengan menggunakan perkiraan yang dapat diandalkan. Biaya ini termasuk biaya kepemilikan dan pengoperasian yang sering disebut sebagai biaya O & O (*Owning & Operating Cost*) (Wattimena, Witjaksana, and Teknik 2023).

- a. *Owning Cost* (Biaya Kepemilikan)
- b. *Operating Cost* (Biaya Operasi)

2.10.2 Biaya kepemilikan alat berat

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

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

1. Nilai sisa alat (C) (Permen PUPR No 8 2023):

$$C = 10\% \times B \tag{2.7}$$

Dengan :

C = Nilai sisa Alat (Rupiah)

B = Harga Alat (Rupiah)

2. Faktor angsuran/ Pengembalian modal (Permen PUPR No 8 2023):

$$D = \frac{i x (1+i)^A}{(1+i)^A - 1} \tag{2.8}$$

Dengan :

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

D = faktor angsuran modal

A = umur alat (tahun)

3. Biaya Pasti Perjam

a. Biaya Pengembalian Modal (Permen PUPR No 8 2023) :

$$e1 = \frac{(B-C) \times D}{W} \quad (2.9)$$

Dengan:

$e1$ = biaya pengembalian modal (Rupiah)

B = harga alat (Rupiah)

C = nilai sisa alat (Rupiah)

D = faktor angsuran modal

W = jam kerja 1 tahun (jam)

b. Biaya Operasi dan Pemeliharaan Alat Berat

4. Biaya Bahan Bakar (Permen PUPR No 8 2023):

$$H = Ch \times Pw \times Ms \quad (2.10)$$

Dengan :

Pw = Tenaga Alat (HP)

Ms = Harga minyak solar (liter)

Ch = koefisien bahan bakar , dimana:

Ch = 10 % untuk pekerjaan ringan, $W = 1.200$ jam per tahun.

Ch = 11% untuk pekerjaan sedang, $W = 1600$ jam per tahun.

Ch = 12 % untuk bila pekerjaan berat, $W = 2.000$ jam per tahun.

5. Biaya Pelumas (Permen PUPR No 8 2023):

$$I = Cp \times Pw \times Mp \quad (2.11)$$

Dengan :

Cp = koefisien pelumas

untuk pekerjaan ringan $Cp = 0,25\%$

untuk pekerjaan sedang $Cp = 0,30\%$

untuk pekerjaan berat $Cp = 0,35\%$

Pw = Tenaga alat (HP)

Mp = Harga Minyak Pelumas (liter)

6. Biaya Perbaikan dan Perawatan (Permen PUPR No 8 2023):

$$J = C_m \times B/W \quad (2.12)$$

Dengan :

C_m = koefisien pemeliharaan, dimana:

C_m = 2,2 % untuk pekerjaan ringan.

C_m = 2,5% untuk pekerjaan sedang.

C_m = 2,8 % untuk pekerjaan berat.

B = harga pokok alat

W = Jam Kerja Alat Dalam Satu Tahun

7. Biaya Operator (Permen PUPR No 8 2023):

$$L = (1 \text{ org/jam}) \times U_1 \quad (2.13)$$

Dengan : U_1 = Upah Operator/supir

2.10.3 Biaya Penyewaan Alat

Perhitungan biaya dilakukan dengan menjumlahkan biaya sewa dengan durasi pemakaian alat berat.

Total biaya sewa alat = biaya sewa perhari x durasi penggunaan alat

2.11 Penelitian Terdahulu

Sebelum melakukan penelitian mengenai Analisis Produktivitas Dan Efektivitas Alat Berat Pada Proyek Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai. Tinjauan pustaka bertujuan untuk mengkaji secara mendalam teori dan temuan penelitian yang relevan dengan produktivitas dan efektivitas alat berat dalam proyek pemeliharaan jalan. Tujuan ini mencakup identifikasi faktor-faktor kunci yang mempengaruhi produktivitas alat berat serta metode evaluasi efektivitas alat berat yang digunakan dalam proyek-proyek serupa. Tinjauan ini juga bertujuan untuk menemukan celah-celah penelitian yang ada dan menetapkan bagaimana penelitian ini dapat memberikan kontribusi baru dalam bidang tersebut.

Tabel 2.4: Penelitian Terdahulu

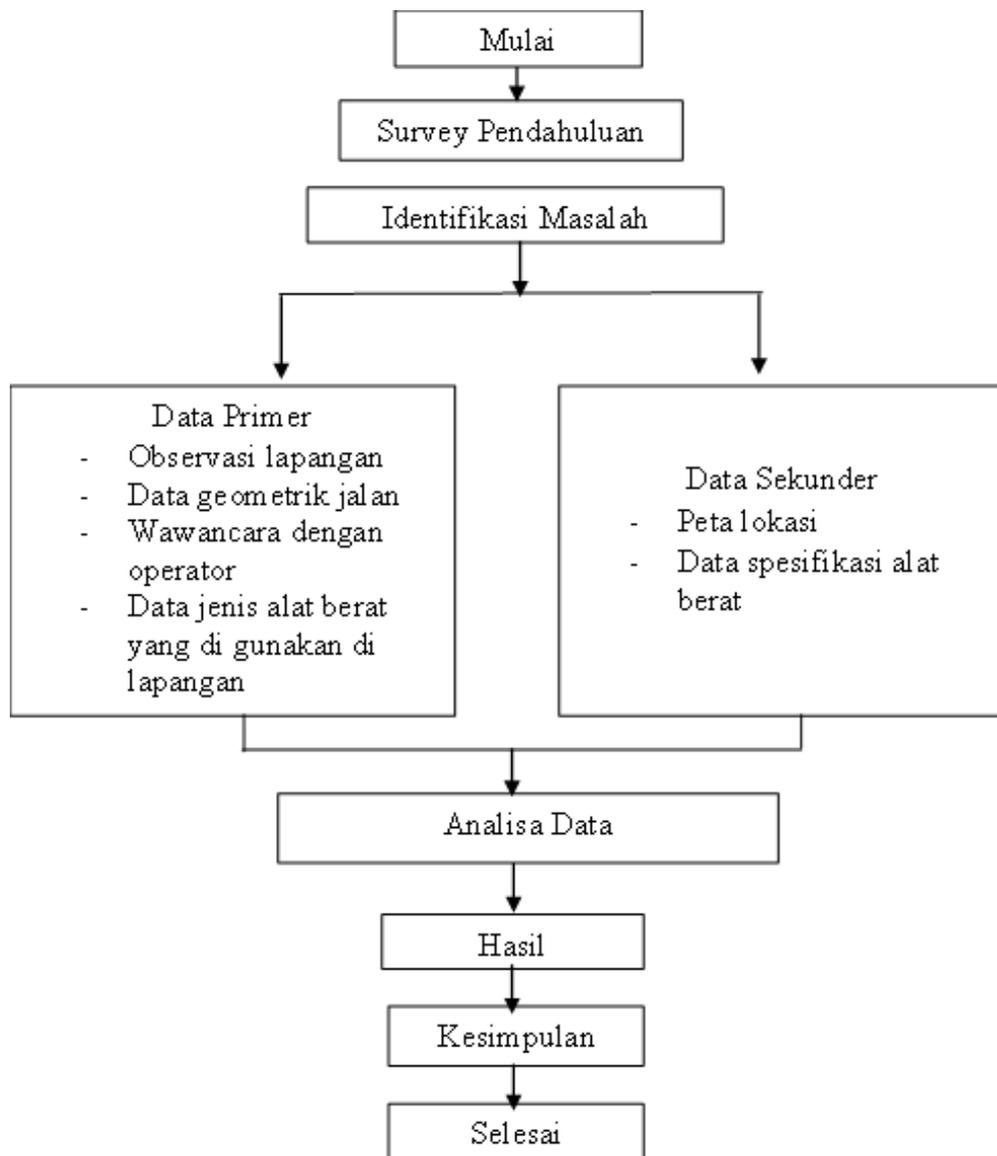
No	Penulis	Judul	Tahun	Keterangan
1	FANNY FAHRUROZY	Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Pekerjaan Jalan Aspal Kecamatan Marbau Kabupaten Labuhan Batu Utara	2022	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membahas tentang produktivitas alat berat pada proyek pembangunan jalan aspal 2. Jam kerja di mulai dari pagi hari pada pukul 08.00-12.00 WIB dan siang hari pada pukul 14.00-17.00 WIB 3. Hanya membahas biaya alat berat pada proyek pembangunan jalan aspal 4. Hanya membahas alat berat Excavator, Motor grader, Vibratory Roller dan tandem roller, serta dump truck.
2	NAUVAL RAFID PENYALAI	Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Dan Timbunan Pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Parapat Sta 22+000 S/D	2021	<ol style="list-style-type: none"> 1. Untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pembuatan badan jalan tol. 2. Mendapatkan komposisi jenis alat berat yang digunakan agar seluruh alat berat dapat bekerja maksimal

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

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



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Berdasarkan hal tersebut terdapat empat kata kunci yang perlu diperhatikan yaitu cara ilmiah, data tujuan, dan kegunaan (Sugiyono 2016).

Fungsi penelitian ini adalah untuk mencari penjelasan dan jawaban terhadap permasalahan yang berupa mencari alat berat apa saja yang dibutuhkan pada proyek tersebut. Oleh karena itu diperlukan metodologi penelitian, yakni seperangkat pengetahuan tentang langkah-langkah sistematis dan logis tentang pencarian data yang berkenaan dengan masalah tertentu untuk diolah. Dianalisis, diambil kesimpulan dan selanjutnya dicarikan pemecahnya. Penelitian juga merupakan suatu kegiatan ilmiah yang ditempuh melalui serangkaian proses yang panjang. Diawali dengan adanya minat untuk mengkaji secara mendalam terhadap munculnya fenomena tertentu. Dengan didukung oleh penguasaan teori dan konseptualisasi yang kuat atas fenomena tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis produktivitas kinerja alat berat pada proyek pemeliharaan jalan ini, untuk mengetahui alat berat apa saja yang diperlukan pada proyek ini dan untuk menghitung perkiraan biaya yang akan dikeluarkan pada proyek ini. Dari hasil penelitian ini maka akan didapatkan hasil analisis dari produktivitas alat berat pada proyek tersebut.

3.3 Lokasi Proyek

Lokasi proyek pekerjaan pemeliharaan jalan aspal ini terletak di Jl. Tengku Amir Hamzah, Sambi Rejo, Kec. Binjai, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara dengan total panjang 3,464 km.



Gambar 3.2: Peta Lokasi Proyek

3.4 Metode Proyek Pemeliharaan Jalan Aspal

Dalam pengumpulan data proyek pemeliharaan jalan aspal dilakukan observasi secara langsung dan data yang didapat melalui wawancara kepada kontraktor dan operator dari alat berat Pada Proyek Pemeliharaan Jalan Kecamatan. Binjai, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara.

3.5 Sumber Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data primer merupakan data yang dikumpulkan dari hasil wawancara dan survey lapangan secara langsung dilokasi proyek Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai.
2. Data sekunder merupakan data yang diperoleh tidak secara langsung. Data sekunder berasal dari referensi jurnal, Internet dan media cetak lainnya untuk mendapatkan informasi tambahan yang berhubungan dengan produktivitas alat berat. Data sekunder yang dipakai berupa :
 - a. Data alat berat alat yang digunakan dilapangan.
 - b. Spesifikasi alat berat yang digunakan.

3.6 Metode Pengolahan Data

Langkah-langkah kerja dalam analisis produktivitas alat Berat Pada Proyek Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai

1. Menentukan jenis – jenis alat pekerjaan.
2. Menghitung produktivitas alat berat.
3. Menghitung estimasi biaya pekerjaan alat berat dengan menggunakan metode bina marga.

3.7 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian yang dilakukan pada proyek pemeliharaan jalan Kwala Bingai-Batas Kotamadya Binjai terdiri dari data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer dari penelitian ini di dapatkan secara langsung dengan melakukan wawancara langsung kepada kontraktor di lokasi proyek pemeliharaan jalan Kwala Bingai-Batas Kotamadya Binjai.

2. Data sekunder

Data sekunder dari penelitian ini di peroleh dari jurnal dan internet untuk mendapatkan data alat berat seperti jenis dan type alat berat serta data geometrik jalan pada proyek pemeliharaan jalan Kwala Bingai-Batas Kotamadya Binjai.

3.8 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan beberapa langkah – langkah yang dimulai dari awal penelitian hingga akhir penelitian. Adapun tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mulai

Mulai merupakan tahapan awal untuk melaksanakan penelitian. Tahapan ini dilakukan sebelum melakukan penelitian seperti mencari judul penelitian yang akan dilaksanakan.

2. Tahap Perencanaan

Pada tahap ini melakukan persiapan gambaran tentang penelitian yang dilakukan berdasarkan judul yang telah ditentukan. Kemudian mencari permasalahan pada judul dan menentukan lokasi untuk penelitian yang akan dilakukan.

3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari tentang gambaran umum tentang penelitian yang akan dilaksanakan, seperti untuk menentukan metode penelitian, teknik pengumpulan data, dan pengolahan data. Studi literatur didapat melalui referensi dari jurnal, buku, artikel, penelitian terdahulu, dan lainnya.

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapat dengan cara survey dan wawancara di lapangan dengan pihak – pihak terkait. Sedangkan data sekunder diperoleh dari referensi jurnal, Internet dan media cetak lainnya.

5. Analisis Data

Setelah data – data telah terkumpul, kemudian dilakukan pengolahan dan analisis data. Analisa data dilakukan dengan menggunakan rumus – rumus yang telah dijelaskan pada bab 2.

6. Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini menjelaskan hasil dari analisis data yang didapat dari penelitian. Hal ini bertujuan untuk mengetahui produktivitas alat berat dan estimasi biaya pekerjaan alat berat.

7. Kesimpulan dan Saran

Tahapan ini merupakan pengambilan kesimpulan dari hasil akhir analisis data penelitian dan memberikan saran terhadap hasil penelitian yang didapat.

3.9 Data Umum Alat

3.9.1 Cold Milling Machine

Data umum alat berat:

1. *Type* : Cold Milling XCMG XM1005h
2. Biaya sewa alat : Rp7.000.000,- / hari.
3. Status Alat : Baik

3.9.2 Dump Truck Untuk Mengangkut sisa Galian Cold Milling Machine

Data umum alat berat:

1. *Type* : Canter FE 74 HD N (6W)
2. Kapasitas : 6 - 8 m³
3. Upah Supir : Rp150.000,- / hari.
4. Status Alat : Baik
5. Jumlah : 5 Unit

3.9.3 Water Tanker

1. Volume tangki air (V) = 5 m³
2. Kebutuhan air/M3 material padat (Wc) = 0,11 m³
3. Kapasitas pompa air (pa) = 100 liter./menit
4. Faktor efisiensi alat (Fa) = 0,83

3.9.4 Asphalt Finisher

Data umum alat berat:

1. *Type* : Sumitomo HA44W
2. Upah Operator : Rp350.000,- / hari.
3. Status Alat : Baik

3.9.5 Dump Truck Untuk Mengangkut Aspal

Data umum alat berat:

1. *Type* : Mitsubitshi Fuso 220 PS
2. Status Alat : Baik
3. Jumlah : 5 Unit

3.9.6 Tandem Roller

Data umum alat berat:

1. *Type* : Bomag BW141AC
2. Berat : 8 ton
3. Upah Operator : Rp300.000,- / hari.
4. Status Alat : Baik

3.9.7 Pneumatic Tire Roller

Data umum alat berat:

1. *Type* : Sakai TS200
2. Upah Operator : Rp300.000,- / hari.
3. Status Alat : Baik

3.9.8 Concrete Cutter

1. Volume pemotongan (V) = $7 \text{ m}^3./ \text{jam}$
2. Effisiensi alat (Fa) = 0,83
3. Tebal aspal (t) = 0,07 m

3.9.9 Jack Hammer dan Air Compressor

1. Kapasitas bongkar (bk) = $24 \text{ m}^3./ \text{jam}$ (hanya mencongkel)
2. Effisiensi alat (Fa) = 0,83
3. Tebal aspal (t) = 0,07 m

3.9.10 Dump Truck 6 – 8 m³

Data umum alat berat:

1. *Type* : Canter FE 74 HD N (6W)
2. Kapasitas : 6 - 8 m³
3. Upah Supir : Rp150.000,- / hari.
4. Status Alat : Baik
5. Jumlah : 1 Unit

BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Umum Proyek

Berikut data Proyek Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai Provinsi Sumatera Utara.

Data Umum Proyek Yang Diteliti

1. Nama Proyek : Pekerjaan Pemeliharaan Jalan
2. Lokasi : Jalan Kwala Bingan – Batas Kota Madya Binjai
3. Panjang jalan eksisting : 3,464 m
4. Lebar jalan eksisting : 7 m
5. Tebal aspal eksisting : 7 cm
6. Volume Galian CMM : 612 m³
7. Tebal padat aspal untuk menutup lubang galian dari *Cold Milling Machine* sebesar 6 cm.

4.2 Analisa Perhitungan Produksi Alat Berat

4.2.1 Cold Milling Machine

Data umum alat berat:

1. Analisa Alat Berat *Cold Milling Machine* yang digunakan:
 - a) Kapasitas lebar galian/pembongkaran (b) = 1 m
 - b) tebal galian/pembongkaran (t) = 0,06 m
 - c) kecepatan laju pembongkaran (v) = 50 m/menit
 - d) Faktor efisiensi kerja (Fa_{CMM})= 0,08
 - e) Kapasitas Produksi
$$Q_{CMM} = v \times b \times 60 \times Fa_{CMM} \times t$$
$$Q_{CMM} = 50 \times 1 \times 60 \times 0,8 \times 0,06$$
$$Q_{CMM} = 144 \text{ m}^3$$
2. Koefisien alat per m³ = 1/Q_{CMM} (Koef) = 0,0069 jam

Berdasarkan hasil survey peneliti didapatkan untuk volume galian CMM sebesar 612,00 m³.

Dan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Penggunaan CMM} = \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Kapasitas perhari}}$$

$$\text{Penggunaan CMM} = \frac{612 \text{ m}^3}{144 \text{ m}^3}$$

$$\text{Penggunaan CMM} = 4,25 \text{ hari}$$

Artinya apabila tidak ada hambatan di lokasi proyek, seperti cuaca maka hanya dibutuhkan waktu sekitar 5 hari untuk menyelesaikan pekerjaan galian dengan *Cold Milling Machine*.

4.2.2 *Dump Truck* Untuk Mengangkut sisa Galian *Cold Milling Machine*

Data umum alat berat:

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

- a. Kapasitas bak (V) = 8 m³
- b. Faktor efisiensi alat (Fa) = 0,83
- c. Kecepatan rata-rata bermuatan (v1) = 25 km/jam
- d. Kecepatan rata-rata kosong (v2) = 35 km/jam
- e. Jarak buang bekas galian (L) = 1 km
- f. Waktu siklus:

- Muat

$$T1 = \frac{V}{QCMM} \times 60$$

$$T1 = \frac{8}{144} \times 60$$

$$T1 = 3,33 \text{ menit}$$

- Waktu tempuh isi

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

$$T2 = \frac{1}{25} \times 60$$

$$T2 = 2,40 \text{ menit}$$

- Waktu Tempuh kosong

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

$$T4 = \frac{1}{35} \times 60$$

$$T4 = 1,71 \text{ menit}$$

- Lain-lain (T4) = 1 menit

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

$$(Ts) = 8,45 \text{ menit}$$

- g. Jika mengangkut galian menggunakan rumus produktivitas seperti ini:

$$(Q DT) = \frac{V \times FaDT \times 60}{Ts}$$

$$(Q DT) = \frac{8 \times 0,83 \times 60}{8,45}$$

$$(Q DT) = 38,03 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- h. Koefisien alat per ton = 1/Q_{DT} (Koef) = 0,0263 jam

4.2.3 Water Tanker

1. Analisa Alat Berat *Water Tanker* yang digunakan:
2. Kapasitas Prod./Jam

$$(Q WT) = \frac{pa \times FaWT \times 60}{1000 \times Wc}$$

$$(Q WT) = \frac{100 \times 0,83 \times 60}{1000 \times 0,11}$$

$$(Q WT) = 45,27 \text{ m}^3$$

3. Koefisien alat / m³ (Koef) = 0,0221 jam

4.2.4 Asphalt Finisher

Data umum alat berat:

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

a) Kecepatan menghampar (V) = 4,30 m/ menit

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

c) Lebar satu kali hamparan (b) = 3,50 m

- d) Tebal aspal (padat) (t) = 0,06 m
- e) Berat isi Aspal (D1) = 2,29 ton/ m³
- f) Kapasitas Produksi
- $$Q_{AF} = V \times b \times 60 \times Fa_{AF} \times t \times D1$$
- $$Q_{AF} = 4,30 \times 3,5 \times 60 \times 0,83 \times 0,06 \times 2,29$$
- $$Q_{AF} = 102,98 \text{ ton}$$
- g) Koefisien alat per ton = $1/Q_{AF}$ (Koef) = 0,0097 jam

4.2.5 Dump Truck Untuk Mengangkut Aspal

Data umum alat berat:

1. Analisa Alat Berat *Dump Truck* yang digunakan:
 - a. Jarak dari AMP ke lokasi pekerjaan (L) = 10 km
 - b. Jam kerja efektif per-hari (Tk) = 8 jam
 - c. Kapasitas Produksi per- jam (Qt) = 57,14 ton./ jam
 - d. Kapasitas bak (V) = 23 m³
 - e. Faktor Efisiensi alat (Fa_{DT}) = 0,83
 - f. Kecepatan rata-rata bermuatan (V1) = 30 km/ jam
 - g. Kecepatan rata-rata kosong (V2) = 60 km/ jam
 - h. Berat isi Aspal (D1) = 2,29 ton/ m³
 - i. Kapasitas AMP / batch, asumsi 60 detik untuk 1 batch, maka:

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

$$Q2b = \frac{57,14}{60}$$

$$Q2b = 0,95 \text{ ton}$$

- j. Waktu menyiapkan 1 batch Aspal (Tb) = 1 menit (asumsi)

- k. Waktu Siklus

- Mengisi Bak

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

$$T1 = \frac{23}{0,95} \times 1$$

$$T1 = 24,15 \text{ menit}$$

- Angkut

$$T2 = \frac{L}{V1} \times 60 \text{ menit}$$

$$T2 = \frac{10}{30} \times 60$$

$$T2 = 20 \text{ menit}$$

- Tunggu + dump + Putar (T3) = 90 menit

- Kembali

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

$$T4 = \frac{10}{60} \times 60$$

$$T4 = 10 \text{ menit}$$

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

(Ts) = 144,15 menit

1. Kapasitas Produksi

$$(Q DT) = \frac{V \times FaDT \times 60}{Ts \times D1}$$

$$(Q DT) = \frac{23 \times 0,83 \times 60}{144,15 \times 2,29}$$

$$(Q DT) = 3,47 \text{ ton}$$

m. Koefisien alat per ton = 1/Q_{DT} (Koeff) = 0,2882 jam

Jadi untuk kapasitas 1 *dump truck* dengan jarak 10 km dari AMP di Megawati ke lokasi proyek dapat mengangkut 3,47 ton Aspal. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan terdapat 5 *dump truck* setiap hari yang mengangkut Aspal.

4.2.6 Tandem Roller

Data umum alat berat:

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

a) Kecepatan rata-rata alat (V) = 5 km/ jam

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

c) Lebar hamparan *Finisher* (w) = 3,5 m

d) Lebar efektif pemadatan (b) = 1,68 m

e) Tebal aspal (padat) (t) = 0,06 m

- f) Jumlah lintasan (n) = 7 lintasan
- g) Berat isi Aspal (D1) = 2,29 ton/ m³
- h) Lebar overlap (bo) = 0,20 m

i) Lajur Lintasan

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

$$N = \frac{3,5}{1,68 - 0,20}$$

$$N = 3$$

j) Kapasitas Produksi

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

$$(Q_{TR}) = \frac{(5 \times 1000) \times (3(1,68 - 0,20) + 0,20) \times 0,06 \times 0,83}{7 \times 3}$$

$$(Q_{TR}) = 55,02 \text{ ton}$$

k) Koefisien alat per ton = 1/Q_{TR} (Koeff) = 0,0182 jam

4.2.7 Pneumatic Tire Roller

Data umum alat berat:

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

- a. Kecepatan rata-rata alat (V) = 10 km/ jam
- b. Faktor efisiensi alat (Fa_{PTR})= 0,83
- c. Lebar pemadatan *Tandem Roller* (w) = 3,5 m
- d. Lebar efektif pemadatan (b) = 2,29 m
- e. Tebal aspal (padat) (t) = 0,06 m
- f. Jumlah lintasan (n) = 24 lintasan
- g. Berat isi Aspal (D1) = 2,29 ton/ m³
- h. Lebar overlap (bo) = 0,20 m
- i. Lajur Lintasan

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

$$N = \frac{3,5}{2,29 - 0,20}$$

$$N = 2$$

j. Kapasitas Produksi

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

$$(Q PTR) = \frac{(10 \times 1000) \times (2(2,29 - 0,20) + 0,20) \times 0,06 \times 0,83}{24 \times 2}$$

$$(Q TR) = 45,44 \text{ ton}$$

k. Koefisien alat per ton = $1/Q_{TR}$ (Koeff) = 0,0128 jam

4.3 Analisa Estimasi Penggunaan Alat Berat

Untuk mengetahui berapa harga estimasi penggunaan alat berat, dalam hal ini peneliti menghitung biaya rental alat berat per hari dengan upah rental alat berat yang sudah didapat berdasarkan hasil survey peneliti. Kapasitas alat berat sangat berpengaruh dengan jumlah hari yang dibutuhkan untuk mengetahui berapa lama alat berat berada di proyek. Untuk itu peneliti akan menghitung volume pekerjaan pada proyek pemeliharaan ini terlebih dahulu sehingga sehingga didapat berapa lama waktu yang dibutuhkan alat berat berada di lokasi proyek dan berapa total biaya yang harus dikeluarkan. Hasil analisa tersebut dapat kita lihat dibawah ini:

4.3.1 Analisa Volume Aspal

Diketahui panjang ruas pekerjaan pemeliharaan dengan melakukan peningkatan jalan yang diteliti adalah 3,464 km dengan lebar jalan eksisting 7 m dan volume galian CMM 612 m³. Dengan data tersebut maka dapat ditentukan jumlah tonase aspal yang akan dihamparkan pada proyek peningkatan jalan tersebut sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total tonase yang dibutuhkan} &= \text{total volume galian CMM} \times \text{bj. Aspal} \\ &= 612 \text{ m}^3 \times 2,29 \\ &= 1401,48 \text{ ton.} \end{aligned}$$

Berdasarkan analisa diatas didapat total adalah 1401,48 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 0,06 m sesuai rencana pemeliharaan pada proyek ini. 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:

$$\begin{aligned} \text{Total tonase keseluruhan} &= (\text{volume aspal} \times \text{faktor gembur}) + \text{volume aspal} \\ &= (1401,48 \times 18\%) + 1401,48 \\ &= 1653,75 \text{ ton} \end{aligned}$$

4.3.2 Estimasi Biaya Yang Dibutuhkan

Informasi harga alat:

1. <i>Cold Milling Machine</i>	= Rp7.000.000,00 / hari	= Rp875.000,00 / Jam
2. <i>Dump Truck</i> 6-8 m ³	= Rp300.000,00 / hari	= Rp37.500,00 / Jam
3. <i>Asphalt Finisher</i>	= Rp2.000.000,00 / hari	= Rp250.000,00 / Jam
4. <i>Tandem Roller</i>	= Rp1.280.000,00 / hari	= Rp160.000,00 / Jam
5. <i>Pneumatic Tire Roller</i>	= Rp1.280.000,00 / hari	= Rp160.000,00 / Jam
6. <i>Water Tank</i>	= Rp200.000,00 / hari	= Rp25.000,00 / Jam
	+ +	+ +
	= Rp12.060.000,00/hari	=Rp1.507.500,00/ Jam

Untuk biaya keseluruhan sampai proyek pekerjaan selesai berdasarkan volume yang ada dapat dilihat seperti analisa dan tabel dibawah.

Sebagai contoh perhitungan biaya alat *Cold Milling Machine*:

Diketahui:

$$\begin{aligned} Q_{CMM} &= 144 \text{ m}^3 \\ \text{Vol galian} &= 612 \text{ m}^3 \\ \text{Durasi yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Vol Galian}}{Q_{CMM}} \\ &= \frac{612}{144} \\ &= 4,25 \text{ hari} \approx 5 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\text{Biaya alat perhari} = \text{Rp}7.000.000,00$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya yang dibutuhkan} &= \text{Biaya perhari} \times \text{Durasi yang dibutuhkan} \\ &= \text{Rp}7.000.000,00 \times 5 \text{ hari} \\ &= \text{Rp}35.000.000,00 \end{aligned}$$

Untuk alat *Cold Milling Machine* membutuhkan biaya rental sebesar Rp35.000.000,00 selama 5 hari dengan banyak volume galian dengan alat CMM 612 m³. Untuk selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1: Biaya rental alat selama durasi proyek pengerjaan dengan volume berdasarkan AHS proyek.

No	Uraian	Prod. Alat	Volume Pekerjaann	Sat	Durasi Hari	Biaya Perhari (Rp)	Total Biaya (Rp)
(a)	(b)	(c) = Q alat	(d)	(e)	(f) = (d)/(c)	(g)	(h) = (f)*(g)
1	<i>Cold Milling Machine</i>	144,00	612	m3	5,00	7.000.000,00	35.000.000,00
2	<i>Dump Truck 6-8 m3</i>	38,03	612	m3	17,00	300.000,00	5.100.000,00
3	<i>Asphalt Finisher</i>	102,98	1653,75	ton	17,00	2.000.000,00	34.000.000,00
4	<i>Tandem Roller</i>	55,02	1653,75	ton	31,00	1.280.000,00	39.680.000,00
5	<i>Pneumatic Tire Roller</i>	45,44	1653,75	ton	37,00	1.280.000,00	47.360.000,00
6	<i>Water Tank</i>	45,27	612	m3	14,00	200.000,00	2.800.000,00
Total							163.940.000,00

Berdasarkan tabel 4.1 diatas, didapatkan total biaya rental alat sebesar Rp163.940.000,00 dengan durasi waktu selama 37 hari terhitung mulai dari galian CMM sampai dengan penutupan kembali.

4.4 Analisa Perbandingan Pekerjaan Galian tanpa menggunakan *Cold Milling Machine*

Pekerjaan galian tanpa menggunakan *Cold Milling Machine* merupakan salah satu pekerjaan yang terdapat pada AHSP proyek sesuai dengan Permen PUPR No 8 2023, alat yang digunakan untuk pekerjaan ini adalah *Concrete Cutter, Jack Hammer dan Air Compressor, Dump Truck 6 – 8 m³*. Seperti analisa yang telah dilakukan pada alat berat diatas, maka dapat kita lihat analisisnya sebagai berikut:

4.4.1 Concrete Cutter

1. Volume pemotongan (V) = 7 m³./ jam
2. Effisiensi alat (Fa) = 0,83

3. Tebal aspal (t) = 0,07 m
4. Kapasitas Produksi
Kapasitas Produksi
 $Q_{CC} = V \times Fa$
 $Q_{CC} = 07 \times 0,83$
 $Q_{CC} = 5,81 \text{ m}^3$
5. Koefisien alat per $\text{m}^3 = 1/Q_{CC}$ (Koef) = 0,1721 jam

4.4.2 Jack Hammer dan Air Compressor

1. Kapasitas bongkar (bk) = 24 $\text{m}^3./\text{jam}$ (hanya mencongkel)
2. Effisiensi alat (Fa) = 0,83
3. Tebal aspal (t) = 0,07 m
Kapasitas Produksi
 $Q_{JH} = Fa \times t \times bk$
 $Q_{JH} = 0,83 \times 0,07 \times 24$
 $Q_{JH} = 1,394 \text{ m}^3$
4. Koefisien alat per $\text{m}^3 = 1/Q_{JH}$ (Koef) = 0,7173 jam

4.4.3 Dump Truck 6 – 8 m^3

Data umum alat berat:

1. Analisa Alat Berat *Dump Truck* yang digunakan:
 - a. Kapasitas bak (V) = 8 m^3
 - b. Faktor efisiensi alat (Fa) = 0,83
 - c. Kecepatan rata-rata bermuatan (v1) = 25 km/jam
 - d. Kecepatan rata-rata kosong (v2) = 35 km/jam
 - e. Jarak buang bekas galian (L) = 1 km
 - f. Waktu siklus:
 - Muat

$$T1 = \frac{V}{Q_{CC}} \times 60$$

$$T1 = \frac{8}{5,8} \times 60$$

$$T1 = 82,75 \text{ menit}$$

- Waktu tempuh isi

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

$$T2 = \frac{1}{25} \times 60$$

$$T2 = 2,40 \text{ menit}$$

- Waktu Tempuh kosong

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

$$T4 = \frac{1}{35} \times 60$$

$$T4 = 1,71 \text{ menit}$$

- Lain-lain (T3) = 1 menit

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

$$(Ts) = 87,86 \text{ menit}$$

- g. Jika mengangkut galian menggunakan rumus produktivitas seperti ini:

$$(Q DT) = \frac{V \times FaDT \times 60}{Ts}$$

$$(Q DT) = \frac{8 \times 0,83 \times 60}{87,86}$$

$$(Q DT) = 4,53 \text{ m}^3/\text{jam}$$

2. Koefisien alat per ton = $1/Q_{DT}$ (Koeff) = 0,2963 jam

Berdasarkan hasil survey peneliti didapatkan untuk volume galian CMM sebesar 612,00 m³. Apabila kita hitung kebutuhan waktu dengan pekerjaan galian tanpa CMM maka dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Penggunaan Concrete Cutter} = \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Kapasitas perhari}}$$

$$\text{Penggunaan Concrete Cutter} = \frac{612 \text{ m}^3}{36.24 \text{ m}^3}$$

$$\text{Penggunaan Concrete Cutter} = 17 \text{ hari}$$

Artinya untuk melakukan pekerjaan galian dengan *Concrete Cutter* dengan volume galian 612 m³ membutuhkan waktu 17 hari. Atau kita lihat analisa dengan penggunaan *Jack Hammer* sebagai berikut:

$$\text{Penggunaan Jack Hammer} = \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Kapasitas perhari}}$$

$$\text{Penggunaan Jack Hammer} = \frac{612 \text{ m}^3}{11,152 \text{ m}^3}$$

$$\text{Penggunaan Jack Hammer} = 54 \text{ hari}$$

Artinya untuk melakukan pekerjaan galian dengan *Jack Hammer* dengan volume galian 612 m³ membutuhkan waktu 54 hari. Hal ini sangat tidak efektif sehingga dilapangan menggunakan alat berat *Cold milling machine*, karena dengan volume yang sama dapat dikerjakan dengan waktu 5 hari saja.

4.5 Analisa Perbandingan Data Observasi Lapangan

4.5.1 Cold Milling Machine

Data umum alat berat:

1. Analisa Alat Berat *Cold Milling Machine* yang digunakan:

- a. Kapasitas lebar galian/pembongkaran (b) = 1 m
- b. Tebal galian/pembongkaran (t) = 0,06 m
- c. Kecepatan laju pembongkaran (v) = 66 m/menit
- d. Faktor efisiensi kerja (F_{acmm}) = 0,08
- e. Kapasitas Produksi

$$Q_{\text{CMM}} = v \times b \times 60 \times F_{\text{acmm}} \times t$$

$$Q_{\text{CMM}} = 66 \times 1 \times 60 \times 0,8 \times 0,06$$

$$Q_{\text{CMM}} = 190 \text{ m}^3$$

4.5.2 *Dump Truck* Untuk Mengangkut sisa Galian *Cold Milling Machine*

Data umum alat berat:

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

- a. Kapasitas bak (V) = 8 m³
- b. Faktor efisiensi alat (Fa) = 0,83
- c. Kecepatan rata-rata bermuatan (v1) = 30 km/jam
- d. Kecepatan rata-rata kosong (v2) = 60 km/jam
- e. Jarak buang bekas galian (L) = 1 km

f. Waktu siklus:

- Muat

$$T1 = \frac{V}{190} \times 60$$

$$T1 = \frac{8}{190} \times 60$$

$$T1 = 2,52 \text{ menit}$$

- Waktu tempuh isi

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

$$T2 = \frac{1}{30} \times 60$$

$$T2 = 2 \text{ menit}$$

- Waktu Tempuh kosong

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

$$T4 = \frac{1}{60} \times 60$$

$$T4 = 1 \text{ menit}$$

- Lain-lain (T3) = 1 menit

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

$$(Ts) = 6,52 \text{ menit}$$

g. Jika mengangkut galian menggunakan rumus produktivitas seperti ini:

$$(Q DT) = \frac{V \times FaDT \times 60}{Ts}$$

$$(Q_{DT}) = \frac{8 \times 0,83 \times 60}{6,52}$$

$$(Q_{DT}) = 61,10 \text{ m}^3/\text{jam}$$

h. Koefisien alat per ton = $1/Q_{DT}$ (Koef) = 0,0163 jam

4.5.3 Water Tanker

a. Analisa Alat Berat *Water Tanker* yang digunakan:

b. Kapasitas Prod./Jam

$$(Q_{WT}) = \frac{pa \times Fa_{WT} \times 60}{1000 \times Wc}$$

$$(Q_{WT}) = \frac{100 \times 0,83 \times 60}{1000 \times 0,11}$$

$$(Q_{WT}) = 45,27 \text{ m}^3$$

c. Koefisien Alat / M³ (Koef) = 0,0221 jam

4.5.4 Asphalt Finisher

Data umum alat berat:

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

a. Kecepatan menghampar (V) = 3,33 m/ menit

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

c. Lebar satu kali hamparan (b) = 3,50 m

d. Tebal aspal (padat) (t) = 0,06 m

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

f. Kapasitas Produksi

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

$$Q_{AF} = 3,33 \times 3,5 \times 60 \times 0,83 \times 0,06 \times 2,29$$

$$Q_{AF} = 79,74 \text{ ton}$$

g. Koefisien alat per ton = $1/Q_{AF}$ (Koef) = 0,0125 jam

4.5.5 Dump Truck Untuk Mengangkut Aspal

Data umum alat berat:

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

a. Jarak dari AMP ke lokasi pekerjaan (L) = 10 km

b. Jam kerja efektif per-hari (Tk) = 8 jam

- c. Kapasitas Produksi per- jam (Qt) = 57,14 ton./ jam
- d. Kapasitas bak (V) = 23 m³
- e. Faktor Efisiensi alat (Fa_{DT}) = 0,83
- f. Kecepatan rata-rata bermuatan (V1) = 35 km/ jam
- g. Kecepatan rata-rata kosong (V2) = 60 km/ jam
- h. Berat isi Aspal (D1) = 2,29 ton/ m³
- i. Kapasitas AMP / batch, asumsi 60 detik untuk 1 batch, maka:

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

$$Q2b = \frac{57,14}{60}$$

$$Q2b = 0,95 \text{ ton}$$

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

- Mengisi Bak

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

$$T1 = \frac{23}{0,95} \times 1$$

$$T1 = 24,15 \text{ menit}$$

- Angkut

$$T2 = \frac{L}{V1} \times 60 \text{ menit}$$

$$T2 = \frac{10}{35} \times 60$$

$$T2 = 17,1 \text{ menit}$$

- Tunggu + dump + Putar (T3) = 80 menit

- Kembali

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

$$T4 = \frac{10}{60} \times 60$$

$$T4 = 10 \text{ menit}$$

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

$$(Ts) = 131,25 \text{ menit}$$

1. Kapasitas Produksi

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

$$(Q_{DT}) = \frac{23 \times 0,83 \times 60}{131,25 \times 2,29}$$

$$(Q_{DT}) = 3,81 \text{ ton}$$

m. Koefisien alat per ton = $1/Q_{DT}$ (Koef) = 0,262 jam

Jadi untuk kapasitas 1 *dump truck* dengan jarak 10 km dari AMP di Megawati ke lokasi proyek dapat mengangkut 3,81 ton Aspal. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan terdapat 5 *dump truck* setiap hari yang mengangkut Aspal.

4.5.6 Tandem Roller

Data umum alat berat:

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

- a. Kecepatan rata-rata alat (V) = 4 km/ jam
- b. Faktor efisiensi alat (Fa_{TR}) = 0,83
- c. Lebar hamparan *Finisher* (w) = 3,5 m
- d. Lebar efektif pemadatan (b) = 1,68 m
- e. Tebal aspal (padat) (t) = 0,06 m
- f. Jumlah lintasan (n) = 7 lintasan
- g. Berat isi Aspal (D1) = 2,29 ton/ m³
- h. Lebar overlap (bo) = 0,20 m

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

$$N = \frac{3,5}{1,68 - 0,20}$$

$$N = 3$$

i. Kapasitas Produksi

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

$$(Q_{TR}) = \frac{(4 \times 1000) \times (3(1,68 - 0,20) + 0,20) \times 0,06 \times 0,83}{7 \times 3}$$

$$(Q_{TR}) = 44,01 \text{ ton}$$

j. Koefisien alat per ton = $1/Q_{TR}$ (Koef) = 0,0227 jam

4.5.7 Pneumatic Tire Roller

Data umum alat berat:

1. Analisa Alat Berat *Pneumatic Tire Roller* yang digunakan:
 - a. Kecepatan rata-rata alat (V) = 8 km/ jam
 - b. Faktor efisiensi alat (Fa PTR)= 0,83
 - c. Lebar pemadatan *Tandem Roller* (w) = 3,5 m
 - d. Lebar efektif pemadatan (b) = 2,29 m
 - e. Tebal aspal (padat) (t) = 0,06 m
 - f. Jumlah lintasan (n) = 24 lintasan
 - g. Berat isi Aspal (D1) = 2,29 ton/ m³
 - h. Lebar overlap (bo) = 0,20 m
 - i. Lajur Lintasan

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

$$N = \frac{3,5}{2,29 - 0,20}$$

$$N = 2$$

- j. Kapasitas Produksi

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

$$(Q_{PTR}) = \frac{(8 \times 1000) \times (2(2,29 - 0,20) + 0,20) \times 0,06 \times 0,83}{24 \times 2}$$

$$(Q_{TR}) = 36.354 \text{ ton}$$

- k. Koefisien alat per ton = $1/Q_{TR}$ (Koef) = 0,0440 jam

Tabel 4.2: Tabel data observasi lapangan dan biaya rental selama pengerjaan.

No	Uraian	Prod. Alat	Volume Pekerjaan	Sat	Durasi Hari	Biaya Perhari (Rp)	Total Biaya (Rp)
(a)	(b)	(c) = Q alat	(d)	(e)	(f) = (d)/(c)	(g)	(h) = (f)*(g)
1	<i>Cold Milling Machine</i>	190	612	m3	4,00	7.000.000,00	28.000.000,00
2	<i>Dump Truck 6-8 m3</i>	61,10	612	m3	10,00	300.000,00	3.000.000,00
3	<i>Asphalt Finisher</i>	79,74	1653,75	ton	21,00	2.000.000,00	42.000.000,00
4	<i>Tandem Roller</i>	44,01	1653,75	ton	38,00	1.280.000,00	48.640.000,00
5	<i>Pneumatic Tire Roller</i>	36,35	1653,75	ton	46,00	1.280.000,00	58.880.000,00
6	<i>Water Tank</i>	45,27	612	m3	14,00	200.000,00	2.800.000,00
Total							183.320.000,00

Berdasarkan tabel 4.2 diatas, didapatkan total biaya rental alat sebesar Rp183.320.000,00 dengan durasi waktu selama 46 hari terhitung mulai dari galian CMM sampai dengan penutupan kembali.

Tabel 4.3: Tabel perbandingan data produktivitas alat berat

No	Alat Berat	Data Produktivitas Alat	Data Produktivitas Alat di Lapangan
1	<i>Cold Milling Machine</i>	144,00 m3	190,00 m3
2	<i>Dump Truck 6-8 m3</i>	38,03 m3	61,10 m3
3	<i>Asphalt Finisher</i>	102,98 ton	79,74 ton
4	<i>Tandem Roller</i>	55,02 ton	44,01 ton
5	<i>Pneumatic Tire Roller</i>	45,44 ton	36,35 ton
6	<i>Water Tank</i>	45,27 m3	45,27 m3

Berdasarkan hasil tabel diatas didapatkan nilai produktivitas alat berat yang berbeda.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, maka didapat kesimpulan peneliti Pada Proyek Pemeliharaan Jalan Kwala Bingai – Batas Kotamadya Binjai, sebagai berikut:

1. Hasil Analisa Produktivitas alat perhari (Q)
 - *Cold Milling Machine* (Q_{CMM}) = 144 m³
 - *Dump Truck* 6-8 m³ (Q_{DT}) = 38,03 m³ / jam
 - *Water Tank* (Q_{WT}) = 45,27 m³
 - *Asp. Finisher* (Q_{AF}) = 102,98 ton
 - *Dump Truck* Troton (Q_{DT}) = 3,47 ton
 - *Tandem Roller* (Q_{TR}) = 55,02 ton
 - *P. Tyre Roller* (Q_{PTR}) = 45,44 ton
2. Biaya yang dibutuhkan untuk merental alat pada saat pengerjaan pemeliharaan berlangsung sebesar Rp144.740.000,00 dengan durasi waktu selama 37 hari terhitung mulai dari galian CMM sampai dengan penutupan kembali.
3. Setelah dilakukan analisa, maka apabila dibandingkan dengan Galian tanpa menggunakan alat CMM dinilai tidak efektif karena didapatkan waktu 17 hari menggunakan *concrete cutter* dan 54 hari menggunakan *jack hammer* untuk melakukan galian dengan volume 612 m³.
4. Setelah dilakukan analisa, ternyata data yang saya dapatkan dari pelaksana dan data yang saya dapatkan dari observasi lapangan tidak sesuai karena hasilnya sangat berbeda.

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, I., Wiranto, P., & Mudianto, A. (2017). *Analisa Produktivitas Alat Berat pada Pembangunan Jalan Ruas Lingkar Pulau Marsela Provinsi Maluku Barat Daya*. *JOM Tek. Sipil*, 1(1).
- Febrianti, D., & Zulyaden, Z. (2018). *Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan*. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 4(1).
- Febrianti, D., Zakia, Z., & Mawardi, E. (2021). *Analisis Biaya Operasional Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan*. *Tameh: Journal of Civil Engineering*, 10(1), 33-41.
- Kalengkongan, B. B., Arsjad, T. T., & Mangare, J. B. (2020). *Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Pematangan Lahan Pembangunan Tower Sutet Likupang-Paniki*. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1).
- Kulo, E. N., Waani, J. E., & Kaseke, O. H. (2017). *Analisa Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Lingkar SKPD Tahap 2 Lokasi Kecamatan Tutuyan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur)*. *Jurnal Sipil Statik*, 5(7).
- Kusrin (2008) 'Pemindahan Tanah Mekanis & Alat Berat', p. 92
- Madeppungeng, A. (2019). *Faktor-Faktor Pengelolaan Kinerja Produktivitas Alat-Berat Pada Proyek Pematangan Lahan Pada Proyek Infrastruktur*. *Konstruksia*, 10(2), 107-114.
- 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*
- National, G., & Pillars, H. (2020). *Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Konstruksi Dengan Metode Value Engineering (Proyek Jalan Lemah Abang, Kabupaten Gunungkidul) Sarju*. *Jurnal Rancang Bangun Teknik Sipil*, 6.
- Pramono, H. A., & Pramesti, F. P. (2016). *Skenario Pemeliharaan Jalan di Kota Tangerang Berdasarkan Nilai Sdi*. *Prosiding Semnastek*.
- Ramdhani, M. I., & Johari, G. J. (2020). *Analisis Produktivitas Pemakaian Alat Berat Terhadap Biaya dan Waktu pada Pembangunan Jalan Baru Lingkar Cipanas Kabupaten Garut*. *Jurnal Konstruksi*, 18(2), 62-71.
- Rostiyanti, S.F. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi – Edisi kedua*. Jakarta: Rineka Cipta
- Sugiono (2016) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*.

- Supit, D. D. (2020). Analisa Produktivitas Dan Efisiensi Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah, Dan Pekerjaan Perkerasan Berbutir: Studi Kasus: Proyek Rehabilitasi Ring Road Ii–Paniki. Journal Dynamic Saint, 5(1), 906-917.*
- Waney, E. V., Runtunuwu, S., Mandang, D. Y., & Lamia, K. A. (2023). Analisis Produktivitas Alat Berat Dan Harga Satuan Pada Proyek Peningkatan Jalan Ruas Dalam Kota Airmadidi. Jurnal Ilmiah Media Engineering, 13(1), 1-10.*
- Wattimena, M., & Witjaksana, B. (2023). Analisis Biaya Dan Waktu Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Dan Timbunan Pada Proyek Pembangunan Jalan Dan Jembatan Lingkar Selatan Kabupaten Sampang. Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri, 3(1), 534-547.*
- Widodo, S., & Alwi, A. Analisis Penanganan Pemeliharaan Jalan Berdasarkan Kondisi Kerusakan Jalan. Jurnal Teknik-Sipil, 15(2).*

LAMPIRAN

Hasil Dari Wawancara Terhadap Operator dan Pelaksana

1. *Cold Milling*

Pada saat penggalian dilakukan, operator dapat mengatur kedalaman penggalian yang disesuaikan dengan ketebalan sesuai dengan ketebalan lapisan yang akan dihilangkan. Ini memungkinkan dapat dilakukan pengontrolan presisi dalam penggalian. Sehingga alat ini sesuai pada proyek pemeliharaan jalan ini dengan data seperti di bawah ini

- | | | |
|--|---------|--------------|
| a. Kapasitas lebar galian/pembongkaran | (b) | = 1 m |
| b. tebal galian/pembongkaran | (t) | = 0,06 m |
| c. kecepatan laju pembongkaran | (v) | = 50 m/menit |
| d. Faktor efisiensi kerja | (FaCMM) | = 0,08 |

2. *Dump Truck* Untuk Mengangkut sisa Galian *Cold Milling Machine*

Dump Truck untuk mengangkut hasil galian tidak perlu terlalu besar muatannya karena harus disesuaikan dengan produktivitas dengan *cold milling* spesifikasi bak yang sesuai dengan spesifikasi data dibawah ini:

- | | | |
|----------------------------------|------|--------------------|
| a. Kapasitas bak | (V) | = 8 m ³ |
| b. Faktor efisiensi alat | (Fa) | = 0,83 |
| c. Kecepatan rata-rata bermuatan | (v1) | = 30 km/jam |
| d. Kecepatan rata-rata kosong | (v2) | = 60 km/jam |
| e. Jarak buang bekas galian | (L) | = 1 km |

3. Water Tanker

Karena penggunaan water tank ini sangat sesuai karena sangat cukup untuk mengangkut kapasitas air yang di perlukan di proyek di pemeliharaan ini dengan spesifikasi alat dibawah ini:

- | | | |
|--|------|-----------------------|
| a. Volume tangki air | (V) | = 5 m ³ |
| b. Kebutuhan air/M ³ material padat | (Wc) | = 0,11 m ³ |
| c. Kapasitas pompa air | (pa) | = 100 liter./menit |

d. Faktor efisiensi alat (Fa) = 0,83

4. *Asphalt Finisher*

Pemilihan *Asphalt Finisher* ini karena lebar dari satu kali hamparannya 3,50 m sangat sesuai dengan lebar lajur 3,50 m dengan data di bawah ini:

a. Kecepatan menghampar (V) = 4,30 m/ menit

b. Faktor efisiensi alat (Fa AF) = 0,83

c. Lebar satu kali hamparan (b) = 3,50 m

d. Tebal aspal (padat) (t) = 0,06 m

5. *Dump Truck* Untuk Mengangkut Aspal

Pemilihan *Dump Truck* ini karena rata – rata truck pengangkut aspal menggunakan truck seperti ini, dengan data di baawah ini.

a. Jarak dari AMP ke lokasi pekerjaan (L) = 10 km

b. Jam kerja efektif per-hari (Tk) = 8 jam

c. Kapasitas Produksi per- jam (Qt) = 57,14 ton./ jam

d. Kapasitas bak (V) = 23 m³

e. Faktor Efisiensi alat (Fa DT) = 0,83

6. *Tandem Roller*

Pemilihan *Tandem Roller* ini sangat sesuai karena alat berat ini sangat efisien digunakan di jalan dengan lebar lajur 3,50 m dengan data dibawah ini:

a. Kecepatan rata-rata alat (V) = 5 km/ jam

b. Faktor efisiensi alat (Fa TR) = 0,83

c. Lebar hamparan Finisher (w) = 3,5 m

d. Lebar efektif pemadatan (b) = 1,68 m

e. Tebal aspal (padat) (t) = 0,06 m

f. Jumlah lintasan (n) = 7 lintasan

g. Berat isi Aspal (D1) = 2,29 ton/ m³

h. Lebar overlap (bo) = 0,20 m

7. Pneumatic Tire Roller

Adapun pemilihan alat berat ini seperti tandem roller karena spesifikasi alat berat ini yang sesuai dengan jalan lebar lajur 3,50 m dengan data di bawah ini:

- | | | |
|----------------------------------|----------|----------------------------|
| a. Kecepatan rata-rata alat | (V) | = 10 km/ jam |
| b. Faktor efisiensi alat | (Fa PTR) | = 0,83 |
| c. Lebar pemadatan Tandem Roller | (w) | = 3,5 m |
| d. Lebar efektif pemadatan | (b) | = 2,29 m |
| e. Tebal aspal (padat) | (t) | = 0,06 m |
| f. Jumlah lintasan | (n) | = 24 lintasan |
| g. Berat isi Aspal | (D1) | = 2,29 ton/ m ³ |
| h. Lebar overlap | (bo) | = 0,20 m |



Lampiran gambar 1. Galian dengan menggunakan alat *Cold Milling Machine*



Lampiran gambar 2. Galian dengan tidak menggunakan alat *Cold Milling Machine*



Lampiran gambar 3. *Dump Truck* Tronton



Lampiran gambar 4. *Asphalt finisher*



Lampiran gambar 5. *Tandem Roller*



Lampiran gambar 6. *Pneumatic Tire Roller*



Lampiran gambar 7. Kegiatan penghambaran aspal menutup galian CMM

BIODATA



DATA DIRI

Nama : MUHAMMAD RYAN SIHOMBING

Tanggal Lahir : Medan, 30 agustus 2002

Jenis kelamin : Laki-Laki

Alamat : Komp tasbih 1 blok VV no 105

Agama : Islam

No hp : 081212883059

E-mail : ryansihombing55@gmail.com

Nama Orang Tua

Ayah : Zulkifli Sihombing

Ibu : Yusi Arfani Pane

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2007210147

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	Amir Hamzah	2014
2	SMP	Mts Miftahussalam	2017
3	SMA	SMA Panca Budi Medan	2020
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2020 sampai selesai.		